

DIN EN 14679

ICS 93.020

**Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) –
Tiefreichende Bodenstabilisierung;
Deutsche Fassung EN 14679:2005**

Execution of special geotechnical works –
Deep mixing;
German version EN 14679:2005

Exécution des travaux géotechniques spéciaux –
Colonnes de sol traité;
Version allemande EN 14679:2005

Gesamtumfang 56 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 288 „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau)“ (Sekretariat: AFNOR, Frankreich, Vorsitz: DIN, Deutschland) in der Arbeitsgruppe WG 10 „Tiefreichende Bodenstabilisierung“ mit schwedischer Federführung ohne deutsche Mitarbeit erarbeitet. Im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. existiert kein entsprechender Spiegelausschuss; die Norm wurde dem NABau-Arbeitsausschuss 05.08.00 „Injektionen, Düsenstrahlverfahren, tiefreichende Bodenstabilisierung“ zugeordnet.

Deutsche Fassung

**Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten
(Spezialtiefbau) —
Tiefreichende Bodenstabilisierung**

Execution of special geotechnical works —
Deep mixing

Exécution des travaux géotechniques spéciaux —
Colonnes de sol traité

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 28. Februar 2005 angenommen.

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 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, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, 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-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	4
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe.....	6
4 Notwendige Angaben für die Ausführung der Arbeiten.....	9
4.1 Allgemeines	9
4.2 Besondere Erfordernisse	9
5 Baugrunduntersuchungen	10
5.1 Allgemeines	10
5.2 Spezifische Informationen	10
6 Baustoffe und Bauprodukte	11
6.1 Allgemeines	11
6.2 Besondere Überlegungen	12
7 Entwurfskriterien.....	12
7.1 Allgemeines	12
7.2 Zusätzliche Entwurfskriterien.....	13
7.3 Wahl des Bindemittels und der Zusatzmittel	13
7.4 Mischen im Labor und <i>in-situ</i> sowie Prüfungen des behandelten Bodens	13
7.5 Bemessungsunterlagen	14
8 Ausführung.....	15
8.1 Technischer Bericht.....	15
8.2 Vorbereitung der Baustelle	15
8.3 Feldversuche	16
8.4 Ausführung.....	16
8.4.1 Allgemeines	16
8.5 Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung	16
8.6 Tiefreichende Bodenstabilisierung	16
8.6.1 Allgemeines	16
8.6.2 Trockenmischverfahren	17
8.6.3 Nassmischverfahren	18
8.7 Einbau der Bewehrung	18
9 Bauüberwachung, Prüfungen und Kontrollen	19
9.1 Allgemeines	19
9.2 Bauüberwachung	19
9.3 Prüfungen	19
9.4 Kontrollen	20
9.4.1 Ausführungsphase.....	20
9.5 Verhalten des behandelten Bodens	20
9.6 Weitere Aspekte	20
10 Aufzeichnungen	21
10.1 Aufzeichnung während der Arbeiten	21
10.2 Aufzeichnung nach Abschluss der Arbeiten	21
11 Besondere Anforderungen.....	21
11.1 Allgemeines	21
11.2 Sicherheit	22
11.3 Umweltschutz	22
11.4 Einfluss auf angrenzende Bauwerke.....	22

Anhang A (informativ) Praktische Aspekte der tiefreichenden Bodenstabilisierung	23
A.1 Einleitung.....	23
A.2 Anwendungsbereich.....	23
A.3 Ausführung.....	23
A.3.1 Allgemeines	23
A.3.2 Trockenmischverfahren	25
A.3.3 Nassmischverfahren.....	29
A.3.4 Einbauraster	32
A.3.5 Hybridtechniken	34
A.4 Herstellungsbezogene Überlegungen	36
Anhang B (informativ) Aspekte der Bemessung.....	38
B.1 Allgemeines	38
B.1.1 Anwendungsbereich.....	38
B.1.2 Anwendung	38
B.2 Bemessungsgrundsätze	38
B.3 Ausführung der tiefreichenden Bodenstabilisierung	40
B.4 Auswahl des Bindemittels	41
B.5 Prüfung	41
B.5.1 Allgemeines	41
B.5.2 Laborprüfungen	41
B.5.3 Felduntersuchungen	43
B.6 Korrelation zwischen verschiedenen Eigenschaften von behandeltem Boden.....	45
B.6.1 Festigkeit in der Natur und im Labor	45
B.6.2 Beziehung zwischen den mechanischen Eigenschaften und der einachsialen Druckfestigkeit	47
B.7 Aspekte der Planung	47
B.7.1 Stabilität.....	47
B.7.2 Setzungen	50
B.7.3 Einkapselung.....	51
Anhang C (informativ) Verbindlichkeitsgrad der Festlegungen	52
Literaturhinweise	53

Vorwort

Dieses Dokument (EN 14679:2005) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 288 „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau)“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2005, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2005 zurückgezogen werden.

