

DIN EN 16907-4

ICS 93.020

Einsprüche bis 2016-01-13

Entwurf**Erdarbeiten –****Teil 4: Bodenbehandlung mit Kalk und/oder hydraulischen Bindemitteln;
Deutsche und Englische Fassung prEN 16907-4:2015**

Earthworks –

Part 4: Soil treatment with lime and/or hydraulic binders;

German and English version prEN 16907-4:2015

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-11-13 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

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

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

Gesamtumfang 196 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16907-4:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 396 „Erdarbeiten“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-05-22 AA „Erdarbeiten (SpA zu CEN/TC 396), Gemeinschaftsausschuss mit FGSV“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN 16907-4 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Erdarbeiten — Teil 4: Bodenbehandlung mit Kalk und/oder hydraulischen Bindemitteln

Earthworks — Part 4: Soil treatment with lime and/or hydraulic binders

ICS:

Deskriptoren

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	7
Einleitung	8
1 Anwendungsbereich	10
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe	11
4 Symbole und Abkürzungen	15
5 Bestandteile	16
5.1 Materialien	16
5.1.1 Allgemeines	16
5.1.2 Natürliche Böden	16
5.1.3 Brüchiger und mittelfester Fels (einschließlich Kreide)	17
5.1.4 Wiederaufbereitete Materialien	17
5.1.5 Künstliche Materialien	17
5.2 Bindemittel	17
5.2.1 Zement	17
5.2.2 Flugasche	17
5.2.3 Schlacke	17
5.2.4 Hydraulischer Tragschichtbinder	17
5.2.5 Kalk	17
5.2.6 Bindemittelmischungen	17
5.3 Wasser	17
5.4 Sonstige Bestandteile	18
6 Gemische	18
6.1 Allgemeines	18
6.2 Dosierung der Bestandteile	18
7 Methodologie der Laborprüfungen	18
7.1 Allgemeines	18
7.2 Identifizierungsprüfungen	18
7.2.1 Identifizierung der zu behandelnden Materialien	18
7.2.2 Identifizierung von Bindemitteln	19
7.3 Machbarkeit der Behandlung	19
7.4 Verarbeitbarkeitsdauer	19
7.5 Merkmale für die Ausführung	20
7.5.1 Verbesserung	20
7.5.2 Stabilisierung	20
7.6 Mechanisches Gebrauchsverhalten	20
7.6.1 Nachbehandlungsbedingungen	20
7.6.2 Feuchtebeständigkeit	20
7.6.3 Beständigkeit bei unmittelbarem Befahren durch Baufahrzeuge	21
7.6.4 Frostbeständigkeit	21
7.6.5 Langfristiges Gebrauchsverhalten	21
7.6.6 Sonstige Prüfungen des Gebrauchsverhaltens	21
7.7 Herstellung der Probekörper	21
7.7.1 Korngröße des Materials	21

7.7.2	Herstellung der Gemische	22
7.7.3	Maße der Probekörper.....	22
7.7.4	Verdichtungsverfahren	22
7.7.5	Nachbehandlung.....	22
7.8	Inhalte der Laboruntersuchungen.....	23
7.8.1	Allgemeines	23
7.8.2	Identifizierung der Bestandteile.....	23
7.8.3	Verbesserung	23
7.8.4	Stabilisierung.....	23
7.9	Laborprüfbericht.....	25
8	Klassifizierung des Gebrauchsverhaltens der Gemische.....	25
8.1	Allgemeines	25
8.2	Verbesserung	26
8.2.1	Allgemeines	26
8.2.2	Direkter Tragindex.....	26
8.2.3	Feuchtigkeitszustands-Wert	26
8.2.4	Verdichtungsgrad.....	26
8.2.5	Schwellen.....	27
8.3	Stabilisierung.....	27
8.3.1	Anforderungen an das Frischprodukt	27
8.3.2	Klassifizierung des im Labor bestimmten mechanischen Gebrauchsverhaltens	30
8.3.3	Feuchtebeständigkeit	33
8.3.4	Beständigkeit bei unmittelbarem Befahren durch Baufahrzeuge	35
8.3.5	Frostbeständigkeit.....	35
8.3.6	Sonstiges Gebrauchsverhalten	35
9	Ausführung und Kontrolle	35
9.1	Einleitung	35
9.1.1	Allgemeines	35
9.1.2	Grundvoraussetzungen	36
9.2	Bautechnische Vorprüfung	36
9.2.1	Allgemeines	36
9.2.2	Felduntersuchungen	37
9.2.3	Sulfide, Sulfate, organische Bestandteile und andere schädliche Stoffe	37
9.2.4	Einflussparameter.....	37
9.2.5	Vorprüfungen im Labor.....	37
9.3	Bindemittel.....	38
9.4	Typen von Anlagen zur Bodenbehandlung.....	38
9.5	Bodenverbesserung.....	38
9.5.1	Allgemeines	38
9.5.2	Eignung der Materialien für eine Verbesserung.....	39
9.5.3	Verbesserung während des Aushubs.....	39
9.5.4	Verbesserung im Auffüllbereich	39
9.5.5	Streuen des Bindemittels	39
9.5.6	Baumischverfahren	39
9.5.7	Verdichtung	40
9.5.8	Schutz der Bauwerke	40
9.5.9	Gesichtspunkte hinsichtlich klimatischer Bedingungen	40
9.6	Bodenstabilisierung.....	40
9.6.1	Allgemeines	40
9.6.2	Eignung der Materialien für eine Stabilisierung.....	41
9.6.3	Aufbereitung des Bodens.....	41
9.6.4	Prozesse bei der Stabilisierung von Deckschichten und Dämmen	42
9.6.5	Sonstige Anwendungen	45
9.6.6	Grenzflächen von Schichten und Organisation der Arbeiten.....	45

9.7	Prüfung der Konformität	46
9.7.1	Festlegung der Anforderungen	46
9.7.2	Feldversuche/Konformitätsprüfungen und Prüfberichte	46
9.7.3	Abschlussberichte	48
9.8	Klima und Umgebungsbedingungen	49
Anhang A (informativ) Herstellung von Probekörpern für die Prüfung behandelter Materialien		50
A.1	Einleitung	50
A.2	Probenahme	50
A.3	Wassergehalt	50
A.4	Maximale Korngröße $D_{\max}$	50
A.5	Behandlung	51
A.5.1	Allgemeines	51
A.5.2	Mischen	52
A.5.3	Zweistufige Bodenbehandlung	52
A.6	Alterungslagerung und Verdichtung des behandelten Materials in der Probekörperform	52
A.7	Nachbehandlung und Lagerung	53
A.7.1	Allgemeines	53
A.7.2	Lagerung unter Bedingungen, die eine Verdunstung verhindern	53
A.7.3	Wasserlagerung	53
A.7.4	Lagerung unter Bedingungen, die eine Verdunstung verhindern und anschließende Wasserlagerung	54
A.8	Entnahme des Probekörpers aus der Form	54
A.9	Prüfbericht	54
Anhang B (informativ) Lastrate für die Prüfungen zur Bestimmung der Festigkeit und des Elastizitätsmoduls		56
Anhang C (informativ) Zerstörungsfreie Prüfung zur Messung des mechanischen Gebrauchsverhaltens — Seismisches Verfahren		58
C.1	Einleitung	58
C.2	Anwendungsbereich	58
C.3	Definitionen und theoretischer Verfahrensansatz	58
C.3.1	Eigenresonanzfrequenz	58
C.3.2	Dämpfung	58
C.3.3	Gedämpfte Resonanzfrequenz	59
C.3.4	Scherwellengeschwindigkeit und Schermodul	59
C.3.5	Kompressionswellengeschwindigkeit und dynamischer Elastizitätsmodul	59
C.3.6	Poissonzahl	60
C.4	Grundsatz des Verfahrens	60
C.5	Bedeutung und Anwendung	60
C.6	Prüfgerät	61
C.7	Messverfahren	61
C.7.1	Herstellung der Prüfkörper	61
C.7.2	Messanordnung	61
C.8	Verweisungen	63
Anhang D (informativ) Beispiele für die Bewertung der Empfindlichkeit des Gebrauchsverhaltens von behandelten Materialien gegenüber Dispersionen beim Schichteinbau — Einstellung des Bindemittelanteils und Verfahren zum Ausgleich		64
Anhang E (informativ) Beispiele für das Klassifizierungsalter und für Nachbehandlungsschemata zur Prüfung des Gebrauchsverhaltens von behandelten Materialien für Erdarbeiten		67
Anhang F (informativ) Zusätzliche Merkmale des Gebrauchsverhaltens behandelter Materialien		68

Anhang G (informativ) Labor- und Feldverfahren zur Identifizierung von typischen Sulfid- und Sulfatmineralen.....	69
G.1 Identifizierung im Feld.....	69
G.1.1 Pyrit (FeS_2 — Eisensulfid)	69
G.1.2 Markasit (FeS_2 — Eisensulfid)	69
G.1.3 Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — Calciumsulfat)	69
G.2 Identifizierung im Labor	70
G.2.1 Allgemeines	70
G.2.2 Sulfidminerale	70
G.2.3 Sulfatminerale	71
G.3 Verweisungen	71
Anhang H (informativ) Anlagentypen für die Bodenbehandlung	72
H.1 Allgemeines	72
H.2 Anlagen zur Bindemittellagerung	72
H.3 Anlagen zum Streuen des Bindemittels.....	73
H.4 Anlagen zur Bodenaufbereitung.....	74
H.5 Mischanlagen für das Baumischverfahren.....	74
H.6 Feststehende oder halbbewegliche Mischanlagen für das Zentralmischverfahren	76
H.6.1 Allgemeines	76
H.6.2 Energieversorgungseinheit	76
H.6.3 Einfülltrichter	76
H.6.4 Auslauftrichter	77
H.6.5 Silos.....	77
H.6.6 Mischer	77
H.6.7 Wassertank.....	77
H.6.8 Fördereinrichtungen.....	77
H.6.9 Steuer- und Überwachungseinheit	78
H.6.10 Kalibrierung der Anlage	78
H.7 Wassertankwagen.....	78
H.8 Verdichtungsgerät.....	78
Anhang I (informativ) Behandlungsabfolge und Verfahren	79
Anhang J (informativ) Sonstige Anwendungsbereiche für stabilisierte Materialien	86
J.1 Allgemeines	86
J.2 Auffüllungen auf begrenztem Raum.....	87
J.3 Bau von Unterteilen von Hochdämmen mit wasserempfindlichen Materialien oder veränderlich festem Gestein, das zeitweise unter Wasser sein kann	87
J.4 Steil ausgebildete Dammböschungen	88
J.5 Instandsetzung von Böschungen	89
J.6 Bewehrte Böschungen	89
J.7 Fundamente.....	89
J.8 Lastübertragungsmatrizen	90
J.9 Staubauwerke.....	90
J.10 Verunreinigte Böden.....	90
Anhang K (informativ) Kontroll-Liste für die Stabilisierung	91
Anhang L (informativ) Sicherheitsaspekte	95
L.1 Allgemeines	95
L.2 Spezielle Schutzausrüstungen	95
L.3 Verhalten im Notfall und Erste-Hilfe-Maßnahmen	96
Anhang M (informativ) Klima und Umgebungsbedingungen	97
M.1 Allgemeines	97
M.2 Witterung	97
M.2.1 Allgemeines	97

M.2.2	Temperatur.....	97
M.2.3	Niederschläge während der Ausführung von Arbeiten.....	97
M.2.4	Wind	97
M.3	Staubemission durch Bindemittel.....	98
M.3.1	Allgemeines	98
M.3.2	Lagerbereich des Bindemittels.....	98
M.3.3	Behandlungsflächen	98
M.3.4	Empfindliche Standorte.....	98
M.4	Abfluss und Sickerung	99
Anhang N (informativ) Verfahren und Diagramme zur Bestimmung der für die Erreichung eines festgelegten IBI-Wertes notwendigen Kalkmenge.....		100
Literaturhinweise.....		102

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16907-4:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 396 „Erdarbeiten“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument ist Teil der folgenden unter EN 16907 zusammengefassten Europäischen Produktnormen zu Erdarbeiten:

- Teil 1: Grundsätze und allgemeine Regeln
- Teil 2: Materialklassifizierung
- Teil 3: Ausführung von Erdarbeiten
- Teil 4: Bodenbehandlung mit Kalk und/oder hydraulischen Bindemitteln (dieses Dokument)
- Teil 5: Qualitätskontrolle und Überwachung
- Teil 6: Landgewinnung mit nassgebagertem Auffüllmaterial
- Teil 7: Hydraulische Einbringung von mineralischen Abfällen

Einleitung

Im Rahmen der vorliegenden Norm bezeichnet die Behandlung eines Materials den Arbeitsvorgang, der in der mehr oder weniger gründlichen Vermischung des Materials mit Kalk oder mit hydraulischen Bindemitteln, oder mit beidem, und möglicherweise unter der Zugabe von Wasser, besteht. Die Zielsetzung besteht in einer Verbesserung der Eigenschaften von Materialien mit ungeeigneten Merkmalen für die Verwendung in Erdbauwerken.

Auch wenn die Technik der Bodenbehandlung schon seit langer Zeit bekannt ist, fand ihre Anwendung in einem größeren Maßstab, für den Bau von Erdbauwerken, erst in den 1960ern ihren Anfang. Seit dieser Zeit hat die Technik der Bodenbehandlung eine wesentliche und beeindruckende Weiterentwicklung erfahren, die ihren vielen Vorteilen zuzuschreiben ist:

- Verbesserung der mechanischen Eigenschaften eines Materials;
- Abschaffung der LKW-Transporte zur Entsorgung von ungeeignetem Baustellenmaterial;
- Verringerung der LKW-Transporte für die Einfuhr von Baustoffen;
- Verringerung von Lärm und Störfaktoren für die Anwohner;
- verringerter Verschleiß des örtlichen Verkehrsnetzes;
- keine Kippgebühren oder Deponieabgaben;
- Erhaltung des Deponievolumens;
- keine Verschwendung von wertvollen und nicht erneuerbaren Ressourcen;
- Verringerung von Bauzeit und -kosten.

In Abhängigkeit vom Behandlungsprodukt und der Dosierung kann das behandelte Material in Auffüllungen, für Deckschichten, oder andere Teile des Bauwerks verwendet werden, vorausgesetzt, es erfüllt die Anforderungen des Bauvorhabens.

Die in dieser Norm behandelten Behandlungsprodukte sind auf die folgenden genormten Produkte begrenzt: Zement, Flugasche, Hochofenschlacke, hydraulischer Tragschichtbinder und Kalk.

Für die Anwendung dieser Norm werden diese Behandlungsprodukte als Bindemittel bezeichnet.

Für die Anwendung dieser Norm werden Zement, Flugasche, Hochofenschlacke und hydraulischer Tragschichtbinder als hydraulische Bindemittel bezeichnet. Kalk ist Luftkalk und verfügt über keinerlei hydraulische Eigenschaften. Die typischen Einsatzbereiche sind, wie folgt:

- Kalk wird in der Regel zur Trocknung feuchter Materialien und/oder zur Verbesserung des Gebrauchsverhaltens von bindigen Materialien verwendet;
- hydraulische Bindemittel werden in erster Linie für eine, in kurzer Zeit erfolgende, und wesentliche Verbesserung des mechanischen Gebrauchsverhaltens von nichtbindigen Materialien eingesetzt;
- bei Vorhandensein von bindigen Materialien und in Abhängigkeit von der Anwendung, dürfen Kalk und hydraulische Bindemittel zusammen verwendet werden, in einem zweistufigen Verfahren vor Ort oder in Form einer Vormischung, wie hydraulischem Tragschichtbinder.

Die in dieser Norm behandelten Materialien sind folgende: Böden, brüchiger und intermediärer Fels (einschließlich Kreide), wiederaufbereitete Materialien und künstliche Materialien. Es kann sich dabei auch um Mischformen dieser unterschiedlichen Materialarten handeln.

