

**Überprüfung der konstruktiven
Regeln für Gründungen in
EN 1992-1-1 im Hinblick auf
den nationalen Anhang mit
1. Ergänzung**

T 3131

T 3131

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2007

ISBN 978-3-8167-7288-0

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

Schlussbericht zur

Überprüfung der konstruktiven Regeln für Gründungen in EN 1992-1-1 im Hinblick auf den Nationalen Anhang

Auftraggeber: Deutsches Institut für Bautechnik
Kolonnenstraße 30 L
10829 Berlin

Tel.: 030 / 78730 - 0

Fax: 030 / 78730 - 320

Herr Dipl.-Ing. E. Jasch -211

Frau Dipl.-Ing. E. Panten -205

Bezug: Vertrag ZP 52-5-7.271-1220/06 vom 04.01.2006

Textseiten: 16

Verteiler: 2-fach an Auftraggeber

Datei: L:\ZG\F\DIBT\EC2\NAD zu EC2 - Geotechnik-07.08.06.doc

Auftragnehmer: Technische Universität München
Zentrum Geotechnik
Baumbachstraße 7
81245 München

Ansprechpartner: Prof. Dr.-Ing. N. Vogt Tel.: 089 / 289 27 131

Dipl.-Ing. C. Kellner Tel.: 089 / 289 27 141

Zeichen: Ke/Vo

Ort, Datum: München, 08.12.2006

Inhaltsverzeichnis

1 Allgemeines	3
1.1 Anlass und Ziel des Vorhabens	3
1.2 Eingebundene Experten	3
2 Anmerkungen zu DIN EN 1992-1-1	4
2.1 Redaktionelles	4
2.1.1 in DIN EN 1992-1-1	4
2.1.2 im Entwurf NAD	5
2.2 Schnittstellen zur Geotechnik	5
2.3 Verrohrt und unverrohrt hergestellte Ortbetonpfähle	7
2.4 Bewehrte und unbewehrte Pfähle	7
2.5 Mindestabstand und Mindestanzahl von Bewehrungsstäben bei Pfählen	8
2.6 Betondeckung und statisch anzusetzender Pfahlquerschnitt	9
2.7 Einzelfundament auf Fels	10
3 Vorschläge für die Nationalen Anwendungsregeln Deutschland	11

1 Allgemeines

1.1 Anlass und Ziel des Vorhabens

DIN EN 1992-1-1 "Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken", (EC 2-1-1) erfordert zur Festlegung von freien Parametern einen **Nationalen Anhang**, der aktuell für die Bundesrepublik Deutschland vorbereitet wird. Dabei sollen gleichzeitig **nationale Anwendungsregeln** entstehen, mit denen zusätzliche Hinweise, weitergehende Regelungen und Präzisierungen festgelegt werden können.

In Kapitel 9.8 "Gründungen" des EC 2-1-1 wird die räumliche Schnittstelle zwischen dem Bauwerk und dem Baugrund, zusätzlich aber auch die fachliche Schnittstelle zwischen dem Massivbau und der Geotechnik beschrieben. Auch in den Kapiteln 2 und 12 finden sich Hinweise zu Gründungselementen.

Das Zentrum Geotechnik wurde vom DIBT beauftragt, aus geotechnischer Sicht zu den erforderlichen Festlegungen, Regelungen und Präzisierungen beizutragen. Neben der als zwingend anzusehenden Anforderung der fachlich richtigen Darstellung der Inhalte wurde Wert auf folgende Punkte gelegt:

- Konstruktive Hinweise entsprechend dem aktuellen Stand der Technik
- Minimierung der Anzahl und Vereinheitlichung von konkret vorgegebenen Grenzwerten
- Unmissverständliche Wortwahl (Sprachgebrauch)
- Konformität zu derzeitigen und künftigen Normen (z.B. Nationaler Anhang Deutschland des EC 7-1)

Bei unserer Bearbeitung sind wir in Abschnitt 2 auf mögliche Überschneidungen des EC 2-1-1 zu anderen Normen der Geotechnik und mögliche missverständliche Regelungen des EC 2-1-1 eingegangen, wohl wissend, dass am Text des EC 2-1-1 derzeit keine Änderungen vorgenommen werden können.

Basis der vorliegenden Arbeit ist die **DIN EN 1992-1-1** in einer Druckfassung, in der in einer rechten Spalte die Nationalen Anwendungsregeln Deutschland (NAD) (besser wäre die Bezeichnung Nationaler Anhang Deutschland NA D) ergänzt werden. Der letzte uns vorliegende Stand ist der vom 12.05.2005. Die für uns maßgeblichen Abschnitte der DIN EN 1992-1-1 werden im abschließenden Kapitel 3 zitiert und ebenfalls in einer rechten Spalte mit Ergänzungen versehen, die aus unserer Sicht in die NAD aufgenommen werden sollten.

1.2 Eingebundene Experten

Der "Stand der Technik" bei der konstruktiven Durchbildung von Gründungen reicht über die in den Normen und Zulassungen getroffenen Regelungen hinaus. Er wird auf Basis von Forschungsarbeiten, Projekterfahrungen und firmeninternen Entwicklungen stetig fortgeschrieben, wobei der Wissenszuwachs in der Regel nur einem eingeschränkten Personenkreis zugänglich ist. In einem

ersten Schritt wurden daher Experten befragt, die bei Spezialtiefbauunternehmen tätig sind, welche in großem Umfang an Tiefgründungsmaßnahmen in Deutschland beteiligt sind, und/oder welche gleichzeitig an der Normungsarbeit in den Ausschüssen des DIN und der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik mitwirken. Die nachfolgend in alphabetischer Reihenfolge genannten Personen, bzw. die durch sie vertretenen Institutionen und Firmen haben die in DIN EN 1992-1-1 enthaltenen Regelungen gegengelesen und kommentiert. Für die geleistete Arbeit wird an dieser Stelle gedankt.

Herr Dipl.-Ing. Roland Jörger,

Bilfinger Berger AG, NL Spezialtiefbau, Diffenestr. 14, 68168 Mannheim

Herr Univ.-Prof. Dr.-Ing. H.-G. Kempfert,

Fachgebiet Geotechnik, Universität Kassel, Moenchebergstr. 7, 34125 Kassel

Herr Dr.-Ing. Berthold Klobe,

Bauer Spezialtiefbau GmbH, Abteilung Baukonstruktion, Wittelsbacherstr. 5, 86529 Schrobenhausen

Herr Dr.-Ing. W.-R. Linder,

Brückner Grundbau GmbH, Betrieb und Technik, Am Lichtbogen 8, 45141 Essen

Herr Dr.-Ing. Fritz Weiß,

Beratender Bauingenieur VBI, Längenhardstraße 10, 79104 Freiburg im Breisgau

Herr Prof. Kempfert und Herr Prof. Vogt sind in der Arbeitsgruppe zur Erarbeitung des Nationalen Anhangs zum EC 7-1 sowie der Ergänzungsnorm DIN 1054:2007 für die Abschnitte Pfähle und Flachgründungen zuständig.

2 Anmerkungen zu DIN EN 1992-1-1

2.1 Redaktionelles

2.1.1 in DIN EN 1992-1-1

- In 2.4.2.5 (1) sollte statt "berechnen" der Begriff "ermitteln" verwendet werden.
- Die Beschreibung des **Formelzeichens q** (Linienlast in Kapitel 9.8.3 bzw. Bodendruck in Kapitel 9.8.4) fehlt im Abkürzungsverzeichnis in Kapitel 1.6.
- Die Bezeichnung "einbetonierte Bohrpfähle" in Tabelle 9.6N sollte in "**Ortbetonbohrpfähle**" geändert werden. Im Übrigen würde "**Bohrpfähle**" reichen. Es werden im Zusammenhang mit Bohren (um den Platz für den Pfahl im Untergrund zu schaffen) keine normgerechten Pfähle aus anderem Material als Beton hergestellt, der dabei stets an Ort und Stelle einzubauen ist. Die europäische Norm DIN EN 1536 hat auch nur den Titel Bohrpfähle.
- Die Bezeichnung "Bodendruck" in Kapitel 9.8.4 sollte in "**Sohldruck**" geändert werden.