Das Dokument wurde ausgearbeitet, um neben EN 1997-1 und prEN 1997-2 zu stehen. Dieses Dokument deckt die Erfordernisse der Ausführung und Überwachung ab und befasst sich mit der Planung nur soweit erforderlich.

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

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die allgemeinen Grundlagen für die Ausführung, Kontrolle, Überwachung und Aufzeichnung der tiefreichenden Bodenstabilisierung fest, wobei zwischen zwei verschiedenen Verfahren unterschieden wird: das Trockenmischverfahren und das Nassmischverfahren.

Die tiefreichende Bodenstabilisierung ist nach diesem Dokument auf Verfahren mit folgenden Eigenschaften beschränkt:

- a) Mischung durch rotierende mechanische Mischwerkzeuge (siehe Anhang A, Bild A.1), wobei die horizontale Stützung durch den umgebenden Boden nicht beseitigt wird;
- b) Behandlung des Bodens bis in eine Tiefe von mindestens 3 m;
- c) unterschiedliche Geometrien und Anordnungen, bestehend aus einzelnen Säulen, Mehrfachelementen, Rastern, Blöcken, Wänden oder Kombinationen von mehr als einer Einzelsäule, überschritten oder allein stehend (siehe Anhang A, Bilder A.8 bis A.12);
- d) Behandlung von gewachsenem Boden, Auffüllung, Müllablagerungen und Schlämmen usw.;
- e) andere Bodenverbesserungsverfahren, die ähnliche Techniken verwenden (siehe A.3.5).

Hinweise zu praktischen Aspekten der tiefreichenden Bodenstabilisierung betreffend Ausführungstechniken und Ausrüstung werden in Anhang A gegeben. Hauptanwendungen werden in Anhang A, Bild A.14 veranschaulicht. Prüfverfahren und die Beschreibung und Festlegung von Bemessungsparametern werden in Anhang B vorgestellt, soweit sie durch die Ausführung beeinflusst werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 196-1, *Prüfverfahren für Zement — Teil 1: Bestimmung der Festigkeit*

EN 196-2, *Prüfverfahren für Zement — Teil 2: Chemische Analyse von Zement*

EN 196-3, *Prüfverfahren für Zement — Teil 3: Bestimmung der Erstarrungszeiten und der Raumbeständigkeit*

EN 196-4, *Prüfverfahren für Zement — Teil 4: Quantitative Bestimmung der Bestandteile*

EN 196-5, *Prüfverfahren für Zement — Teil 5: Prüfung der Puzzolanität von Puzzolanementen*

EN 196-6, *Prüfverfahren für Zement — Teil 6: Bestimmung der Mahlfeinheit*

EN 196-7, *Prüfverfahren für Zement — Teil 7: Verfahren für die Probenahme und Probenauswahl von Zement*

EN 196-8, *Prüfverfahren für Zement — Teil 8: Hydrationswärme — Lösungsverfahren*

EN 196-21, *Prüfverfahren für Zement — Teil 21: Bestimmung des Chlorid-, Kohlenstoffdioxid- und Alkalianteils von Zement*

EN 197-1:2000, *Zement — Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement*

EN 197-2:2000, *Zement — Teil 2: Konformitätsbewertung*

EN 14679:2005 (D)

EN 451-1, *Prüfverfahren für Flugasche — Teil 1: Bestimmung des freien Calciumoxidgehalts*

EN 459-1, *Baukalk — Teil 1: Definitionen, Anforderungen und Konformitätskriterien*

EN 459-2, *Baukalk — Teil 2: Prüfverfahren*

EN 791:1995, *Bohrgeräte — Sicherheit*

ENV 1991, *Eurocode 1: Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke*

ENV 10080, *Betonbewehrungsstahl — Schweißgeeigneter gerippter Betonstahl B 500 — Technische Lieferbedingungen für Stäbe, Ringe und geschweißte Matten*

EN 12716, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Düsenstrahlverfahren (Hochdruckinjektion, Hochdruckbodenvermörtelung, Jetting)*

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

prEN 1997-2, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 2: Laborversuche für die geotechnische Bemessung*

EN ISO 14688-1, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Böden — Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14688-1:2002)*

EN ISO 14688-2, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Böden — Teil 2: Grundlagen der Klassifizierung (ISO 14688-2:2004)*

EN ISO 14689-1, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels — Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14689-1:2003)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Zusatzmittel

en: admixture

fr: additive, addition

Dispergierungsmittel, Verflüssiger, Verzögerer

3.2

Bindemittel

en: binder

fr: liant

chemische reagierende Materialien (Kalk, Zement, Gips, Hochofenschlacke, Flugasche, usw.)