Der Erfolg von Arbeiten zur Bodenbehandlung richtet sich nicht nur nach einer Erfüllung der Anforderungen, sondern auch nach einer Ausführung entsprechend bewährter Verfahrensweisen, die eng mit den geologischen und klimatischen Verhältnissen vor Ort verknüpft sind. Daher darf, zusätzlich zu den Anforderungen in dieser Norm, auf die am Standort der Baustellen geltenden Leitlinien bewährter Verfahrensweisen Bezug genommen werden. Einige dieser Leitlinien sind als Anmerkungen in dieser Norm enthalten oder finden sich in den Anhängen am Ende dieses Dokuments.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm gilt für die Behandlung mit Bindemitteln von natürlichen Böden, brüchigem Fels und intermediärem Fels (einschließlich Kreide), wiederaufbereiteten Materialien und künstlichen Materialien für die Ausführung von Erdarbeiten im Rahmen von Straßenbauarbeiten und der Instandhaltung von Straßen, Schienenwegen, Flugplätzen, Plattformen, Deichen, Teichen und sonstigen Arten von Erdbauwerken.

Die Norm gilt nur für die Behandlung von Erdbauwerken durch Schichten, im Gegensatz z. B. zur Behandlung durch Säulen.

Die Norm legt die Anforderungen an die Bestandteile der Gemische, die Methodologie für Vorprüfungen im Labor, die Klassifizierung des im Labor bestimmten Gebrauchsverhaltens sowie die Ausführung und die Kontrolle fest.

ANMERKUNG 1 Die informativen Anhänge enthalten auch Beispiele für die fachgerechte Ausführung und Kontrolle.

Die in dieser Europäischen Norm festgelegte Klassifizierung des im Labor bestimmten Gebrauchsverhaltens gilt für zwei Arten von Bodenbehandlungen: die Bodenverbesserung und die Bodenstabilisierung.

- Hinsichtlich der Bodenverbesserung berücksichtigt die Klassifizierung das kurzfristige Gebrauchsverhalten.
- Hinsichtlich der Bodenstabilisierung berücksichtigt die Klassifizierung das mittel- und langfristige Gebrauchsverhalten.

ANMERKUNG 2 Hinsichtlich der Bodenstabilisierung beruht die Klassifizierung auf der in FprEN 14227-15 festgelegten Klassifizierung des im Labor bestimmten Gebrauchsverhaltens mit Ausnahme der Klassifizierung nach Zugfestigkeit und Elastizitätsmodul („ R_t und E “), die durch eine erdbauppezifische Klassifizierung des Gebrauchsverhaltens nach „ R_t und E “ ersetzt wurde.

2 Normative Verweisungen

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

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

EN 450-1, Flugasche für Beton — Teil 1: Definition, Anforderungen und Konformitätskriterien

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

EN 13282-1, Hydraulische Tragschichtbinder — Teil 1: Schnell erhärtende hydraulische Tragschichtbinder — Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien

EN 13282-2, Hydraulische Tragschichtbinder — Teil 2: Normal erhärtende hydraulische Tragschichtbinder — Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien

EN 13286-2, Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 2: Laborprüfverfahren zur Bestimmung der Referenz-Trockendichte und des Wassergehaltes — Proctorversuch

EN 13286-5, Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 5: Laborprüfverfahren für die Trockendichte und den Wassergehalt; Vibrationstisch

EN 13286-40, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 40: Prüfverfahren zur Bestimmung der Zugfestigkeit hydraulisch gebundener Gemische im direkten Zugversuch*

EN 13286-41, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 41: Prüfverfahren zur Bestimmung der Druckfestigkeit hydraulisch gebundener Gemische*

EN 13286-42, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 42: Prüfverfahren zur Bestimmung der Zugfestigkeit hydraulisch gebundener Gemische im indirekten Zugversuch*

EN 13286-43, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 43: Prüfverfahren zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls hydraulisch gebundener Gemische*

EN 13286-45, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 45: Prüfverfahren zur Bestimmung der Verarbeitbarkeitsdauer hydraulisch gebundener Gemische*

EN 13286-46, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 46: Prüfverfahren zur Bestimmung des Feuchtigkeitszustands-Wertes*

EN 13286-47, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 47: Prüfverfahren zur Bestimmung des CBR-Wertes (California bearing ratio), des direkten Tragindex (IBI) und des linearen Schwellwertes*

EN 13286-48, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 48: Prüfverfahren zur Bestimmung des Pulverisierungsgrades*

EN 13286-49, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 49: Beschleunigte Quellprüfung von mit Kalk und/oder hydraulischem Bindemittel behandeltem Boden*

EN 13286-50, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 50: Verfahren zur Herstellung von Probekörpern von hydraulisch gebundenen Gemischen durch Verdichtung mit Proctorgerät oder Vibrationstisch*

EN 13286-51, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 51: Verfahren zur Herstellung von Probekörpern von hydraulisch gebundenen Gemischen durch Verdichtung mit Vibrationshammer*

EN 13286-52, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 52: Verfahren zur Herstellung von Probekörpern von hydraulisch gebundenen Gemischen durch Vibro-Druck (Rütteln und Druck)*

EN 13286-53, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 53: Verfahren zur Herstellung von Probekörpern von hydraulisch gebundenen Gemischen durch axialen Druck*

EN 14227-2, *Hydraulisch gebundene Gemische — Anforderungen — Teil 2: Schlackengebundene Gemische*

EN 14227-4, *Hydraulisch gebundene Gemische — Anforderungen — Teil 4: Flugasche für hydraulisch gebundene Gemische*

EN 15167-1, *Hüttensandmehl zur Verwendung in Beton, Mörtel und Einpressmörtel — Teil 1: Definitionen, Anforderungen und Konformitätskriterien*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Luftkalk

Kalk, der sich mit atmosphärischem Kohlenstoffdioxid verbindet und erhärtet

3.2

Bindemittel

Produkt, das bei Vermischung mit einem Material eine entweder kurz- oder langfristige Verbesserung der Materialeigenschaften herbeiführt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die durch diese Norm abgedeckten Bindemittel sind auf die folgenden genormten Produkte begrenzt: Zement, Flugasche, Hochofenschlacke, hydraulischer Tragschichtbinder und Baukalk.

3.3

Bindemittelstreuer

Geräte, mit dem das Bindemittel gleichmäßig auf dem zu bearbeitenden Boden verteilt wird. Dazu gehören Streuer mit der Fähigkeit, Bindemittel in Pulverform oder als Suspension in Wasser einzubringen

3.4

Zement

Zement ist ein hydraulisches Bindemittel, d. h. ein fein gemahlener anorganischer Stoff, der, mit Wasser gemischt, Zementleim ergibt, welcher durch Hydratation erstarrt und erhärtet und nach dem Erhärten auch unter Wasser fest und raumbeständig bleibt.

3.5

Nachbehandlungsdauer

Zeitspanne, in der ein behandeltes Gemisch nach der Endverdichtung unter vorgeschriebenen Bedingungen, die eine Verdunstung begrenzen, ungestört gelassen wird, sodass eine Fortsetzung der Stabilisierungsprozesse erfolgen kann

3.6

Demonstrationsfläche

Fläche, die für das vorgesehene Material zur Stabilisierung mit geeigneten Bindemitteln und Geräten repräsentativ ist, und die vor Beginn der wesentlichen Stabilisierungsarbeiten durch den Auftragnehmer ausgeführt werden muss

3.7

Bodenmischanlage für das Baumischverfahren

Geräte für das gründliche Vermischen der Bindemittel mit dem Boden. Diese Maschinen können unterschiedliche Größen haben und lassen sich vorwiegend in zwei Anlagentypen unterscheiden: stationäre Mischanlagen mit Mischwerkzeugen (Pflug) und bewegliche Mischanlagen mit Mischwerkzeugen (landwirtschaftliche Rotavatoren, Bodenfräsen, usw.)

3.8

Flugasche

feines Pulver, das bei der Verbrennung von Stein- oder Braunkohlenstaub in Energieerzeugungsanlagen mit oder ohne Mitverbrennungsstoffe entsteht und durch mechanische oder elektrostatische Abscheider aufgefangen wird

Flugasche kann:

- kieselsäurereiche Flugasche sein, deren wesentliche chemische Bestandteile Silikate, Aluminate und Eisenoxide sind;
- kalkhaltige Flugasche sein, deren wesentliche chemische Bestandteile Silikate, Aluminate, Calciumoxid und Sulfate sind.

Anmerkung 1 zum Begriff: Flugasche ist ein puzzolanischer Stoff und benötigt eine Calciumoxidquelle, beispielsweise Kalk oder Zement, um eine hydraulische Reaktion zu erzeugen.

3.9

bröckelig

einfach zu brechen

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei einem zweistufigen Behandlungsverfahren dient die anfängliche Hinzugabe von Kalk in erster Linie dazu, dem bindigen Material eine Bröckeligkeit zu verleihen, sodass der Zement hinzugegeben werden kann.

3.10

Baugrunduntersuchung

Untersuchung eines Geländes für den Erhalt von geforderten geotechnischen Daten, die für die Baugrundverhältnisse repräsentativ und für das vorgesehene Bauvorhaben von Bedeutung sind. Dazu gehören Untersuchungen von Geländeoberfläche und -untergrund, Laborarbeiten sowie die Erstellung von Berichten zu den vorgefundenen Gegebenheiten

3.11

hydraulisches Bindemittel

Bindemittel, das bei Vermischung mit Wasser sowohl an der Luft als auch unter Wasser erhärtet und auch unter Wasser fest bleibt

3.12

hydraulischer Tragschichtbinder

HRB (en: hydraulic road binder)

werkmäßig hergestellte hydraulische Bindemittel, die gebrauchsfertig geliefert werden und über Eigenschaften verfügen, die besonders für die Behandlung von Materialien für Tragschichten, untere Tragschichten und Deckschichten sowie für den Erdbau, Straßen-, Eisenbahn- und Flughafenbau und für andere Arten von Infrastrukturen geeignet sind

3.13

Kalk

Calciumoxid und/oder -hydroxid sowie Calciummagnesiumoxid und/oder -hydroxid, das durch thermische Zersetzung (Calcinierung) von natürlichem Calciumcarbonat (z. B. Kalkstein, Kreide, Muschelkalk) oder von natürlichem Calciummagnesiumcarbonat (z. B. dolomitischem Kalkstein, Dolomit) hergestellt wird

Kalk kann in der Form von ungelöschtem Kalk, Kalkhydrat oder Kalkmilch vorliegen.

Anmerkung 1 zum Begriff: Alle Verweisungen auf Kalk in dieser Norm beziehen sich auf Baukalk nach EN 459-1.

3.14

Kalkmilch

Suspension von Kalkhydrat in Wasser. Kalkmilch wird entweder aus ungelöschtem Kalk oder Kalkhydrat, in einer speziellen Vorrichtung im Kalkwerk oder auf der Baustelle hergestellt

3.15

Baumischverfahren

Mixed-in-place-Verfahren

Behandlungsverfahren, das mit einer beweglichen Mischanlage durchgeführt wird

3.16

Material (oder Boden)

für die Anwendung dieser Norm kann ein Material ein natürlicher Boden oder ein brüchiger oder mittelfester Fels (einschließlich Kreide), oder ein wiederaufbereitetes Material oder ein künstliches Material sein

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Anwendung dieser Norm sind die Begriffe „Material“ und „Boden“ austauschbar.

3.17

mechanische Stabilisierung

Vorgang, bei dem ein zusätzliches Material mit einer/m bestimmten Korngrößenverteilung und/oder Form und/oder Tongehalt vor der Behandlung auf dem zu behandelnden Boden verteilt und mit dem Boden vermischt wird

3.18

Alterungszeit

Zeitspanne, in der ein Gemisch aus bindigem Material und Kalk nach einer leichten Verdichtung ungestört gelassen wird, um die Migration des Kalks durch die beim Mischen entstandenen Materialklumpen und somit den Verbesserungsprozess zu ermöglichen. Die Alterung wird vor dem erneuten Vermischen, sofern erforderlich, und der Endverdichtung der behandelten Materialien durchgeführt

3.19

Gemisch

für die Anwendung dieser Norm besteht ein Gemisch aus einer Kombination von Materialien mit Bindemittel(n) und Wasser und möglicherweise anderen Bestandteilen

3.20

natürlicher Boden

alle natürlich vorkommenden lockeren oder weichen Ablagerungen, die durch Verwitterung oder Bruch von Felsformationen oder durch Zersetzung organischer Bestandteile entstanden sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Anwendung dieser Norm sind die Begriffe „Material“ und „Boden“ austauschbar.

3.21

Puzzolane

Stoffe, die nach dem Anmachen mit Wasser nicht selbständig erhärten, sondern bei normaler Umgebungstemperatur mit gelöstem Calcium unter Entstehung von festigkeitsbildenden zementartigen Verbindungen reagieren

3.22

Silo

horizontale oder vertikale, oftmals walzenförmige Lagereinheit, in der Zusätze oder Bindemittel gelagert werden. Silos können beweglich oder feststehend sein

3.23

Felduntersuchung

Felduntersuchungen umfassen die Voruntersuchung vorhandener Informationsquellen, die Planung und Überwachung der Baugrunduntersuchung und die Auswertung faktischer Daten für den Entwurf und die Bemessung eines Bauvorhabens

3.24

Schlacke

sämtliche Verweisungen auf Schlacke in dieser Norm beziehen sich auf Hochofenschlacke

3.25

Schlankheitsgrad

Verhältnis der Höhe des Probekörpers zu seinem Durchmesser

3.26

Bodenverbesserung

Arbeitsvorgang, bei dem die physikalischen Eigenschaften eines Bodens (kurzfristig) oder, allgemeiner, eines Materials — beispielsweise Wassergehalt, Plastizität, Wasser- und Frostempfindlichkeit, Verdichtbarkeit und Schwellpotenzial — durch Zugabe eines Bindemittels verbessert werden. Die hinzugegebene Bindemittelmenge ist u. U. nicht ausreichend, um im Wesentlichen dauerhafte Eigenschaften herbeizuführen

Der Zweck besteht darin, dem Boden eine oder mehrere der folgenden Fähigkeiten zu verleihen:

- Bearbeitbarkeit mit konventionellen Erdbewegungsmaschinen;
- zufriedenstellende Verdichtbarkeit in Schichten;
- Befahrbarkeit und Eignung als Planum für eine Schichtlegung;
- Eignung für eine nach der Aufbereitung erfolgende Behandlung.

3.27

Bodenstabilisierung

Arbeitsvorgang, der darin besteht, ein homogenes Gemisch aus Bodenmaterial mit Bindemittel(n) und möglicherweise Wasser zu erhalten, das bei ordnungsgemäßer Verdichtung die Merkmale des Bodens in wesentlicher Weise verändert (in der Regel mittel- oder langfristig), sodass das Bodenmaterial insbesondere gegenüber Einwirkungen durch Wasser oder Frost beständig wird. Durch die Bodenstabilisierung werden dauerhafte Merkmale erreicht, die mit den für Feststoffe typischen Verfahren gemessen werden können

Der Zweck besteht darin, dem Boden eine oder mehrere der folgenden Fähigkeiten zu verleihen:

- Widerstandsfähigkeit gegenüber statischen Horizontal-, Vertikal- oder Schrägbelastungen;
- Widerstandsfähigkeit gegenüber dynamischen Belastungen;
- Feuchtebeständigkeit;
- Frostbeständigkeit.