- Der im Zusammenhang mit Ortbetonbohrpfählen verwendete Begriff "Vortreibrohr" sollte in "**Verrohrung**" geändert werden. Dies betrifft 2.3.4.2 (2) und 2.4.2.5 (2). Der Begriff "Vortreibrohr" wird im Spezialtiefbau nur im Zusammenhang mit Ortbeton**verdrängungsp**fählen verwendet.
- Mehrmals werden Gebote "ist ... zu" mit der Einschränkung "in der Regel" versehen. In der Summe wird also eine Empfehlung daraus, die eindeutiger und kürzer mit dem modalen Hilfsverb "**sollte**" ausgesprochen werden kann.

2.1.2 im Entwurf NAD

- In Tabelle 9.8.5 (3) (nationale Ergänzung) muss bei A_c die **Einheit** von m auf **m²** geändert werden.
- In der Regelung zu 9.8.4 (1) muss es statt $q_1 = 5 \text{ kN/m}$ wohl **$q_2 = 5 \text{ N/mm}^2$** heißen.

2.2 Schnittstellen zur Geotechnik

Nicht angesprochene Gründungselemente

In der jetzigen Fassung der DIN EN 1992-1-1 werden in verschiedenen Kapiteln Regelungen für ausgewählte Gründungselemente getroffen. Im Einzelnen enthalten die weiter unten in Langform zitierten Kapitel (2.3.4, 2.4.2.5, 9.8, 12.1 und 12.9.3) Empfehlungen, bzw. Regelungen zu folgenden Gründungselementen:

- Pfahlkopfplatten
- Einzel- und Streifenfundamente
- Zugbalken
- Einzelfundamente auf Fels
- Bohrpfähle.

Die Auswahl beschränkt sich auf die genannten Bauteile, obwohl in der Geotechnik auch anderweitig Stahlbeton eingesetzt wird. Insbesondere seien Schlitzwände und Ortbetonrammpfähle (hier wird ein Rohr in den Boden eingerammt, oft ein Bewehrungskörper in das Rohr eingestellt und beim Ziehen des Vortreibrohres Beton eingebracht) genannt. Fertigbeton-Rammpfähle und Spritzbeton (DIN EN 14487-1) sind aus Sicht des Massivbaus wahrscheinlich an anderer Stelle zu regeln. Die wesentlichen Normen, in denen die konstruktive Ausbildung und Ausführung von Stahlbetonbauteilen in der Geotechnik geregelt werden, sind:

- Bohrpfähle: DIN EN 1536 zur Ausführung; DIN 1054 zur Bemessung
- Schlitzwände: DIN EN 1538 zur Ausführung; DIN 4126 (demnächst neu) zur Bemessung
- Verdrängungspfähle: DIN EN 12699 zur Ausführung; DIN 1054 zur Bemessung

Darüber hinaus gibt es Regelungen für Bauteile, bei denen anstelle von Betonen Mörtel oder Zementsuspensionen zum Einsatz kommen.

- DIN EN 1537: Verpressanker; früher DIN 4125 (1990)
- DIN EN 14199: Pfähle mit kleinen Durchmessern (Mikropfähle); früher DIN 4128 (1983)

Wenn die Regel 2.4.2.5 (2) auf Beton in "Ortbeton Bohrpfählen" angewendet werden soll, wäre sie aus Gründen der Marktgerechtigkeit auch auf Ortbeton-Rammpfähle anzuwenden. Mit dem Faktor

$\kappa = 1$ kann aber auf einen entsprechenden Hinweis verzichtet werden. Im gleichen Zusammenhang bleibt unklar, ob die in 2.3.4.2 erläuterten "Zusätzlichen Anforderungen an Bohrpfähle" sinngemäß auch bei Ortbeton-Rammpfählen und Schlitzwänden zur Anwendung kommen sollen. Hier kann im NAD eine Ergänzung gemacht werden. Wir haben die Ergänzung nur auf Ortbetonrammpfähle bezogen, da für Schlitzwände in den Schlitzwandnormen klare Regelungen getroffen sind.

Konstruktive Regelungen an verschiedenen Stellen

Darüber hinaus gibt es in der Geotechnik Fachberichte und Kommentare, in denen konstruktive Hinweise enthalten sind. Die in diesen Fachberichten und Kommentaren enthaltenen Hinweise basieren auf der langjährigen erfolgreichen Erprobung in der Praxis bzw. in gewissem Umfang auch aus Lehren bei aufgetretenen Schadensfällen. Für die Bohrpfähle nach DIN EN 1536 sind zu nennen:

- DIN-Fachbericht 129 (2005) als Anwendungsdokument
- Linder W-R., Siebke H.: Kommentar zu DIN EN 1536: Bohrpfähle, Beuth Verlag 2004

Darüber hinaus sind für DIN EN 12699 und DIN EN 14199 weitere DIN Fachberichte im Entstehen bzw. in Planung.

Hier kommt es zu der Situation dass konstruktive Hinweise zum gleichen Gründungselement in verschiedenen Unterlagen enthalten sind. Für den Anwender ergibt sich daraus die Fragestellung nach der maßgebenden Regel. Mit Bezug auf DIN EN 1992-1-1 werden hier die Regelungen bezüglich der Mindestbewehrung von Bohrpfählen (Kapitel 2.5) und die Regelungen zur Berücksichtigung der herstellungsbedingt gewissen Schwankungen unterliegenden Querschnittsabmessungen von Bohrpfählen (Kapitel 2.6) genannt. Auf diese Regelungen wird weiter unten näher eingegangen.

Zukünftig anzustrebende Lösung

Die angesprochene Auswahl der Gründungselemente und weitergehend die Auswahl der konstruktiven Regeln hierzu führt zu einer unscharfen Trennung zwischen Massivbau und Geotechnik. Um dies zu vermeiden und die zukünftige Pflege und Überarbeitung der Normen zu erleichtern, wäre die generelle Entflechtung der Gebiete Massivbau und Geotechnik mit entsprechenden wechselseitigen Verweisen auf die Normen des benachbarten Fachgebietes anzustreben. Im vorliegenden Fall müssten hierzu gestrichen werden:

- Abschnitt 2.3.4.2 mit Verweis auf die in DIN EN 1536 in Abschnitt 7.6.4 enthaltenen Regelungen bzgl. der Betondeckung. Die dort angegebenen Betondeckungen sind gegenüber den in DIN 1045-3 geforderten Betondeckungen erhöht. Daher erscheint die in Kapitel 2.3.4.2 geforderte zusätzliche Abminderung des Pfahldurchmessers und damit der statischen Nutzhöhe nicht notwendig.
- Abschnitt 2.4.2.5 mit Verweis auf die in DIN EN 1536 in Abschnitt 6.3.1.5 enthaltenen Regelungen bzgl. des Zementgehaltes. Die dort angegebenen Zementgehalte sind gegenüber den in DIN 1045-2 Tabelle F.5 oder DIN EN 206-1 Tabelle F1 genannten Zementgehalten erhöht. Daher erscheint die in Kapitel 2.4.2.5 empfohlene zusätzliche Abminderung der Materialfestigkeit für den Beton nicht notwendig.

- Abschnitt 9.8.5 mit Verweis auf DIN EN 1536, Abschnitt 7.6.2. Die in DIN EN 1992-1-1 enthaltene Tabelle 9.6N ist identisch mit der in DIN EN 1536 enthaltenen Tabelle 4.
- Abschnitt 12.1, 4. Spiegelstrich.

aktuell mögliche Lösung

Die zuletzt genannte Lösung lässt sich erst mit einer Überarbeitung des EC 2-1-1 erreichen. Aktuell sollte eine pragmatische Vorgehensweise gewählt werden. Die derzeit im EC 2-1-1 enthaltenen Regeln und Hinweise werden nachfolgend im Detail kommentiert. Die sich aus den Kritikpunkten ergebenden ergänzenden Regelungen und Hinweise, die als solche in den Nationalen Anhang aufgenommen werden sollten, werden dann in Kapitel 3 aufgeführt.

2.3 Verrohrt und unverrohrt hergestellte Ortbetonpfähle

Die Kapitel 2.3.4.2 und 2.4.2.5 enthalten spezielle Anforderungen für **verrohrt** hergestellte Ortbetonbohrpfähle. Beispielsweise wird der statisch anzusetzende Pfahldurchmesser mit der Begründung auf die Sicherstellung des Querschnittes für speziell diese Bauweise erniedrigt. Dies ist nachzuvollziehen, wenn beispielsweise die Herstellung einer Deckenplatte im Hochbau mit der Herstellung eines verrohrten Bohrpfahles verglichen wird, da die Einhaltung der geforderten Querschnittsabmessung bei der Hochbauplatte leichter sicherzustellen und zu kontrollieren ist. Vergleicht man aber einen verrohrt hergestellten Bohrpfahl mit einem **unverrohrt** hergestellten Bohrpfahl, der nach den zitierten Kapiteln hinsichtlich des statisch anzusetzenden Pfahldurchmessers **keinen** Einschränkungen unterliegt, so ergibt sich die Situation, dass die hinsichtlich der kontrollierten Pfahlherstellung bessere Bauweise mit Verrohrung schlechter gestellt wird als die Bauweise ohne Verrohrung.

