

Ersetzt:

Ausgabe: 202X-XX

VSS 70 321:2019-08

Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische

Frosthebungsversuch

**Dieser Entwurf hat keine Gültigkeit und darf nicht angewendet werden.
Vernehmlassungsentwurf 14. Juni 2024: Frist bis 23. August 2024**

Für diese Norm ist die Normierungs- und Forschungskommission (NFK) 3.1 Gesteinskörnungen des VSS zuständig.

Ref.-Nr.:
VSS 70 321:202X-XX deUrheberrechte:
REGnorm, Nationales Register zur
Veröffentlichung von Normen,
Standards und weiteren RegulierungenAnzahl Seiten:
13Gültig ab:
202X-XX-XXHerausgeber:
Schweizerischer Verband der
Strassen- und Verkehrsfachleute VSS

© REGnorm

Bearbeitung

VSS-Normierungs- und Forschungskommission
NFK 3.1 Gesteinskörnungen

Liste der beteiligten Mitglieder

Bucheli Hans Peter, Luzern, Industrie und Handel
Christen Gerhard, Zürich, Behörden
Fux Dieter, Solothurn, Behörden
Gerber Kilian, Bern, Behörden
Göbbels Dirk, Zürich, Normenanwender
Käser Benjamin, Uetendorf, Forschung und Labor
Mühlán Björn, Wildegg, Forschung und Labor
Preisig Martin, Oberglatt, Industrie und Handel
Rychen Patrick, Servion, Bildung, Forschung und Labor
Traber Fabian, Ittigen, Behörden
Wetzig Volker, Bern, Normenanwender

Diese Norm wurde gemäss dem aktuellen Wissensstand in den Bereichen der Sicherheit und der Nachhaltigkeit erarbeitet.

Genehmigung

VSS-Fachkommission
FK 3 Baustoffe

Publikation

Monat 202X

Haftungsausschluss

Für Schäden, die durch die Anwendung der vorliegenden Publikation entstehen können, wird keine Haftung übernommen.

**Dieser Entwurf hat keine Gültigkeit und darf nicht angewendet werden.
Vernehmlassungsentwurf 14. Juni 2024: Frist bis 23. August 2024**

INHALTSVERZEICHNIS		Seite
A	Allgemeines	4
1	<i>Geltungsbereich</i>	4
2	<i>Gegenstand</i>	4
3	<i>Zweck</i>	4
B	Begriffe	4
4	<i>Allgemeine Begriffe</i>	4
	4.1 Begriffe der SN EN 13286-47 [3]	4
	4.2 In der Schweiz verwendete Begriffe	4
5	<i>Maximale vertikale Längenänderung f</i>	4
6	<i>Verbleibende vertikale Längenänderung r</i>	4
C	Zusammenhänge	5
7	<i>SN EN 13286-47 [3]</i>	5
D	Einrichtungen	5
8	<i>CBR_F-Topf</i>	5
9	<i>Einrichtungen für den Frosthebungsversuch</i>	7
E	Versuchsdurchführung	8
10	<i>Allgemeines</i>	8
11	<i>Frosthebungsversuch</i>	8
12	<i>Materialvorbereitung</i>	9
13	<i>Herstellung des Probekörpers</i>	9
14	<i>Vorbereitung für den Frosthebungsversuch</i>	9
	14.1 Transport und Einsetzen des Probekörpers	9
	14.2 Einstellen des Wasserstands	9
	14.3 Weitere Vorbereitungen	9
15	<i>Anpassungsphase</i>	9
16	<i>Frostphase</i>	9
17	<i>Auftauphase</i>	9
18	<i>Versuchsende</i>	10
F	Versuchsauswertung	10
19	<i>Bestimmung des CBR_F-Wertes</i>	10
20	<i>Vertikale Längenänderung während der Frost- und der Auftauphase</i>	11
21	<i>Von der Probe absorbierte oder abgegebene Wassermenge</i>	11
22	<i>Dicke der gefrorenen und nicht gefrorenen Zone</i>	11
23	<i>Wassergehalte</i>	11
24	<i>Trockendichte</i>	12
25	<i>Prüfbericht</i>	12
G	Literaturverzeichnis	13

Dieser Entwurf ist keine Gültigkeit und darf nicht angewendet werden.
Vernehmlichungsbeschluss vom 14. Juni 2024: Frist bis 23. August 2024

A Allgemeines

1 Geltungsbereich

Diese Norm gilt für den Frosthebungsversuch an ungebundenen und hydraulisch gebundenen Gemischen.