3.28

Bodenbehandlung

allgemeiner Begriff für den Prozess zur Veränderung eines gegebenen Bodens durch Zugabe von Bindemittel oder einer Kombination von Bindemitteln, sodass das sich ergebende Gemisch den vorgesehenen Zweck erfüllen kann. Eine Bodenbehandlung umfasst sowohl die Verbesserung, als auch die Stabilisierung

3.29

Zentralmischverfahren oder Verfahren mit Zwangsmischer

Mixed-in-plant-Verfahren

Behandlungsverfahren, bei dem stationäre Mischanlagen eingesetzt werden. Die Anlage kann halbbeweglich sein. Die Materialien und Bindemittel werden in einem Zwangsmischer vermischt. Anschließend wird die Mischung in einen Lastkraftwagen abgelassen oder auf eine Halde verbracht

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole und Abkürzungen.

w	Wassergehalt;
P	Pulverisierung;
IBI	direkter Tragindex;
MCV	Feuchtigkeitszustands-Wert;
CBR	CBR-Wert (en: California bearing ratio), in Prozent (%);
R	Druck- oder Zugfestigkeit, in Megapascal (MPa);

R_c	Druckfestigkeit, in Megapascal (MPa);
R_t	direkte Zugfestigkeit, in Megapascal (MPa);
R_{it}	indirekte Zugfestigkeit, in Megapascal (MPa);
R_i	Druck- oder Zugfestigkeit nach dem Eintauchen in Wasser, in Megapascal (MPa);
E	Elastizitätsmodul, in Megapascal (MPa);
E_c	Elastizitätsmodul E bei Druckbeanspruchung, in Megapascal (MPa);
E_t	Elastizitätsmodul E bei direkter Zugbeanspruchung, in Megapascal (MPa);
E_{it}	Elastizitätsmodul E bei indirekter Zugbeanspruchung, in Megapascal (MPa);
I	Festigkeitswert nach Eintauchen;
LS	linearer Schwellwert eines CBR-Probekörpers, in Millimeter (mm);
G_v	räumlicher Schwellwert eines Probekörpers, in Prozent (%);
OMC	(en: optimum moisture content) für die Verdichtung optimaler Feuchtegehalt (Wassergehalt) eines Materials oder einer Mischung, in Prozent (%);
D_{max}	maximale Abmessung der größten im Boden enthaltenen Bestandteile.

5 Bestandteile

5.1 Materialien

5.1.1 Allgemeines

Die durch diese Norm abgedeckten Kategorien von Erdbaumaterialien, die mit Bindemitteln behandelt werden müssen, sind folgende:

- natürliche Böden;
- brüchiger und mittelfester Fels (einschließlich Kreide);
- wiederaufbereitete Materialien;
- künstliche Materialien.

Es kann sich auch um Mischformen der verschiedenen Kategorien handeln.

ANMERKUNG Einige Materialarten dürfen vorbehandelt werden, beispielsweise mit Kalk, um den Feuchtigkeitsgehalt einzustellen und/oder Tone auszuflocken.

Sie müssen Folgendem entsprechen:

- D_{max} muss mit der Leistungsfähigkeit der Geräte (Mischer, Walze, Grader, usw.) sowie mit den geometrischen Anforderungen, insbesondere in Bezug auf die Schichtdicken nach der Verdichtung, vereinbar sein;
- kein Bestandteil darf in einem Anteil vorhanden sein, der die Erstarrung, Erhärtung, das Gebrauchsverhalten und die volumetrische Stabilität des behandelten Materials beeinträchtigt.

5.1.2 Natürliche Böden

Böden werden nach prEN 16907-2 klassifiziert.

5.1.3 Brüchiger und mittelfester Fels (einschließlich Kreide)

Brüchiger und mittelfester Fels wird nach EN 396-2, Tabelle 4b: „Felsgruppen für die Wiederverwendung“, klassifiziert.

5.1.4 Wiederaufbereitete Materialien

Wiederaufbereitete Materialien stammen aus Abbrucharbeiten von Gebäuden oder Infrastrukturen oder aus Aushubarbeiten. Im Allgemeinen sind die chemisch inert.

5.1.5 Künstliche Materialien

Künstliche Materialien entstammen industriellen Prozessen, bei denen thermische oder andere Modifizierungen (z. B. Flugasche, Schlacke) stattfinden. Sie sind nicht zwingend chemisch inert.

5.2 Bindemittel

5.2.1 Zement

Zement muss EN 197-1 entsprechen.

5.2.2 Flugasche

Flugasche muss entweder kieselsäurereiche Flugasche nach EN 450-1, oder kieselsäurereiche oder kalkhaltige Flugasche nach EN 14227-4 sein.

ANMERKUNG Flugasche ist ein puzzolanischer Stoff und benötigt eine Calciumoxidquelle, beispielsweise Kalk oder Zement, um eine hydraulische Reaktion zu erzeugen.

5.2.3 Schlacke

Schlacke muss entweder in Hüttensandmehl nach EN 15167-1 oder in grob gemahlener granulierter Hochofenschlacke nach EN 14227-2 bestehen.

ANMERKUNG Zur Verbesserung der hydraulischen Reaktivität von Schlacke sind im Allgemeinen weitere Bestandteile erforderlich.

5.2.4 Hydraulischer Tragschichtbinder

Hydraulischer Tragschichtbinder muss EN 13282-1 oder EN 13282-2 entsprechen.

5.2.5 Kalk

Kalk muss Luftkalk in der Form von ungelöschtem Kalk oder Kalkhydrat oder Kalkmilch nach EN 459-1 sein.

5.2.6 Bindemittelmischungen

Es können Mischungen der genormten Bindemittel nach 5.2.1 bis 5.2.5 verwendet werden, vorausgesetzt, der Mischvorgang wird in einer Mischanlage und entsprechend einer angegebenen Zusammensetzung durchgeführt und mithilfe angemessener Aufzeichnungen kontrolliert.

5.3 Wasser

Wasser darf die Erstarrung, die Erhärtung und das Gebrauchsverhalten des Gemisches nicht beeinträchtigen.

5.4 Sonstige Bestandteile

Die sonstigen Bestandteile können Zuschlagstoffe, Gips, Böden, andere Materialien oder Zusätze, wie z. B. Erstarrungsverzögerer sein, die für die hydraulische Reaktion entweder erforderlich sind oder diese verbessern oder die die Verarbeitbarkeit, Befahrbarkeit oder das Gebrauchsverhalten verbessern.

6 Gemische

6.1 Allgemeines

Das Gemisch besteht aus den in Abschnitt 5 aufgelisteten Bestandteilen.

Falls Bestandteile zu unterschiedlichen Zeiten zu den Materialien gegeben werden (beispielsweise eine Behandlung mit Kalk, gefolgt von der Zugabe eines anderen Bestandteils), sollte der zeitliche Abstand zwischen den entsprechenden Zugaben festgehalten und angegeben werden.

6.2 Dosierung der Bestandteile

Die Dosierung der Bestandteile, einschließlich des Bindemittels, wird als prozentualer Anteil der Trockenmasse an der Gesamttrockenmasse des Gemisches angegeben, und muss nach Abschnitt 7 erfolgen.

Der Wassergehalt wird als prozentualer Anteil der Masse an der Gesamttrockenmasse des Gemisches angegeben.

7 Methodologie der Laborprüfungen

7.1 Allgemeines

Bei der Bestimmung des Gemisches sollte eine eindeutig festgelegte und protokollierte Methodologie der Laborprüfungen befolgt werden. In diesem Abschnitt werden die vorgeschlagenen Mindestanforderungen, die als Teil dieser Methodologie zur Herstellung einer durchführbaren Gemischrezeptur erforderlich sein können, dargelegt.

Der Grundsatz der in diesem Abschnitt beschriebenen Methodologie besteht darin, im Labor aus dem Probekörper des entsprechenden zu behandelnden Materials ein (mehrere) Gemisch(e) mit einem (mehreren) Bindemittel(n) in einer (mehreren) Dosierung(en) herzustellen, das einer (mehreren) zuvor festgelegten Zusammensetzung(en) entspricht.

Die Merkmale des (der) Gemische(s) werden durch unterschiedliche Prüfungen, die für das Verhalten des behandelten Materials am Einbauort repräsentativ sind, gemessen.

Die Prüfergebnisse der untersuchten Zusammensetzungen werden zur Festlegung von Parameterwerten für die Durchführung der einzelnen Gemische und zur Einteilung des mechanischen Gebrauchsverhaltens entsprechend der Klassifizierung in Abschnitt 8 herangezogen.

7.2 Identifizierungsprüfungen

7.2.1 Identifizierung der zu behandelnden Materialien

Die zu behandelnden Materialien werden entsprechend den Prüfanforderungen für die Identifizierung und Klassifizierung von Materialien nach prEN 16907-2 identifiziert.

Die Identifizierungsprüfungen müssen an für die Bodenablagerung repräsentativen Probekörpern durchgeführt werden.

7.2.2 Identifizierung von Bindemitteln

Bindemittel müssen den Anforderungen der in 5.2 aufgeführten Normen entsprechen.

- 1) Bindemittel, die durch eine harmonisierte Norm abgedeckt werden: durch die Übereinstimmung mit der Norm und der Leistungserklärung (DoP; en: Declaration of Performance) wird die Eignung des Bindemittels für eine Verwendung bestätigt.
- 2) Sonstige Bindemittel nach 5.2: die Übereinstimmung des Bindemittels mit der maßgeblichen Europäischen Produktnorm muss im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle des Herstellers mithilfe der Datenblätter der internen Überwachungsprüfung überprüft werden. Darüber hinaus müssen Prüfungen an Proben des gelieferten Produkts durchgeführt werden. Die zu prüfenden Merkmale und die anzuwendenden Prüfverfahren sind der entsprechenden Europäischen Produktnorm zu entnehmen.

Falls für weitere Identifizierungs- oder Prüfverfahren benötigt, müssen Proben von Bindemitteln aufbewahrt und in geeigneter Weise gelagert werden.

7.3 Machbarkeit der Behandlung

Die Machbarkeit der Behandlung richtet sich nach der maximalen Abmessung der größten Bestandteile ($D_{\max}$) des Materials und nach seiner Zusammensetzung.

- a) $D_{\max}$ muss mit der Leistungsfähigkeit der Geräte (Mischer, Walze, Grader, usw.) sowie mit den geometrischen Anforderungen, insbesondere in Bezug auf die Schichtdicken nach der Verdichtung, vereinbar sein;

Für eine Stabilisierung sollte sich $D_{\max}$ je nach Härte der Bestandteile in einem Bereich zwischen 60 mm und 150 mm bewegen, es sei denn, die Geräte sind in der Lage, die festgelegten Parameter auch bei größeren Bestandteilen mühelos zu erreichen.

Die letztendliche Korngröße des Gemisches muss den Vorgaben für die Verdichtung entsprechen.

ANMERKUNG 1 Für Verfahrensweisen zur Entfernung von übergroßen Bestandteilen, siehe 9.6.3, Korrektur der Korngrößenverteilung.

- b) Es sollte kein Bestandteil in einem Anteil vorhanden sein, der die Erstarrung, Erhärtung, das Gebrauchsverhalten und die volumetrische Stabilität des behandelten Materials beeinträchtigt.

ANMERKUNG 2 Organische Stoffe können den Erstarrungs- und Erhärtungsprozess verzögern oder verhindern. Durch Versuche mit verschiedenen Gemischrezepturen im Labor lässt sich ermitteln, ob ein Boden, der organische Stoffe enthält, verwendet werden kann. Die verwendbare Menge hängt von der Art der organischen Stoffe ab.

ANMERKUNG 3 Böden, die Schwefel, Sulfide oder Sulfate enthalten oder enthalten könnten, können zu einer Ausdehnung des Gemisches führen. Durch Versuche mit verschiedenen Gemischrezepturen im Labor, einschließlich der Prüfung der „Feuchtebeständigkeit“ nach der vorliegenden Europäischen Norm, lässt sich ermitteln, ob Materialien mit einem Schwellpotential verwendet werden können.

ANMERKUNG 4 Im informativen Anhang G werden Beispiele für Labor- und Feldverfahren zur Identifizierung von typischen Sulfid- und Sulfatmineralen angegeben.

7.4 Verarbeitbarkeitsdauer

Sofern erforderlich, muss die Verarbeitbarkeitsdauer nach EN 13286-45, oder entsprechend alternativen Verfahrensweisen nach lokalen Praktiken, oder auf Grundlage der Angaben des Bindemittellieferanten ermittelt werden.

7.5 Merkmale für die Ausführung

7.5.1 Verbesserung

Verbesserungsarbeiten werden im Allgemeinen zur Verringerung des Wassergehalts des Materials und somit für eine Verbesserung seiner Merkmale durchgeführt.

Die Merkmale für die Ausführung müssen bestimmt werden, wie folgt:

- entweder durch den direkten Tragindex (IBI);
- oder den Feuchtigkeitszustands-Wert (MCV);
- oder durch den Verdichtungsgrad.

7.5.2 Stabilisierung

Die Merkmale für die Ausführung sind einerseits von einem mit der Hydratation des Bindemittels verträglichen Wassergehalt des Gemisches, und andererseits von der Erreichung einer für den Baumaschinenverkehr bei der Ausführung ausreichenden Tragfähigkeit abhängig.

Sie sollten entweder bestimmt werden durch:

- den Wassergehalt im Vergleich mit dem OMC für den unteren Wert des Wassergehalts und dem Wassergehalt entsprechend eines festgelegten direkten Tragindex (IBI) für den oberen Wert;
- oder durch den Feuchtigkeitszustands-Wert (MCV).

7.6 Mechanisches Gebrauchsverhalten

7.6.1 Nachbehandlungsbedingungen

In Ermangelung der besonderen Umgebungsbedingungen, die in der klimatischen Umgebung am Einbauort vorherrschen, müssen die Nachbehandlungsbedingungen für die Probekörper beschaffen sein, wie folgt:

a) an der Luft

- Temperatur: $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$;
- Bedingungen, in denen eine Verdunstung vermieden wird (Paraffin oder Kunststoffbeutel oder spezielle Kammer mit einer Feuchte $\geq 90\text{ %}$);

b) in Wasser

- Temperatur: $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.

ANMERKUNG Diese Nachbehandlungsbedingungen gelten für gemäßigte Klimaregionen. Für wärmeres oder kälteres Klima dürfen andere Bedingungen angewendet werden.

7.6.2 Feuchtebeständigkeit

Falls erforderlich, muss die Feuchtebeständigkeit durch eines der folgenden Verfahren untersucht werden, je nachdem, welches Verfahren geeignet ist:

- Festigkeitswert nach Eintauchen in Wasser;
- linearer Schwellwert nach Wasserlagerung;
- räumlicher Schwellwert nach Eintauchen in Wasser.

7.6.3 Beständigkeit bei unmittelbarem Befahren durch Baufahrzeuge

7.6.3.1 Verbesserung

Je nach Last und Typ des Fahrzeugs, können die in 7.5.1 aufgelisteten Merkmale für die Ausführung ein unmittelbares Befahren durch Baufahrzeuge zulassen.

7.6.3.2 Stabilisierung

Sofern erforderlich, muss die Beständigkeit bei unmittelbarem Befahren durch Baufahrzeuge durch den MCV oder den IBI oder den CBR-Wert oder den Wert für R_c der Probekörper, der nach einer angemessenen Nachbehandlungsdauer gemessen werden kann, bestimmt werden.

7.6.4 Frostbeständigkeit

Sofern erforderlich, ist die Frostbeständigkeit in Übereinstimmung mit den am Einsatzort geltenden Bestimmungen zu untersuchen.

7.6.5 Langfristiges Gebrauchsverhalten

Sofern erforderlich, muss das langfristige Gebrauchsverhalten des Gemisches durch eines der folgenden Verfahren untersucht werden, je nachdem, welches Verfahren geeignet ist:

- Bestimmung des CBR-Wertes;
- Bestimmung der Druckfestigkeit, R_c nach EN 13286-41, mit Ausnahme der Lastrate, die 1 % der Höhe des Probekörpers je Minute betragen muss (siehe informativen Anhang B);
- kombinierte Bestimmung der Werte der Zugfestigkeit R_t und des Elastizitätsmoduls E nach EN 13286-43, mit Ausnahme der Lastrate, die 1 % der Höhe des Probekörpers je Minute betragen muss.

7.6.6 Sonstige Prüfungen des Gebrauchsverhaltens

Je nach Anwendung können andere Prüfungen zur Charakterisierung des Gebrauchsverhaltens des Gemisches durchgeführt werden.

ANMERKUNG 1 Im informativen Anhang C wird ein Beispiel für die Anwendung des seismischen Verfahrens zur Bestimmung des sowohl im Labor, als auch im Feld gemessenen mechanischen Gebrauchsverhaltens von behandelten Materialien angegeben.

ANMERKUNG 2 Der informative Anhang F enthält Beispiele für andere mögliche Prüfungen des Gebrauchsverhaltens.

7.7 Herstellung der Probekörper

7.7.1 Korngröße des Materials

$D_{\max}$ ist von der angewendeten Prüfnorm abhängig.

