

DIN EN 1993-5



ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für
DIN EN 1993-5:2007-07 und
DIN EN 1993-5
Berichtigung 1:2009-12

**Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –
Teil 5: Pfähle und Spundwände;
Deutsche Fassung EN 1993-5:2007 + AC:2009**

Eurocode 3: Design of steel structures –
Part 5: Piling;
German version EN 1993-5:2007 + AC:2009

Eurocode 3: Calcul des structures en acier –
Partie 5: Pieux et palplanches;
Version allemande EN 1993-5:2007 + AC:2009

Gesamtumfang 94 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN



Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1993-5:2007 + AC:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Die Arbeiten auf nationaler Ebene wurden durch die Experten des NABau-Spiegelausschusses NA 005-08-19 AA „Stahlpundwände und Stahlpfähle“ begleitet.

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 12. Juni 2006 angenommen.

Die Norm ist Bestandteil einer Reihe von Einwirkungs- und Bemessungsnormen, deren Anwendung nur im Paket sinnvoll ist. Dieser Tatsache wird durch das Leitpapier L der Kommission der Europäischen Gemeinschaft für die Anwendung der Eurocodes Rechnung getragen, indem Übergangsfristen für die verbindliche Umsetzung der Eurocodes in den Mitgliedstaaten vorgesehen sind. Die Übergangsfristen sind im Vorwort dieser Norm angegeben.

Die Anwendung dieser Norm gilt in Deutschland in Verbindung mit dem Nationalen Anhang.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN [und/oder die DKE] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Der Beginn und das Ende des hinzugefügten oder geänderten Textes wird im Text durch die Textmarkierungen AC AC angezeigt.

Änderungen

Gegenüber DIN V ENV 1993-5:2000-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Stellungnahmen der nationalen Normungsinstitute wurden eingearbeitet;
- b) der Vornormcharakter wurde aufgehoben;
- c) der Text wurde vollständig überarbeitet.

Gegenüber DIN EN 1993-5:2007-07 und DIN EN 1993-5 Berichtigung 1:2009-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Vorgänger-Norm mit der Berichtigung 1 konsolidiert;
- b) redaktionelle Änderungen durchgeführt.

Frühere Ausgaben

DIN V ENV 1993-5: 2000-10

DIN EN 1993-5: 2007-07

DIN EN 1993-5 Berichtigung 1: 2009-12

Deutsche Fassung

**Eurocode 3 —
Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten —
Teil 5: Pfähle und Spundwände**

Eurocode 3 —
Design of steel structures —
Part 5: Piling

Eurocode 3 —
Calcul des structures en acier —
Partie 5: Pieux et palplanches

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 12. Juni 2006 angenommen.

Die Berichtigung tritt am 13. Mai 2009 in Kraft und wurde in EN 1993-5:2007 eingearbeitet.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
Hintergrund des Eurocode-Programms	5
Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes	6
Nationale Fassungen der Eurocodes	7
Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN und ETAG)	7
Zusätzliche Hinweise zu EN 1993-5	7
Nationaler Anhang zu EN 1993-5	8
1 Allgemeines	9
1.1 Anwendungsbereich	9
1.2 Normative Verweisungen	10
1.3 Annahmen	11
1.4 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln	11
1.5 Begriffe	11
1.6 Symbole	12
1.7 Einheiten	13
1.8 Begriffsbestimmung	13
1.9 Vereinbarung für die Spundbohlenachsen	22
2 Grundlagen für Entwurf, Bemessung und Konstruktion	22
2.1 Allgemeines	22
2.2 Kriterien für den Grenzzustand der Tragfähigkeit	23
2.3 Kriterien für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	24
2.4 Baugrunderkundungen und Bodenparameter	24
2.5 Statische Berechnung	24
2.5.1 Allgemeines	24
2.5.2 Bestimmung der Einwirkungen	25
2.5.3 Tragwerksberechnung	25
2.6 Versuchsgestützte Bemessung	26
2.6.1 Allgemeines	26
2.6.2 Tragpfähle	26
2.6.3 Stahlspundwände	26
2.6.4 Verankerung	26
2.7 Rammbarkeit	26
3 Werkstoffeigenschaften	27
3.1 Allgemeines	27
3.2 Tragpfähle	27
3.3 Warmgewalzte Stahlspundbohlen	27
3.4 Kaltgeformte Stahlspundbohlen	28
3.5 Profile für Gurtungen und Aussteifungen	28
3.6 Verbindungsmittel	28
3.7 Stahlteile für Anker	28
3.8 Stahlteile für kombinierte Spundwände	28
3.9 Bruchzähigkeit	29
4 Dauerhaftigkeit	29
4.1 Allgemeines	29
4.2 Dauerhaftigkeitsanforderungen für Tragpfähle	31
4.3 Dauerhaftigkeitsanforderungen an Spundwände	31
4.4 Korrosionsraten für die Bemessung	32

5	Grenzzustände der Tragfähigkeit	33
5.1	Grundlagen	33
5.1.1	Allgemeines	33
5.1.2	Bemessung	33
5.1.3	Ermüdung.....	34
5.2	Spundwände	34
5.2.1	Querschnittsklassifizierung	34
5.2.2	Spundwände bei Biegung und Querkraft.....	35
5.2.3	Spundwände mit Biegung, Quer- und Normalkraft.....	39
5.2.4	Lokale Auswirkungen von Wasserdrücken	44
5.2.5	Flachprofile	45
5.3	Tragpfähle	48
5.3.1	Allgemeines	48
5.3.2	Bemessungsverfahren und -hinweise.....	48
5.3.3	Stahlpfähle	48
5.3.4	Betongefüllte Tragpfähle	50
5.4	Trägerpfahlwände.....	50
5.5	Kombinierte Wände	50
5.5.1	Allgemeines	50
5.5.2	Füllelemente.....	51
5.5.3	Verbindungselemente	52
5.5.4	Tragelemente	52
6	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	53
6.1	Grundlagen	53
6.2	Verformungen von Stützwänden	53
6.3	Verformungen von Tragpfählen	53
6.4	Konstruktive Aspekte von Stahlspundwänden.....	53
7	Anker, Gurtungen, Aussteifungen und Anschlüsse	55
7.1	Allgemeines	55
7.2	Verankerungen	55
7.2.1	Allgemeines	55
7.2.2	Grundlegende Bemessungsbestimmungen	56
7.2.3	Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	56
7.2.4	Gebrauchstauglichkeitsnachweis	57
7.2.5	Anforderungen an die Dauerhaftigkeit.....	57
7.3	Gurtungen und Aussteifungen	57
7.4	Verbindungen	58
7.4.1	Allgemeines	58
7.4.2	Tragpfähle	58
7.4.3	Verankerung.....	60
8	Ausführung	64
8.1	Allgemeines	64
8.2	Stahlspundwände.....	64
8.3	Tragpfähle	64
8.4	Verankerungen	64
8.5	Gurtungen, Steifen und Verbindungen	64
Anhang A (normativ)	Dünnwandige Stahlspundwände.....	65
A.1	Allgemeines	65
A.1.1	Geltungsbereich	65
A.1.2	Form von kaltgeformten Stahlspundbohlen.....	65
A.1.3	Begriffe	65
A.2	Grundlagen für Entwurf, Bemessung und Konstruktion	66
A.2.1	Grenzzustände der Tragfähigkeit	66
A.2.2	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	66

	Seite
A.3	Werkstoff- und Querschnittseigenschaften 66
A.3.1	Werkstoffeigenschaften 66
A.3.2	Querschnittseigenschaften 68
A.4	Lokales Beulen.....69
A.5	Querschnittswiderstand.....71
A.5.1	Allgemeines 71
A.5.2	Biegemoment 72
A.5.3	Querkräfte 73
A.5.4	Lokale Einleitung quergerichteter Kräfte 73
A.5.5	Kombination aus Querkraft und Biegemoment 74
A.5.6	Kombination aus Biegemoment und lokalen quergerichteten Kräften.....74
A.5.7	Kombination aus Biegemoment und Normalkraft.....74
A.5.8	Lokale Querbiegung 74
A.6	Rechnerischer Nachweis 75
A.7	Versuchsgestützte Bemessung 75
A.7.1	Grundlagen.....75
A.7.2	Bedingungen 76
A.7.3	Querschnittswerte auf der Grundlage von Versuchen 76
Anhang B (informativ)	Versuche mit dünnwandigen Spundbohlen 77
B.1	Allgemeines 77
B.2	Versuche mit Einfeldträgern.....77
B.3	Versuche am Zwischenlager 78
B.4	Versuche mit Zweifeldträgern 79
B.5	Auswertung der Versuchsergebnisse 80
B.5.1	Allgemeines 80
B.5.2	Anpassung von Versuchsergebnissen 80
B.5.3	Charakteristische Werte.....80
B.5.4	Bemessungswerte 80
Anhang C (informativ)	Anleitung zur Bemessung von Stahlspundwänden.....82
C.1	Bemessung von Spundbohlenquerschnitten für den Grenzzustand der Tragfähigkeit 82
C.1.1	Allgemeines 82
C.1.2	Nachweis von Klasse-1- und Klasse-2-Querschnitten.....83
C.2	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit 85
Anhang D (informativ)	Tragelemente bei kombinierten Spundwänden.....87
D.1	I-Profile als Tragelemente 87
D.1.1	Allgemeines 87
D.1.2	Nachweismethode 87
D.2	Rohrpfähle als Tragelemente 89
D.2.1	Allgemeines 89
D.2.2	Nachweismethode 91

Vorwort

Diese Europäische Norm EN 1993-5 + AC:2009, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 5: Pfähle und Spundwände* wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird. CEN/TC 250 ist verantwortlich für alle Eurocodes.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 2007, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2010 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument ersetzt ENV 1993-5:1998.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Hintergrund des Eurocode-Programms

1975 beschloss die Kommission der Europäischen Gemeinschaften, für das Bauwesen ein Programm auf der Grundlage des Artikels 95 der Römischen Verträge durchzuführen. Das Ziel des Programms war die Beseitigung technischer Handelshemmnisse und die Harmonisierung technischer Normen.