Der Frosthebungsversuch dient als Grundlage für die Dimensionierung des Unter- und Oberbaus von Verkehrswegen und wird für die Bewertung der Leistung bestimmter Bauprodukte verwendet.

2 Gegenstand

Der in dieser Norm beschriebene Versuch dient der Bestimmung der Frostempfindlichkeit ungebundener und hydraulisch gebundener Gemische.

3 Zweck

Die Norm beschreibt die Durchführung und Auswertung des Frosthebungsversuchs und gibt Hinweise für die Konstruktion der benötigten Geräte.

B Begriffe

4 Allgemeine Begriffe

4.1 Begriffe der SN EN 13286-47 [3]

Die Begriffe

- CBR-Wert
- direkter Tragindex IBI
- Nachbehandlung

sind in der SN 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» [3] definiert.

4.2 In der Schweiz verwendete Begriffe

Die in der Schweiz verwendeten Begriffe

- CBR₁-Wert
- CBR₂-Wert
- CBR_F-Wert

sind im Nationalen Anhang zur SN EN 13286-47 [3] definiert.

5 Maximale vertikale Längenänderung f

Die während einer 24-stündigen Frostdauer eintretende maximale vertikale Längenänderung des Probekörpers (siehe Abbildung 1).

6 Verbleibende vertikale Längenänderung r

Die nach dem 24-stündigen Auftauen verbleibende vertikale Längenänderung des Probekörpers (siehe Abbildung 1).

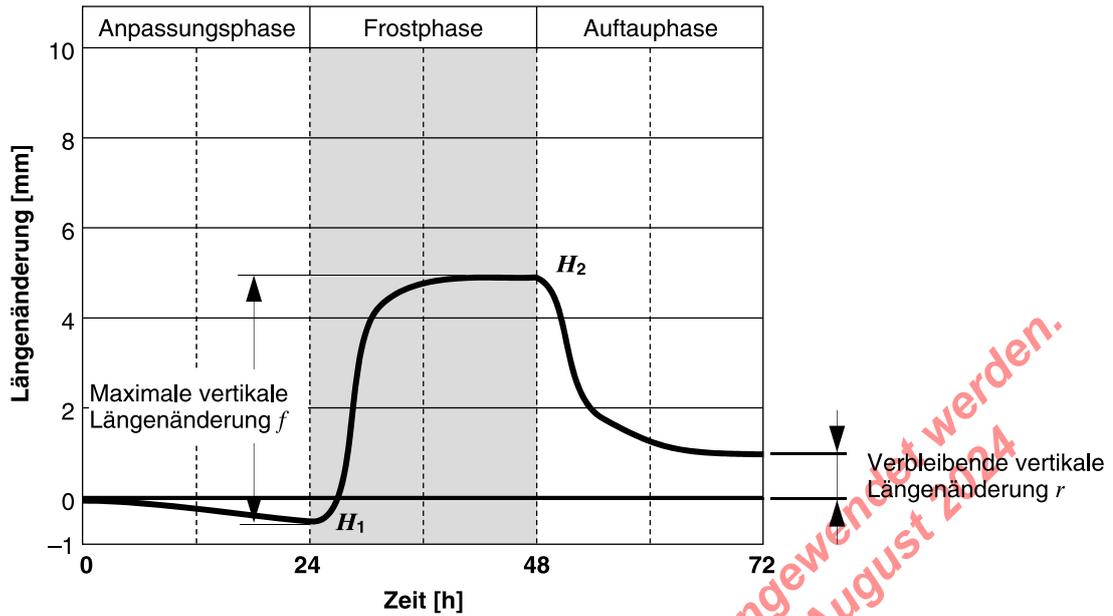


Abb. 1
Darstellung der vertikalen Längenänderung

C Zusammenhänge

7 SN EN 13286-47 [3]

Die SN EN 13286-47 [3] regelt die Bestimmung des CBR_F -Wertes im Anschluss an den Frosthebungsversuch.