ANMERKUNG Bodenarten mit einem Übermaß an runden Bestandteilen oder mit einer unterbrochenen Körnungslinie aufgrund fehlender Bestandteile, wie z.B. Feinanteile, können sich bei Befahrung durch Baustellenfahrzeuge als instabil erweisen oder einen höheren Prozentsatz an Bindemittel zur Füllung der Hohlräume benötigen. Für die Verbesserung der Befahrbarkeit während der Bauarbeiten, oder zur Verringerung der zu verwendenden Bindemittelmenge kann es notwendig sein, die Korngrößenverteilung im Vorfeld durch Zugabe eines anderen Materials zu korrigieren.

7.7.2 Herstellung der Gemische

Im informativen Anhang A wird ein Verfahren zur Herstellung der Gemische für die Probekörper der behandelten Materialien vorgeschlagen.

Die Gemische sollten vorzugsweise in einem mechanischen Mischer hergestellt werden.

Für besondere Anforderungen oder beim Vorhandensein von bindigem Ton, sind auch andere Arten von Mischverfahren möglich.

Das Gemisch muss so lange gemischt werden, bis keine Verbesserung der Homogenität erfolgen kann.

Das Mischverfahren muss in jedem Fall im Laborprüfbericht angegeben werden.

7.7.3 Maße der Probekörper

Die Maße der Probekörper sind abhängig von $D_{\max}$ des Gemisches und von den in Übereinstimmung mit den entsprechenden Normen zu messenden Merkmalen.

ANMERKUNG Je nach Prüfverfahren wird $D_{\max}$ durch eine der folgenden Normen festgelegt: EN 13286-50, EN 13286-51, EN 13286-52 und EN 13286-53.

Die Maße der Probekörper sind im Laborprüfbericht anzugeben.

7.7.4 Verdichtungsverfahren

Die Verdichtungsverfahren sind abhängig von der Größe der Probekörper, dem zu erreichenden Verdichtungsziel (Verdichtungsenergie oder Dichte) und von den in Übereinstimmung mit den entsprechenden Normen zu messenden Merkmalen.

Die Verdichtungsverfahren sind im Laborprüfbericht anzugeben.

ANMERKUNG 1 Die verschiedenen für die Probekörperherstellung zulässigen Verfahren führen zu unterschiedlichen Probekörperformen und -dichten und daher bei gleicher Mischungsrezeptur zu unterschiedlichen Festigkeiten. Durch Erfahrungswerte in der Anwendung hat es sich als wichtig erwiesen, die Festigkeit niemals getrennt vom Verfahren der Probekörperherstellung zu betrachten.

ANMERKUNG 2 Je nach Prüfverfahren wird das Verdichtungsverfahren durch eine der folgenden Normen festgelegt: EN 13286-50, EN 13286-51, EN 13286-52 und EN 13286-53.

7.7.5 Nachbehandlung

Eine ggf. zwischen der Herstellung und der Prüfung der Probekörper erforderliche Nachbehandlungsdauer muss darin bestehen, dass die Probekörper für eine bestimmte Dauer unter bestimmten Bedingungen (Temperatur, Feuchte, usw.) gelagert werden.

Weiterführende Angaben zu Nachbehandlungsbedingungen finden sich im informativen Anhang A.

Der informative Anhang E enthält Beispiele für das Klassifizierungsalter und für Nachbehandlungsschemata zur Prüfung des mechanischen Gebrauchsverhaltens von behandelten Materialien.

7.8 Inhalte der Laboruntersuchungen

7.8.1 Allgemeines

In diesem Abschnitt werden die mindestens erforderlichen Laboruntersuchungen zur Bestimmung der Merkmale und des Gebrauchsverhaltens eines Materials, das nach einer Verbesserung oder Stabilisierung für die Verwendung in Erdbauwerken vorgesehen ist, angegeben.

7.8.2 Identifizierung der Bestandteile

Materialien, Bindemittel und sonstige Bestandteile müssen identifiziert werden.

Ungeachtet des Behandlungsziels (Verbesserung oder Stabilisierung) muss dafür Sorge getragen werden, dass die Materialien repräsentativ sind.

7.8.3 Verbesserung

Die Untersuchung der Verbesserung muss in einem der folgenden Prüfverfahren bestehen:

- direkter Tragindex;
- Feuchtigkeitszustands-Wert;
- Verdichtungsgrad.

Falls erforderlich, können weitere Prüfungen durchgeführt werden (z. B. Quellversuche).

7.8.4 Stabilisierung

7.8.4.1 Allgemeines

In diesem Abschnitt werden drei Ebenen der Untersuchungen der Stabilisierung beschrieben, die je nach Zusammenhang des Bauvorhabens gewählt werden können.

7.8.4.2 Ebene 0

Ziel

Die Zielsetzung einer Untersuchung der Ebene 0 beschränkt sich auf die Ermittlung der Machbarkeit der Stabilisierung.

Inhalt

a) Vorgeschriebene Untersuchungen:

- Eignung zur Behandlung mit dem (den) vorgeschlagenen Bindemittel(n);
- Merkmale für die Ausführung;

b) wahlfreie Untersuchungen:

- Verarbeitbarkeitsdauer.

7.8.4.3 Ebene 1

Ziel

Die Zielsetzung einer Untersuchung der Ebene 1 besteht in der Überprüfung der Relevanz des Gemisches, die im Vorfeld auf Grundlage von Erfahrungswerten mit dem (den) betreffenden Material(ien) festgelegt wurde.

Inhalt

a) Vorgeschriebene Untersuchungen:

- Eignung zur Behandlung mit dem (den) vorgeschlagenen Bindemittel(n);
- Merkmale für die Ausführung;
- Beständigkeit bei unmittelbarem Befahren;

b) wahlfreie Untersuchungen:

- Verarbeitbarkeitsdauer;
- Feuchtebeständigkeit;
- langfristiges Gebrauchsverhalten.

7.8.4.4 Ebene 2

Ziel

Die Zielsetzung einer Untersuchung der Ebene 2 besteht in der Optimierung der Dosierung des (der) Bindemittel(s), unter Berücksichtigung der Auswirkungen von während der Bauausführung auftretenden Dispersionen (Dosierung der Bestandteile, Verdichtungsgrad, Wassergehalt) auf das Gebrauchsverhalten des Gemisches.

Durch die Ergebnisse können sowohl die zur Einordnung des Gemisches in die vorgesehene Klasse benötigte Mindestdosis, als auch die zum Ausgleich von Dispersionen während der Bauausführung geeignete Dosis ermittelt werden.

Inhalt

Eine Untersuchung der Ebene 2 umfasst:

- eine Ebene-1-Untersuchung eines nach Erfahrungswerten ausgewählten Gemisches, das als „Grundrezeptur“ bezeichnet wird;
- eine Untersuchung der Abweichungen des langfristigen mechanischen Gebrauchsverhaltens des Gemisches in Bezug auf den Bindemittelgehalt. Diese Untersuchung wird mit mindestens zwei Dosierungen von Bindemitteln durchgeführt (plus oder minus zwei Prozent auf jeder Seite der Dosierung der „Grundrezeptur“);
- eine Untersuchung der Auswirkungen von während der Bauausführung auftretenden Abweichungen (Dosierung der Bestandteile, Verdichtungsgrad, Wassergehalt) auf das langfristige Gebrauchsverhalten des Gemisches. Zu diesem Zweck werden für die Dispersionen repräsentative Probekörper angefertigt und auf ihr langfristiges Gebrauchsverhalten geprüft.

ANMERKUNG Der informative Anhang D enthält ein Beispiel zur Bewertung der Empfindlichkeit des Gebrauchsverhaltens von nach R_t und E klassifizierten behandelten Materialien.

7.9 Laborprüfbericht

In Abhängigkeit von Anwendung und Untersuchungsebene sollte der Laborprüfbericht mindestens Folgendes enthalten:

- a) Verweisung auf diese Europäische Norm, d. h. EN 16907-4;
- b) Merkmale und Homogenität des Materials vor der Behandlung;
- c) Beschreibung der Bestandteile;
- d) Dosierung der Bestandteile des Gemisches, einschließlich des Wassergehalts;
- e) bei Bodenverbesserungen:
 - das im Labor ermittelte Gebrauchsverhalten, sofern zutreffend;
- f) bei Bodenstabilisierungen:
 - für das Frischprodukt ausgewählte Kategorien (z. B. w , P , IBI, MCV), einschließlich der verwendeten Verdichtungsenergie zur Bestimmung des IBI für die Bodenstabilisierung nach 8.3.1, sofern zutreffend;
 - die Klassifizierung des Gebrauchsverhaltens nach 8.3.2, sofern zutreffend;
 - die Kategorie der Feuchtebeständigkeit (z. B. I, LS oder G_v) nach 8.3.3, sofern zutreffend;
 - Beständigkeit bei unmittelbarem Befahren durch Baufahrzeuge nach 8.3.4, sofern zutreffend;
 - Frostbeständigkeit nach 8.3.5, sofern zutreffend;
 - zutreffende sonstige Anforderungen nach 8.3.6;
 - zusätzlich, sofern zutreffend, die Werte des im Labor bestimmten mechanischen Gebrauchsverhaltens sowie das Verfahren zur Herstellung der Probekörper (einschließlich, sofern zutreffend, des Zeitunterschieds zwischen den Zugaben der einzelnen Bestandteile zum Bodenmaterial), Nachbehandlungsbedingungen, Nachbehandlungsdauer, Trockenrohdichte und Wassergehalt der für die Bestimmung des mechanischen Gebrauchsverhaltens verwendeten Probekörper;
- g) alle weiteren Angaben, die für die ordnungsgemäße Anwendung des Gemisches sowie für den Entwurf und die Bemessung des Erdbauwerks notwendig sind.

8 Klassifizierung des Gebrauchsverhaltens der Gemische

8.1 Allgemeines

Für jede untersuchte Zusammensetzung können die Ergebnisse der entsprechend der Methodologie nach Abschnitt 7 durchgeführten Prüfungen zur Festlegung von Parameterwerten für die Ausführung des Gemisches und/oder die Klassifizierung des Gemisches entsprechend seines Gebrauchsverhaltens verwendet werden; die Betrachtung des Gebrauchsverhaltens erfolgt:

- entweder kurzfristig (Verbesserung), entspricht in der Regel der Bauphase; oder
- mittel- und langfristig (Stabilisierung), im Allgemeinen nach der Bauphase.

8.2 Verbesserung

8.2.1 Allgemeines

Mit Bindemitteln verbesserter Boden muss in Bezug auf den direkten Tragindex, den Feuchtigkeitszustands-Wert und den Verdichtungsgrad jeweils einer der Kategorien nach 8.2.2, oder 8.2.3 bzw. 8.2.4 entsprechen.

Zusätzlich zu den vorstehend aufgelisteten und nachstehend weiter ausgeführten Kategorien können entsprechend der am Nutzungsort bestehenden lokalen Praxis Grenzwerte für den Luftporengehalt oder die Iso-Sättigungskurven festgelegt werden.

8.2.2 Direkter Tragindex

Sofern gefordert, muss der nach EN 13286-47 bestimmte direkte Tragindex des Gemisches einer der Kategorien nach Tabelle 1 entsprechen.

Tabelle 1 — Direkter Tragindex

Direkter Tragindex	Kategorie
≥ 5	IBI ₅
≥ 7	IBI ₇
≥ 10	IBI ₁₀
≥ 15	IBI ₁₅
≥ 20	IBI ₂₀
≥ 25	IBI ₂₅
Deklariertes Wert	IBI _{DV}

8.2.3 Feuchtigkeitszustands-Wert

Sofern gefordert, muss der nach EN 13286-46 bestimmte Feuchtigkeitszustands-Wert des Gemisches einer der in Tabelle 2 angegebenen Kategorien entsprechen.

Tabelle 2 — Feuchtigkeitszustands-Wert

Feuchtigkeitszustands-Wert	Kategorie
Mindestens 8, höchstens 12	MCV _{8/12}
Deklarierte Werte	MCV _{DV}

ANMERKUNG Eine Prüfung des Feuchtigkeitszustands-Werts eignet sich besonders bei bindigen Böden.

8.2.4 Verdichtungsgrad

Sofern gefordert, muss der Verdichtungsgrad des Gemisches einer der in Tabelle 3 angegebenen Kategorien entsprechen.

Tabelle 3 — Verdichtungsgrad

Verhältnis der In-situ-Trockenrohdichte zur Proctor-Trockenrohdichte (siehe ANMERKUNG) in % bei Bestimmung nach EN 13286-2	Kategorie
≥ 95	DC ₉₅ , SPO
≥ 97	DC ₉₇ , SPO
≥ 95	DC ₉₅ , MPO
≥ 97	DC ₉₇ , MPO
Deklariertes Wert	DC _{DV}
ANMERKUNG 1 SPO bezieht sich auf die Proctor-Trockenrohdichte aus dem normalen Proctorversuch und entspricht einer spezifischen Energie von etwa 0,6 MJ/m ³ nach EN 13286-2.	
ANMERKUNG 2 MPO bezieht sich auf die Proctor-Trockenrohdichte aus dem modifizierten Proctorversuch und entspricht einer spezifischen Energie von etwa 2,7 MJ/m ³ nach EN 13286-2.	

8.2.5 Schwellen

Sofern gefordert, ist das Schwellen des Gemisches entweder nach dem Verfahren zur Bestimmung des linearen Schwellens oder nach dem Verfahren zur Bestimmung des räumlichen Schwellens, die in 8.3.3.3 und 8.3.3.4 beschrieben sind, zu untersuchen.

ANMERKUNG In diesen Prüfungen wird das gesamte Schwellverhalten aufgrund restlich vorhandener Quelltone sowie schädlicher Produkte, wie Sulfate, gemessen.

8.3 Stabilisierung

8.3.1 Anforderungen an das Frischprodukt

8.3.1.1 Wassergehalt

Sofern gefordert, muss der Wassergehalt des Gemisches der nach Tabelle 4 ausgewählten Kategorie für den Mindestwassergehalt entsprechen.

Der Wassergehalt ist so zu wählen, dass das Gemisch auf der Baustelle durch Walzen verdichtet werden kann und dass eine Optimierung des mechanischen Gebrauchsverhaltens erfolgt. Der Wassergehalt ist durch ein Verfahren in Übereinstimmung mit EN 13286-1 bis EN 13286-5 zu bestimmen, und es müssen Grenzwerte in einem praktikablen Bereich, der mit der Verdichtbarkeit auf der Baustelle und dem gewünschten Gebrauchsverhalten des Gemisches vereinbar ist, festgelegt werden.

Tabelle 4 — Kategorien des Mindestwassergehalts

Mindestwassergehalt	Kategorie
Das 0,9fache des optimalen Wassergehaltes des Gemisches, der in Übereinstimmung mit dem gewählten Verdichtungsverfahren nach EN 13286-2 bis EN 13286-5 bestimmt wurde	$W_{0,9}$
Das 0,95fache des optimalen Wassergehaltes des Gemisches, der in Übereinstimmung mit dem gewählten Verdichtungsverfahren nach EN 13286-2 bis EN 13286-5 bestimmt wurde	$W_{0,95}$
Der optimale Wassergehaltes des Gemisches, der in Übereinstimmung mit dem gewählten Verdichtungsverfahren nach EN 13286-2 bis EN 13286-5 bestimmt wurde	$W_{1,0}$
Das 1,05fache des optimalen Wassergehaltes des Gemisches, der in Übereinstimmung mit dem gewählten Verdichtungsverfahren nach EN 13286-2 bis EN 13286-5 bestimmt wurde	$W_{1,05}$
Deklariertes Wert	W_{DV}
ANMERKUNG Das gewählte Verdichtungsverfahren ist anzugeben.	

8.3.1.2 Pulverisierungsgrad

Sofern gefordert, muss der nach EN 13286-48 zu bestimmte Pulverisierungsgrad des Gemisches einer der in Tabelle 5 angegebenen Kategorien entsprechen.

Tabelle 5 — Pulverisierungsgrad

Pulverisierungsgrad	Kategorie
$\geq 30 \%$	P_{30}
$\geq 40 \%$	P_{40}
$\geq 50 \%$	P_{50}
$\geq 60 \%$	P_{60}
Deklariertes Wert	P_{DV}

8.3.1.3 Direkter Tragindex

Sofern gefordert, muss der nach EN 13286-47 bestimmte direkte Tragindex des Gemisches einer der in Tabelle 6 angegebenen Kategorien entsprechen. Der der gewählten Kategorie des direkten Tragindex entsprechende Wassergehalt des Gemisches muss angegeben werden.