3.3

Bindemittelgehalt

en: binder content

fr: teneur pondéral en liant

Gewicht des eingebrachten trockenen Bindemittels bezogen auf die Volumeneinheit des zu behandelnden Bodens

3.4

Bindemittelfaktor

en: binder factor

fr: dosage volumique de liant

Verhältnis des Gewichts von eingebrachtem trockenem Bindemittel zum Trockengewicht des zu behandelnden Bodens

3.5

Flügelumdrehungsindex

en: blade rotation number

fr: nombre de rotation d'aile

Gesamtzahl der Flügelumdrehungen des Mischwerkzeuges je Meter bewegter Welle

3.6

Säule

en: column

fr: colonne

in situ durch einen einzelnen Herstellungsvorgang unter Verwendung eines Mischwerkzeugs hergestellter Körper aus behandeltem Boden. Das Mischwerkzeug und der Herstellungsprozess bestimmen die Form und Größe des Querschnittes einer Säule

3.7

Trockenmischverfahren

en: dry mixing

fr: malaxage par voie sèche

Prozess bestehend aus mechanischer Zerlegung des Bodens *in situ* und dessen Vermischung mit Bindemittel mit oder ohne Füller und Zusatzmitteln in trockener Pulverform

3.8

Füller

en: filler

fr: fines inerte, charge inerte

ein nicht reagierendes Material (Sand, Kalksteinmehl usw.)

3.9

Mischungsenergie

en: mixing energy

fr: energie de malaxage

verwendete Rohstoffe zum Betreiben der Geräte

3.10

Mischvorgang

en: mixing process

fr: processus de malaxage

Vorgang, der die mechanische Zerlegung der Bodenstruktur und die Verteilung von Bindemitteln und Füllern im Boden umfasst

3.11

Mischwerkzeug

en: mixing tool

fr: outil de malaxage

Werkzeug zur Zerlegung des Bodens, Verteilung und Vermischung des Bindemittels mit dem Boden, bestehend aus einer oder mehreren rotierenden Einheiten, die mit verschiedenen Flügeln, Armen oder Paddeln mit/ohne durchgehenden oder nicht durchgehenden Schnecken ausgerüstet sind (siehe Anhang A)

3.12

Abbohrvorgang

en: penetration (downstroke)

fr: enfoncement (descente de l'outillage)

jener Teil des Mischvorgangs, in welchem das Mischwerkzeug auf die erforderliche Tiefe gebracht wird und die erste Vermischung und Verflüssigung des Bodens stattfindet

3.13

Abbohr- bzw. Ziehgeschwindigkeit

en: penetration or retrieval speed

fr: vitesse d'enfoncement ou de remontée

vertikale Bewegung des Mischwerkzeugs je Zeiteinheit während des Abbohr- oder Ziehvorgangs

3.14

Abbohr- bzw. Ziehrate

en: penetration or retrieval rate

fr: vitesse d'enfoncement ou de remontée par tour

vertikale Bewegung des Mischwerkzeugs je Umdrehung der rotierenden Einheit(en) während des Abbohr- und Ziehvorgangs

3.15

Ziehvorgang

en: retrieval (upstroke)

fr: remontée (montée de l'outillage)

jener Teil des Mischvorgangs, in welchem die abschließende Vermischung und das Herausziehen des Mischwerkzeugs stattfinden

3.16

wiederholter Mischvorgang

en: restroke

fr: re-malaxage

ein wiederholter Mischvorgang ist ein zusätzlicher Abbohr- und Rückziehzyklus des Mischwerkzeugs zur Erhöhung des Bindemittelgehaltes und/oder der Säulenhomogenität

3.17

Umdrehungsgeschwindigkeit

en: rotation speed

fr: vitesse de rotation

Anzahl der Umdrehungen der rotierenden Einheit(en) des Mischwerkzeugs je Zeiteinheit

3.18

Mischvorgang

en: stroke

fr: malaxage

ein kompletter Zyklus des Mischvorgangs

3.19

Volumenverhältnis

en: volume ratio

fr: teneur volumique en coulis

Verhältnis von injiziertem Suspensionsvolumen (beim Nassmischen) zum Volumen des zu behandelnden Bodens