D Einrichtungen

8 CBR_F -Topf

Konstruktion und Abmessungen des CBR_F -Topfes sind aus Abbildung 2 ersichtlich. Die einzelnen Teile sind in Tabelle 1 beschrieben.

Die Herstellungstoleranz beträgt $\pm 1,0$ mm.

Dieser Entwurf hat keine Gültigkeit und darf nicht angewendet werden.
Vernehmlassungsentswurf 14. Juni 2024: Frist bis 23. August 2024

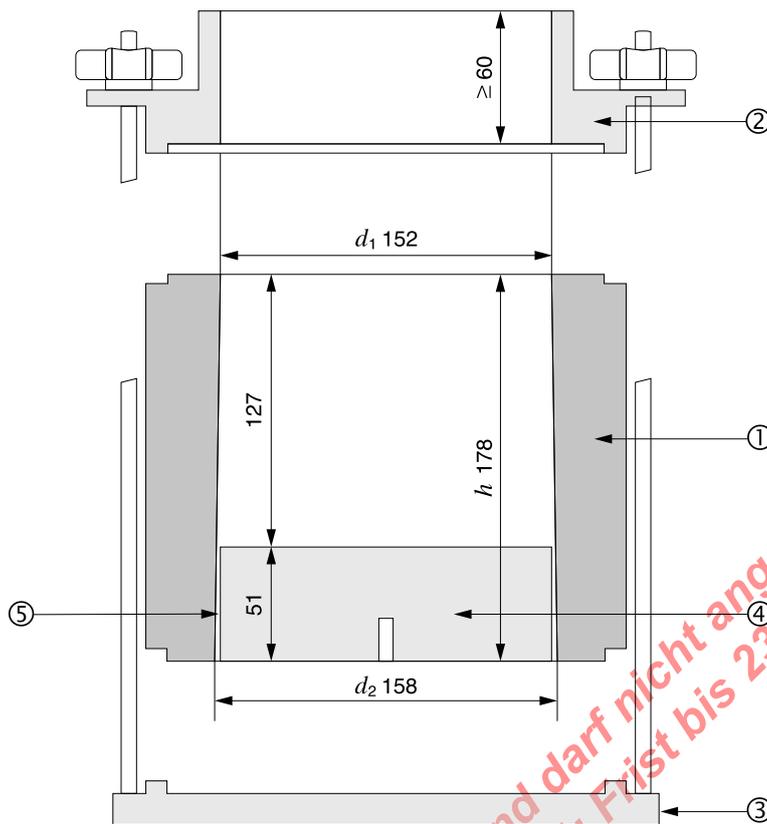


Abb. 2
Prinzipische Skizze des CBR_F-Topfes mit Zubehör (Abmessungen in mm)

Beschreibung der Teile des CBR _F -Topfes (Abbildung 2)			
①	CBR _F -Topf, leicht konischer Hohlzylinder aus einem geeigneten, isolierenden Material (z.B. Epoxidharz) ¹⁾	Höhe h	178 mm
		Oberer Innendurchmesser d_1	152 mm
		Unterer Innendurchmesser d_2	158 mm
②	Aufsatzring zur Herstellung des Probekörpers	Innendurchmesser	152 mm
		Höhe innen	≥ 60 mm
③	Grundplatte (Stahl)	Dicke	etwa 20 mm
④	Einsatzplatte mit einschraubbarem Griff	Durchmesser	156 mm
		Dicke	51 mm
⑤	Dichtung (z.B. O-Ring) zwischen dem Topf und der Einsatzplatte, falls erforderlich		

¹⁾ Bei älteren Töpfen aus Stahl mit Isoliermanschette

Tab. 1
Beschreibung der Teile des CBR_F-Topfes

9 Einrichtungen für den Frosthebungsversuch

Die für die Durchführung des Frosthebungsversuchs sowie die Bestimmung der vertikalen Längenänderungen erforderlichen Einrichtungen sind in Abbildung 3 dargestellt. Die einzelnen Teile sind in Tabelle 2 beschrieben.