Bisher wurden in der Praxis verfahrensbedingte Schwankungen der Betongüte durch gegenüber DIN 1045-2 / EN 206-1 entsprechend erhöhte Zementgehalte berücksichtigt und Einflüsse aus dem Betonieren gegen den Boden durch gegenüber DIN 1045-3 erhöhte Betondeckungen.

Die neue Regelung in EC 2-1-1 würde also zweierlei bewirken:

- eine Verschärfung einer bestehenden Regelung zur Berücksichtigung der herstellungsbedingten Schwankungen in Betongüte und -deckung und damit die deutliche Schlechterstellung einer bewährten speziellen Bauweise.
- die Besserstellung der unverrohrten Bohrpfahlherstellung gegenüber der Herstellung mit Verrohrung im Hinblick auf die Durchmesserstreue. Diese ist im Feld aber nicht gegeben.

Aus diesem Grund schlagen wir vor, die genannten Regeln sinngemäß auch für unverrohrt hergestellte Bohrpfähle anzuwenden und gleichzeitig an den Stellen, an denen noch ein Gestaltungsspielraum besteht, diesen Gestaltungsspielraum mit Querverweisen auf die geotechnischen Normen zu nutzen. Die einzelnen Vorschläge hierzu finden sich in Kapitel 3.

2.4 Bewehrte und unbewehrte Pfähle

In Pfählen mit kleinem Durchmesser können herstellungsbedingte unplanmäßige Abweichungen hinsichtlich der Ansatzpunkte oder der Neigung der Pfähle oder des Querschnitts zu unverträgli-

chen Exzentrizitäten der vom Pfahl aufzunehmenden Normalkraft führen. Dies gilt nicht unter Platten mit vielen Pfählen, wo die Lage des Einzelpfahls eine untergeordnete Rolle spielt. Darüber hinaus kann bei sehr weichen Böden bei sehr großer Schlankheit ein Knickversagen auftreten. Pfähle mit kleinem Durchmesser sollten daher bewehrt werden. Als untere Grenze, ab der ein Pfahl **zwingend** zu bewehren ist, wird **300 mm** vorgeschlagen. Das ist gleichzeitig die Grenze zu Verpresspfählen mit kleinem Durchmesser. Der **empfohlene** Mindestdurchmesser von unbewehrten Pfählen sollte **600 mm** betragen.

Es fehlen Angaben zur mehrlagigen Bewehrung von Pfählen und Barretten. Hier ist darauf hinzuweisen, dass die derzeit in DIN EN 1536 (7.6.2.7 und 7.6.2.8) enthaltenen entsprechenden Festlegungen sehr streng sind. Aktuelle Überlegungen gehen davon aus, den Abstand $e \geq 2d$ bzw. $\geq 2x$ Größtkorn auf $e \geq 1,5 d$ abzumindern.

Ergänzend ist in diesem Zusammenhang auch der Übergang zwischen Pfahlgründungen und Bodenverbesserungen anzusprechen. Unbewehrte Pfähle können als Baugrundverbesserung (z.B. vermörtelte Rüttelstopfsäulen) verwendet und bemessen werden. Hier liegen die typischen Durchmesser unter 600 mm. Diese Anwendung sollte nicht durch ein Gebot der Bewehrung ausgeschlossen werden.

2.5 Mindestabstand und Mindestanzahl von Bewehrungsstäben bei Pfählen

Der Mindestabstand und die Mindestanzahl von Längsbewehrungsstäben in Pfählen sind in den verschiedenen Normen und Kommentaren wie folgt geregelt:

[DIN EN 1536: \(1999\) 7.6.2.3 \(RQ\)](#)

Als Längsbewehrung sind mindestens vier Stäbe mit 12 mm Durchmesser auszuführen.

[Kommentar zu DIN EN 1536:](#)

Die Mindestzahl gilt eher für Pfähle mit kleinerem Durchmesser (etwa: $0,3 \text{ m} \leq D \leq 0,4 \text{ m}$) als für Pfähle mit größerem Durchmesser. Vorzug sollte einer Bewehrungsanordnung gegeben werden mit Stäben größeren Durchmessers mit Abständen zwischen 150 und 200 mm.

[DIN EN 1992-1-1 9.8.5 \(3\)](#)

ANMERKUNG Der Mindestdurchmesser der Längsstäbe hat in der Regel 16 mm nicht zu unterschreiten. Die Pfähle haben in der Regel über mindestens 6 Längsstäbe zu verfügen. Der lichte Abstand zwischen den Stäben, am Pfahlrand entlang gemessen, hat in der Regel nicht größer als 200 mm zu sein.

Hier ist zunächst festzustellen, dass die zitierten Regelungen nicht in Widerspruch zueinander stehen. Wird ein Pfahl jedoch mit der nach DIN EN 1536 geforderten Mindestbewehrung von vier Stäben mit 12 mm Durchmesser ausgeführt, so entspricht dies nicht der Empfehlung nach DIN EN 1992-1-1. Im Sinne einer anwenderfreundlichen Norm ist hier eine Klarstellung anzustreben. Hierzu wird von folgender Überlegung ausgegangen.

Die konstruktiven Regeln in DIN EN 1992-1-1 bzgl. Mindestabstand, Mindestanzahl der Bewehrungsstäbe sehen derzeit eine Mindestanzahl von 6 Stäben \varnothing 16 mm mit einem Mindestabstand von 200 mm vor. Dies ergibt eine Bewehrungslinie mit einem Umfang von 1200 mm, was wiederum einem Durchmesser von 380 mm entspricht. Dies entspricht bei einer Betondeckung von 50 mm einen Pfahldurchmesser von 480 mm.

Wie bereits erwähnt, sollten Pfähle kleiner 300 mm gemäß den Richtlinien der Mikropfahlherstellung geplant und bewehrt werden. Bei Durchmessern zwischen 300 mm und 600 mm wird eine Mindestanzahl von 4 Stäben für ausreichend erachtet. Für größere Durchmesser kann die bestehende Regelung beibehalten werden.

Zusammenfassend ergibt sich folgender Vorschlag für den NA D:

- Pfähle mit Durchmesser $d_{\text{nom}} \leq 300$ mm sind zu bewehren. Bezüglich konstruktiver Ausbildung und Herstellung wird auf DIN EN 14199 verwiesen.
- Pfähle mit Durchmessern $300 \text{ mm} < d_{\text{nom}} \leq 600$ mm sollten bewehrt werden und über mindestens 4 Längsstäbe \varnothing 12 mm verfügen.
- Pfähle mit Durchmessern $600 \text{ mm} < d_{\text{nom}}$ können gem. Kapitel 12 unbewehrt ausgeführt werden. Bei bewehrter Ausführung sollten sie über mindestens 6 Längsstäbe \varnothing 16 mm verfügen.

2.6 Betondeckung und statisch anzusetzender Pfahlquerschnitt

Die Betondeckung, bzw. der statisch anzusetzende Pfahlquerschnitt sind in den verschiedenen Normen und Kommentaren wie folgt geregelt:

DIN EN 1536: (1999) 7.6.4 Betondeckung

7.6.4.1 (RQ) Die Betondeckung bewehrter Ortbetonpfähle muß ENV 1992-1-1 entsprechen und darf, wenn nicht anders vereinbart, nicht kleiner sein als

- 60 mm bei Pfählen mit $D > 0,6$ m oder
- 50 mm bei Pfählen mit $D > 0,6$ m.

7.6.4.2 (RC) Die Mindestdeckung sollte auf 75 mm vergrößert werden:

- bei unverrohrten Pfählen in weichem Baugrund;
- bei Umweltverhältnissen der Klasse 5 nach ENV 206;
- bei Unterwasserbeton mit 32 mm Größtkorn;
- wenn die Bewehrung nachträglich in den frischen Beton eingebracht wird; oder
- bei unebener Oberfläche der Bohrlochwände.

7.6.4.3 (PE) Die Betondeckung darf bei bleibender Verrohrung oder Hülse auf 40 mm in Bezug auf deren äußere Oberfläche verringert werden.