3.20

Wasser/Bindemittel-Verhältnis

en: water/binder ratio

fr: rapport eau/liant

das Gewicht von Wasser und trockenem Bindemittel dividiert durch das Gewicht des trockenen Bindemittels

3.21**Nassmischverfahren**

en: wet mixing

fr: malaxage par voie humide

Verfahren bestehend aus mechanischer Zerlegung des Bodens *in situ* und seiner Vermischung mit einer Suspension bestehend aus Wasser, Bindemittel mit oder ohne Füller und Zusatzmitteln

4 Notwendige Angaben für die Ausführung der Arbeiten**4.1 Allgemeines**

4.1.1 Vor Ausführung der Arbeiten müssen alle erforderlichen Informationen zur Verfügung gestellt werden.

4.1.2 Diese Informationen sollten enthalten:

- a) alle gesetzlichen oder rechtlichen Einschränkungen;
- b) die Lage der Hauptachsen für die Aussteckung;
- c) der Zustand von Bauwerken, Wegen, Einbauten usw. in der Umgebung der Arbeiten;
- d) ein angemessenes Qualitätsmanagementsystem, einschließlich Bauüberwachung, Prüfung und Kontrollen.

4.1.3 Zu den Baustellenbedingungen sollten, soweit relevant, folgende Informationen gegeben sein:

- a) die Geometrie der Baustelle (Randbedingungen, Topographie, Zugang, Böschungen, Höhenbeschränkungen usw.);
- b) vorhandene unterirdische Einbauten, Versorgungsleitungen, bekannte Kontaminationen und archäologische Beschränkungen;
- c) Umweltbeschränkungen, einschließlich Lärm, Vibration, Verschmutzung;
- d) zukünftige oder laufende Bauaktivitäten, wie Wasserhaltung, Tunnelbau, tiefe Baugruben.

4.2 Besondere Erfordernisse

4.2.1 Folgende Informationen müssen darüber hinaus zur Verfügung gestellt werden:

- a) vorangegangene Erfahrungen mit tiefreichenden Bodenstabilisierungsarbeiten oder besonderen geotechnischen Arbeiten in der Nachbarschaft der Baustelle, einschließlich der Ergebnisse von Feldversuchen, um die Bemessungsannahmen zu bestätigen;
- b) Kontaminationen oder Gefährdungen im Untergrund, die einen Einfluss auf die Ausführungsart, Arbeitssicherheit oder die Entsorgung von Aushubmaterial von der Baustelle haben können.

4.2.2 Folgende Anweisungen müssen gegeben werden:

- a) Berichtsprozedur für den Fall, dass unvorhergesehene Umstände eintreten oder Verhältnisse, die sich von den Bemessungsannahmen unterscheiden;
- b) Berichtsprozedur, falls eine Beobachtungsmethode in der Bemessung zum Einsatz kommt;
- c) Bekanntgabe aller Einschränkungen, wie z. B. abschnittsweise Arbeitsdurchführung, die von der Bemessung verlangt werden;
- d) ein Plan für alle Test- und AbnahmeprozEDUREN für Materialien, die bei den Arbeiten zur Verwendung kommen.

4.2.3 Jede zusätzliche oder abweichende Forderung über die Bestimmungen in diesem Dokument hinaus muss vor Beginn der Arbeiten formuliert und einvernehmlich geregelt werden.

5 Baugrunduntersuchungen

5.1 Allgemeines

5.1.1 Die Tiefe und das Ausmaß von Untersuchungen müssen ausreichen, um die Baugrunderkundung in Übereinstimmung mit den Anforderungen nach EN 1997-1 zu ermöglichen.

5.1.2 Labor- und Felduntersuchungen müssen mit EN 1997-2 und den betreffenden Europäischen Normen EN 196-1 bis -8, EN 196-21, EN 197-1 und -2, EN 451, EN 459-1 und -2, ENV 10080, EN 12716, EN 791 und EN ISO 14689-1 übereinstimmen.

5.1.3 Relevante Erfahrungen mit der Ausführung vergleichbarer tieferreichender Bodenstabilisierungsarbeiten unter ähnlichen Verhältnissen in der Nachbarschaft der Baustelle müssen in die Überlegung einbezogen werden, wenn das Ausmaß der Baugrunderkundungen festgelegt wird.

5.1.4 Das Baugrundgutachten muss gemeinsam mit allen vorhandenen Informationen, die für die Verfahrensauswahl relevant sind, zur Verfügung gestellt werden.