Im Rahmen dieses Programms leitete die Kommission die Bearbeitung von harmonisierten technischen Regelwerken für die Tragwerksplanung von Bauwerken ein, die im ersten Schritt als Alternative zu den in den Mitgliedsländern geltenden Regeln dienen und diese schließlich ersetzen sollten.

15 Jahre lang leitete die Kommission mit Hilfe eines Steuerkomitees mit Repräsentanten der Mitgliedsländer die Entwicklung des Eurocode-Programms, das zu der ersten Eurocode-Generation in den 80er Jahren führte.

Im Jahre 1989 entschieden sich die Kommission und die Mitgliedsländer der Europäischen Union und der EFTA, die Entwicklung und Veröffentlichung der Eurocodes über eine Reihe von Mandaten an CEN zu übertragen, damit diese den Status von Europäischen Normen (EN) erhielten. Grundlage war eine Vereinbarung¹⁾ zwischen der Kommission und CEN. Dieser Schritt verknüpft die Eurocodes de facto mit den Regelungen der Ratsrichtlinien und Kommissionsentscheidungen, die die Europäischen Normen behandeln (z. B. die Ratsrichtlinie 89/106/EWG zu Bauprodukten, die Bauproduktenrichtlinie, die Ratsrichtlinien 93/37/EWG, 92/50/EWG und 89/440/EWG zur Vergabe öffentlicher Aufträge und Dienstleistungen und die entsprechenden EFTA-Richtlinien, die zur Einrichtung des Binnenmarktes eingeleitet wurden).

Das Eurocode-Programm umfasst die folgenden Normen, die in der Regel aus mehreren Teilen bestehen:

EN 1990, *Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991, *Eurocode 1: Einwirkung auf Tragwerke*

EN 1992, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbetonbauten*

EN 1993, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*

EN 1994, *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Stahl-Beton-Verbundbauten*

1) Vereinbarung zwischen der Kommission der Europäischen Gemeinschaft und dem Europäischen Komitee für Normung (CEN) zur Bearbeitung der Eurocodes für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauwerken (BC/CEN/03/89).

EN 1995, *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten*

EN 1996, *Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten*

EN 1997, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik*

EN 1998, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*

EN 1999, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumkonstruktionen*

Die Europäischen Normen berücksichtigen die Verantwortlichkeit der Bauaufsichtsorgane in den Mitgliedsländern und haben deren Recht zur nationalen Festlegung sicherheitsbezogener Werte berücksichtigt, so dass diese Werte von Land zu Land unterschiedlich bleiben können.

Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes

Die Mitgliedsländer der EU und von EFTA betrachten die Eurocodes als Bezugsdokumente für folgende Zwecke:

- als Mittel zum Nachweis der Übereinstimmung der Hoch- und Ingenieurbauten mit den wesentlichen Anforderungen der Richtlinie 89/106/EWG, besonders mit der wesentlichen Anforderung Nr 1: Mechanischer Widerstand und Stabilität und der wesentlichen Anforderung, Nr 2: Brandschutz;
- als Grundlage für die Spezifizierung von Verträgen für die Ausführung von Bauwerken und dazu erforderlichen Ingenieurleistungen;
- als Rahmenbedingung für die Herstellung harmonisierter, technischer Spezifikationen für Bauprodukte (ENs und ETAs)

Die Eurocodes haben, da sie sich auf Bauwerke beziehen, eine direkte Verbindung zu den Grundlagendokumenten²⁾ auf die in Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hingewiesen wird, wenn sie auch anderer Art sind als die harmonisierten Produktnormen.³⁾ Daher sind die technischen Gesichtspunkte, die sich aus den Eurocodes ergeben, von den Technischen Komitees von CEN und den Arbeitsgruppen von EOTA, die an Produktnormen arbeiten, zu beachten, damit diese Produktnormen mit den Eurocodes vollständig kompatibel sind.

Die Eurocodes liefern Regelungen für den Entwurf, die Berechnung und Bemessung von kompletten Tragwerken und Baukomponenten, die sich für die tägliche Anwendung eignen. Sie gehen auf traditionelle Bauweisen und Aspekte innovativer Anwendungen ein, liefern aber keine vollständigen Regelungen für ungewöhnliche Baulösungen und Entwurfsbedingungen, wofür Spezialistenbeiträge erforderlich sein können.

2) Entsprechend Artikel 3.3 der Bauproduktenrichtlinie sind die wesentlichen Angaben in Grundlagendokumenten zu konkretisieren, um damit die notwendigen Verbindungen zwischen den wesentlichen Anforderungen und den Mandaten für die Erstellung harmonisierter Europäischer Normen und Richtlinien für die Europäische Zulassungen selbst zu schaffen.

3) Nach Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hat das Grundlagendokument

- a) die wesentliche Anforderung zu konkretisieren, in dem die Begriffe und, soweit erforderlich, die technische Grundlage für Klassen und Anforderungshöhen vereinheitlicht werden,
- b) Methode zur Verbindung dieser Klasse oder Anforderungshöhen mit technischen Spezifikationen anzugeben, z. B. rechnerische oder Testverfahren, Entwurfsregeln,
- c) als Bezugsdokument für die Erstellung harmonisierter Normen oder Richtlinien für Europäische Technische Zulassungen zu dienen.

Die Eurocodes spielen de facto eine ähnliche Rolle für die wesentliche Anforderung Nr 1 und einen Teil der wesentlichen Anforderung Nr 2.

Nationale Fassungen der Eurocodes

Die Nationale Fassung eines Eurocodes enthält den vollständigen Text des Eurocodes (einschließlich aller Anhänge), so wie von CEN veröffentlicht, mit möglicherweise einer nationalen Titelseite und einem nationalen Vorwort sowie einem Nationalen Anhang.

Der Nationale Anhang darf nur Hinweise zu den Parametern geben, die im Eurocode für nationale Entscheidungen offen gelassen wurden. Diese national festzulegenden Parameter (NDP) gelten für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauten in dem Land, indem sie erstellt werden. Sie umfassen:

- Zahlenwerte für γ -Faktoren und/oder Klassen, wo die Eurocodes Alternativen eröffnen;
- Zahlenwerte, wo die Eurocodes nur Symbole angeben;
- landesspezifische, geographische und klimatische Daten, die nur für ein Mitgliedsland gelten, z. B. Schneekarten;
- Vorgehensweise, wenn die Eurocodes mehrere zur Wahl anbieten;
- Verweise zur Anwendung des Eurocodes, soweit diese ergänzen und nicht widersprechen.

Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN und ETAG)

Die harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte und die technischen Regelungen für die Tragwerksplanung⁴⁾ müssen konsistent sind. Insbesondere sollten die Hinweise, die mit den CE-Zeichen an den Bauprodukten verbunden sind und die die Eurocodes in Bezug nehmen, klar erkennen lassen, welche national festzulegenden Parameter (NDP) zugrunde liegen.

Zusätzliche Hinweise zu EN 1993-5

EN 1993-5 liefert in Ergänzung zu der Grundnorm EN 1993-1 Bemessungsregeln für stählerne Spundwände und Tragpfähle.

EN 1993-5 ist für die Anwendung gemeinsam mit den Eurocodes EN 1990, *Grundlagen der Tragwerksplanung*, EN 1991, *Einwirkungen auf Tragwerke* und EN 1997-Teil 1, *Geotechnischer Entwurf und Berechnung* bestimmt.

Regelungen in diesen Normen werden nicht noch einmal wiederholt.

EN 1993-5 ist bestimmt für

- Komitees, die Produkt-, Prüf- oder Ausführungsnormen schreiben, die sich auf Bemessungsregeln beziehen,
- Auftraggeber (z. B. für die Formulierung technischer Anforderungen),
- Entwurfsbüros und ausführende Firmen,
- die zuständigen Behörden.