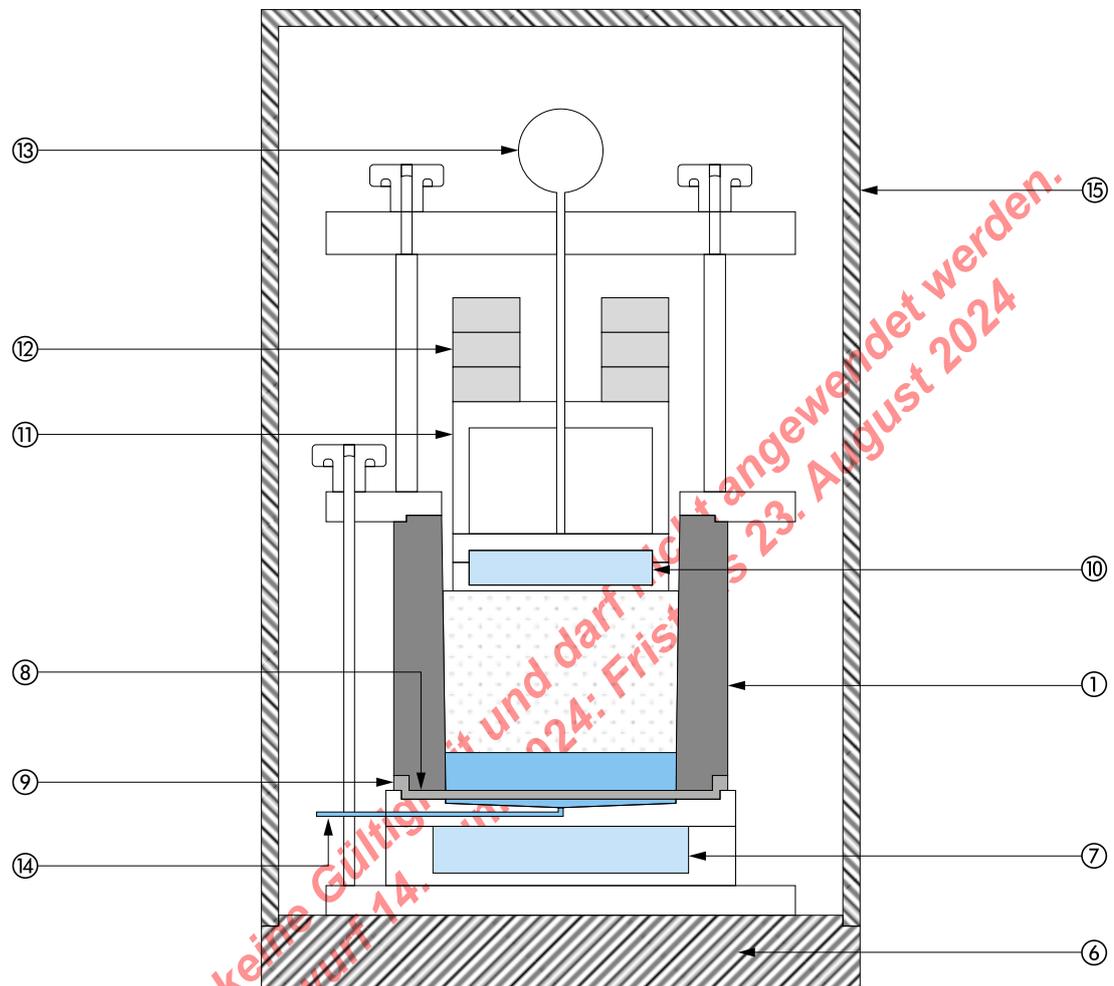


Abb. 3
Einrichtungen für den Frosthebungsversuch sowie die Bestimmung der vertikalen Längenänderungen