Kommentar zu DIN EN 1536:

Die geforderte Betondeckung ist größer als nach DIN EN 206-1:2001-07 wegen des Einbauverfahrens für den selbstverdichtenden Beton und da der Beton nicht glatt geschalt wird. Außerdem sind die Unebenheit der Bohrlochwände, die Einbaugenaugigkeit und die Art,

Größe und Verteilung der Abstandshalter zu berücksichtigen. Die Betondeckung darf nicht kleiner sein, es sei denn es wird eine Erlaubnis nach DIN-Fachbericht, 3.1 erwirkt.

DIN EN 1992-1-1 2.3.4.2 Zusätzliche Anforderungen an Bohrpfähle

(1) Unsicherheiten in Bezug auf den Querschnitt eines Ortbeton-Bohrpfahles und auf die Betonierung müssen bei der Bemessung berücksichtigt werden.

(2) Fehlen weitere Angaben, sind für die Bemessung in der Regel folgende Werte für den Durchmesser von Ortbeton-Bohrpfählen mit wieder gewonnenem Vortreibrohr anzunehmen:

- für $d_{\text{nom}} < 400 \text{ mm}$ $d = d_{\text{nom}} - 20 \text{ mm}$

- für $400 \text{ mm} \leq d_{\text{nom}} \leq 1000 \text{ mm}$ $d = 0,95 d_{\text{nom}}$

- für $d_{\text{nom}} > 1000 \text{ mm}$ $d = d_{\text{nom}} - 50 \text{ mm}$

Dabei ist d_{nom} der Nenndurchmesser des Pfahls.

Die oben zitierten Regelungen stehen nicht in Widerspruch zueinander. Der Tatsache, dass die Querschnittsabmessungen von Pfählen herstellungsbedingt größeren Schwankungen unterliegen als z.B. von Stahlbetonbauteilen im Hochbau wird auf unterschiedliche Art und Weise Rechnung getragen. Die Regelungen in den geotechnischen Normen fordern eine auf den Herstellungsprozess abgestimmte Erhöhung der Betondeckung. Die Regelungen des Massivbaus fordern – bei Fehlen weiterer Angaben – eine Abminderung des Pfahldurchmessers und damit gleichzeitig eine Abminderung der ansetzbaren statischen Nutzhöhe des Pfahles.

Hier sollte aus unserer Sicht in den NAD der Hinweis gegeben werden, dass die Regelungen in DIN EN 1536 als "weitere Angaben" im Sinne des 2.3.4.2(2) zu verstehen sind. 2.3.4.2(2) muss daher nicht angewendet werden, wenn die Pfähle nach DIN EN 1536 hergestellt werden.

2.7 Einzelfundament auf Fels

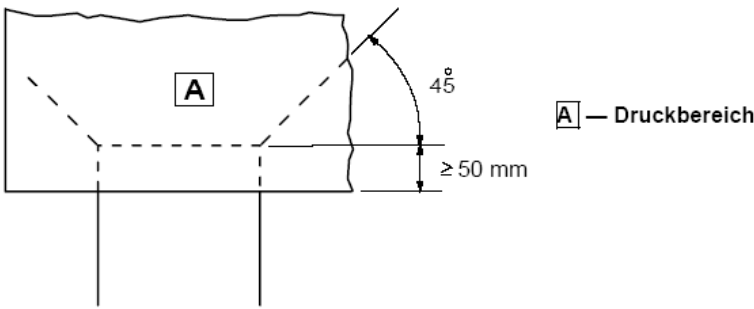
In DIN 1054:2005, Abschnitt 7.7.4 bzw. Anhang A ist der aufnehmbare Sohldruck (der mit charakteristischen Beanspruchungen an der Fundamentbasis zu vergleichen ist) für mindestens mürben Fels mit $\sigma_{\text{zul}} = 5,0 \text{ MN/m}^2$ angegeben. Der zugehörige maximale Sohldruck im Grenzzustand der Tragfähigkeit liegt für diesen Fall bei etwa 7 MN/m^2 (erhöht gegenüber dem charakteristischen Wert um den Mittelwert der Teilsicherheitsbeiwerte γ_G und γ_Q). Sofern bei einer derartigen Situation der tatsächliche Wert des Sohldrucks im Grenzzustand der Tragfähigkeit über 5 MN/m^2 liegt, muss gemäß DIN EN 1992-1-1 eine Spaltzugbewehrung vorgesehen werden.

Das ist aus unserer Sicht nicht einleuchtend. In die Formel 9.14 zur Berechnung der Spaltkraft geht der Sohldruck nicht ein – er ist allenfalls in N_{ed} enthalten, muss dann aber noch mit der Fundamentgrundfläche verknüpft werden. Für die Regel wäre zumindest eine Erweiterung erforderlich, die das Maß der Lastausbreitung im Fundament sowie ein Maß der Duldung von Spaltzugspannungen im Fundament berücksichtigt. Dies ist eine betontechnologische Fragestellung, zu deren Lösung geotechnische Betrachtungen kaum einen Beitrag liefern können.

3 Vorschläge für die Nationalen Anwendungsregeln Deutschland

In der nachfolgenden Tabelle werden in der linken Spalte diejenigen Kapitel der DIN EN 1992-1-1 mit dem Entwurf des Nationalen Anhangs Deutschland vom 19.10.2005 zitiert, in denen die Schnittstellen zur Geotechnik behandelt werden. In der rechten Spalte sind die sich aus den Kommentaren in Kapitel 2 ergebenden Ergänzungen enthalten, die aus unserer Sicht neben den bereits bestehenden Einträgen zusätzlich in den NA D aufgenommen werden sollten.

DIN EN 1992-1-1	Vorschlag für den NA D
<p>Auszug aus Kapitel 2.3.4 "Geometrische Angaben"</p>	
<p>2.3.4.1 Allgemeines (1) Die Regeln zu geometrischen Angaben werden in EN 1990 Kapitel 4 gegeben.</p> <p>2.3.4.2 Zusätzliche Anforderungen an Bohrpfähle (1) Unsicherheiten in Bezug auf den Querschnitt eines Ortbeton-Bohrpfahles und auf die Betonierung müssen bei der Bemessung berücksichtigt werden.</p> <p>(2) Fehlen weitere Angaben, sind für die Bemessung in der Regel folgende Werte für den Durchmesser von Ortbeton-Bohrpfählen mit wieder gewonnenem Vortreibrohr anzunehmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - für $d_{nom} < 400$ mm $d = d_{nom} - 20$ mm - für 400 mm $\leq d_{nom} \leq 1000$ mm $d = 0,95 d_{nom}$ - für $d_{nom} > 1000$ mm $d = d_{nom} - 50$ mm <p>Dabei ist d_{nom} der Nenndurchmesser des Pfahls.</p>	<p>Zu 2.3.4.2 Absatz 2.3.4.2 gilt sinngemäß auch für Ortbeton-Verdrängungspfähle.</p> <p>Zu 2.3.4.2 (1) Einflüsse aus der Betonierung gegen den Boden können durch gegenüber DIN 1045-3 erhöhte Betondeckungen berücksichtigt werden, siehe DIN EN 1536.</p> <p>Zu 2.3.4.2 (2) Die Regelungen in DIN EN 1536 sind als "weitere Angaben" im Sinne von 2.3.4.2 (2) zu verstehen. 2.3.4.2 (2) muss daher nicht angewendet werden, wenn die Pfähle nach DIN EN 1536 hergestellt werden.</p>
<p>Auszug aus Kapitel 2.4 "Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten"</p>	
<p>2.4.2.5 Teilsicherheitsbeiwerte für Eigenschaften von Baustoffen für Gründungen (1) Bemessungswerte der Bodeneigenschaften sind in der Regel nach EN 1997 zu berechnen.</p> <p>(2) Bei der Berechnung des Bemessungswiderstands von Ortbeton Bohrpfählen mit wiedergewonnenem Vortreibrohr ist in der Regel der Teilsicherheitsbeiwert für Beton γ_c nach 2.4.2.4 (1) mit dem Beiwert k_f zu multiplizieren.</p>	<p>Zu 2.4.2.5 (2) Bei Bohrpfählen, deren Herstellung nach DIN EN 1536 erfolgt, ist</p>