5.1.5 Bohrlöcher oder Schürfe müssen angemessen verschlossen werden, damit Grundwasserströmungen und/oder nachfolgende Ausführungen der tieferreichenden Bodenstabilisierungssäulen und deren Verhalten nicht beeinträchtigt werden.

5.2 Spezifische Informationen

5.2.1 Die Beschreibung und Klassifizierung von Böden muss EN ISO 14688-1 und EN ISO 14688-2 entsprechen.

5.2.2 Neben der allgemeinen geologischen Beschreibung und den in EN 1997-1 aufgelisteten Punkten muss das Baugrundgutachten die folgenden, die Bodenverhältnisse betreffenden Angaben für die Ausführung der tieferreichenden Bodenstabilisierung enthalten:

- a) die Zusammensetzung, flächenmäßige Ausdehnung, Dicke und Festigkeit der Oberflächenschicht, Baumwurzeln, Auffüllungen usw.;
- b) das Vorhandensein von Findlingen oder Blöcken, verfestigten Schichten oder darunter liegendem Fels, welche bei der Ausführung Probleme verursachen oder spezielle Methoden oder Werkzeuge erforderlich werden können;
- c) Vorhandensein von quellenden Böden (Montmorillonit);
- d) Höhlen, Hohlräume oder Klüfte;
- e) Druckniveau des Grundwassers, dessen Schwankung und mögliche artesischen Drücke.

5.2.3 Soweit relevant, sollten die folgenden zusätzlichen Informationen zur Verfügung gestellt werden:

5.2.3.1 Physikalische Eigenschaften und Zustandseigenschaften:

- a) Konsistenzgrenzen;
- b) Klassifizierung;
- c) Dichte;

- d) Korngrößenverteilung;
- e) Mineralogie;
- f) natürlicher Wassergehalt;
- g) organische Anteile.

5.2.3.2 Mechanische Eigenschaften:

- a) Verformung und Konsolidation;
- b) Festigkeit (Scher-, Druck-, Zugfestigkeit);
- c) Durchlässigkeit.

5.2.3.3 Umwelttechnische, chemische und biologische Eigenschaften:

- a) Grundwasserqualität (z. B. Kontamination, Aggressivität, Chemismus, pH-Wert, Art und Konzentration von Ionen und Metallen (Referenzmessungen));
- b) Daten aus Kontaminationsuntersuchung;
- c) Auswaschungsversuche (Löslichkeitstests).

5.2.4 Die Höhe und Lage jedes einzelnen Aufschluss- oder Testpunkts sollten relativ zum bekannten nationalen Bezugssystem oder zu einem fixierten Referenzpunkt festgelegt werden.

6 Baustoffe und Bauprodukte

6.1 Allgemeines

6.1.1 Die Ausführung der tiefreichenden Bodenstabilisierung umfasst das Einbringen eines Bindemittels und, falls erforderlich, einer oder mehrerer der folgenden Komponenten in den Boden:

- a) Zusatzmittel;
- b) Wasser;
- c) Füller;
- d) Bewehrung.

6.1.2 Alle Baustoffe und Bauprodukte für die Verwendung bei der tiefreichenden Bodenstabilisierung müssen mit den relevanten Europäischen Normen übereinstimmen. Wo die betreffenden Europäischen Normen nicht verfügbar sind, muss die Verwendung von Baustoffen und Bauprodukten im Einklang mit den nationalen Normen und/oder Richtlinien stehen.

6.1.3 Alle verwendeten Baustoffe und Bauprodukte müssen den lokalen Umweltbestimmungen entsprechen.

6.1.4 Alle verwendeten Baustoffe und Bauprodukte müssen mit den Bemessungsanforderungen übereinstimmen.

6.1.5 Für nicht in vorhandenen Normen enthaltene Baustoffe müssen geeignete Versuche durchgeführt werden, um die Übereinstimmung mit den Festlegungen der Bemessung sicherzustellen.

6.1.6 Die Bezugsquellen von Baustoffen müssen dokumentiert werden und dürfen nicht ohne vorherige Bekanntgabe verändert werden.

6.2 Besondere Überlegungen

6.2.1 Wasser, das nicht aus der bekannten Trinkwasserversorgung stammt, muss untersucht werden, um die Eignung für die vorgesehene Verwendung festzustellen.

6.2.2 Umwelttechnisch bedeutende Spuren chemischer Substanzen können in Baustoffen und Bauprodukten als übliche Verunreinigung vorhanden sein und die Untersuchung ihrer Umwelteinflüsse kann erforderlich sein.