Tabelle 6 — Direkter Tragindex

Direkter Tragindex	Kategorie
≥ 10	IBI ₁₀
≥ 15	IBI ₁₅
≥ 20	IBI ₂₀
≥ 25	IBI ₂₅
≥ 30	IBI ₃₀
≥ 40	IBI ₄₀
≥ 50	IBI ₅₀
Deklariertes Wert	IBI _{DV}

8.3.1.4 Feuchtigkeitszustands-Wert

Sofern gefordert, muss der nach EN 13286-46 bestimmte Feuchtigkeitszustands-Wert des Gemisches einer der in Tabelle 7 angegebenen Kategorien entsprechen.

Tabelle 7 — Feuchtigkeitszustands-Wert

Feuchtigkeitszustands-Wert	Kategorie
Mindestens 6, höchstens 10	MCV _{6/10}
Mindestens 7, höchstens 11	MCV _{7/11}
Mindestens 8, höchstens 12	MCV _{8/12}
Mindestens 9, höchstens 13	MCV _{9/13}
Deklarierte Werte	MCV _{DV}

8.3.1.5 Verarbeitbarkeitsdauer

Sofern für den vorgesehenen Verwendungszweck und die Witterungsverhältnisse gefordert, muss die nach EN 13286-45, oder entsprechend alternativer Verfahrensweisen nach lokalen Praktiken oder auf Grundlage der Angaben des Bindemittellieferanten bestimmte Verarbeitbarkeitsdauer angegeben werden.

8.3.2 Klassifizierung des im Labor bestimmten mechanischen Gebrauchsverhaltens

8.3.2.1 Allgemeines

Das im Labor bestimmte mechanische Gebrauchsverhalten des Gemisches ist durch eines der folgenden drei Verfahren zu charakterisieren und zu klassifizieren:

- Bestimmung des CBR-Wertes;
- Bestimmung der Druckfestigkeit R_c nach EN 13286-41, mit Ausnahme der Lastrate, die 1 % der Höhe des Probekörpers je Minute betragen muss;
- kombinierte Bestimmung der Werte der Zugfestigkeit R_t und des Elastizitätsmoduls E nach EN 13286-43, mit Ausnahme der Lastrate, die 1 % der Höhe des Probekörpers je Minute betragen muss.

ANMERKUNG 1 Zwischen diesen drei Charakterisierungsverfahren ist eine Korrelation weder beabsichtigt noch sollte eine solche angenommen werden.

ANMERKUNG 2 In Abhängigkeit von der Anwendung können zusätzlich zu oder anstelle von den nachstehend aufgeführten Verfahren andere Klassifizierungsverfahren festgelegt werden.

8.3.2.2 Klassifizierung nach dem CBR-Wert

Der nach EN 13286-47 bestimmte CBR-Wert des Gemisches, und erforderlichenfalls mit einer Zugabe, muss einer der in Tabelle 8 angegebenen Klassen entsprechen und folgende Anforderungen erfüllen:

Nach der Herstellung sind die Probekörper entweder für 1 h, 3 Tage oder für eine andere festgelegte Dauer zu klimatisieren, während der sie nicht austrocknen dürfen, und auf einer Temperatur von $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ oder einer anderen festgelegten Temperatur gehalten werden müssen.

Nach der Klimatisierung sind die Probekörper vor der Prüfung entweder 4 Tage oder länger in Wasser zu lagern; während dieser Wasserlagerung müssen die Probekörper auf einer Temperatur von $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ oder einer anderen festgelegten Temperatur gehalten werden.

Die Dauern von Klimatisierung und Wasserlagerung sind im Prüfbericht anzugeben.

Die Masse der Zugabe ist im Prüfbericht anzugeben.

Tabelle 8 — CBR-Wert

Anforderung an den CBR-Wert nach einer Wasserlagerung von 4 Tagen (oder einer anderen festgelegten Dauer)	Kategorie
≥ 5	CBR ₅
≥ 10	CBR ₁₀
≥ 12	CBR ₁₂
≥ 15 und direkter Tragindex	CBR ₁₅
≥ 20 und direkter Tragindex	CBR ₂₀
≥ 30 und direkter Tragindex	CBR ₃₀
≥ 40 und direkter Tragindex	CBR ₄₀
≥ 50 und direkter Tragindex	CBR ₅₀
Deklariertes Wert	CBR _{DV}

8.3.2.3 Klassifizierung nach der Druckfestigkeit

Die Gemische müssen nach der in Übereinstimmung mit EN 13286-41 bestimmten Druckfestigkeit — mit einer Lastrate von 1 % der Höhe des Probekörpers je Minute — klassifiziert werden; die Bestimmung der Druckfestigkeit muss mit Probekörpern, die nach EN 13286-50 bis EN 13286-53 hergestellt wurden, erfolgen.

Die Klasse der Druckfestigkeit ist in Verbindung mit dem für die Probekörperherstellung gewählten Verfahren aus Tabelle 9 auszuwählen.

Das Klassifizierungsalter und die Nachbehandlungsbedingungen, denen die Probekörper vor der Prüfung ausgesetzt sind, müssen der am Einbauort üblichen Praxis entsprechend festgelegt werden.

Für die Charakterisierung oder die Prüfung von Gemischrezepturen im Labor muss die Druckfestigkeit als Durchschnittswert der Ergebnisse von mindestens drei Probekörpern bestimmt werden. Weicht ein Wert um mehr als 20 % vom Durchschnittswert ab, so ist er zu verwerfen, und die Druckfestigkeit ist als Durchschnittswert der übrigen Werte zu berechnen.

ANMERKUNG 1 Zu Informationszwecken sind in Anhang E Beispiele für das Klassifizierungsalter und für Nachbehandlungsschemata der Probekörper angegeben.

Falls für die Nachbehandlung der Probekörper eine Beanspruchung durch Frost vorgesehen ist, muss diese in Übereinstimmung mit den am Verwendungsort geltenden Bestimmungen durchgeführt werden. Art, Umfang und Dauer der Klimatisierung sind im Prüfbericht anzugeben. Es liegen gegenwärtig keine ausreichenden Erfahrungswerte vor, um ein europaweit anwendbares Verfahren für die Klimatisierung festlegen zu können.

ANMERKUNG 2 Die verschiedenen für die Probekörperherstellung zulässigen Verfahren führen zu unterschiedlichen Probekörperformen und -dichten und daher bei gleicher Mischungsrezeptur zu unterschiedlichen Festigkeiten. Durch Erfahrungswerte in der Anwendung hat es sich daher als wichtig erwiesen, die Festigkeit niemals getrennt vom Verfahren der Probekörperherstellung zu betrachten.

Tabelle 9 — Klassifizierung nach der Druckfestigkeit

Mindestwert für R_c für Zylinder mit Schlankheitsgrad 2 ^a MPa	Mindestwert für R_c für Zylinder mit Schlankheitsgrad 1 ^a und Würfel MPa	R_c -Kategorie
0,5	0,6	$C_{0,5/0,6}$
0,8	1	$C_{0,8/1}$
1,0	1,2	$C_{1/1,2}$
1,2	1,5	$C_{1,2/1,5}$
1,5	2	$C_{1,5/2}$
2	2,5	$C_{2/2,5}$
2,5	3,2	$C_{2,3/3,2}$
3	4	$C_{3/4}$
4	5	$C_{4/5}$
5	6	$C_{5/6}$
Deklariertes Wert	Deklariertes Wert	C_{DV}

^a Werden Zylinder mit anderen Schlankheitsgraden als 1 oder 2 verwendet, so ist vor der Verwendung die Korrelation mit Zylindern mit Schlankheitsgrad 1 oder Schlankheitsgrad 2 festzustellen; ausgenommen hiervon sind Proctor-Zylinder mit Schlankheitsgrad 1,2 und Schlankheitsgrad 0,83, die als gleichbedeutend mit Schlankheitsgrad 1 anzusehen sind.

8.3.2.4 Klassifizierung nach Zugfestigkeit und Elastizitätsmodul (R_t , E)

8.3.2.4.1 Allgemeines

Die Klasse von R_t , E ist aus Bild 1 auszuwählen.

Das Klassifizierungsalter und die Nachbehandlungsbedingungen der Probekörper sind in Übereinstimmung mit der am Verwendungsort üblichen Praxis festzulegen.

Für die Charakterisierung oder die Prüfung von Gemischrezepturen im Labor müssen R_t und E die Durchschnittswerte der Ergebnisse von mindestens drei Probekörpern sein. Weicht ein Wert um mehr als 20 % vom Durchschnittswert ab, so ist er zu verwerfen, und R_t und E sind als Durchschnittswerte der übrigen Werte zu berechnen.

R_t und E sind nach einem der in 8.3.2.4.2 bis 8.3.2.4.4 beschriebenen äquivalenten Verfahren zu ermitteln.

ANMERKUNG Zu Informationszwecken enthält der informative Anhang E Beispiele für das Klassifizierungsalter und Nachbehandlungsschemata für die Prüfung des mechanischen Gebrauchsverhaltens von behandelten Materialien.

8.3.2.4.2 Bestimmung durch direkten Zugversuch

R_t ist nach EN 13286-40 zu bestimmen.

E ist als E_t im direkten Zugversuch nach EN 13286-43 zu bestimmen.

Die Probekörper sind durch Rüttelverdichtung nach EN 13286-52 herzustellen.

8.3.2.4.3 Bestimmung durch indirekten Zugversuch

R_t ist aus dem nach EN 13286-42 ermittelten Wert für R_{it} unter Anwendung der Beziehung $R_t = 0,8 R_{it}$ abzuleiten.

E ist aus dem nach EN 13286-43 ermittelten Wert für E_{it} (wobei E im indirekten Zugversuch bestimmt wird) unter Anwendung der Beziehung $E = E_{it}$ abzuleiten.

Für beide Bestimmungen sind die Probekörper:

- entweder durch Verdichtung mit dem Proctorgerät nach EN 13286-50;
- oder durch Verdichtung mit dem Vibrationshammer nach EN 13286-51;
- oder durch Vibro-Druck (Rütteln und Druck) nach EN 13286-52;
- oder durch Axialverdichtung nach EN 13286-53

herzustellen.

ANMERKUNG Die für die Probekörperherstellung zulässigen Verfahren führen zu unterschiedlichen Probekörperformen und -dichten und daher bei Verwendung desselben Gemisches zu verschiedenen Festigkeiten. Durch Erfahrungswerte in der Anwendung hat es sich daher als wichtig erwiesen, die Festigkeit niemals getrennt vom Verfahren der Probekörperherstellung zu betrachten.

8.3.2.4.4 Bestimmung durch indirekten Zug- und Druckversuch

R_t ist aus dem nach EN 13286-42 ermittelten Wert für R_{it} unter Anwendung der Beziehung $R_t = 0,8 R_{it}$ abzuleiten.

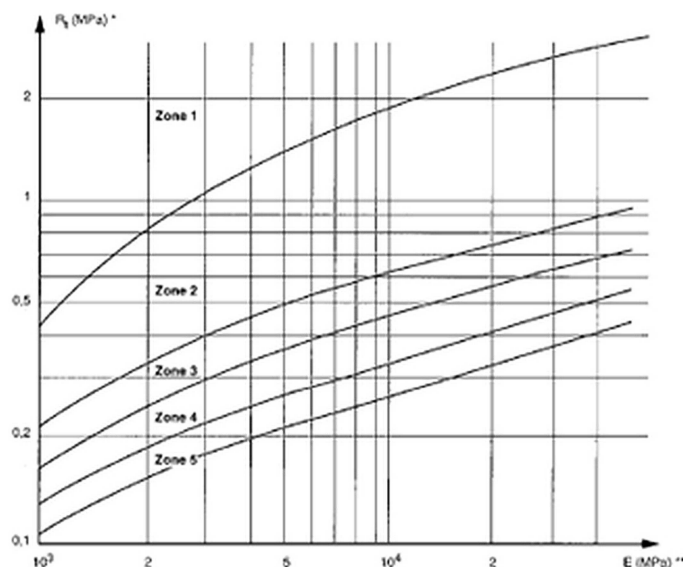
E ist aus dem Wert für E_c (gemessen unter Druckbeanspruchung nach EN 13286-43, mit Ausnahme der Lastrate, die 1 % der Höhe des Probekörpers je Minute betragen muss — siehe informativen Anhang B) unter Anwendung der Beziehung $E = E_c$ abzuleiten.

Für beide Bestimmungen sind die Probekörper:

- entweder durch Verdichtung mit dem Proctorgerät nach EN 13286-50;
- oder durch Verdichtung mit dem Vibrationshammer nach EN 13286-51;
- oder durch Vibro-Druck (Rütteln und Druck) nach EN 13286-52;
- oder durch Axialverdichtung nach EN 13286-53

herzustellen.

ANMERKUNG Die für die Probekörperherstellung zulässigen Verfahren führen zu unterschiedlichen Probekörperformen und -dichten und daher bei Verwendung desselben Gemisches zu verschiedenen Festigkeiten. Durch Erfahrungswerte in der Anwendung hat es sich daher als wichtig erwiesen, die Festigkeit niemals getrennt vom Verfahren der Probekörperherstellung zu betrachten.



Legende

- Y Zugfestigkeit im direkten Zugversuch R_t in MPa
X Elastizitätsmodul E , in MPa

Bild 1 — Klassifizierung nach R_t , E_t

8.3.3 Feuchtebeständigkeit

8.3.3.1 Allgemeines

Sofern gefordert, muss die Feuchtebeständigkeit nach: 8.3.3.2, 8.3.3.3 oder 8.3.3.4 untersucht werden, je nachdem, welches Verfahren angemessen ist.

ANMERKUNG In den Verfahren nach 8.3.3.3 und 8.3.3.4 wird das gesamte Schwellverhalten aufgrund restlich vorhandener Quelltone sowie schädlicher Produkte, wie Sulfate, gemessen.

8.3.3.2 Festigkeit nach dem Eintauchen in Wasser

Das Gemisch muss der nach Tabelle 10 ausgewählten Kategorie der Festigkeit nach dem Eintauchen in Wasser entsprechen.

Für die Anwendung von Tabelle 10 ist R_i die durchschnittliche Festigkeit von mindestens drei Probekörpern nach Z Tagen der Nachbehandlung unter Luftabschluss, gefolgt von Q Tagen bei vollständigem Eintauchen der Probekörper in belüftetem Wasser und R die durchschnittliche Festigkeit von mindestens drei Probekörpern nach $(Z + Q)$ Tagen der Nachbehandlung unter Luftabschluss. Alle Probekörper sind aus derselben Charge des Gemisches nach demselben Verfahren herzustellen, und bei der gleichen Temperatur nachzubehandeln. Z und Q sind in Übereinstimmung mit der am Einsatzort üblichen Praxis und den dort geltenden Anforderungen festzulegen.

Die ausgewählte Kategorie sollte die Beschaffenheit des Hauptbestandteils, im Besonderen Stoffe, die Sulfate oder anderes ausdehnungsfähiges Material enthalten, den vorgesehenen Verwendungszweck des Gemisches, das Klima am Verwendungsort und die Witterungsverhältnisse während des Einbaus wiedergeben.

ANMERKUNG Der informative Anhang E enthält Beispiele für das Klassifizierungsalter und für Nachbehandlungsschemata zur Prüfung des Gebrauchsverhaltens von behandelten Materialien.

Tabelle 10 — Festigkeit nach dem Eintauchen

Verhältnis R_i/R	Kategorie
$\geq 0,6$	$I_{0,6}$
$\geq 0,7$	$I_{0,7}$
$\geq 0,8$	$I_{0,8}$
Deklariertes Wert	I_{DV}
-	-

8.3.3.3 Linearer Schwellwert nach der Wasserlagerung

Sofern erforderlich, muss der an mindestens drei in Wasser gelagerten (vollständig eingetauchten) CBR-Probekörpern nach EN 13286-47 unter Verwendung von kontinuierlich belüftetem Wasser ermittelte lineare Schwellwert der gewählten Kategorie in Tabelle 11 entsprechen. Vor der Wasserlagerung sind die Probekörper zu klimatisieren. Das Schwellen ist über eine Dauer von mindestens 28 Tagen oder bis zum Ende des Schwellens, falls dies länger dauert, zu untersuchen. Die Probekörper sind aus derselben Charge des Gemisches herzustellen.