4) Siehe Artikel 3.3 und Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie, ebenso wie 4.2, 4.3.1, 4.3.2 und 5.2 des Grundlagen dokumentes Nr 1.

Die Zahlenwerte für Teilsicherheitsbeiwerte oder andere Parameter, die empfohlen werden, stellen eine Grundlage mit akzeptablem Sicherheitsmaß dar. Die Empfehlungen beruhen auf einem angemessenen Ausführungsstandard und einem geeigneten Qualitätsmanagement.

Die Anhänge A und B dienen der Vervollständigung der Bestimmungen in EN 1993-1-3 für Stahlpundwände mit Klasse 4 – Querschnitten.

Anhang C liefert Hinweise zur plastischen Bemessung von Stützkonstruktionen aus Stahlpundwänden.

Anhang D zeigt einen möglichen Satz von Bemessungsregeln für primäre Tragelemente von kombinierten Wänden.

Zur geotechnischen Bemessung, die in dieser Norm nicht behandelt ist, sollte EN 1997 herangezogen werden.

Nationaler Anhang zu EN 1993-5

Die Norm enthält alternative Vorgehensweisen, Zahlenwerte und Empfehlungen für Klassen, die mit Anmerkungen versehen sind, die auf Nationale Festlegungen dazu hinweisen. Daher sollte die Nationale Norm, in die EN 1993-5 überführt ist, einen Nationalen Anhang erhalten, der die Nationalen Festlegungen enthält, die für den Bau von Hochbauten und baulichen Anlagen in dem betreffenden Land gelten.

Nationale Festlegungen sind in den folgenden Abschnitten von EN 1993-5 vorgesehen:

3.7 (1)	5.2.2 (13)	7.2.3 (2)
3.9 (1)P	5.2.5 (7)	7.4.2 (4)
4.4 (1)	5.5.4 (2)	A.3.1 (3)
5.1.1 (4)	6.4 (3)	B.5.4 (1)
5.2.2 (2)	7.1 (4)	D.2.2 (5)

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

(1) Teil 5 der EN 1993 enthält Grundsätze und Anwendungsregeln für den Entwurf, die Bemessung und Konstruktion von Pfählen und Spundwänden aus Stahl.

(2) Diese Norm liefert ebenso Beispiele zur konstruktiven Gestaltung von Gründungs- und Stützwandkonstruktionen.

(3) Der Anwendungsbereich umfasst:

- Stahlpfahlgründungen für Ingenieurbauwerke an Land und im Wasser;
- temporäre oder permanente Konstruktionen, die Ausführungen mit Stahlpfählen oder Stahlspundwänden erfordern;
- temporäre oder permanente Stützwandkonstruktionen aus stählernen Spundwandprofilen einschließlich aller Formen von kombinierten Spundwänden.

(4) Der Anwendungsbereich schließt aus:

- Bohrplattformen;
- Dalben.

(5) Teil 5 der EN 1993 enthält auch Anwendungsregeln für betongefüllte Stahlpfähle.

(6) Besondere Anforderungen an eine Erdbebenbemessung sind nicht enthalten. In Fällen, bei denen die Wirkung von Bodenbewegungen infolge Erdbeben von Bedeutung ist, ist EN 1998 zu beachten.

(7) Bemessungs- und Konstruktionsregeln werden auch für Gurtungen, Aussteifungen und Anker angegeben, siehe Abschnitt 7.

(8) Die Bemessung von Spundwänden für Querschnitte der Klassen 1, 2 und 3 ist in den Abschnitten 5 und 6 geregelt, während die Bemessung von Querschnitten in Klasse 4 in Anhang A behandelt wird.

ANMERKUNG Versuche an Spundwänden der Klasse 4 werden in Anhang B behandelt.

(9) Das Bemessungsverfahren für verpresste U-Bohlen und für Flachprofile verwendet Bemessungswiderstände, die aus Versuchen ermittelt werden. Zu den Prüfverfahren wird auf EN 10248 verwiesen.

(10) Geotechnische Aspekte sind in diesem Dokument nicht enthalten. Stattdessen wird auf EN 1997 verwiesen.

(11) Regelungen zur Berücksichtigung der Auswirkung von Korrosion bei der Bemessung von Pfählen und Spundwänden sind in Abschnitt 4 enthalten.

(12) Die Möglichkeit der plastischen globalen Tragwerksberechnung nach EN 1993-1-1, 5.4.3 ist in 5.2 berücksichtigt.

ANMERKUNG Eine Anleitung für die Bemessung von Spundwänden unter Berücksichtigung einer plastischen Tragwerksberechnung liefert Anhang C.

(13) Die Bemessung von kombinierten Spundwänden im Grenzzustand der Tragfähigkeit wird in Abschnitt 5 behandelt. Dort werden auch allgemeine Regeln für die Bemessung der Tragelemente angegeben.

ANMERKUNG Eine Anleitung für die Bemessung von Hohlprofilen und I-Profilen als Tragelemente liefert Anhang D.

1.2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke*

EN 1992, *Eurocode 2: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbetonbauten*

EN 1993-1-1, *Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten — Teil 1-1: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

EN 1993-1-2, *Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten — Teil 1-2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: Baulicher Brandschutz*

EN 1993-1-3, *Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten — Teil 1-3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: Kaltgeformte dünnwandige Bauteile und Bleche*

EN 1993-1-5, *Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten — Teil 1-5: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: Aus Blechen zusammengesetzte Bauteile*

EN 1993-1-6, *Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten — Teil 1-6: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: Festigkeit und Stabilität von Schalentragwerken*

EN 1993-1-8, *Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten — Teil 1-8: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: Bemessung und Konstruktion von Anschlüssen und Verbindungen*

EN 1993-1-9, *Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten — Teil 1-9: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: Ermüdungsfestigkeiten von Stahlbauteilen*

EN 1993-1-10, *Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten — Teil 1-10: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: Werkstoffwahl im Hinblick auf Zähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung*

EN 1993-1-11, *Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten — Teil 1-11: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: Bemessung und Konstruktion von Tragwerken mit stählernen Zugelementen*

EN 1994, *Eurocode 4: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahl-Beton-Verbundbauten*

EN 1997, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik*

EN 1998, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*

EN 10002, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch*

EN 10027, *Bezeichnungssysteme für Stähle*

EN 10210, *Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen*

EN 10219, *Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen*

EN 10248, *Warmgewalzte Spundbohlen aus unlegierten Stählen*

EN 10249, *Kaltgeformte Spundbohlen aus unlegierten Stählen*

EN 1536, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Bohrpfähle*

EN 1537, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Verpressanker*

EN 12063, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Spundwandkonstruktionen*

EN 12699, *Ausführung spezieller geotechnischer Arbeiten (Spezialtiefbau) — Verdrängungspfähle*

EN 14199, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Pfähle mit kleinen Durchmessern (Mikropfähle)*

EN 10045, *Metallische Werkstoffe; Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy*

EN 1090-2, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 2: Technische Anforderungen an die Ausführung von Tragwerken aus Stahl*

1.3 Annahmen

(1) Zusätzlich zu den allgemeinen Annahmen in EN 1990 gelten folgende Annahmen:

Der Einbau und die Herstellung der Stahlpfähle und Stahlspundwände erfolgen nach EN 12699, EN 14199 und EN 12063.

1.4 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln

(1)P Es gelten die Regelungen der EN 1990, 1.4.

1.5 Begriffe

Für den Anwendungsbereich dieser Norm gelten die folgenden Begriffe.

1.5.1

Gründung

Teil eines Bauwerks einschließlich der Pfähle und möglicherweise Pfahlköpfe

1.5.2

Stützwandkonstruktion

ein Bauwerkselement, bestehend aus Wänden, welche das Erdreich, ähnliche Stoffe und/oder Wasser zurückhalten; gegebenenfalls gehören auch Lagerungen (z. B. Anker) dazu

1.5.3

Boden-Bauwerk-Interaktion

die gegenseitige Beeinflussung der Verformungen des Bodens und der Gründung bzw. Stützwandkonstruktion

1.6 Symbole

(1) Folgende Hauptsymbole werden zusätzlich zu denen in EN 1993-1-1 verwendet:

c Steglänge der Stahlspundwand, siehe Bild 5-1;

α Stegwinkel, siehe Bild 5-1.

(2) Folgende Abkürzungen werden zusätzlich zu denen in EN 1993-1-1 verwendet:

red reduziert.