<p>ANMERKUNG Der landesspezifische Wert von k_f darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert ist 1,1.</p>	<p>für k_f der Wert 1,0 einzusetzen.</p>
<p>Kapitel 9.8 "Gründungen"</p>	
<p>9.8.1 Pfahlkopfplatten</p> <p>(1) Der Abstand vom Außenrand des Pfahls zum Rand der Pfahlkopfplatte ist in der Regel so zu bemessen, dass die Zugkräfte in der Pfahlkopfplatte richtig verankert werden können. Die erwarteten Herstellungsgenauigkeiten eines Pfahles sind in der Regel dabei zu berücksichtigen.</p> <p>(2) Die Bewehrung in einer Pfahlkopfplatte ist in der Regel entweder mit Hilfe eines Stabwerkmodells oder mit der Biegetheorie zu berechnen.</p> <p>(3) Die Hauptzugbewehrung zur Aufnahme der Auswirkungen der Einwirkungen ist in der Regel in den Spannungszonen zwischen den Pfahlköpfen zu konzentrieren. Dafür hat in der Regel ein Mindeststabdurchmesser Φ_{min} gegeben zu sein. Wenn die Querschnittsfläche dieser Bewehrung mindestens der Mindestbewehrung entspricht, sind an der Unterseite des Bauteils gleichmäßig verteilte Stäbe nicht notwendig. Die Seiten und die Oberseite des Bauteils dürfen ebenfalls unbewehrt bleiben, wenn kein Risiko besteht, dass sich in diesen Bereichen des Bauteils Zugspannungen bilden.</p> <p>ANMERKUNG Der landesspezifische Wert für Φ_{min} darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert ist 8 mm.</p> <p>(4) Zur Verankerung der Zugbewehrung dürfen geschweißte Querstäbe verwendet werden. In diesem Falle darf der Querstab als Teil der Querbewehrung im Verankerungsbereich des betrachteten Bewehrungsstabes angesetzt werden.</p> <p>(5) Es darf davon ausgegangen werden, dass der Druck, der durch die Auflagerreaktion des Pfahles entsteht, sich in einem Winkel von 45° vom Rand des Pfahles aus verteilt (siehe Bild 9.11). Bei der Berechnung der Verankerungslänge darf dieser Druck berücksichtigt werden.</p>  <p>Bild 9.11 — Verbesserung der Verankerung im Druckbereich</p> <p>9.8.2 Einzel- und Streifenfundamente</p> <p>9.8.2.1 Allgemeines</p> <p>(1) Die Hauptbewehrung ist in der Regel entsprechend 8.4 und 8.5 zu verankern. Ein Mindeststabdurchmesser hat in der Regel als Φ_{min} gegeben zu sein. Bei Fundamenten darf das in 9.8.2.1 gezeigte Bemessungsmodell verwendet werden.</p> <p>ANMERKUNG Der landesspezifische Wert für Φ_{min} darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert ist 8 mm.</p> <p>(2) Die Hauptbewehrung von Kreisfundamenten darf orthogonal und in der Mitte des Fundamentes auf einer Breite von $(50 \pm 10) \%$ des Fundamentdurchmessers</p>	<p>Zu 9.8.1 (3) $\Phi_{min} = 8 \text{ mm}$</p> <p>Zu 9.8.2.1 (1) $\Phi_{min} = 8 \text{ mm}$</p>

konzentriert sein, siehe Bild 9.12. Für Bemessungszwecke sollten hierbei die unbewehrten Teile des Bauteils als unbewehrter Beton gelten.

(3) Wenn die Einwirkungen zu Zug an der Oberseite des Fundamentes führen, sind in der Regel die daraus folgenden Zugspannungen zu berechnen und gegebenenfalls zu bewehren.

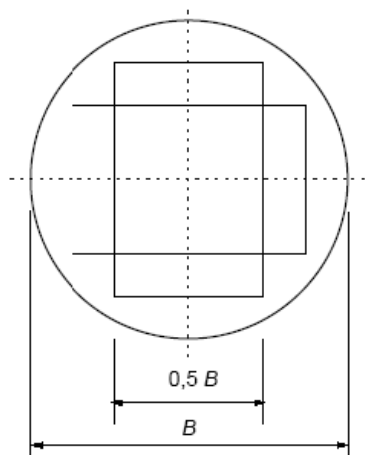


Bild 9.12 — Orthogonale Bewehrung in Kreisfundamenten im Boden

9.8.2.2 Verankerung der Stäbe

(1) Die Zugkraft in der Bewehrung wird durch Gleichgewichtsbedingungen unter Berücksichtigung der Auswirkungen von geneigten Rissen bestimmt (siehe Bild 9.13). Die Zugkraft F_s an der Stelle x ist in der Regel im Beton innerhalb desselben Abstands x vom Rand des Fundamentes zu verankern.

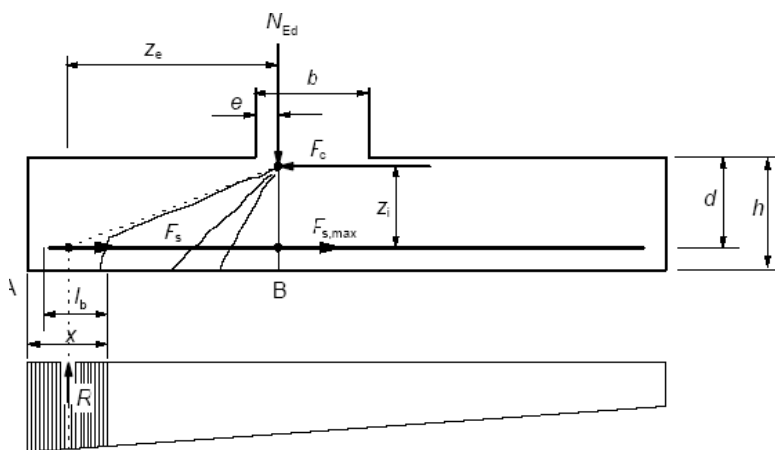


Bild 9.13 — Modell der Zugkraft unter Berücksichtigung geneigter Risse

(2) Die zu verankernde Zugkraft ist mit folgender Gleichung gegeben:

$$F_s = R \cdot z_e / z_i \quad (9.13)$$

Dabei ist

- R die Resultierende des Bodendruckes innerhalb der Länge x ;
- z_e der äußere Hebelarm, d. h. der Abstand zwischen R und der Vertikalkraft N_{Ed} ;
- N_{Ed} die Vertikalkraft, die dem gesamten Bodendruck zwischen den Querschnitten A und B entspricht;
- z_i der innere Hebelarm, d. h. der Abstand zwischen der Bewehrung und der horizontalen Kraft F_c ;
- F_c die Druckkraft, die der maximalen Zugkraft $F_{s,max}$ entspricht.

(3) Die Hebelarme z_e und z_i dürfen jeweils für die entsprechenden Druckzonen für N_{Ed} und F_c bestimmt werden. Vereinfachend darf z_e unter der Annahme, dass $e = 0,15b$ ist (siehe Bild 9.13), berechnet und $z_i = 0,9d$ angesetzt werden.

(4) Die verfügbare Verankerungslänge für gerade Stäbe wird in Bild 9.13 mit l_b bezeichnet. Reicht diese Länge zur Verankerung von F_s nicht aus, dürfen die Stäbe entweder aufgebogen werden, um damit die verfügbare Länge zu erhöhen, oder sie dürfen mit Ankerkörpern versehen werden.

(5) Bei geraden Stäben ohne Endverankerungen ist der Mindestwert von x maßgebend. Vereinfachend darf $x_{min} = h / 2$ angenommen werden. Bei anderen Verankerungsarten können höhere Werte für x maßgebend sein.

9.8.3 Zugbalken

(1) Zugbalken dürfen verwendet werden, um die Wirkungen einer Lastausmitte auf die Fundamente auszugleichen. Zugbalken sind in der Regel so zu bemessen, dass sie auftretende Biegemomente und Querkräfte aufnehmen können. Die Biegebewehrung hat in der Regel einen Mindeststabdurchmesser Φ_{min} zu haben.

ANMERKUNG Der landesspezifische Wert für Φ_{min} darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert ist 8 mm.

(2) Die Zugbalken sind in der Regel ebenfalls für eine lotrechte Last q_1 auszulegen, falls die Einwirkungen eines Verdichtungsgeräts Auswirkungen auf den Zugbalken haben.

ANMERKUNG Der landesspezifische Wert für q_1 darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert ist 10 kN/m.