ANMERKUNG Die Klimatisierungsdauer ist üblicherweise die gleiche, wie die zur Bestimmung des CBR-Wertes nach 8.3.2 gewählte Dauer.

Tabelle 11 — Linearer Schwellwert

Durchschnitt des maximalen Schwellwertes der Probekörper	Maximaler Schwellwert jedes einzelnen Probekörpers	Kategorie
5 mm	10 mm	LS_5
1 mm	2 mm	LS_1
2 %	3 %	$LS_{2\%}$
Deklariertes Wert	Deklariertes Wert	LS_{DV}

8.3.3.4 Räumlicher Schwellwert nach dem Eintauchen in Wasser

Sofern erforderlich, darf der räumliche Schwellwert G_v nicht mehr als 5 % betragen, wenn er nach EN 13286-49 geprüft wird.

ANMERKUNG Falls der räumliche Schwellwert mehr als 5 %, aber weniger als 10 % beträgt, kann das betreffende Gemisch im Allgemeinen nicht verwendet werden, es darf jedoch eine ergänzende Untersuchung entsprechend den am Einsatzort gesammelten Erfahrungen durchgeführt werden.

8.3.4 Beständigkeit bei unmittelbarem Befahren durch Baufahrzeuge

Sofern erforderlich, muss die „Beständigkeit bei unmittelbarem Befahren durch Baufahrzeuge“ in Übereinstimmung mit den am Einsatzort geltenden Vorgaben festgelegt werden.

ANMERKUNG In Abhängigkeit von der Intensität des Baustellenverkehrs kann eine Druckfestigkeit von mindestens 1 MPa oder 1,2 MPa oder 1,5 MPa zum Zeitpunkt des Befahrens für die Befahrbarkeit durch Baustellenfahrzeuge hinreichend sein.

8.3.5 Frostbeständigkeit

Sofern erforderlich, muss die Frostbeständigkeit in Übereinstimmung mit den am Einsatzort geltenden Vorgaben untersucht werden.

8.3.6 Sonstiges Gebrauchsverhalten

Sofern erforderlich, müssen andere Merkmale des Gebrauchsverhaltens in Übereinstimmung mit entsprechenden Normen oder den am Einsatzort geltenden Vorgaben untersucht werden.

ANMERKUNG Der informative Anhang F enthält Beispiele für weitere Prüfungen des Gebrauchsverhaltens von behandelten Materialien.

9 Ausführung und Kontrolle

9.1 Einleitung

9.1.1 Allgemeines

Dieser Teil der Europäischen Norm vermittelt, einhergehend mit den informativen Anhängen H, I, J, K, L und M, Leitlinien und Informationen für Personen, die im Rahmen von Erdarbeiten, in denen eine Bodenverbesserung und -stabilisierung mit Bindemitteln vorgesehen ist, an Entwurf und Bemessung, am Bau und an der Instandhaltung beteiligt sind. Dieser Teil der Norm behandelt insbesondere die Ausführung und Kontrolle der Behandlungsaufgaben und enthält Empfehlungen hinsichtlich geeigneter Bindemittel, Baumaschinen und Prüfverfahren, mit denen während des Bauprozesses ein angemessenes Gebrauchsverhalten erreicht werden kann.

Darüber hinaus wird in den informativen Anhängen ein Leitfaden in Bezug auf die Praktiken bei der Auswahl, dem Entwurf und dem Bau von verbesserten und stabilisierten Schichten für Auffüllungen, Dämme und Deckschichten sowie für die Instandhaltung und Wiederherstellung bereits bestehender Bauwerke gegeben.

Die Konformitätsprüfung (siehe 9.7) beschränkt sich auf die Qualitätskontrolle der Behandlungsmaßnahmen und den anschließenden Prüfbericht.

9.1.2 Grundvoraussetzungen

Der Zweck dieser Grundvoraussetzungen besteht darin, sicherzustellen, dass die Machbarkeit der Behandlung von Materialien durch Bindemittel von Beginn an berücksichtigt wird.

Vor dem Beginn der erdbaulichen Maßnahmen sollte eine Voruntersuchung nach Abschnitt 7 und 9.2 durchgeführt werden, um die Entwurfs- und Bemessungsdaten der Erdarbeiten, insbesondere die Notwendigkeit einer Bodenbehandlung sowie, falls eine Bodenbehandlung erforderlich ist, die Eignung der Bindemittel, die Ausführung und Kontrolle der Bodenverbesserung und -stabilisierung, zu überprüfen und ggf. auf den neuesten Stand zu bringen. Zu diesem Zweck dürfen weiterführende Feld- und Baugrunduntersuchungen durchgeführt werden.

Bei Bodenverbesserungen muss ein besonderes Augenmerk auf die Bestätigung des Wassergehalts und die Überprüfung auf schädliche Stoffe gerichtet werden. Bei Bodenstabilisierungen liegen die Schwerpunkte auf der Bestätigung der Materialart, den verfügbaren Mengen und der Verteilung sowie ebenfalls auf einer Überprüfung auf schädliche Stoffe.

Insbesondere die folgenden Aspekte sollten im Prüfbericht angegeben werden:

- Sulfid- und Sulfatminerale;
- Anzeichen für organische Bestandteile;
- Erfahrungswerte mit Bodenstabilisierungen auf vergleichbaren Baustellen.

ANMERKUNG Die voraussichtliche Behandlungseignung der vor Ort vorhandenen Materialien darf auf den Plänen des Baugrundes vermerkt werden. Dadurch lässt sich eine erste und sehr umfangreiche Bewertung der Materialmengen, die voraussichtlich für eine Stabilisierung verfügbar sind, erstellen.

9.2 Bautechnische Vorprüfung

9.2.1 Allgemeines

Im Vorfeld der Ausführung von Bodenbehandlungen ist es wichtig, die folgenden, in Bezug auf Erdarbeiten relevanten Fragestellungen zu berücksichtigen:

- Eignung der Bodenbehandlungsmaßnahmen im Vergleich zu Verfahrensalternativen. Dieser Aspekt muss bei Entwurf und Bemessung auf Ebene 0 (siehe Methodologie nach Abschnitt 7) untersucht, und darf in einer darauffolgenden Phase erneut geprüft werden;
- zum Zeitpunkt der Entwurfsphase verfügbare Daten zur Entscheidungsfindung über die Eignung der Bodenbehandlung oder -verbesserung;
- die Notwendigkeit weiterer Baugrunduntersuchungen und Laborprüfungen, insbesondere aufgrund mangelnder Homogenität der natürlichen Materialien;
- lokale Erfahrungswerte aus Bodenbehandlungen mit ähnlichen Materialien oder Anwendungen.

Die Grundsätze und die Methodologie, die die Entscheidungsfindung hinsichtlich dieser Fragestellungen unterstützen, sind in Abschnitt 7 der vorliegenden Norm beschrieben und der Anwender sollte sich für weitere Angaben darauf beziehen.

ANMERKUNG Das Ziel der Vorprüfung besteht darin, die Machbarkeit und Leistungsfähigkeit des Verfahrens (Ausführung und Kontrolle) zu bestätigen und den letztendlichen Entwurf, sofern notwendig, weiterzuentwickeln. Aus dieser Voruntersuchung ergibt sich u. U. die Notwendigkeit, einen oder mehrere Abschnitte des Entwurfs und des Bauverfahrens hinsichtlich der nachstehenden Punkte zu verändern:

- Felduntersuchung zur Charakterisierung des Bodens;
- Umweltauswirkungen;
- Untersuchungen der Gemischrezeptur;

- erforderliches mechanisches Gebrauchsverhalten;
- mögliche Risiken hinsichtlich der Bauwerksbeschaffenheit (voneinander abweichende Erfahrungswerte hinsichtlich des zu behandelnden Bodens, Unsicherheiten über das langfristige Gebrauchsverhalten aufgrund äußerer Einflüsse, usw.).

9.2.2 Felduntersuchungen

In Abhängigkeit der vorstehend beschriebenen Aspekte können weiterführende Felduntersuchungen zur Charakterisierung des Bodens notwendig sein. Wie vorstehend in den Aspekten der Methodologie ausgeführt, sollten im Anwendungsbereich einer Felduntersuchung folgende Faktoren abgedeckt werden:

- das erforderliche Mindestmaß an Baugrunduntersuchungen, um die für eine Erreichung der Entwurfsziele und zur Unterstützung der Bauausführung ausreichenden Informationen zu erhalten, muss in dieser Phase analysiert werden.

9.2.3 Sulfide, Sulfate, organische Bestandteile und andere schädliche Stoffe

Der Boden darf keine Anteile an möglicherweise störenden oder schädlichen Bestandteilen enthalten, die nach einer Bindemittelzugabe zu einem schlechten Gebrauchsverhalten und/oder einer übermäßigen Schwellung des Gemisches führen.

Das Verfahren zur Bewertung des Risikos durch das Vorhandensein schädlicher Elemente wird in Abschnitt 8 dieser Norm aufgezeigt.

Grenzwerte für das Schwellen aufgrund von Sulfiden und Sulfaten werden durch das nach 8.2.5 gemessene Schwellverhalten festgelegt.

ANMERKUNG 1 Im informativen Anhang G werden Beispiele für Labor- und Feldverfahren zur Identifizierung von verbreitet vorkommenden Sulfid- und Sulfatmineralen angegeben.

ANMERKUNG 2 Grenzwerte für die Anteile dieser schädlichen Stoffe können auch durch nationale Praktiken festgelegt sein.

9.2.4 Einflussparameter

Bei der Anwendung von Techniken zur Bodenbehandlung sollte Folgendes berücksichtigt werden:

- die Homogenität des „unbehandelten“ Materials;
- das Material wurde u. U. bereits einer Vorbehandlung mit Kalk, mit unterschiedlichen Dauern vor dem endgültigen Einbau oder der Behandlung mit einem zweiten Bindemittel unterzogen;
- eine Verbesserung oder Stabilisierung erfolgt im Allgemeinen durch das Baumischverfahren vor Ort.

Aufgrund dieser Parameter erweist sich eine Kontrolle von Wassergehalt und Korngrößenverteilung als schwierig und während der Arbeiten werden möglicherweise schwankende Werte festgestellt. Aus diesem Grund sollte im Vorfeld aller in der Baustelle vorgenommenen Bodenbehandlungen eine Analyse der potenziellen Einflussparameter, wie z. B. Wassergehalt oder maximale Korngröße durchgeführt werden.

9.2.5 Vorprüfungen im Labor

Sofern gefordert oder notwendig, müssen Vorprüfungen im Labor durchgeführt werden, um die Zusammensetzung des (der) Gemische(s) zu bestätigen. Die Art des Prüfverfahrens ist entsprechend der Anwendung (Verbesserung oder Stabilisierung) durchzuführen und nach Abschnitt 7 zu wählen.

9.3 Bindemittel

Bindemittel sind allgemein erhältlich und werden in Pulverform geliefert. Kalk kann bei speziellen Anforderungen auch in Form einer Kalkmilch, die gesondert im Werk oder auf der Baustelle hergestellt wird, bereitgestellt und geliefert werden.

Bindemittel müssen den Anforderungen der in 5.2 aufgeführten Normen entsprechen.

Die Normkonformität der Bindemittel ist mithilfe der in 7.2.2 beschriebenen Verfahren zu überprüfen.

Bei Bindemitteln, die nicht durch eine harmonisierte Norm abgedeckt sind, müssen die zusätzlichen Prüfungen nach 7.2.2, Listenpunkt 2), an Proben, die während der Anlieferung genommen werden, durchgeführt werden.

Sofern für weitere Identifizierungs- oder Prüfverfahren erforderlich, müssen Proben von Bindemitteln aufbewahrt und in geeigneter Weise gelagert werden.

9.4 Typen von Anlagen zur Bodenbehandlung

In Abhängigkeit von den tatsächlichen vorgefundenen Verhältnissen und den auf der Baustelle herrschenden Anforderungen, können für die Bodenbehandlung eine oder alle der folgenden Anlagentypen erforderlich sein:

- Einheiten zur Bindemittellagerung;
- Bindemittelstreuer;
- Bodenaufbereitungsanlage;
- Bodenmischanlagen für das Baumischverfahren;
- feststehende oder teilbewegliche Mischanlagen;
- Wassertankwagen;
- Verdichtungsgerät.

Zu Angaben und Beschreibungen der bei der Bodenbehandlung eingesetzten Anlagen siehe informativen Anhang H.

9.5 Bodenverbesserung

9.5.1 Allgemeines

Eine Bodenverbesserung wird durchgeführt, wenn sich das einzubauende Material aufgrund seines zu hohen Wassergehalts oder seiner zu hohen Plastizität bei Handhabung, Einbau, Befahrung oder Verdichtung als schwierig erweist. Diese Böden können durch Einbringen eines Bindemittels, üblicherweise Kalk in Form von ungelöschtem Kalk, verbessert werden.

Ebenso kann eine Bodenverbesserung als erste Stufe einer Stabilisierung, bei der mehr als ein Bindemittel verwendet wird, genutzt werden.

Die vorliegende Norm gibt einen Überblick über die Verfahrensweisen und Praktiken, die bei der Ausführung und Kontrolle von Bodenverbesserungsarbeiten befolgt werden sollten.

9.5.2 Eignung der Materialien für eine Verbesserung

Die Materialien sollten nach prEN 16907-2 klassifiziert werden und es sollte eine Voruntersuchung für die Verbesserung nach Abschnitt 7 dieser Norm durchgeführt werden.

Bestandteile, deren Korngrößen die für die Mischanlage zulässigen Korngrößen überschreiten, müssen vor dem Mischen entfernt oder während des Mischprozesses zerkleinert werden.

9.5.3 Verbesserung während des Aushubs

Die gängigste Form der Behandlung zur Bodenverbesserung besteht in einer Behandlung im Auffüllbereich, jedoch kann das Material auch innerhalb des Aushubbereichs behandelt werden. Ein Beweggrund für diese Maßnahme kann ein räumlich beschränkter Auffüllbereich sein, der für die Bodenverbesserungsanlage ungeeignet ist. Beim Behandlungsverfahren im Einschnittbereich wird das Bindemittel auf der betreffenden Fläche verteilt und vor dem Aushub durch konventionelle Erdbaumaschinen entweder mithilfe eines speziellen Mischwerkzeugs eingearbeitet, oder Boden und Bindemittel werden beim Laden auf das Transportmittel durch die Aushubmaschine, die so die Funktion einer Mischanlage ausführt, grob vermengt.

Falls mithilfe der Aushubmaschine gemischt wird, erfolgt im Auffüllbereich ein sekundärer Mischvorgang durch die Streuanlage. Beim Einsatz von speziellen Mischgeräten im Aushubbereich ist kein weiterer Mischvorgang im Auffüllbereich erforderlich, da eine ausreichende Vermischung erfolgt sein sollte.

9.5.4 Verbesserung im Auffüllbereich

Die Bodenverbesserung im Auffüllbereich ist die gängigste Form der Behandlung. Der allgemeine Zweck der Bodenverbesserung besteht darin, sicherzustellen, dass der Boden die Anforderungen des Bauvorhabens erfüllen kann. Die zu behandelnden Böden werden durch konventionelle Erdbaumaschinen ausgebreitet, und das Bindemittel wird aufgestreut. Anschließend wird das Bindemittel mit einem Mischer in einer zur Sicherstellung der Erreichung des festgelegten Gemisches ausreichenden Anzahl von Arbeitsgängen in den Boden eingearbeitet. Sobald die behandelte Schicht verdichtet wurde, kann die nächste Füllmaterialschicht eingebaut und behandelt werden. Um sicherzustellen, dass der gesamte Körper der Auffüllung homogen ist, sollten Schichtdicke und Behandlungstiefe so gewählt werden, dass beim Mischprozess Einschnitte in die darunterliegende Schicht erfolgen.

9.5.5 Streuen des Bindemittels

Der Prozentanteil der Bindemittelzugabe sollte berechnet und es sollten Überprüfungen der Streuung durchgeführt werden.