(3) Folgende wichtige Symbole werden zusätzlich zu denen in EN 1993-1-1 verwendet:

A_v Projizierte Schubfläche, siehe Bild 5-1;

F_{Ed} Bemessungswert der Ankerkraft;

$F_{Q,Ed}$ Zusätzliche horizontale Kraft aus dem Knicken der Wand, die am Spundwandfuß aufgenommen werden muss, so dass die Annahme einer vollwirksamen seitlichen Abstützung für das Knicken gilt, siehe Bild 5-4;

$F_{t,Rd}$ Grenzzugbeanspruchbarkeit des Ankers;

$F_{t,Ed}$ Bemessungswert der umlaufenden Zugkraft in einem Zellenfangdamm;

$F_{t,ser}$ Axiale Kraft in einem Anker unter charakteristischer Belastung;

$F_{ta,Ed}$ Bemessungswert der Zugkraft in einem Bogenelement eines Zellenfangdamms;

$F_{tc,Ed}$ Bemessungswert der Zugkraft in der gemeinsamen Wand eines Zellenfangdamms;

$F_{tg,Rd}$ Zugkraftbeanspruchbarkeit des Ankerschafts;

$F_{tm,Ed}$ Bemessungswert der Zugkraft in der Hauptzelle des Zellenfangdamms;

$F_{ts,Rd}$ Zugkraftbeanspruchbarkeit des einfachen Flachbohlenprofils;

$F_{tt,Rd}$ Zugkraftbeanspruchbarkeit des Ankergewindes;

$R_{c,Rd}$ Beanspruchbarkeit einer Spundwand gegen eine lokale quergerichtete Kraft;

$R_{tw,Rd}$ Zugkraftbeanspruchbarkeit des Spundwandsteges gegen die Lasteinleitung einer lokalen quergerichteten Kraft;

$R_{Vf,Rd}$ Schubkraftbeanspruchbarkeit des Spundwandflansches gegen die Lasteinleitung einer lokalen quergerichteten Kraft;

$p_{m,Ed}$ Bemessungswert des Innendrucks in der Hauptzelle eines Zellenfangdamms;

r_a Radius des Verbindungsbogens zwischen den Hauptzellen eines Kreiszellenfangdamms;

r_m Radius der Hauptzelle eines Kreiszellenfangdamms;

t_f	Nennwert der Flanschdicke der Spundbohle;
t_w	Nennwert der Stegdicke der Spundbohle;
β_B	Abminderungsfaktor des Widerstandsmomentes von U-Bohlen zur Berücksichtigung einer unzureichenden Schubkraftübertragung im Schloss;
β_D	Abminderungsfaktor der Biegesteifigkeit von U-Bohlen zur Berücksichtigung einer unzureichenden Schubkraftübertragung im Schloss;
β_R	Faktor für den Schlosswiderstand von Flachprofilen;
β_T	Faktor zur Berücksichtigung des Verhaltens von geschweißten Verbindungsbohlen im Grenzzustand der Tragfähigkeit;
$\beta_{o,l}$	Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung des durch Ovalisation der Rohre reduzierten Flächenträgheitsmomentes um die Wandachse;
ρ_P	Faktor zur Berücksichtigung der Effekte der Wasserdruckbeanspruchung auf die Plattenbiegung.

(4) Weitere Symbole und Abkürzungen sind definiert, wo sie zum ersten Mal auftreten.

1.7 Einheiten

- (1) Es sollten die SI-Einheiten nach ISO 1000 verwendet werden.
- (2) Die folgenden Einheiten sind bei der Berechnung empfohlen:

— Kräfte und Lasten:	kN, kN/m, kN/m ² ;
— Masseneinheiten:	kg/m ³ ;
— Gewichtseinheiten:	kN/m ³ ;
— Spannungen und Festigkeiten:	N/mm ² (MN/m ² oder MPa);
— Biegemomente:	kNm;
— Torsionsmomente:	kNm.

1.8 Begriffsbestimmung

Für diese Norm werden folgende Begriffe verwendet:

ANMERKUNG Bild 1-1 bis Bild 1-10 sind nur Beispiele zum Verständnis der Begriffe. Die Beispiele sind keineswegs vollständig und stellen keine bevorzugte Ausführung dar.

1.8.1

Verankerung

dies ist die allgemeine Bezeichnung für ein rückwärtiges Verankerungssystem für eine Stützwand, z. B. Tote-Männer, Ankerplatten oder Ankerwände, Gewindeanker, geschraubte Erdanker, Ankerpfähle und Expansionsanker. Beispiele für Anschlüsse zwischen Anker und Spundwände sind in Bild 1-1 dargestellt.

1.8.2

rückverankerte Wand

eine Wand, deren Stabilität von der Einbindung der Spundwand in den Boden und zusätzlich von einer oder mehreren Ankerlagen abhängig ist

1.8.3

Tragpfähle

Konstruktionselemente (Hohlprofile, H-Profile, kreuz- oder X-förmige Profile), die in Gründungen von Hoch- oder Ingenieurbauten zur Aufnahme von axialen Zug- oder Druckkräften, Momenten und Querkraften (siehe Tabelle 1-1) verwendet werden. Die Tragfähigkeit wird durch den Spitzenwiderstand oder die Mantelreibung oder die Kombination von beidem erreicht.

1.8.4

Aussteifungen

senkrecht oder im Winkel zur Stützwandvorderseite angeordnete Streben, die die Wand abstützen und gewöhnlich an Gurtungen angeschlossen sind (siehe Bild 1-2)

1.8.5

ungestützte Wand

ein Wand, deren Stabilität allein von der Einbindung der Profile im Boden abhängig ist

1.8.6

Zellenfangedämme

Zellenfangedämme bestehen aus Flachprofilen, die eine ausreichende Schlosszugfestigkeit besitzen, um die umlaufenden Zugkräfte in den kreisförmigen Zellen infolge des Innendrucks der Füllung aufzunehmen (siehe Bild 1-3). Die Standsicherheit der Zellen wird durch das Eigengewicht der Füllung erreicht. Es gibt zwei Typen von Zellenfangedämmen:

- Zellenfangedämme aus kreisförmigen Zellen: Dieser Typ besteht aus einzelnen Zellen mit großen Kreisdurchmessern, die über Bögen mit kleinerem Durchmesser verbunden sind (siehe Bild 1-4a);
- Zellenfangedämme aus flachen Zellen: Dieser Typ besteht aus zwei Reihen von kreisförmigen Bögen, die durch rechtwinklig zur Dammachse angeordnete Querschotte miteinander verbunden sind. (siehe Bild 1-4b).

1.8.7

kombinierte Spundwände

Stützwände, die aus Trag- und Zwischenelementen bestehen. Die Tragelemente sind häufig Rohrprofile, I-Profile oder geschweißte Hohlkästen, die in gleichmäßigen Abständen über die Wandlänge verteilt sind. Die Zwischenelemente sind im Allgemeinen Spundbohlen verschiedener Profile, die zwischen den Tragelementen eingebaut und durch Schlösser mit diesen verbunden sind (siehe Bild 1-5).

1.8.8

Doppel-U-Bohlen

zwei U-Bohlen, die in ihrem gemeinsamen Schloss durch Verpressen oder Verschweißen verbunden sind und so die Übertragung der Schubkräfte ermöglichen

1.8.9

Rammfähigkeit

Fähigkeit einer Spundbohle oder eines Tragpfahles, ohne Schaden durch die Bodenschichten bis auf die erforderliche Einbindetiefe eingebracht werden zu können

1.8.10

Einbringen

Methode, mit der eine Bohle oder ein Pfahl in den Boden auf die erforderliche Tiefe eingebracht wird, z. B. durch Schlagrammen, Vibrationsrammen, Pressen, Drehen oder durch eine Kombination dieser oder anderer Methoden

1.8.11

Trägerpfahlwand

Stützwand, die aus Stahlträgern derselben Geometrie zusammengesetzt und durch Schlösser verbunden wird. Diese Elemente können aus geschweißten Profilen bestehen, siehe Bild 1-6, um ein hohes Widerstandsmoment des Querschnitts zu erreichen.

1.8.12

Schloss

Teil einer Spundbohle oder anderer Verbauelemente, der benachbarte Elemente mittels Daumen-Finger-Verhakung oder ähnlicher Ausbildungen miteinander verbindet, so dass eine durchgängige Wand entsteht. Die Schlossverbindungen können bezeichnet werden als

- frei: Eingefädelte Schlösser, die weder verschweißt noch verpresst sind;
- verpresst: Die Schlösser der zusammengesetzten Einzelbohlen sind mechanisch durch Verpresspunkte verbunden;
- verschweißt: Die Schlösser der zusammengesetzten Einzelbohlen sind mechanisch durch durchgängige oder unterbrochene Verschweißungen verbunden.

1.8.13

Verbundwände in Winkelform

spezielle Spundwandausführung, bei der die Einzelbohlen entweder zur Erhöhung des Flächenträgheitsmomentes der Wand (siehe Beispiel in Bild 1-7) oder zur Erfüllung besonderer Anforderungen (siehe Beispiel in Bild 1-8) winkelig zur Wandachse verlaufen

1.8.14

Pfahlkupplung

Reibungsmanschette zur Verlängerung eines Stahlrohres oder eines X-förmigen Pfahls

1.8.15

abgestützte Wand

Stützwand, deren Stabilität von der Einbindetiefe der Spundwand in den Boden und zusätzlich von einer oder mehreren Lagen von Aussteifungen abhängig ist

1.8.16

Trägerbohlwand (Berliner Verbau)

Trägerbohlwände bestehen aus in gleichen Abständen eingebrachten vertikalen Pfählen und horizontalen Zwischenelementen (Tafeln, Bohlen oder Verschalung), siehe Bild 1-9. Die Pfähle können gewalzte oder geschweißte I-Profile, Rohre oder Kastenprofile sein.