7 Entwurfskriterien

7.1 Allgemeines

7.1.1 Die *In-situ*-Festigkeit von Säulen wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst wie z.B. die Eigenschaften des zu behandelnden Bodens, die Verhältnisse bei der Mischung, Mischwerkzeuge und Mischprozess, Lagerbedingungen, Art und Menge des Bindemittels, Bodenverhältnisse usw. Deshalb kann die präzise Abschätzung der Festigkeit in der Natur zum Bemessungszeitpunkt schwierig sein. Wichtig ist die Abschätzung und Verifizierung der Festigkeit in der Natur in verschiedenen Phasen durch Mischprüfungen im Labor, gesammelte Erfahrung, Feldversuche und Nachweisprüfungen. Die Bemessung sollte angepasst werden, wenn die Anforderungen nicht erfüllt werden können.

7.1.2 Die Durchführung von Projekten mit tiefreichenden Bodenstabilisierung beinhaltet geotechnische Bemessungen in mehreren Phasen und kann ein iterativer Prozess sein. Ziel der Planung ist die Bereitstellung technischer Unterlagen, die der Erstellung von Bauten mit Hinblick auf deren Sicherheit, Nutzbarkeit, Wirtschaftlichkeit und Dauerhaftigkeit unter Berücksichtigung der erwarteten Lebensdauer dienen. Es wird empfohlen, die für die Bemessung verantwortlichen Personen auch in die Ausführung mit einzubeziehen.

7.1.3 Die geotechnische Planung von tiefreichenden Bodenstabilisierungs-Projekten muss auf der Grundlage der ENV 1991, EN 1997-1 und EN 1997-2 erfolgen. Der informative Anhang B fasst wichtige Kenngrößen zusammen, die die Gesamtstabilität und Setzung des behandelten Bodens betreffen.

7.1.4 Ein Verweis auf relevante Erfahrungen ist zulässig, sofern ein entsprechender Nachweis stattgefunden hat (z. B. durch Rammsondierungen, Pressiometerversuche oder andere Prüfungen).

7.1.5 Eine detaillierte Verfahrensbeschreibung der tiefen Bodenstabilisierung muss erstellt werden. Als Mindestanforderung muss die Beschreibung den Ort und Zweck der Arbeiten enthalten, die erforderliche Lebensdauer, mögliche Beschränkungen während der Ausführungsphase und alle mit der Ausführung der Arbeiten verbundenen Gefahren.

7.1.6 Wenn ein gewisser Spielraum bei der Auswahl von Materialien besteht, muss der technische Bericht die besonderen Anforderungen enthalten, die die endgültige Auswahl beeinflussen können.

7.1.7 Eine erste überschlägige Bemessung kann auf der Basis von im Labor gemischten Proben und vergleichbaren Erfahrungen erfolgen, wobei der Unterschied der Kennwerte zwischen Laborproben und *in situ* behandeltem Boden zu berücksichtigen ist.

ANMERKUNG Zur Orientierung wird auf Anhang B verwiesen.

7.1.8 Versuche können zuweilen nicht ausreichend sein, um die Eignung der Bodenverbesserung zu verifizieren. Eine geeignete Bauaufsicht, Überwachung und Aufzeichnungen sind erforderlich. Ein Beobachtungsansatz ist oft zielführend und die Planung ist üblicherweise nicht abgeschlossen, bevor auf der Baustelle gesammelte Erfahrungen vorliegen.

7.2 Zusätzliche Entwurfskriterien

7.2.1 Belastungsverhältnisse, klimatische Bedingungen und Grundwasserverhältnisse müssen ebenso berücksichtigt werden wie zulässige Grenzen von Setzungen, Hebungen und Verdrehungen von Bauwerken und Einbauten, die durch die tiefreichenden Bodenstabilisierungsarbeiten betroffen sein können.

7.2.2 Die Bemessung sollte Umwelteinflüsse auf die Bauausführung identifizieren und berücksichtigen, wie z. B. Lärm, Vibrationen, Verschmutzung von Wasser und Luft sowie Einflüsse auf benachbarte Einrichtungen.

7.2.3 Wo eine Lastabtragung der Säule über Spitzendruck verlangt ist, muss die Verwendung eines geeigneten Mischwerkzeugs und Mischprozesses vorgeschrieben werden, um die Ausbildung einer Schwächezone am Säulenfuß zu vermeiden.