ANMERKUNG 1 Da das Hauptziel bei der Bodenverbesserung in einer Anpassung des Wassergehalts eines Materials besteht, ist die Genauigkeit der Bindemittelstreuung weniger von Bedeutung, als bei der Bodenstabilisierung. Das Streuen der festgelegten Bindemitteldosis darf entweder durch einen speziellen Streuer erfolgen, siehe H.2, oder indem mit Bindemitteln gefüllte Beutel in einem zur Einarbeitung festgelegten Raster auf dem Boden ausgelegt werden.

ANMERKUNG 2 Für ausführliche Angaben zum Präzisionsstreuen von Bindemitteln in Situationen, in denen eine größere Genauigkeit erwünscht ist, siehe H.2.

9.5.6 Baumischverfahren

Bei den unterschiedlichen Verfahren des Bodenmischens zur Verbesserung liegt das Hauptkriterium bei der Anlagenauswahl darin, sicherzustellen, dass die vorgesehenen Anforderungen an die Bodenverbesserung auf möglichst effiziente Weise erreicht werden. Die zu erreichenden Kriterien können beispielsweise MCV, Wassergehalt oder IBI sein.

Für Situationen, in denen ein genaues Mischen und Pulverisieren erforderlich ist, z. B. als erster Schritt einer Bodenbehandlung vor einem zweiten Behandlungsschritt mit Bindemittelzugabe, oder für Materialien, die für den oberen Teil einer Auffüllung vorgesehen sind, wird auf die Angaben zu Bodenfräsen mit horizontalen Fräswalzen in H.4, verwiesen.

9.5.7 Verdichtung

Sobald das Bindemittel in den unbehandelten Boden eingearbeitet wurde, ist es wichtig, dass das Gemisch entsprechend den Anforderungen des Bauvorhabens ordnungsgemäß verdichtet wird. Je nach Art des verwendeten Bindemittels können die Anforderungen eine Zeitbegrenzung für die Verdichtung enthalten, die in den Vorgaben angegeben werden sollte. Falls die Arbeiten in einer Periode mit mild-warmer Witterung durchgeführt werden, kann die Bindemittelmenge verringert, und das Material für eine Zeitspanne unverdichtet gelassen werden, sodass vor der Einarbeitung des Bindemittels eine Lufttrocknung erfolgen kann. Bei der Dauer für die Verdichtung muss ebenfalls die Hydratationszeit des Bindemittels berücksichtigt werden.

9.5.8 Schutz der Bauwerke

Das Abdichten und Planieren von Oberflächen ist bei allen Erdbauarbeiten eine angemessene Maßnahme für die Zeit zwischen den Arbeitsschichten oder bei Perioden ohne Bautätigkeit, als allgemeine Maßnahme zwischen den Materialschichten jedoch nicht vorgeschrieben.

Es muss auch darauf geachtet werden, dass vor Ort geeignete Abflusseinrichtungen vorhanden sind.

9.5.9 Gesichtspunkte hinsichtlich klimatischer Bedingungen

Vor Beginn der Verbesserungsarbeiten sollten die vorherrschenden klimatischen Bedingungen berücksichtigt werden. Es sollte berücksichtigt werden, dass die jahreszeitlichen klimatischen Bedingungen einen einschränkenden Faktor für die Verbesserungsarbeiten darstellen, der in verschiedenen Regionen unterschiedliche Auswirkungen hat.

Wie normale Erdarbeiten, können auch Verbesserungsarbeiten nicht mit oder auf einem gefrorenen Untergrund durchgeführt werden. Sofern das Bodenmaterial nicht gefroren ist, können sie jedoch auch bei Temperaturen im Gefrierbereich durchgeführt werden.

Auch können die Perioden, in denen die Durchführung von Arbeiten möglich ist, durch Anwendung einer Bodenverbesserung verlängert werden. Während der Jahreszeiten, in denen keine Verbesserung der Materialien durch eine Verdunstung erfolgt, können ungeeignete Materialien mithilfe einer Bodenverbesserung in einen geeigneten Zustand versetzt werden. Darüber hinaus können die Arbeiten nach Niederschlägen durch einen Einsatz von Bodenverbesserungen in kürzerer Zeit wieder aufgenommen werden, als das mit konventionellen Erdbaumaschinen möglich wäre.

9.6 Bodenstabilisierung

9.6.1 Allgemeines

Da die Anforderungen an einen stabilisierten Boden weitreichender sind, als die Anforderungen an einen verbesserten Boden, muss bei der Planung und Ausführung von Stabilisierungsarbeiten ein ausführlicherer Ansatz angewendet werden.

Die Stabilisierung eines Bodens darf je nach Bodenart und chemischen Eigenschaften durch Zugabe eines einzelnen Bindemittels, oder mittels zweier Bindemittel, die getrennt voneinander hinzugegeben werden (z. B. zuerst Kalk, dann Zement), erfolgen.

Das Hauptkriterium bei der Stabilisierung besteht darin, das geforderte Niveau an Homogenität, Wassergehalt, Bindemitteldosis und Dichte des behandelten Bodens zu erreichen und damit die Dauerhaftigkeit des behandelten Materials sicherzustellen.

ANMERKUNG Für die Anwendung dieser Norm ist im Begriff der „Dauerhaftigkeit“ das „langfristige Gebrauchsverhalten“ (Festigkeit, Feuchtebeständigkeit, usw.) enthalten.

Dieser Abschnitt der vorliegenden Norm gibt einen Überblick über die Verfahrensweisen und Praktiken, die bei der Ausführung und Kontrolle einer Bodenstabilisierung befolgt werden sollten.

9.6.2 Eignung der Materialien für eine Stabilisierung

Sämtliche Materialien, die für eine Stabilisierung in Betracht gezogen werden, sollten im Rahmen einer Voruntersuchung entsprechend dem vorstehenden Abschnitt 7 der vorliegenden Norm geprüft werden.

ANMERKUNG Mit Kalk vorbehandeltes Material stellt eine besondere Bodenart dar. In der Regel handelt es sich um ein Material, dass mit Kalk vermischt wurde, um eine Veränderung der Merkmale, in der Regel durch eine Ausflockung, zu erreichen, sodass es mit einem hydraulischen Bindemittel angemessen stabilisiert werden kann.

9.6.3 Aufbereitung des Bodens

Um die Stabilisierung eines Materials zu optimieren oder zu ermöglichen, kann die Anforderung an eine Bodenaufbereitung für die Stabilisierung bestehen.

Die Aufbereitung eines Materials für die Stabilisierung kann auf mehrere unterschiedliche Arten und Weisen erfolgen:

- Vorbehandlung. Die Anfangsbehandlung kann darin bestehen, dass das Material mit einem ersten Bindemittel, beispielsweise Kalk, stabilisiert wird, um es für die Zugabe eines zweiten Bindemittels vorzubereiten;
- Korrektur der Korngrößenverteilung (PSD; en: particle size distribution) oder mechanische Stabilisierung. Die für das Bauvorhaben verwendeten Materialien sind ggf. für eine Stabilisierung geeignet, benötigen jedoch eine Korrektur der PSD. Diese Korrektur darf durchgeführt werden, indem übergroße Materialien zerkleinert, unterschiedliche Materialarten vermischt, d. h. feinkörnige Materialien in grobkörnige Materialien eingearbeitet werden, oder indem die Materialien gesiebt werden, um das Überkorn zu entfernen. Im Fall von brüchigem Gestein oder einigen grobkörnigen Materialien ist das Aufbrechen großer Felsbrocken/Blöcke mithilfe der mechanischen Einwirkung eines Raupenschildes, eines Verdichtungsgeräts oder von gezogenen Tiefaufreißern/Aufreißern möglich. Die maximal zulässige Korngröße des zu behandelnden Materials muss in der Spezifikation der Arbeiten angegeben werden. Alle übergroßen Materialien sind zu entfernen. Zu Informationszwecken wird angemerkt, dass die meisten Stabilisierungsmaschinen an Böden arbeiten, die Korngrößen von bis zu 125 mm aufweisen;
- Korrektur des Wassergehalts. Bei besonders trockenen Materialien ist die Zugabe von Wasser erforderlich, um die Hydratation des stabilisierenden Bindemittels sicherzustellen; zu feuchte Materialien müssen entweder durch Lufttrocknung oder durch Verbesserung mithilfe eines Bindemittels ausgetrocknet werden. Für die anfängliche Wasserzugabe wird mitunter ein Mischer verwendet, um das Wasser vollständig in den Boden einzuarbeiten. In der Regel sollte sich der Wassergehalt für eine Stabilisierung möglichst nah am OMC des Gemisches, der während der Vorprüfungen festgelegt wird, befinden. Eine Neigung zur nassen Seite des Optimums ist besser, als eine Neigung zur trockenen Seite. Die Angabe der Grenzwerte für den Wassergehalt erfolgt nach Abschnitt 8 der vorliegenden Norm;

ANMERKUNG Bei bindigen Materialien können zur Korrektur des Wassergehalts bestimmte Handlungsschritte und eine gewisse Dauer erforderlich sein, um eine Migration des Wassers in das Material zu ermöglichen.

- Entfernung von physikalischen Körpern schädlicher Stoffe. Enthält der zu behandelnde Boden physikalische Fremdstoffkörper, wie z. B. Holz, Metall oder andere Materialien, die den Erfolg der Stabilisierung beeinträchtigen könnten, so sollten diese erforderlichenfalls entfernt werden.

Beim Vorhandensein chemischer schädlicher Stoffe, wie z. B. Sulfate oder organische Bestandteile, die das Gebrauchsverhalten der behandelten Böden beeinträchtigen, wird durch die Vorprüfung nach 9.2 ermittelt, ob und wie dieser Boden erfolgreich behandelt werden kann.

Sobald das Material als für die Stabilisierung geeignet gilt und das Behandlungsverfahren identifiziert wurde, muss das Material vor oder nach einer Behandlung eingebaut werden.

9.6.4 Prozesse bei der Stabilisierung von Deckschichten und Dämmen

9.6.4.1 Allgemeines

Das Ziel einer Materialbehandlung für die Ausformung einer Deckschicht oder einer Dammauffüllung besteht in der Erfüllung der festgelegten Anforderungen durch Bildung eines homogenen Gefüges. Im informativen Anhang I werden die Verfahren und Abfolgen bei der Herstellung stabilisierter Materialien beschrieben.

Die gängigste Form der Behandlung zur Bodenstabilisierung ist die Behandlung im Auffüllbereich, jedoch kann das Material auch innerhalb des Aushubbereichs behandelt werden. Ein Beweggrund für diese Maßnahme kann ein räumlich beschränkter Auffüllbereich sein, der für die Stabilisierungsanlage ungeeignet ist. Im Folgenden wird ein Überblick über den allgemeinen Ansatz zur Behandlung im Aushub- oder Auffüllbereich vermittelt; weitere Einzelheiten zu Prozessen einer Stabilisierung finden sich im informativen Anhang I.

9.6.4.2 Stabilisierung während des Aushubs

Bei der Behandlung im Einschnittbereich wird das Bindemittel auf der Oberfläche verteilt und mithilfe eines speziellen Mischwerkzeuges vor einem Aushub durch konventionelle Erdbaumaschinen eingearbeitet; anschließend wird das Material zum Auffüllbereich transportiert um innerhalb der Verarbeitbarkeitsdauer eingebaut und verdichtet zu werden.

9.6.4.3 Stabilisierung im Auffüllbereich

Die zu behandelnden Böden werden durch konventionelle Erdbaugeräte ausgebreitet und das Bindemittel wird aufgestreut. Anschließend wird das Bindemittel mit einem Mischer in einer zur Sicherstellung der Erreichung des festgelegten Gemisches ausreichenden Anzahl von Arbeitsgängen in den Boden eingearbeitet. Sobald die behandelte Schicht verdichtet wurde, kann die nächste Füllmaterialschicht eingebaut und behandelt werden.

9.6.4.4 Stabilisierung in der Einschnittsohle

Dieser Umstand tritt auf, wenn der Boden einer Aushubsohle beispielsweise als Deckschicht stabilisiert werden muss. In diesem Fall wird das behandelte Material nicht entfernt. Die zu behandelnden Böden werden mit Erdbaugeräten auf eine Ebene gebracht und das Bindemittel wird auf dem Boden verteilt. Anschließend wird das Bindemittel mit einem Mischer in einer zur Sicherstellung der Erreichung des festgelegten Gemisches ausreichenden Anzahl von Arbeitsgängen in den Boden eingearbeitet. Nach dem Mischen wird die Schicht innerhalb der Verarbeitbarkeitsdauer verdichtet und die ggf. erforderlichen Schutzmaßnahmen angewendet.

9.6.4.5 Streuen des Bindemittels

Für die Bindemittelverteilung bei Stabilisierungsarbeiten ist das Auslegen von in Beuteln verpackten Bindemitteln nicht geeignet, ausgenommen hiervon sind besondere Umstände, in denen keine Alternative besteht.

Bei Anlieferung des Bindemittels an der Baustelle sollte noch vor dem Ablassen des Produkts eine Vorabkontrolle des Lieferscheins vorgenommen werden, um sicherzustellen, dass das gelieferte Produkt der Bestellung entspricht.

Eine Probe des Bindemittels sollte genommen, und auf die festgelegten Kriterien der entsprechenden Norm, die für die Herstellung angewendet wird, analysiert werden.

Dieser Abschnitt bezieht sich auf eigenständige Streueinheiten.

ANMERKUNG 1 Einige Mischanlagen zur Stabilisierung verfügen über integrierte Streustoffbehälter und verteilen das Bindemittel in einer kontrollierten Dosis unmittelbar vor die Mischwalze und über die vollständige Breite der Mischwalze.

Die Streugeschwindigkeit des Streuwerks sollte proportional zur Vorwärtsgeschwindigkeit des Fahrzeugs sein. Die Streubereich für das Bindemittel sollte möglichst so beschaffen sein, dass die erforderliche Bindemittelmenge in einem Arbeitsgang abgegeben werden kann.

Um ein seitliches Abfließen des Bindemittels unter den Rädern des Mixers, d. h. in Bereichen mit einer hohen Bindemitteldosis, zu verhindern, sollte das Bindemittel in zwei gesonderten Streu- und Mischvorgängen hinzugegeben werden. Durch einen Feldversuch lässt sich die maximale Einzeldosis ermitteln. So wäre beispielsweise die Dosis von 6 % Zement das typische Beispiel einer zulässigen Höchstdosis für eine Schicht von 300 mm.

Das Bindemittel muss über die gesamte Fläche gestreut werden, um in schmalen Bahnen mit einer leichten Überlappung von wenigen Zentimetern gemischt zu werden.

ANMERKUNG 2 Es ist wichtig, das Bindemittel gleichmäßig zu verteilen, da Wellenmischer die Materialien während des Mischprozesses nicht umverteilen können.

Der Vorgang des Bindemittelstreuens erfordert eine aufmerksame Überwachung und ständige Sichtkontrolle durch die Bedienperson, und es müssen Überprüfungen der Streuung entsprechend 9.7 durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die Konformität mit den Anforderungen gegeben ist.

Vor dem Streuen sollte die Verwendung von Schürzen und Gehäuseabdeckungen in Betracht gezogen werden, um den Verlust von Bindemittel zu vermeiden, darüber hinaus sollten Informationen über die Windverhältnisse eingeholt werden, um das Risiko von Schäden an der umliegenden Umgebung, aber auch von Bindemittelverlusten beim Mischprozess zu verringern.