1.8.17

Kastenpfähle

nicht kreisförmige Hohlprofile, die sich aus zwei oder mehreren warmgewalzten Profilen zusammensetzen und durchgängig oder abschnittsweise in Längsrichtung verschweißt sind (siehe Tabelle 1-1)

1.8.18

Stahlrohrpfähle

Pfähle mit kreisförmigem Querschnitt, die nahtlos gewalzt oder aus längsseitig oder spiralförmig verschweißten Blechen hergestellt werden (siehe Tabelle 1-1)

1.8.19

Stahlspundbohle

Dies ist ein einzelnes Stahlelemente, aus dem eine Spundwand zusammengesetzt wird. Die Bohlentypen, die in diesem Teil 5 behandelt werden, sind in Tabelle 1-2 aufgeführt: Z-förmige, U-förmige und Flachprofile. Kaltgeformte Bohlen sind in Tabelle A-1 in Anhang A gegeben. Die Schlösser von Z-Bohlen liegen in der äußeren Wandfläche, während sich die Schlösser von U-Bohlen und Flachbohlen in der Stützwandachse befinden.

1.8.20

Stahlpundwand

durchgängige flächenförmige Stützwandkonstruktion aus Spundbohlen, die sich durch die Wirksamkeit der Schlösser ergibt

1.8.21

T-Verbindung

Sonderelement, siehe Bild 1-10, das zwei Hauptzellen eines Fangedamms über Bögen mit kleineren Durchmessern miteinander verbindet, siehe Bild 1-3

1.8.22

Dreifach-U-Bohlen

Eine aus drei einzelnen U-Bohlen zusammengesetzte Mehrfachbohle. Die beiden gemeinsamen Schlösser ermöglichen durch Verpressen oder Verschweißen die Übertragung der Schubkräfte.

1.8.23

Gurtung

horizontaler Balken, in der Regel aus Stahl oder Stahlbeton, der an der Stützwand angebracht wird, um die Auflagerlasten der Wand in die Zuganker und Steifen zu übertragen

Tabelle 1-1 — Beispiele für Querschnitte von Tragpfählen aus Stahl

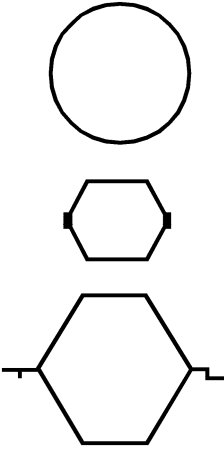
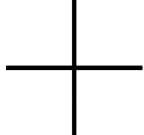
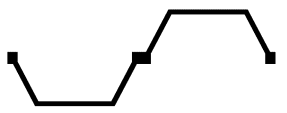
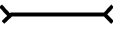
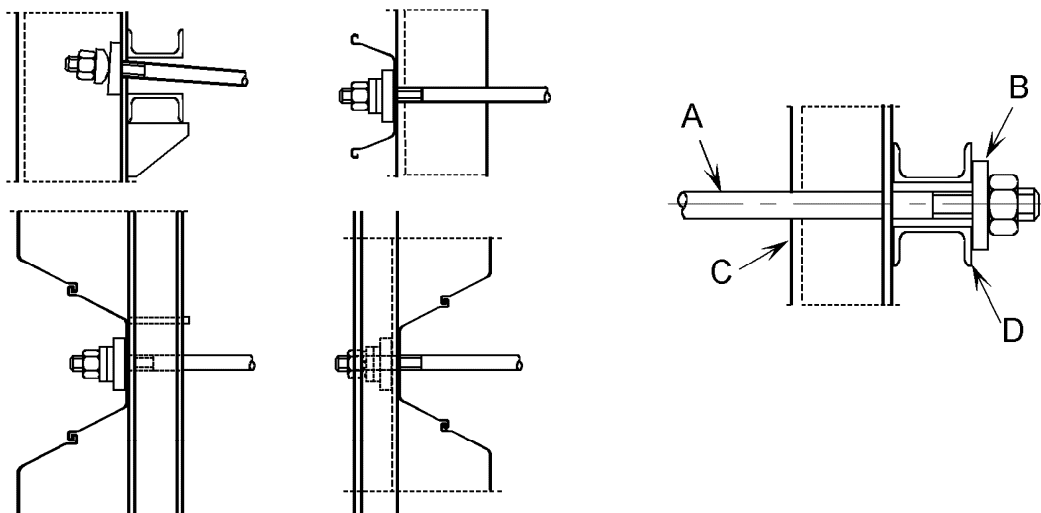
Querschnittstypen	Darstellung
Hohlprofile (Beispiele), siehe Anmerkung	
H-Profile	
X-Profile	
ANMERKUNG Für Ausführungsdetails wird auf EN 12699 und EN 14199 verwiesen.	

Tabelle 1-2 — Stahlspundwände

Querschnittstyp	Einzelbohle	Doppelbohle
Z-Profil		
U-Profil		
Flachprofile		
ANMERKUNG Für Details der Schlösser wird auf EN 10248 verwiesen.		

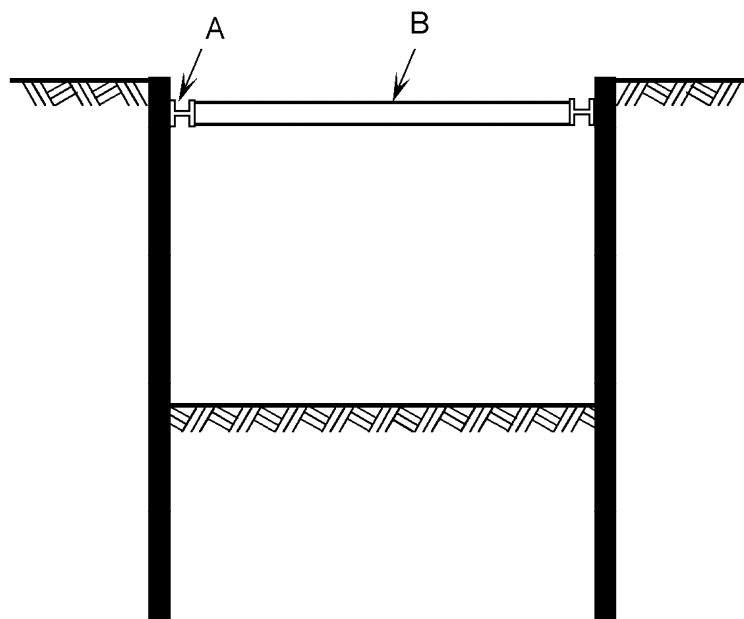


Legende

A Zuganker
B Ankerplatte

C Spundbohle
D Gurtung

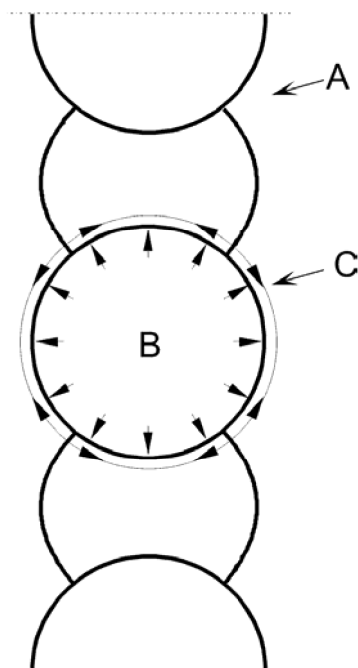
Bild 1-1 — Beispiele für die Verbindung zwischen Ankern und Spundwänden



Legende

- A Gurtung
- B Aussteifung

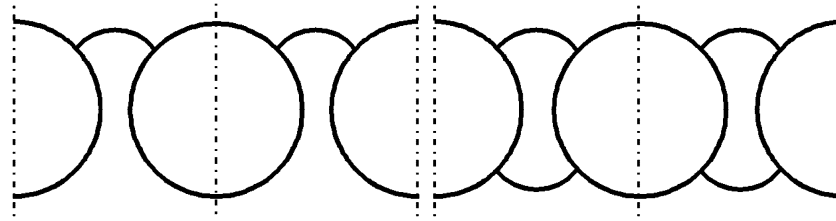
Bild 1-2 — Beispiel für eine Aussteifung