7.2.4 Der Entwurf von Säulen oder Wänden und die Toleranzen sollten die Einschränkungen durch die Mischausrüstung berücksichtigen.

7.2.5 Für Raster, Blöcke oder überschnittene Säulen sollte der planmäßige Abstand zwischen den Säulen die Winkelabweichung und Lagetoleranzen berücksichtigen.

7.2.6 Änderungen, die durch unvorhergesehene Umstände wie wesentliche Veränderung der Boden- oder Grundwasserverhältnisse notwendig werden, müssen unverzüglich angezeigt werden.

7.2.7 Geeigneter Schutz und Überprüfungen sollten eingeplant werden, wenn behandelte Böden voraussichtlich Frost-/Tauzyklen ausgesetzt werden.

7.2.8 Auswirkungen aufgrund der Beanspruchung von Säulen durch chemische und physikalische Effekte müssen in der Planung berücksichtigt werden. Spezielle Überlegungen hinsichtlich der Langzeitfestigkeit sind in Meeresnähe oder bei kontaminierten Böden erforderlich.

7.3 Wahl des Bindemittels und der Zusatzmittel

7.3.1 Bei der Wahl des Bindemittels sind die Baustellen- und Bodenbedingungen sowie die Art und Eigenschaften des zu behandelnden Bodens zu berücksichtigen.

7.3.2 Die Wirksamkeit des Bindemittels und des Zusatzmittels ist durch Laborprüfungen und/oder Feldversuche des behandelten Bodens zu untersuchen, wobei die Festlegungen nach 7.4 zu berücksichtigen sind.

7.4 Mischen im Labor und *in-situ* sowie Prüfungen des behandelten Bodens

7.4.1 Da die Eigenschaften des behandelten Bodens von zahlreiche Faktoren einschließlich des Herstellungsprozesses beeinflusst werden, sind Vorversuche und Prüfungen des behandelten Bodens durchzuführen, um die Einhaltung der Bemessungsanforderungen zu bestätigen.

7.4.2 Bei der Untersuchung von behandeltem Boden sollte berücksichtigt werden, dass Ergebnisse aus Laborprüfungen die in der Natur erreichbaren Ergebnisse übertreffen können (beispielsweise hervorgerufen durch sorgfältigeres Mischen im Labor und unterschiedliche Lagerungsbedingungen).

7.4.3 Bei der Untersuchung des Herstellungsvorgangs und der Eigenschaften von behandeltem Boden sollte die Verbesserung des Bodens mit der Zeit berücksichtigt werden. Der Verbesserungsfortschritt hängt von der Art und Menge des verwendeten Bindemittels sowie von den Lagerungsbedingungen ab. Wird der Zeitfaktor bei Mischproben im Labor untersucht, müssen die Lagerungsbedingungen berücksichtigt werden (Temperatur, Lagerung unter Wasser, Vorbelastung usw.).

7.4.4 Reihenfolge und Geschwindigkeit der Ausführung, Ansteifungs- und Aushärtungszeit sowie der Säulendurchmesser müssen berücksichtigt werden, um ein lokales Versagen des Bodens oder unzulässige Setzungen oder Hebungen zu vermeiden.

7.4.5 Wo die tiefreichende Bodenstabilisierung zur Schadstoffimmobilisation oder zur Stabilisierung von Abfällen oder zu ähnlichen Zwecken verwendet wird, bei denen unvorhersehbare Wechselwirkungen zwischen Bindemittel und dem vorhandenen Material auftreten können, müssen projektspezifische Untersuchungsprogramme durchgeführt werden.

7.5 Bemessungsunterlagen

7.5.1 Das Ergebnis der Bemessung sollte das angestrebte Verhalten und die Geometrie der Behandlung darlegen, sowie die Beschreibung von Materialien und Produkten, wie sie in der Bemessung berücksichtigt wurden und alle weiteren Einzelheiten wie Arbeitsphasen und, soweit relevant, folgende Informationen:

- a) Festlegungen für die tiefreichende Bodenstabilisierung;
- b) Säulenanforderungen (Festigkeits- und Verformungseigenschaften und Durchlässigkeit);
- c) die Breite der Überschneidungszone zwischen benachbarten Säulen;
- d) Toleranzen der Säulen bezüglich Länge, Durchmesser, Neigung und Lage;
- e) Randbedingungen und Geometrie des Einbaus, Absteckpläne;
- f) Bauablaufplan einschließlich Zeitplan für die Belastung und eine mögliche Vorbelastung und Angabe aller für die Planung erforderlichen Beschränkungen, wie z. B. Konstruktionsphasen;
- g) Plan aller Prüf- und Abnahmeverfahren für Materialien, die für die Arbeiten verwendet werden, sowie alle erforderlichen Kontrollen und Überwachungen während der Ausführung;
- h) Anforderungen bezüglich möglicher Bewehrung (Klasse der Materialien und Einbauverfahren) und Zeitplan für deren Einbau;
- i) Einbindung in eine tragfähige oder undurchlässige Schicht;
- j) Berichtsverfahren für unvorhergesehene Umstände oder Bedingungen, die von den Bemessungsannahmen abweichen oder, für den Fall, dass ein Beobachtungsverfahren übernommen wurde.