Dieser Entwurf hat keine Gültigkeit und darf nicht angewendet werden.
Vernehmlassungsantwort 14. April 2024: Frist bis 23. August 2024

Beschreibung der Teile der Einrichtungen für den Frosthebungsversuch (Abbildung 3)		
①	CBR _F -Topf	
⑥	Bodenplatte	Aus einem geeigneten, isolierenden Material
⑦	Temperiersockel	Aus Aluminium für die Regulierung der Temperatur am Probenfuss
⑧	Dichtung(en)	Als Abdichtung zwischen Topf und Temperiersockel
⑨	Filterplatte	Gelochte Platte (z.B. Chromstahl, Aluminium), Gesamtfläche der Bohrungen mindestens 180 mm ²
⑩	Kühlkopf	Aus Aluminium für die Kühlung des Probenkopfs
⑪	Aufsatz	Aus einem geeigneten, isolierenden Material zur Übertragung der Auflast auf den Kühlkopf
⑫	Auflagegewicht	Platte(n) von etwa 150 mm Durchmesser, mit einem zentralen Loch von etwa 50 mm Durchmesser, die zusammen mit der Masse des Kühlkopfs und des Aufsatzes eine gesamte Masse von (10,0 ± 0,2) kg ergeben
⑬	Wegaufnehmer mit einer Fehlergrenze von 0,05 mm	Einrichtung zur Messung der vertikalen Längenänderungen
⑭	Mariottesche Flasche (Anschluss)	Zur Sicherstellung einer konstanten Wasserspiegellhöhe und zur Messung der Volumenänderung des Wassers im Probekörper
⑮	Isolierende Schutzhaube	Zur Verhinderung des Austauschs von Wärme und Kälte sowie von Feuchtigkeit zwischen der Prüfeinrichtung und der Umgebung

Tab. 2

Beschreibung der Teile der Einrichtungen für den Frosthebungsversuch (Abbildung 3)

Zu- und Ableitungen für Temperiersockel und Kühlkopf, die Verbindung zur Mariotteschen Flasche sowie allfällige Leitungen für den Wegaufnehmer sind durch die Bodenplatte zu führen.

E Versuchsdurchführung**10 Allgemeines**

Die Frostempfindlichkeit ungebundener und hydraulisch gebundener Gemische wird charakterisiert durch

- die vertikalen Längenänderungen
- die Tragfähigkeitsveränderung
- die Veränderung des Wassergehalts infolge eines Frost-Auftau-Zyklus

Ein vollständiger Versuch zur Bestimmung der Frostempfindlichkeit ungebundener und hydraulisch gebundener Gemische besteht aus

- Herstellung des Probekörpers bei optimalem Wassergehalt; die Bestimmung des optimalen Wassergehalts erfolgt mit dem Proctorversuch gemäss SN EN 13286-2 «Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 2: Laborprüfverfahren zur Bestimmung der Referenz-Trockendichte und des Wassergehaltes – Proctorversuch» [2] mit einer Verdichtungsenergie von 1,2 MJ · m⁻³
- Durchführung des Frost-Auftau-Zyklus mit Bestimmung der vertikalen Längenänderungen sowie der Aufnahme und Abgabe von Wasser
- Bestimmung des CBR_F-Wertes gemäss SN EN 13286-47 [3], Ziffer 9, mit einer Auflast mit einer Masse von 7,5 kg

11 Frosthebungsversuch

Der Frosthebungsversuch umfasst die folgenden Phasen

- Materialvorbereitung
- Anpassungsphase
- Frostphase
- Auftauphase

Folgende Bezeichnungen werden verwendet

- Beginn der Anpassungsphase t_0
- Beginn der Frostphase t_{24}
- Beginn der Auftauphase t_{48}
- Ende der Auftauphase t_{72}

Die während der Versuchsdurchführung zu bestimmenden Daten sind in den Ziffern 19...24 beschrieben.

12 *Materialvorbereitung*

Die Probe (etwa 8 kg) mit der zum Erreichen des optimalen Wassergehalts erforderlichen Wassermenge versetzen und intensiv durchmischen.