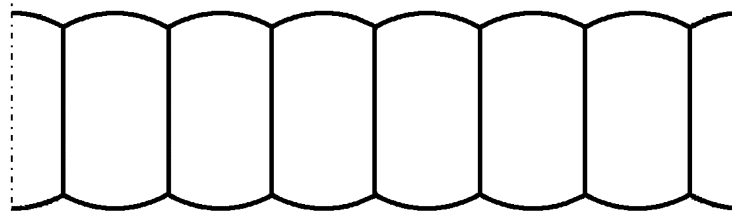
Legende

- A T-Verbindung
- B Innendruck
- C ringförmige Zugkraft

Bild 1-3 — Zellenfangedämme

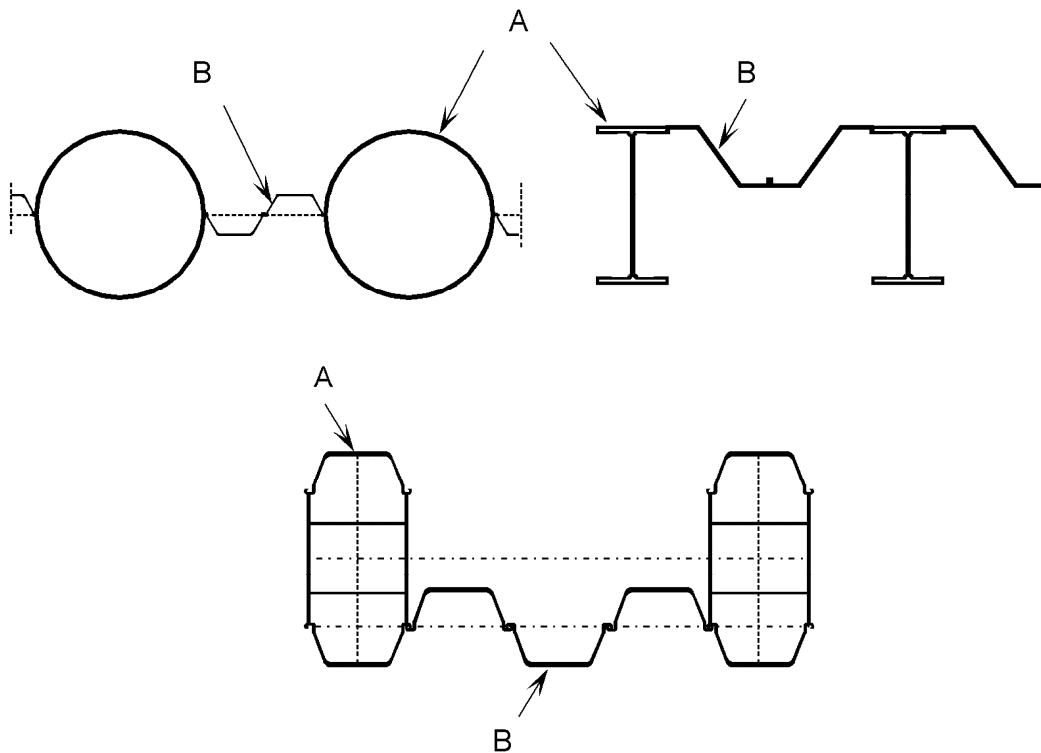


a) Konstruktion aus kreisförmigen Zellen



b) Konstruktion aus flachen Zellen

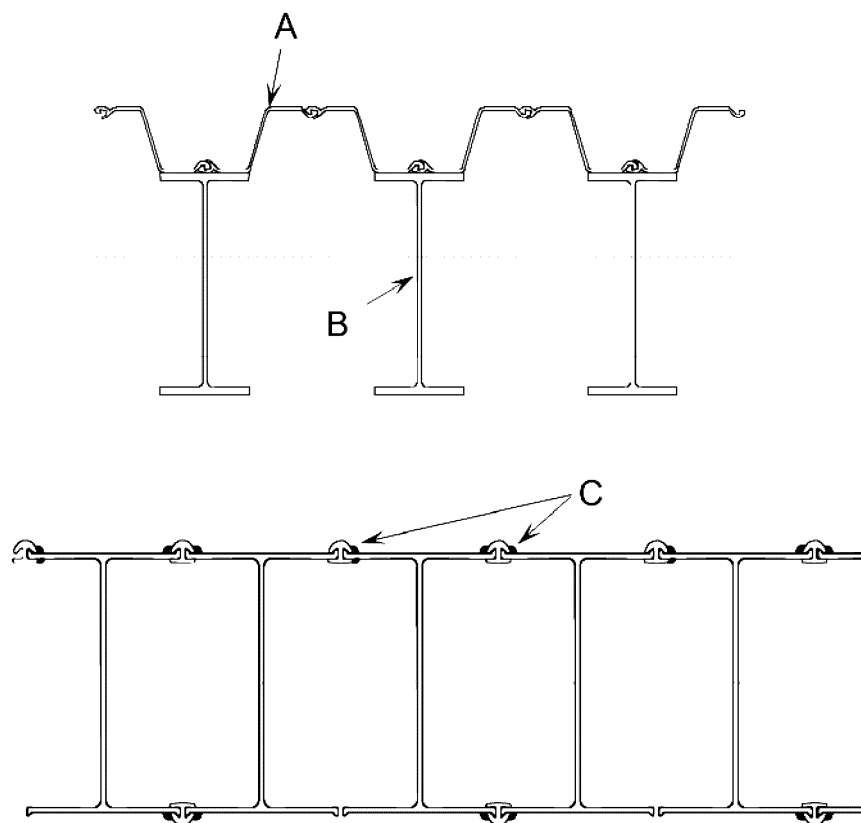
Bild 1-4 — Beispiel für Zellenfangedämme



Legende

- A Tragelement
- B Zwischenelement

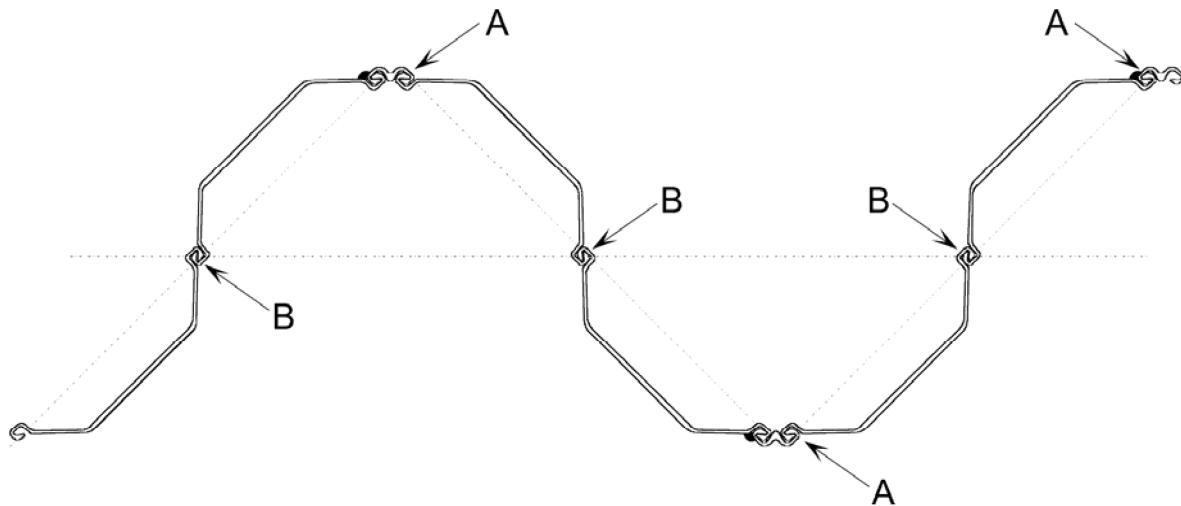
Bild 1-5 — Beispiele für kombinierte Spundwände



Legende

- A auf I-Profil angeschweißte Spundbohle
- B I-Profil
- C am I-Profil angeschweißtes Schlossprofil

Bild 1-6 — Beispiele für Trägerpfahlwände



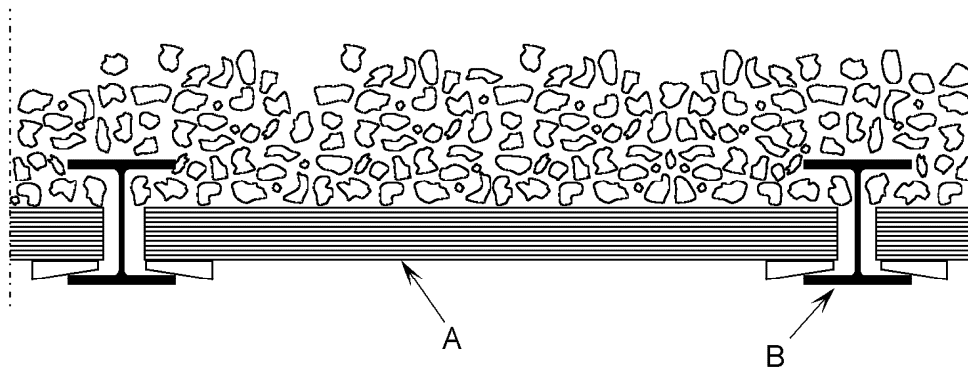
Legende

- A einseitig an einer U-Bohle angeschweißtes Verbindungsstück
- B Verpresstes Schloss