9.8.4 Einzelfundament auf Fels

(1) Ausreichende Querbewehrung ist in der Regel vorzusehen, um die Spaltkräfte im Fundament aufzunehmen, wenn der Bodendruck in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit größer als q_2 ist. Diese Bewehrung darf gleichmäßig in Richtung der Spaltkräfte über die Höhe h verteilt werden (siehe Bild 9.14). Ein Mindeststabdurchmesser Φ_{min} hat in der Regel gegeben zu sein.

ANMERKUNG Die landesspezifischen Werte für q_2 und für Φ_{min} dürfen einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert für q_2 beträgt 5 N/mm² und für Φ_{min} beträgt er 8 mm.

(2) Die Spaltkraft, F_s , darf mit folgender Gleichung ermittelt werden (siehe Bild 9.14):

$$F_s = 0,25 (1 - c / h) N_{Ed} \quad (9.14)$$

Dabei ist h das Minimum aus b und H .

9.8.5 Bohrpfähle

(1) Der folgende Abschnitt gilt für bewehrte Bohrpfähle. Für unbewehrte Bohrpfähle siehe Kapitel 12.

(2) Damit der Beton um die Bewehrung herum eingebracht und ausreichend verdichtet werden kann, ist es äußerst wichtig, dass die Bewehrung, Bewehrungskörbe und alle Einbauteile baulich so durchgebildet sind, dass das Betonieren nicht nachteilig beeinflusst wird.

(3) Für Bohrpfähle mit einem Durchmesser unter h_1 ist in der Regel eine Mindestlängsbewehrung von $A_{s,bpmin}$ einzulegen.

ANMERKUNG Die landesspezifischen Werte für h_1 und $A_{s,bpmin}$ dürfen einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert für h_1 beträgt 600 mm und der empfohlene Wert für $A_{s,bpmin}$ ist in Tabelle 9.6N angegeben. Diese Bewehrung ist in der Regel entlang des Querschnittsrandes zu verteilen.

Zu 9.8.3 (1)
 $\Phi_{min} = 8 \text{ mm}$

Zu 9.8.3 (2)
 $q_1 = 10 \text{ kN/m}^2$

Zu 9.8.4 (1)
 $\Phi_{min} = 8 \text{ mm}$
 $q_2 = 5 \text{ N/mm}^2$

Zu 9.8.5 (3)

[die bisher enthaltene Tabelle entfällt]

Hinsichtlich der Mindestlängsbewehrung $A_{s,bpmin}$ gelten die empfohlenen Werte.

Hinsichtlich h_1 gilt:

Pfähle mit Durchmesser $d_{nom} \leq 300 \text{ mm}$ sind zu bewehren. Bezüglich Herstellung und Bemessung

Der Mindestdurchmesser der Längsstäbe hat in der Regel 16 mm nicht zu unterschreiten. Die Pfähle haben in der Regel über mindestens 6 Längsstäbe zu verfügen. Der lichte Abstand zwischen den Stäben, am Pfahlrand entlang gemessen, hat in der Regel nicht größer als 200 mm zu sein.

Tabelle 9.6N — Empfohlene Mindestfläche der Längsbewehrung bei einbetonierten Bohrpfählen

Pfahlquerschnitt: A_c	Mindestquerschnittsfläche der Längsbewehrung: A_s, bpbmin
$A_c \leq 0,5 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,005 \cdot A_c$
$0,5 \text{ m}^2 < A_c \leq 1,0 \text{ m}^2$	$A_s \geq 25 \text{ cm}^2$
$A_c > 1,0 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,0025 \cdot A_c$

(4) Für die bauliche Durchbildung der Längs- und Querbewehrung bei Bohrpfählen wird auf EN 1536 verwiesen

wird auf DIN EN 14199 verwiesen.

Pfähle mit Durchmessern 300 mm $< d_{\text{nom}} \leq 600$ mm sollten über mindestens 4 Längsstäbe $\varnothing 12$ mm verfügen.

Pfähle mit Durchmessern 600 mm $< d_{\text{nom}}$ können gem. Kapitel 12 unbewehrt ausgeführt werden. Bei bewehrter Ausführung sollten die Pfähle über mindestens 6 Längsstäbe $\varnothing 16$ mm verfügen.

Kapitel 12 "Tragwerke aus unbewehrtem oder gering bewehrtem Beton"

12.1 Allgemeines

(1)P Dieses Kapitel enthält ergänzende Regeln für Tragwerke aus unbewehrtem Beton oder für Tragwerke, bei denen die vorhandene Bewehrung unter der Mindestbewehrung für Stahlbeton ist.

ANMERKUNG Die Überschriften werden mit einer vorangestellten 12 nummeriert, der der entsprechende Hauptabschnitt folgt. Die Unterkapitel werden ohne Verbindung zu den Unterüberschriften in vorangegangenen Abschnitten durchnummeriert.

(2) Dieses Kapitel gilt für Bauteile, bei denen die Auswirkungen von dynamischen Einwirkungen vernachlässigt werden können. Davon ausgenommen sind Auswirkungen infolge rotierender Maschinen oder Verkehrsbeanspruchung. Beispiele für solche Bauteile sind:

- Bauteile, die überwiegend einer Druckbeanspruchung ausgesetzt sind (ausgenommen einer Druckbeanspruchung infolge Vorspannung), z. B. Wände, Stützen, Bögen, Gewölbe und Tunnel,
- streifenförmig und flach gegründete Einzelfundamente,
- Stützwände,
- Pfähle mit einem Durchmesser ≥ 600 mm und für die $N_{\text{Ed}} / A_c \leq 0,3f_{\text{ck}}$ gilt.

(3) Bei Bauteilen aus Leichtbeton mit geschlossenem Gefüge nach Kapitel 11 oder bei Betonfertigteilen und daraus bestehenden Tragwerken, die von diesem Eurocode erfasst werden, sind die Bemessungsregeln in der Regel entsprechend abzuändern.

(4) Bei Bauteilen aus unbewehrtem Beton wird weder die Anordnung einer Stahlbewehrung zur Erfüllung der Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit und/oder die Dauerhaftigkeit noch die Anordnung von Bewehrungen in bestimmten Bereichen der Bauteile ausgeschlossen. Diese Bewehrung darf für örtliche Nachweise im GZT und für Nachweise im GZG berücksichtigt werden

DIN 1045-1, 1 (2) Diese Norm gilt ferner für die Bemessung und Konstruktion unbewehrter Wände in Wohngebäuden aus Leichtbeton der Festigkeitsklasse LC8/9.

DIN 1045-1, 5.3 (2) Bewehrung in ansonsten als unbewehrt anzusehenden Bauteilen ... muss den Anforderungen an die Betondeckung genügen, auch wenn die Bewehrung für die Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit nicht in Anspruch genommen wird.

Zu 12.1 (2)

Pfähle können auch bei höheren Ausnutzungsgraden als $N_{\text{Ed}} / A_c = 0,3f_{\text{ck}}$ unbewehrt ausgeführt werden, wenn die Bemessungseinwirkungen nicht zu einer klaffenden Fuge führen und die Bemessungsbeanspruchung geringer ist als der Bemessungswiderstand des Betons..

12.9.3 Streifen- und Einzelfundamente

(1) Sofern nicht genauere Daten zur Verfügung stehen, dürfen zentrisch belastete Streifen- und Einzelfundamente als unbewehrte Bauteile berechnet und ausgeführt

werden, wenn:

$$\frac{0,85 \cdot h_F}{a} \geq \sqrt{3 \cdot \sigma_{gd} / f_{ctd}} \quad (12.13)$$

Dabei ist

h_F die Fundamenthöhe;

a der Überstand von der Stützensseite an (siehe Bild 12.2);

σ_{gd} der Bemessungswert der Bodenpressung;

f_{ctd} der Bemessungswert der Betonzugfestigkeit (Maßeinheit wie für σ_{gd})

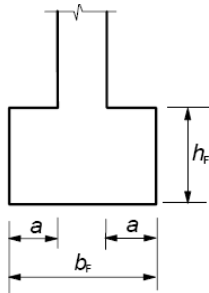


Bild 12.2 — Unbewehrte Stützenfundamente; Bezeichnungen

Überprüfung der konstruktiven Regeln für Gründungen in EN 1992-1-1 im Hinblick auf den Nationalen Anhang – 1. Ergänzung