9.6.4.6 Baumischverfahren

Die für das Mischen vor Ort verwendete Anlage muss dazu in der Lage sein, eine genaue Mischtiefe einzustellen und aufrechtzuerhalten:

- diese Mischtiefe wird in der Regel nicht durch die Mischeigenschaften der Stabilisierungsmaschine, sondern durch die Verdichtungsanforderungen des behandelten Materials bestimmt. Die verdichtete Schichttiefe sollte höchstens 350 mm betragen, außer es kann in Feldversuchen nachgewiesen werden, dass innerhalb der Schicht eine angemessen homogene Verdichtung erreicht wird;
- beim Mischen sollte die Anlage in parallel verlaufenden Bahnen mit einer Überlappung zwischen den Bahnen arbeiten, um sicherzustellen, dass die gesamte geplante Fläche durchmischt wird. Durch die Verwendung eines integrierten Mixers mit Bindemittel wird ebenfalls sichergestellt, dass eine vollständige Abdeckung mit Bindemittel erreicht wird;
- sofern erforderlich, muss der Pulverisierungsgrad entweder Tabelle 7 in 8.3.1.2 dieser Norm entsprechen, oder während des Arbeitsverlaufs durch Sichtprüfung überprüft werden. Bei bestimmten Materialien, insbesondere bei Tonen, kann es notwendig sein, das Material in mehr als einem Arbeitsgang der Maschine und, je nach Verarbeitbarkeit des Materials, mit einer möglichen Wartezeit zwischen den einzelnen Gängen zu mischen, um die geforderte Pulverisierung zu erreichen;
- bei der Stabilisierung mehrerer Schichten ist es wichtig, dass sich die Mischtiefe der oberen Schicht in geringem Ausmaß in die darunterliegende Schicht erstreckt, sodass sichergestellt wird, dass die gesamte Schicht durchmischt und durch Durchbrechung der Grenzflächen zwischen den Schichten eine homogene Bodenmasse hergestellt wird.

ANMERKUNG Durch die festgelegten Anforderungen an ein stabilisiertes Material vor der Nachbehandlung kann eine Durchmischung nur durch Verwendung von Bodenfräsen mit Fräswalze oder Mischwellen erreicht werden. Die anderen Anlagentypen, die lediglich zu Verbesserungsarbeiten in der Lage sind, können den bei einer Stabilisierung geforderten Pulverisierungsgrad nicht erreichen.

9.6.4.7 Verdichtung

Das behandelte Material muss baldmöglichst innerhalb der Verarbeitbarkeitsdauer verdichtet werden, um die festgelegten Anforderungen zu erfüllen.

ANMERKUNG Die Verdichtung eines behandelten Materials wird im Allgemeinen durch konventionelle Erdbauwalzen erreicht. Die Kriterien bei der Maschinenauswahl sind von Schichtdicke und den festgelegten Anforderungen abhängig. Für Angaben zu den Grenzflächen zwischen den Schichten, siehe 9.6.6.

9.6.4.8 Schutz von Planum und Unterbau sowie allgemeiner Schutz der Arbeiten

Während und nach der Bauausführung einer stabilisierten Deckschicht oder eines Erdbaudammes, müssen Planum und Unterbau gegen Bewitterung und/oder Baustellenverkehr geschützt werden.

Da die Stabilisierung von Materialien durch die Bildung „zementierter“ Bindungen erfolgt, ist es wichtig, dass die behandelten Schichten während der Nachbehandlungsdauer nicht unmittelbar durch die Erdbaumaschine, die die nächste Lage verteilt, befahren wird. Das Material sollte vor Kopf geschüttet, und durch eine Planierraupe vorgeschoben werden, wobei die Stabilisierungsmaschine auf der vor der Behandlung eingebauten Schicht verbleibt. Die Dicke der im Einbau befindlichen Schicht sollte so gewählt werden, dass die darunterliegende Schicht durch den Übergang der Maschine nicht beeinträchtigt wird.

Das Abdichten und Planieren von Oberflächen und ist bei allen Erdbauarbeiten eine angemessene Maßnahme für die Zeit zwischen den Arbeitsschichten oder bei Perioden ohne Bautätigkeit, als allgemeine Maßnahme zwischen den Materialschichten jedoch nicht vorgeschrieben. Des Weiteren muss darauf geachtet werden, dass vor Ort geeignete Vorrichtungen für den Wasserabfluss sichergestellt sind.

Die Einsickerung von Wasser an den Oberflächen darf auch durch Aufsprühen einer Bitumenemulsion verhindert werden; unter wärmeren Klimabedingungen wirkt diese Emulsion ebenfalls als Abdichtung gegen eine Wasserverdunstung aus der stabilisierten Schicht. Beim Dammbau wird diese Verfahrensweise in der Regel jedoch nicht angewendet.

Stabilisierungsarbeiten sollten so geplant werden, dass die behandelten Materialien vor Beschädigungen durch Wasser geschützt sind. Das Wasser entstammt zwei Quellen: Grundwasser und Regenwasser. Falls keine Wasserhaltung durchgeführt wird, kann der behandelte Boden beschädigt werden und die Stabilisierungsarbeiten müssen unter Umständen erneut ausgeführt werden.

Die Wasserhaltung erfolgt in der Regel durch Sicherstellung einer Ausformung, die einer Pfützenbildung entgegenwirkt, durch Abdichten der Oberflächen mit einer Glattwalze, um Sickerwasser zu verhindern, und durch den Einbau von Gräben/Rinnen/Abwasserleitungen und ähnlichen Vorrichtungen. In einigen Fällen werden diese Freispiegelsysteme durch eine Entwässerung mittels Pumpen unterstützt. In jedem Fall müssen geeignete Abflussmöglichkeiten vorhanden sein, um Umweltschäden zu vermeiden.

Besteht die Deckschicht aus stabilisiertem Material, das eine Nachbehandlungsdauer benötigt, so muss an der behandelten Schicht ein Mindestmaß an Befahrbarkeit sichergestellt werden, um Schäden an den Arbeiten zu verhindern.

ANMERKUNG 1 Falls der Transport von Massengut auf dem Untergrund oder der Deckschicht geplant ist (z. B. von einem Einschnitt zu den Auffüllungen) muss die zu transportierende Menge sowie der vorgesehene Gerätetyp bei der Bemessung von Untergrund oder Deckschicht in ausreichendem Maß berücksichtigt werden. Tatsächlich kann die Belastung hierbei viel größer sein, als in der langfristigen Bemessung für den Oberbau vorgesehen.

ANMERKUNG 2 Transportarbeiten auf einer Deckschicht sind in der Regel zumindest für die Aufbringung der Tragschicht erforderlich. Für den Transport dieser Materialien werden üblicherweise Lastkraftwagen eingesetzt.

Die Auswahl eines geeigneten Oberflächenschutzes richtet sich nach den festgelegten Schutzfunktionen, der Beschaffenheit der behandelten Materialien, den mechanischen und klimatischen Belastungen und den lokalen Verfahrensweisen.

ANMERKUNG 3 Die Lösungsmöglichkeiten reichen von der Sprühbefeuchtung mit Wasser für einen sehr kurzfristigen Schutz ohne Baustellenverkehr, bis zu einer Oberflächenbehandlung mit Bitumenemulsion und Splitt für einen langfristigen Schutz bei starker Befahrung.

Falls ein Frostschutz verlangt wird, kann auf die behandelte Schicht eine Deckschicht aus unbehandelten Materialien aufgetragen werden und nach der Frostperiode wieder entfernt werden.

9.6.5 Sonstige Anwendungen

Beim Bau bestimmter Teile eines speziellen Damms kann die Bodenstabilisierung innerhalb einer Auffüllung in Betracht gezogen werden. In diesem Fall besteht die Zielsetzung darin, die Merkmale des aufnehmenden Wirtsmaterials durch die Behandlung dauerhaft so zu verändern, dass die dadurch verbesserten mechanischen Eigenschaften zur Gestaltung des Bauwerks genutzt werden können. Dieser Effekt findet sich unter den im informativen Anhang J beschriebenen Anwendungen.

9.6.6 Grenzflächen von Schichten und Organisation der Arbeiten

Eine ordnungsgemäße Planung der Arbeiten ist für die Durchführung von Bodenstabilisierungen von Bedeutung und die folgenden Faktoren sollten berücksichtigt werden. Viele der Gründe für die Bedeutung dieser Faktoren werden in anderen Abschnitten der vorliegenden Norm behandelt. Die in diesem Abschnitt ausgeführten Punkte sollten als die zu berücksichtigenden Hauptpunkte betrachtet werden.

- Synchronisierung der Arbeiten. Die Arbeiten sollten so geplant werden, dass eine überflüssige Befahrung von fertiggestellten Bauwerken vermieden wird, um das Risiko von Beschädigungen fertiggestellter Bereiche zu verringern.
- Maschinenauswahl. Die Maschinenauswahl richtet sich nach dem Umfang des Bauvorhabens, dem zu behandelnden Material und den Anforderungen an das fertiggestellte Produkt.
- Schichttiefe. Falls mehrere Schichten gefordert werden, sollte die Oberschicht für eine maximale mechanische Leistungsfähigkeit möglichst dick beschaffen sein, so ist es beispielsweise bei einer Gesamtschichtdicke von 500 mm, die nicht als einzelne Schicht verdichtet werden kann von Vorteil, eine 300-mm-Schicht auf einer 200-mm-Schicht, anstelle einer 200-mm-Schicht über einer 300-mm-Schicht vorzusehen. Bei der Auswahl der Schichtdicke sollte die Leistungsfähigkeit des Verdichtungsgeräts berücksichtigt werden. Außerdem sollte bei der Auswahl der zu behandelnden Schichttiefe auch die vorgesehene Mischanlage berücksichtigt werden.
- Verdichtungsgerät. Die Auswahl des Verdichtungsgeräts sollte so erfolgen, dass über die gesamte Schichttiefe eine vollständig homogene Verdichtung erreicht werden kann, ohne dass die darunterliegenden Schichten beschädigt werden.

ANMERKUNG Durch den Einsatz einer Schafffußwalze kann das mechanische Zusammenwirken der Schichten unterstützt und die Schichtung verringert werden.

- Vermischen der Schichtgrenzen. Beim Mischprozess sollte sichergestellt werden, dass ein Eindringen in die darunterliegenden Schichten erfolgt, sodass für die Festigkeit und Durchgängigkeit des Materials gesorgt ist.
- Um die Befahrung fertiggestellter Bauwerke zu verhindern, sollte das bevorzugte Bauverfahren für die Verteilung der Materialien auf der Oberschicht darin bestehen, dass das Material vor Kopf geschüttet und anschließend vorangeschoben wird.

9.7 Prüfung der Konformität

9.7.1 Festlegung der Anforderungen

9.7.1.1 Für Verbesserungsarbeiten sollten folgende Festlegungen getroffen werden:

- angestrebte/r Wassergehalt oder Plastizitätszahl oder MCV oder IBI sowie die Grenzwerte der Toleranz dieses Wertes. Die zur Erreichung dieses Wertes notwendige Bindemittelmenge darf durch ein Diagramm, in dem der Prozentsatz des Bindemittels über dem anfänglichen und dem letztendlichen Wassergehalt angezeigt wird, oder in Form einer Tabelle dargestellt werden;

ANMERKUNG Der informative Anhang N enthält ein Beispiel für ein Verfahren und Diagramme zur Bestimmung der für die Erreichung des angestrebten IBI-Werts notwendigen Bindemittelmenge.

- die Dicke der zu behandelnden Schicht.

9.7.1.2 Für die Festlegung von Anforderungen an Verbesserungsarbeiten sollte eine der folgenden Wahlmöglichkeiten angewendet werden:

- die erste Möglichkeit besteht in der Festlegung der Beschaffenheit und Menge des zu verwendenden Bindemittels und der Verfahrensweisen der Materialverarbeitung (Schichtdicke, Wassergehalt, Verdichtungsverfahren, Geräte);
- die zweite Möglichkeit besteht in der Festlegung des erforderlichen mechanischen Gebrauchsverhaltens des behandelten Materials, wie beispielsweise Tragfähigkeit, Steifigkeit oder anderen maßgeblichen Parametern.

9.7.2 Feldversuche/Konformitätsprüfungen und Prüfberichte

9.7.2.1 Verbesserungsarbeiten

Das Ziel von Verbesserungsarbeiten besteht in der Regel in einer Verringerung des Wassergehalts oder der Plastizitätszahl des Materials; die nach der Behandlung durchgeführten Prüfungen und Versuche sollten einen oder mehrere der folgenden Punkte betreffen:

- Wassergehalt;
- MCV;
- Dichte;
- IBI;
- sonstige geeignete Prüfungen.

9.7.2.2 Stabilisierungsarbeiten

Die Prüfungen von Behandlungen zur Stabilisierung werden in zwei Phasen durchgeführt.

In einer ersten Phase wird überprüft, ob sämtliche Parameter für eine erfolgreiche Behandlung überprüft wurden.

Diese Prüfungen sind entsprechend ihrer Eignung aus der nachstehenden Liste auszuwählen:

- Wassergehalt und Homogenität des Materials vor dem Mischen mit Bindemittel (Baumischverfahren oder Zentralmischverfahren);
- je Quadratmeter gestreute Bindemittelmenge (Baumischverfahren) oder, bei Anwendung des Zentralmischverfahrens, die Überprüfung der Bindemittelmenge in der Anlage;
- Wassergehalt des Gemisches vor der Verdichtung;
- Pulverisierungsgrad;
- Dicke der behandelten Schicht;
- Verdichtungsbedingungen (Typ des Verdichters, Geschwindigkeit, Schwingungsfrequenz und -bereich, Anzahl der Übergänge);
- MCV;
- IBI;
- Dichte.

In einer zweiten Phase wird überprüft, ob die festgelegten mechanischen Eigenschaften erreicht wurden. Einige dieser Prüfungen werden unmittelbar nach Beendigung des Behandlungs- und Verdichtungsprozesses durchgeführt, andere erfolgen nach einer gewissen Zeitspanne (zwischen einigen Stunden und mehreren Tagen oder Wochen).

Diese Prüfungen sind entsprechend ihrer Eignung aus der nachstehenden Liste auszuwählen:

- In-situ-Dichte im Vergleich zur aus der Laboruntersuchung ermittelten Dichte. Zur Überprüfung des erreichten Verdichtungsgrads muss diese Prüfung baldmöglichst vor dem Erhärten des Gemischs durchgeführt werden;
- Plattendruckversuch zur Ermittlung der Tragfähigkeit der behandelten Schicht (dieser Versuch eignet sich nicht für die Deckschicht, da sie dabei u. U. beschädigt oder zerstört wird). Dieser Versuch sollte zu einem festgelegten Alter und erst nach Abschluss der Erstarrungszeit durchgeführt werden;
- Verformung unter Einzelachslast. Ziel der Verformungsprüfung ist die Messung der zeitweiligen Verformung der Schicht unter einer festgelegten Belastung durch die Hinterachse eines LKW. Die Prüfung darf zu einem festgelegten Alter und erst nach Abschluss der Erstarrungszeit durchgeführt werden;
- Elastizitätsmodul oder indirekte Zugfestigkeit oder einaxiale Druckfestigkeit (UCS; en: unconfined compressive strength);
- zerstörungsfreies Prüfverfahren durch Seismik;
- CBR-Wert;
- Quellversuch;
- sonstige angemessene Prüfungen.

Mit Ausnahme der Prüfung der In-situ-Dichte, sollten die Prüfungen zu einem festgelegten Alter und erst nach Abschluss der Erstarrungszeit durchgeführt werden.

9.7.3 Abschlussberichte

9.7.3.1 Der Abschlussbericht von Verbesserungsarbeiten sollte Folgendes enthalten:

- Behandlungsdatum;
- Witterungsbedingungen (Temperaturen vor Ort, bewölkt oder sonniges Wetter, usw.);
- Standort der behandelten Fläche;
- Identifizierung des Materials (Klassifizierung oder Beschreibung);
- verwendetes Bindemittel;
- Schichtdicke oder -tiefe.

Außerdem darf der Bericht folgende optionale Daten enthalten:

- Bindemitteldosis;
- Wassergehalt vor und/oder nach der Behandlung;
- Plastizitätszahl vor und/oder nach der Behandlung;
- MCV vor und/oder nach der Behandlung;
- Dichte;
- Sulfat- und/oder Schwefelgehalt.

9.7.3.2 Der Abschlussbericht von Stabilisierungsarbeiten sollte Folgendes enthalten:

- Behandlungsdatum;
- Witterungsbedingungen (Temperaturen vor Ort, bewölkt oder sonniges Wetter, usw.);
- Standort der behandelten Fläche;
- Identifizierung des Materials (Klassifizierung oder Beschreibung);
- verwendete(s) Bindemittel;
- Dicke oder Tiefe der behandelten Schicht;
- Behandlungszweck (Tragwerksarbeiten, Deckschicht, usw.);
- Zielsetzung in Bezug auf das mechanische Gebrauchsverhalten (Tragfähigkeit, Dichte, CBR-Wert, usw.);
- Zielsetzung in Bezug auf das mechanische und physikalische Gebrauchsverhalten (Daten und Kennwerte).