Bild 1-7 — Beispiel für Verbundwände in Winkelform aus U-Profilen



Bild 1-8 — Beispiel für eine Verbundwand in Winkelform aus Z-Profilen



Legende

- A Verschalung, Tafeln, Bohlen
- B Tragbohle

Bild 1-9 — Beispiel für eine Trägerbohlwand (Berliner Verbau)

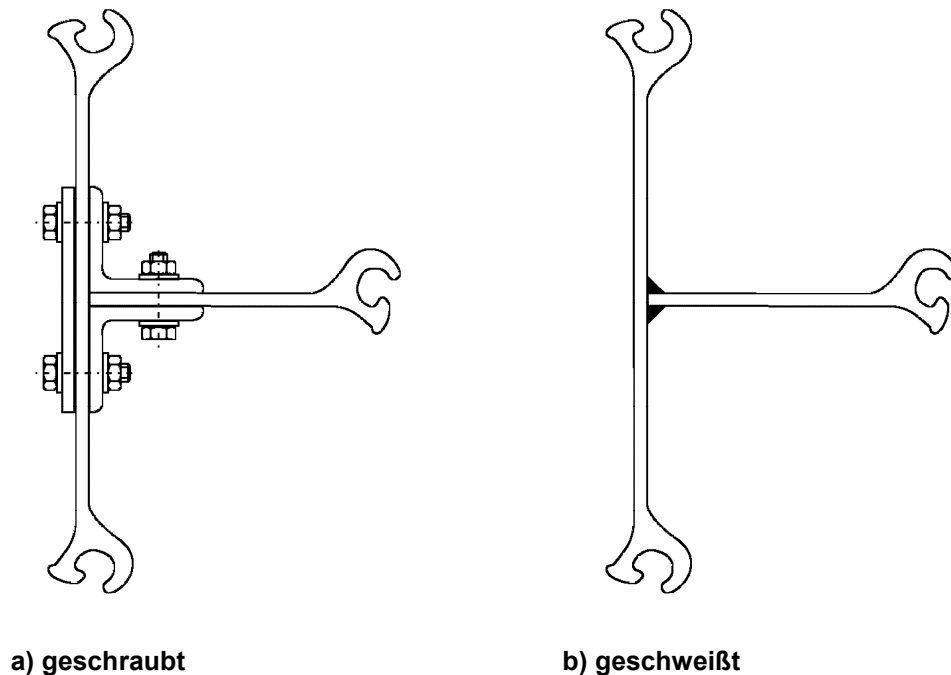


Bild 1-10 — Beispiele für T-Verbindungen

1.9 Vereinbarung für die Spundbohlenachsen

(1) Für Spundwände wird die folgende Achsenvereinbarung getroffen:

- allgemein
 - $x-x$ ist die Längsachse der Bohle;
 - $y-y$ ist die Querschnittsachse parallel zur Stützwand;
 - $z-z$ ist die andere Querschnittsachse;
- falls notwendig
 - $u-u$ ist die zur Stützwandachse nächstgelegene Querschnittshauptachse, wenn diese nicht mit $y-y$ übereinstimmt;
 - $v-v$ ist die andere Querschnittshauptachse, wenn diese nicht mit $z-z$ übereinstimmt.

ANMERKUNG Diese Vereinbarung weicht von der Achsenvereinbarung in EN 1993-1-1 ab. Dieses ist bei Querverweisen zu Teil 1-1 zu beachten.

2 Grundlagen für Entwurf, Bemessung und Konstruktion

2.1 Allgemeines

(1)P Für die Bemessung von Tragpfählen und Spundwänden einschließlich der Bemessung der Gurtungen, Aussteifungen und Anker sind die Regelungen in EN 1990 anzuwenden, es sei denn, dieses Dokument liefert abweichende Regeln.

(2) Nachfolgend werden besondere Regelungen für den Entwurf, die Bemessung und die Konstruktion von Tragpfählen und Spundwänden angegeben, um die Anforderungen an die Sicherheit und Dauerhaftigkeit für die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit und der Tragfähigkeit zu erfüllen.

(3) Die Tragfähigkeit des Bodens sollte nach EN 1997-1 bestimmt werden.

(4)P Es sind alle Bemessungssituationen in jeder Phase der Bauausführung und der Nutzung zu berücksichtigen, siehe EN 1990.

(5) Die Rammfähigkeit der Tragpfähle und Spundbohlen sollte bei Entwurf und Bemessung der Konstruktion berücksichtigt werden, siehe 2.7.

(6) Wenn nichts anderes angegeben ist, gelten die in diesem Dokument angegebenen Regeln gleichermaßen für temporäre und permanente Bauwerke, siehe EN 1990.

(7) Nachfolgend wird eine Unterscheidung zwischen Tragpfählen und Stützwänden gemacht, wenn dies notwendig ist.

(8) Regelungen zu Gurtungen, Aussteifungen, Verbindungen und Ankern befinden sich in Abschnitt 7.

2.2 Kriterien für den Grenzzustand der Tragfähigkeit

(1)P Es sind die nachfolgenden Kriterien für den Grenzzustand der Tragfähigkeit zu berücksichtigen:

- a) Versagen des Bauwerks durch Versagen des Bodens (die Tragfähigkeit des Bodens ist überschritten);
- b) Tragwerksversagen;
- c) Kombination des Boden- und Tragwerksversagens.

ANMERKUNG Versagen benachbarter Bauwerke kann durch Verformungen infolge des Aushubs verursacht werden. Wenn benachbarte Bauwerke empfindlich gegenüber diesen Verformungen sind, können Empfehlungen für die Vorgehensweise für den Einzelfall angegeben werden.

(2) Die Kriterien für den Grenzzustand der Tragfähigkeit sollten in Übereinstimmung mit EN 1997-1 nachgewiesen werden.

(3) Abhängig von der Bemessungssituation sollte der Bauteilwiderstand für eine oder mehrere der nachfolgenden Versagensarten nachgewiesen werden:

— für Tragpfähle:

- Versagen infolge Biegung- und/oder Normalkraft;
- Versagen infolge Biegeknicken unter Berücksichtigung der Zwängungen, die durch den Boden und die Stützkonstruktion sowie deren Anschlüsse erzeugt werden;
- lokales Versagen an den Lasteinleitungsstellen;
- Ermüdung;

— für Stützwände:

- Versagen infolge Biegung- und/oder Normalkraft;
- Versagen infolge Biegeknicken unter Berücksichtigung der Zwängungen, die durch den Boden erzeugt werden;

- lokales Beulen infolge Biegung;
- lokales Versagen an den Lasteinleitungsstellen (z. B. Stegblechbeulen);
- Ermüdung.

2.3 Kriterien für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

(1) Soweit nichts anderes vereinbart ist, sollten die nachfolgenden Kriterien für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit berücksichtigt werden:

— für Tragpfähle:

- Begrenzung der vertikalen Setzungen oder horizontalen Verschiebungen, die für das abzustützende Tragwerk einzuhalten sind;
- Begrenzung der Erschütterungen, die für die direkt mit den Tragpfählen verbundenen oder benachbarten Tragwerke einzuhalten sind;

— für Stützwände:

- Verformungsbegrenzungen, die für die Stützwand selbst einzuhalten sind;
- Begrenzung der horizontalen Verschiebungen, vertikalen Setzungen oder Erschütterungen, die für die Nutzung der direkt mit der Stützwand verbundenen oder benachbarten Tragwerke einzuhalten sind.

(2) Werte für die in (1) genannten Grenzen sollten im Einzelfall in Verbindung mit den dafür geltenden Lastfallkombinationen nach EN 1990 festgelegt werden.

(3) Grenzwerte, die sich aus benachbarten Tragwerken ergeben, sollten im Einzelfall festgelegt werden. Eine Anleitung für die Bestimmung dieser Grenzwerte ist in EN 1997-1 angegeben.

ANMERKUNG Die Kriterien der Gebrauchstauglichkeit dürfen für die Bemessung maßgebend sein.

2.4 Baugrunderkundungen und Bodenparameter

(1)P Parameter für den Boden und/oder Hinterfüllungen sind nach geotechnischen Untersuchungen nach EN 1997 zu bestimmen.

2.5 Statische Berechnung

2.5.1 Allgemeines

(1) Eine statische Berechnung sollte durchgeführt werden, um die Beanspruchungen (Kräfte und Biegemomente, Spannungen, Dehnungen und Verformungen) für das gesamte Tragwerk oder Teile davon zu bestimmen. Falls erforderlich, sollten zusätzliche Berechnungen für Konstruktionsdetails durchgeführt werden, z. B. für Lasteinleitungsstellen, Verbindungen usw.

(2) Die Berechnungen können mit Idealisierung der Geometrie, des Verhaltens des Tragwerks und des Bodens durchgeführt werden. Die Idealisierungen sollten entsprechend der Bemessungssituation ausgewählt werden.