Auftraggeber: Deutsches Institut für Bautechnik
Kolonnenstraße 30 L
10829 Berlin

Tel.: 030 / 78730 - 0
Fax: 030 / 78730 - 320

Herr Dipl.-Ing. E. Jasch -211
Frau Dipl.-Ing. E. Panten -205

Bezug: Vertrag ZP 52-5-7.271-1220/06 vom 04.01.2006

Textseiten: 7

Verteiler: 2-fach an Auftraggeber,
1-fach per email an den Deutschen Beton- und Bautechnikver-
ein

Datei: L:\ZG\F\DIBT\EC2\NAD zu EC2 -Ergänzung01-10.10.06.doc

Auftragnehmer: Technische Universität München
Zentrum Geotechnik
Baumbachstraße 7
81245 München

Ansprechpartner: Prof. Dr.-Ing. N. Vogt Tel.: 089 / 289 27 131
Dipl.-Ing. C. Kellner Tel.: 089 / 289 27 141

Zeichen: Ke/Vo

Ort, Datum: München, 08.12.2006

Inhaltsverzeichnis

1 Allgemeines	3
2 Auszug aus dem Schlussbericht "NAD zu EC2 - Geotechnik-07.08.06.doc"	3
2.1 Mindestabstand und Mindestanzahl von Bewehrungsstäben bei Pfählen	3
2.2 Vorschläge für die Nationalen Anwendungsregeln Deutschland	4
3 Anmerkungen der DAfStb-Arbeitsgruppe	5
3.1 Auszug aus dem Sitzungsprotokoll vom 19.09.2006	5
3.2 Schreiben vom 20.09.2006	6
4 Diskussion und Stellungnahme zu den Kritikpunkten	6

1 Allgemeines

DIN EN 1992-1-1 "Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken", (EC 2-1-1) erfordert zur Festlegung von freien Parametern einen **Nationalen Anhang**, der aktuell für die Bundesrepublik Deutschland vorbereitet wird. Dabei sollen gleichzeitig **nationale Anwendungsregeln** entstehen, mit denen zusätzliche Hinweise, weitergehende Regelungen und Präzisierungen festgelegt werden können.

In Kapitel 9.8 "Gründungen" des EC 2-1-1 wird die räumliche Schnittstelle zwischen dem Bauwerk und dem Baugrund, zusätzlich aber auch die fachliche Schnittstelle zwischen dem Massivbau und der Geotechnik beschrieben. Auch in den Kapiteln 2 und 12 finden sich Hinweise zu Gründungselementen.

Das Zentrum Geotechnik wurde vom DIBT beauftragt, aus geotechnischer Sicht zu den erforderlichen Festlegungen, Regelungen und Präzisierungen beizutragen. Die entsprechenden Kommentare sind im Entwurf des Schlussberichts "NAD zu EC2 - Geotechnik-07.08.06.doc" mit Stand vom 07.08.06 enthalten. Dieser Bericht wurde am 07.09.06 vorbehaltlich der noch ausstehenden Freigabe durch das DIBt an den Deutschen Beton- und Bautechnikverein weitergeleitet und in der 8. Sitzung der DAfStb-Arbeitsgruppe "Nationales Anwendungsdokument zu DIN EN 1992-1-1" am 19.09.2006 im DIBt in Berlin diskutiert. Der im Schlussbericht enthaltene Vorschlag einer ergänzenden Regelung zu der in Abschnitt 9.8.5 der DIN EN 1992-1-1 geregelten Mindestbewehrung von Pfählen fand hierbei keine Zustimmung. Im Schreiben vom 20.09.06 wurde das Zentrum Geotechnik gebeten, hierzu nochmals Stellung zu nehmen.

Im nachfolgenden Kapitel 2 werden die relevanten Teile des Schlussberichtes zitiert. Kapitel 3 enthält die in der Sitzung vom 19.09.2006 angebrachten Kritikpunkte und die im Schreiben vom 20.09.06 enthaltenen zugehörigen Ergänzungen. In Kapitel 4 wird zu den Kritikpunkten Stellung genommen.

2 Auszug aus dem Schlussbericht "NAD zu EC2 - Geotechnik-07.08.06.doc"

2.1 Mindestabstand und Mindestanzahl von Bewehrungsstäben bei Pfählen

Der Mindestabstand und die Mindestanzahl von Längsbewehrungsstäben in Pfählen sind in den verschiedenen Normen und Kommentaren wie folgt geregelt:

[DIN EN 1536: \(1999\) 7.6.2.3 \(RQ\)](#)

Als Längsbewehrung sind mindestens vier Stäbe mit 12 mm Durchmesser auszuführen.

[Kommentar zu DIN EN 1536:](#)

Die Mindestzahl gilt eher für Pfähle mit kleinerem Durchmesser (etwa: $0,3 \text{ m} \leq D \leq 0,4 \text{ m}$) als für Pfähle mit größerem Durchmesser. Vorzug sollte einer Bewehrungsanordnung gegeben werden mit Stäben größeren Durchmessers mit Abständen zwischen 150 und 200 mm.

DIN EN 1992-1-1 9.8.5 (3)

ANMERKUNG Der Mindestdurchmesser der Längsstäbe hat in der Regel 16 mm nicht zu unterschreiten. Die Pfähle haben in der Regel über mindestens 6 Längsstäbe zu verfügen. Der lichte Abstand zwischen den Stäben, am Pfahlrand entlang gemessen, hat in der Regel nicht größer als 200 mm zu sein.

Hier ist zunächst festzustellen, dass die zitierten Regelungen nicht in Widerspruch zueinander stehen. Wird ein Pfahl jedoch mit der nach DIN EN 1536 geforderten Mindestbewehrung von vier Stäben mit 12 mm Durchmesser ausgeführt, so entspricht dies nicht der Empfehlung nach DIN EN 1992-1-1. Im Sinne einer anwenderfreundlichen Norm ist hier eine Klarstellung anzustreben.

...

Zusammenfassend ergibt sich folgender Vorschlag für den NA D:

- Pfähle mit Durchmesser $d_{nom} \leq 300 \text{ mm}$ sind zu bewehren. Bezüglich konstruktiver Ausbildung und Herstellung wird auf DIN EN 14199 verwiesen.
- Pfähle mit Durchmessern $300 \text{ mm} < d_{nom} \leq 600 \text{ mm}$ sollten bewehrt werden und über mindestens 4 Längsstäbe $\varnothing 12 \text{ mm}$ verfügen.
- Pfähle mit Durchmessern $600 \text{ mm} < d_{nom}$ können gem. Kapitel 12 unbewehrt ausgeführt werden. Bei bewehrter Ausführung sollten sie über mindestens 6 Längsstäbe $\varnothing 16 \text{ mm}$ verfügen.

2.2 Vorschläge für die Nationalen Anwendungsregeln Deutschland

DIN EN 1992-1-1	Vorschlag für den NA D
<p>Kapitel 9.8 "Gründungen"</p>	
<p>9.8.5 Bohrpfähle (1) Der folgende Abschnitt gilt für bewehrte Bohrpfähle. Für unbewehrte Bohrpfähle siehe Kapitel 12.</p> <p>(2) Damit der Beton um die Bewehrung herum eingebracht und ausreichend verdichtet werden kann, ist es äußerst wichtig, dass die Bewehrung, Bewehrungskörbe und alle Einbauteile baulich so durchgebildet sind, dass das Betonieren nicht nachteilig beeinflusst wird.</p> <p>(3) Für Bohrpfähle mit einem Durchmesser unter h_1 ist in der Regel eine Mindestlängsbewehrung von $A_{s,bpmin}$ einzulegen.</p> <p>ANMERKUNG Die landesspezifischen Werte für h_1 und $A_{s,bpmin}$ dürfen einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert für h_1 beträgt 600 mm und der empfohlene Wert für $A_{s,bpmin}$ ist in Tabelle 9.6N angegeben. Diese Beweh-</p>	<p>Zu 9.8.5 (3)</p> <p>[die bisher enthaltene Tabelle entfällt] Hinsichtlich der Mindestlängsbe-</p>

zung ist in der Regel entlang des Querschnittsrandes zu verteilen.

Der Minstdurchmesser der Längsstäbe hat in der Regel 16 mm nicht zu unterschreiten. Die Pfähle haben in der Regel über mindestens 6 Längsstäbe zu verfügen. Der lichte Abstand zwischen den Stäben, am Pfahlrand entlang gemessen, hat in der Regel nicht größer als 200 mm zu sein.