7.5.2 Falls die Abnahme der Arbeiten auf der Grundlage von Prüfungen an Kernproben festgelegt wird, muss die Planung den Ort, das Alter zum Prüfzeitpunkt, die Kernbohrausrüstung und das -verfahren vorschreiben.

7.5.3 Für mechanische Versuche an behandeltem Boden müssen die Versuchsbedingungen der Proben und Abnahmekriterien für die Proben definiert werden. Toleranzen bezüglich der Versuchsparameter müssen die Eignung der vorgeschlagenen Versuchsverfahren wie in Anhang B beschrieben berücksichtigen, insbesondere, wenn diese Verfahren indirekt sind.

7.5.4 Grenzwerte von kritischen geotechnischen Bemessungsparametern müssen ebenso festgelegt werden wie die zu ergreifenden Maßnahmen, wenn diese Werte möglicherweise überschritten werden.

7.5.5 Alle zusätzlichen oder abweichenden Anforderungen innerhalb der Zuständigkeit dieser Norm, sind vor Beginn der Arbeiten festzulegen und zu vereinbaren.

8 Ausführung

8.1 Technischer Bericht

8.1.1 Vor der Ausführung der tiefreichenden Bodenstabilisierung muss zumindest die folgende Verfahrensbeschreibung übergeben werden:

- a) Beschreibung, Ziel und Zweck der tiefreichenden Bodenstabilisierungsarbeiten;
- b) Beschreibung des Bodens nach EN ISO 14688-1:2002 und EN ISO 14688-2:2004;
- c) Geometrie der tiefreichenden Bodenstabilisierungssäule;
- d) Verfahren der tiefreichenden Bodenstabilisierung;
- e) Mischwerkzeug: Form/Maße/Anordnung der rotierenden Einheit(en), Lage(n) der Auslässe, Form und Länge der Mischwelle;
- f) Arbeitsvorgang (Bohren und Ziehen, Mischen und Ausführungsreihenfolge (siehe Tabelle 1));
- g) Einbaugenauigkeit;
- h) Parameter der tiefreichenden Bodenstabilisierung: Bindemittelart und -zusammensetzung, Bindemittelgehalt/Bindemittelfaktor, Volumenverhältnis, Wasser-/Bindemittelverhältnis, Zusatzmittel, Füller (siehe Tabelle 1);
- i) Vorkehrungen gegen Hebungen und Setzungen;
- j) Baustelleneinrichtung und -arbeitsflächen;
- k) Geräte und Ausrüstung;
- l) Überschussbehandlung;
- m) Maßnahmen zur Qualitätskontrolle nach den Anforderungen des Vertrags;
- n) Maßnahmen bei möglichen Unterbrechungen der Ausführung der tiefreichenden Bodenstabilisierung;
- o) mögliche Anpassungen der Parameter der tiefreichenden Bodenstabilisierung während der Arbeiten;
- p) Versuchsverfahren für Nachweise;
- q) Arbeitsunterlagen (Zeichnungen, Pläne, Berichte);
- r) Bewertung von Sicherheits- und Umweltrisiken.

8.2 Vorbereitung der Baustelle

8.2.1 Die Vorbereitung muss in Übereinstimmung mit den Vorgaben der Bemessung und den spezifischen Umweltbedingungen der Baustelle erfolgen. Darin muss der geeignete Zugang für Einrichtungen und Maschinen enthalten sein, der Aushub, die Reinigung und das Nivellieren der Arbeitsebene, wobei eine ausreichende Tragfähigkeit für die Ausrüstung gegeben sein muss, sowie die Abnahme, Qualitätskontrolle und Lagerung von Baustoffen.

8.2.2 Alle Baustoffe und Bauprodukte, die für die tiefreichende Bodenstabilisierung auf die Baustelle geliefert werden, müssen hinsichtlich den Bemessungsvorgaben identifiziert und geprüft werden (siehe 6.1.2).