(3) Außer in den Fällen, in denen die Bemessung empfindlich auf Abweichungen reagiert, darf die Bestimmung der Schnittgrößen in Pfahlgründungen und Spundwänden auf der Basis der Nennwerte der Abmessungen durchgeführt werden.

(4) Eine Brandschutzbemessung sollte nach den Festlegungen in EN 1993-1-2 und EN 1991-1-2 durchgeführt werden.

2.5.2 Bestimmung der Einwirkungen

(1) Wo zutreffend, sollten die Einwirkungen nach EN 1991 bestimmt werden, andernfalls sollten sie im Einzelfall und in Abstimmung mit dem Auftraggeber festgelegt werden.

(2) Bei Pfahlgründungen sollten die Einwirkungen infolge vertikaler oder quer verlaufender Bodenbewegungen (z. B. negative Mantelreibung usw.) nach EN 1997-1 bestimmt werden.

(3) Die Einwirkungen, die vom Boden auf das Tragwerk wirken, sollten mit Modellen nach EN 1997-1 bestimmt werden oder im Einzelfall und in Abstimmung mit dem Auftraggeber festgelegt werden.

(4) Wo notwendig, sollten die Auswirkungen von Temperaturänderungen mit der Zeit oder von Sonderlasten, die nicht in EN 1991 erfasst sind, berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 1 Es kann erforderlich sein, Temperatúrauswirkungen zu berücksichtigen, z. B. für Aussteifungen, wenn große Temperaturänderungen wahrscheinlich sind. Der Entwurf darf dabei Maßnahmen vorschreiben, um den Einfluss der Temperaturänderungen zu reduzieren.

ANMERKUNG 2 Beispiele für Sonderlasten sind:

- Lasten durch fallende Gegenstände oder schwingende Kranlasten;
- Lasten von Baggern und Kränen;
- Auflasten aus Pumpen, Zugangswegen, Zwischenaussteifungen, Lagerung von Geräten oder Stapeln von Stahlbewehrung.

(5) Soweit nicht anders festgelegt, dürfen für Stützwände, die Belastungen von einer Straße oder Bahnstrecke erfahren, vereinfachte Modelle für diese Lasten (z. B. Gleichlasten) abgeleitet aus den Lasten für Brücken verwendet werden, siehe EN 1991-2.

2.5.3 Tragwerksberechnung

2.5.3.1 Allgemeines

(1) Die Tragwerksberechnung sollte mit einer geeigneten Boden-Tragwerks-Interaktion in Übereinstimmung mit EN 1997-1 durchgeführt werden.

(2) In Abhängigkeit von der Bemessungssituation können Anker als einfache starre Stützung oder als Federstützung abgebildet werden.

(3) Wenn die Verbindungen und Anschlüsse einen großen Einfluss auf die Schnittgrößenverteilung haben, sollten diese in der Tragwerksberechnung berücksichtigt werden.

2.5.3.2 Grenzzustand der Tragfähigkeit

(1) Die Tragwerksberechnung für Pfahlgründungen für den Grenzzustand der Tragfähigkeit darf mit demselben Modell durchgeführt werden wie für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.

(2) Wenn außergewöhnliche Bemessungssituationen berücksichtigt werden müssen, darf die Bestimmung der Schnittgrößen in den Gründungspfählen mit einem plastischen Modell sowohl für das gesamte Tragwerk als auch für die Boden-Tragwerks-Interaktion vorgenommen werden.

ANMERKUNG Ein Beispiel für eine außergewöhnliche Bemessungssituation ist der Schiffsanprall auf einen Brückenpfeiler.

(3) Die Bestimmung der Schnittgrößen in Stützwänden aus Spundbohlen sollte für den Grenzzustand der Tragfähigkeit für den jeweiligen Versagensfall unter Verwendung der Boden-Tragwerks-Interaktion nach 2.5.3.1 (1) durchgeführt werden.

2.5.3.3 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

(1) Sowohl für Stützwände aus Spundbohlen als auch für Pfahlgründungen sollte die statische Berechnung auf der Grundlage eines linear elastischen Modells des Tragwerks und Boden-Tragwerksmodells, wie sie in 2.5.3.1 (1) definiert sind, durchgeführt werden.

(2) Es sollte nachgewiesen werden, dass im Tragwerk für Gebrauchslasten keine plastischen Verformungen auftreten.

2.6 Versuchsgestützte Bemessung

2.6.1 Allgemeines

(1) Die allgemeinen Regelungen für die versuchsgestützte Bemessung, die in EN 1990, EN 1993-1-1 und EN 1997-1 aufgeführt sind, sollten beachtet werden.

ANMERKUNG Eine Anleitung für die Bestimmung des Bemessungswiderstandes aus Versuchen befindet sich in EN 1990, Anhang D.

2.6.2 Tragpfähle

(1) Anleitungen für Versuche an Tragpfählen sind EN 1997-1, EN 12699 und EN 14199 zu entnehmen.

2.6.3 Stahlspundwände

(1) Die bei der Bemessung von Spundwänden getroffenen Annahmen können entsprechend dem Bauablauf durch Versuche auf der Baustelle überprüft werden (z. B. im Fall von Bodenaushub).

(2) Die Kalibrierung eines Berechnungsmodells und die Änderung des Entwurfs während der Ausführung sollten mit Bezug auf EN 1997-1 durchgeführt werden.

2.6.4 Verankerung

(1) Für die Verankerungen sollten die allgemeinen Regelungen für die versuchsgestützte Bemessung, die in EN 1997-1, EN 1537 und EN 1993-1-11 angegeben sind, beachtet werden.

2.7 Rammbarkeit

(1)P Bei der Bemessung von Pfählen und Spundbohlen sind die ausführungstechnischen Aspekte des Einbringens auf die erforderliche Einbindetiefe zu berücksichtigen. Dazu wird auf EN 12063, EN 12699 und EN 14199 verwiesen.

(2) Der Typ, die Abmessungen und die konstruktive Durchbildung der Bohlen und Pfähle sollten in Verbindung mit der Wirksamkeit der Geräte zum Rammen und Ziehen sowie des Rammverfahrens (Rammparameter) so gewählt werden, dass sie den Bedingungen des Bodens, in den die Bohlen bzw. die Pfähle eingebracht werden, entsprechen.

(3) Wenn Rammschuhe, Versteifungen oder Reibungsverminderer als Rammhilfe oder zur Verstärkung der Bohlen oder der Pfähle während des Einbringens verwendet werden, sollten die Auswirkungen auf das Verhalten während der Nutzung beachtet werden.

3 Werkstoffeigenschaften

3.1 Allgemeines

(1)P Dieser Teil 5 der EN 1993 gilt für die Bemessung von Tragpfählen und Stützwänden aus Stahl, der den in 3.2 bis 3.9 genannten Normen entspricht.

(2) Diese Norm darf auch bei anderen Baustählen angewendet werden, wenn ausreichende Daten vorhanden sind, um die Anwendung der diesbezüglichen Bemessungs- und Fertigungsregeln zu rechtfertigen. Die Versuchsdurchführungen und -auswertungen sollten den Regelungen in EN 1993-1-1, Abschnitt 2 und EN 1990 entsprechen, und die Versuchsanforderungen sollten mit den Normen, die in 3.2 bis 3.9 genannt sind, übereinstimmen.

(3)P Spundbohlen und Pfähle, die gebraucht oder als Elemente „zweiter Wahl“ verwendet werden sollen, müssen mindestens die Anforderungen bezüglich der Abmessungen und der Materialeigenschaften erfüllen und frei von Schäden oder Schadstoffen sein, welche die Festigkeit oder die Dauerhaftigkeit beeinträchtigen können.

3.2 Tragpfähle

- (1) Zu Stahleigenschaften sollte EN 1993-1-1 beachtet werden.
- (2) Zu Eigenschaften von Stahlpfählen aus Stahlbohlen siehe 3.3 oder 3.4.

3.3 Warmgewalzte Stahlspundbohlen

- (1)P Warmgewalzte Stahlspundbohlen müssen EN 10248 entsprechen.
- (2) Die Nennwerte der Streckgrenze f_y und der Zugfestigkeit f_u für warmgewalzte Spundbohlen dürfen Tabelle 3-1 entnommen werden. Diese entsprechen den Mindestwerten in EN 10248-1.
- (3) Zu Duktilitätsanforderungen sollte EN 1993-1-1, 3.2.2 beachtet werden.

ANMERKUNG Die in Tabelle 3-1 aufgeführten Stahlsorten genügen diesen Anforderungen.

Tabelle 3-1 — Nennwerte der Streckgrenze f_y und der Zugfestigkeit f_u für warmgewalzte Stahlspundbohlen nach EN 10248-1

Stahl nach EN 10027	f_y N/mm ²	f_u N/mm ²
S240GP	240	340
S270GP	270	410
S320GP	320	440
S355GP	355	480
S390GP	390	490
S430GP	430	510