Tabelle 9.6N — Empfohlene Mindestfläche der Längsbewehrung bei einbetonierten Bohrpfählen

Pfahlquerschnitt: A_c	Mindestquerschnittsfläche der Längsbewehrung: $A_{s,bpmin}$
$A_c \leq 0,5 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,005 \cdot A_c$
$0,5 \text{ m}^2 < A_c \leq 1,0 \text{ m}^2$	$A_s \geq 25 \text{ cm}^2$
$A_c > 1,0 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,0025 \cdot A_c$

(4) Für die bauliche Durchbildung der Längs- und Querbewehrung bei Bohrpfählen wird auf EN 1536 verwiesen

wehrung $A_{s,bpmin}$ gelten die empfohlenen Werte.

Hinsichtlich h_1 gilt:
Pfähle mit Durchmesser $d_{nom} \leq 300 \text{ mm}$ sind zu bewehren. Bezüglich Herstellung und Bemessung wird auf DIN EN 14199 verwiesen.

Pfähle mit Durchmessern $300 \text{ mm} < d_{nom} \leq 600 \text{ mm}$ sollten über mindestens 4 Längsstäbe $\varnothing 12 \text{ mm}$ verfügen.

Pfähle mit Durchmessern $600 \text{ mm} < d_{nom}$ können gem. Kapitel 12 unbewehrt ausgeführt werden. Bei bewehrter Ausführung sollten die Pfähle über mindestens 6 Längsstäbe $\varnothing 16 \text{ mm}$ verfügen.

3 Anmerkungen der DAfStb-Arbeitsgruppe

3.1 Auszug aus dem Sitzungsprotokoll vom 19.09.2006

"...Die Vorschläge von Herrn Professor Vogt aus dem Forschungsvorhaben (Dokument N 32), die mit Experten der Arbeitsgruppe zur Erstellung des NAD zum EC 7 abgestimmt sind, werden zunächst übernommen. Nicht gerechtfertigt ist die nationale Ergänzung unter 9.8.5 (3)

Pfähle mit Durchmessern $300 \text{ mm} < d_{nom} \leq 600 \text{ mm}$ sollten über mindestens 4 Längsstäbe $\varnothing 12 \text{ mm}$ verfügen.

Die Arbeitsgruppe vertritt die Auffassung, dass Tabelle 9.6 N sinnvolle Werte für die Mindestbewehrung enthält und ohne Änderungen erhalten bleiben sollte. Die Tabelle wurde aus DIN EN 1536 übernommen. Die o. a. Bedingung sollte daher gestrichen werden. Die Arbeitsgruppe vertritt grundsätzlich die Auffassung, dass entweder die Regelung aus DIN EN 1536 oder die EC 2-Regelung (liegt auf der sicheren Seite) unverändert übernommen werden sollte. Es sollten grundsätzlich keine abweichenden Sonderregeln geschaffen werden. ..."

3.2 Schreiben vom 20.09.2006

"... Zunächst erscheint die Festlegung auf $h_1 = 0,6 \text{ m}$ (A_c ca. $0,3 \text{ m}^2$) in Bezug auf die Tab. 9.6 unsinnig, da dort nur die erste Zeile angezogen wäre. Die Tab. 9.6 bezieht sich offenbar auch auf Großbohrpfähle wie in EN 1536.

Darüber hinaus hatten wir den Eindruck, dass mit den Vorschlägen auch Abweichungen nach unten zur EN 1536 eingebracht werden sollen. Die Auffassung in der AG war dann, entweder wird EN 1536 vollständig im EC2 umgesetzt oder die konservativen Vorgaben des EC2 beibehalten, z. B.:

- Tab. 9.6 gilt bis z. B. $h_1 = 2000 \text{ mm}$
- immer min 6 d 16
- lichter Stababstand $\leq 200 \text{ mm}$
- Kleinbohrpfähle nach DIN EN 14199 ok.
- unbewehrte Pfähle ab $> 600 \text{ mm}$ möglich (= Pfähle mit weniger als Mindestbewehrung). ..."

4 Diskussion und Stellungnahme zu den Kritikpunkten

Zu Tabelle 9.6N:

Wir sind ebenso wie die Arbeitsgruppe der Auffassung, dass Tabelle 9.6 N sinnvolle Werte für die Mindestbewehrung enthält und ohne Änderungen erhalten bleiben sollte. Da sie bereits in DIN EN 1992-1-1 enthalten ist, muss sie aus unserer Sicht nicht inhaltsgleich im NA D wiederholt werden. Unser Vorschlag, die Tabelle im NA D entfallen zu lassen, bezog sich lediglich auf eine vermeidbare Wiederholung gleicher Inhalte.

Es ist weiterhin richtig, dass sich unsere Vorschläge zur ergänzenden Regelung der Mindestbewehrung nur auf die erste Zeile der genannten Tabelle beziehen. Unser Vorschlag sieht unterschiedliche Regelungen vor für Pfähle mit Durchmessern:

- $d_{\text{nom}} \leq 300 \text{ mm}$
- $300 \text{ mm} < d_{\text{nom}} \leq 600 \text{ mm}$
- $600 \text{ mm} < d_{\text{nom}}$

Bezüglich des Vorschlages, Pfähle mit einem Pfahldurchmesser $d_{\text{nom}} \leq 300 \text{ mm}$ gemäß DIN EN 14199 zu planen und herzustellen bestehen keine unterschiedlichen Auffassungen.

Unser Vorschlag, die Mindestbewehrung von Pfählen mit einem Pfahldurchmesser $300 \text{ mm} < d_{\text{nom}} \leq 600 \text{ mm}$ auf 4 Längsstäbe festzulegen, beruht auf der Überlegung, dass zu geringe Stababstände betoniertechisch problematisch sein können, wenn wie bei Pfählen die Verdichtung nur durch den hydrostatischen Druck des flüssigen Betons und nicht über Rüttler o.ä. erfolgt. Es sollten demnach nicht nur Empfehlungen bzw. Regeln bezüglich der Maximalabstände der Längsbewehrung formuliert werden, sondern auch bezüglich der Minimalabstände.

Der Einwand bezüglich der Mindestbewehrung von Pfählen mit einem Pfahldurchmesser $d_{\text{nom}} > 600 \text{ mm}$ ist korrekt. Wir korrigieren unseren Vorschlag entsprechend:

Pfähle mit Durchmessern $600 \text{ mm} < d_{\text{nom}}$ können gem. Kapitel 12 unbewehrt ausgeführt werden. Bei bewehrter Ausführung ist eine Mindestbewehrung gemäß Tabelle 9.6N vorzusehen.

Zusammenfassend ergeben sich damit folgende exemplarische Bewehrungsmöglichkeiten:

Pfahlgeometrie			Mindestbewehrung		
d_{nom} [mm]	\varnothing Bew.korb [mm]	A_c [m ²]	$A_{s, \text{bp min}}$ [cm ²]	Stabanzahl [-]	Stababstand [mm]
300	200	0,071	3,53	4 \varnothing 12	157
600	500	0,283	14,13	8 \varnothing 16	196
900	780	0,636	25,00	14 \varnothing 16	175
1200	1080	1,131	28,27	18 \varnothing 16	188

Zu unbewehrten Pfählen:

Für die Wahl $h_1 = 600 \text{ mm}$ spricht, dass von mehreren Herstellern 620 mm bzw. 640 mm als Standardrohrdurchmesser verwendet werden.

Dem Vorschlag, unbewehrte Pfähle erst ab Durchmessern von 600 mm oder größer zuzulassen, können wir uns aber nicht anschließen. Beispielsweise sind bei einem auf Bohrpfählen gegründeten Hallenfußboden in den Pfählen keine Momente aus einer Lastausmitte zu erwarten. Die Pfahl-lasten und -durchmesser sind in der Regel eher gering, so dass aus statischer und konstruktiver Sicht in einem derartigen Fall nichts gegen die Ausführung unbewehrter Pfähle spricht.

Darüber hinaus wäre bei einer Festlegung, dass unbewehrte Pfähle erst ab Durchmessern von 600 mm ausgeführt werden dürften, wohl auch zu erwarten, dass anstelle von bewehrten Pfählen eher vermörtelte Rüttelstopfsäulen o.ä. ausgeführt würden. Eine derartige Regelung würde somit nicht automatisch eine qualitativ hochwertigere Ausführung einer Pfahlgründung nach sich ziehen, sondern eher die Ausführung einer Alternative, z.B. einer wirtschaftlich günstigeren Bodenverbesserung bewirken.

Aus diesen Gründen sollte die Ausführung unbewehrter Pfähle mit Durchmessern zwischen 300 mm und 600 mm nicht ausgeschlossen werden.