Die Probe in einem verschliessbaren Behälter während einer den Materialeigenschaften angepassten Zeitdauer ruhen lassen.

Gemische mit rezyklierten Gesteinskörnungen sowie mit erheblichem Feinanteil erfordern erfahrungsgemäss mehr Zeit für die Konditionierung als natürliche, grobkörnige Gemische.

Für gebundene Gemische sind die Vorgaben der entsprechenden Produktnorm zu berücksichtigen.

13 *Herstellung des Probekörpers*

Die Herstellung des Probekörpers im CBR_F-Topf erfolgt gemäss SN EN 13286-47 [3], Ziffer 7. Dabei ist die grössere Öffnung des CBR_F-Topfes nach unten gerichtet. Die Verdichtung erfolgt mit einer Verdichtungsenergie von $1,2 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$.

Während der Herstellung des Probekörpers wird bei der Materialzugabe für jede Schicht eine Einzelprobe entnommen und damit eine Sammelprobe zur Bestimmung des Anfangswassergehalts gebildet. Die Masse des verdichteten Probekörpers ist zu bestimmen.

14 *Vorbereitung für den Frosthebungsversuch*

14.1 *Transport und Einsetzen des Probekörpers*

Die Oberfläche des Probekörpers wird glattgestrichen und darauf ein Papierfilter aufgelegt. Dann wird eine geeignete Transportplatte (z.B. Blech, Filterplatte) auf dem CBR_F-Topf befestigt, sodass der Topf ohne Materialverlust umgedreht und auf den Temperiersockel aufgesetzt werden kann.

Zum Schutz des Kühlkopfs und zur besseren Verteilung der Oberflächentemperatur wird der Probekörper mit einer kreisrunden Aluminiumfolie abgedeckt.

14.2 *Einstellen des Wasserstands*

Nach dem Einsetzen ist der Wasserstand mit einer Mariotteschen Flasche auf $(25 \pm 5) \text{ mm}$ ab Unterkante Probekörper einzustellen und während der gesamten Versuchsdauer aufrecht zu halten.

14.3 *Weitere Vorbereitungen*

Gegebenenfalls CBR_F-Topf mit der Isolationsmanschette umgeben

- Kühkopf einsetzen
- Aufsatz und Auflast aufbringen
- Wegaufnehmer einrichten und Ausgangswert einstellen
- Versuchseinrichtung mit Isolationshaube umgeben

15 *Anpassungsphase*

Nach dem Einbau des Probekörpers in die Einrichtung für den Frosthebungsversuch beginnt die Anpassungsphase (→ Versuchsbeginn t_0).

Die Anpassungsphase soll bei einer Temperatur von $18...28 \text{ °C}$ erfolgen und dauert 24 Stunden.

16 *Frostphase*

Das Gefrieren des Probekörpers beginnt 24 Stunden nach Versuchsbeginn (→ Beginn der Frostphase t_{24}) und dauert ebenfalls 24 Stunden.

Während der Frostphase müssen die folgenden Temperaturen eingehalten werden

- Kühkopf $-7,5 \pm 0,5 \text{ °C}$
- Temperiersockel $+1,5 \pm 0,5 \text{ °C}$

17 *Auftauphase*

24 Stunden nach dem Beginn der Frostphase werden der Kühlkopf und der Temperiersockel ausgeschaltet (→ Beginn der Auftauphase t_{48}).
Die Auftauphase erfolgt mit aufgesetzter Isolationshaube bei einer Raumtemperatur von 18...28 °C und dauert 24 Stunden.

18 *Versuchsende*

72 Stunden nach Versuchsbeginn wird der Frosthebungsversuch beendet (→ Ende der Auftauphase t_{72}).

Der Probekörper wird ausgebaut und dabei

- gegebenenfalls die Filterplatte entfernt
- die Aluminiumfolie entfernt und an der Oberfläche des Probekörpers überstehendes Wasser mit einem Papiertuch aufgesaugt

F Versuchsauswertung

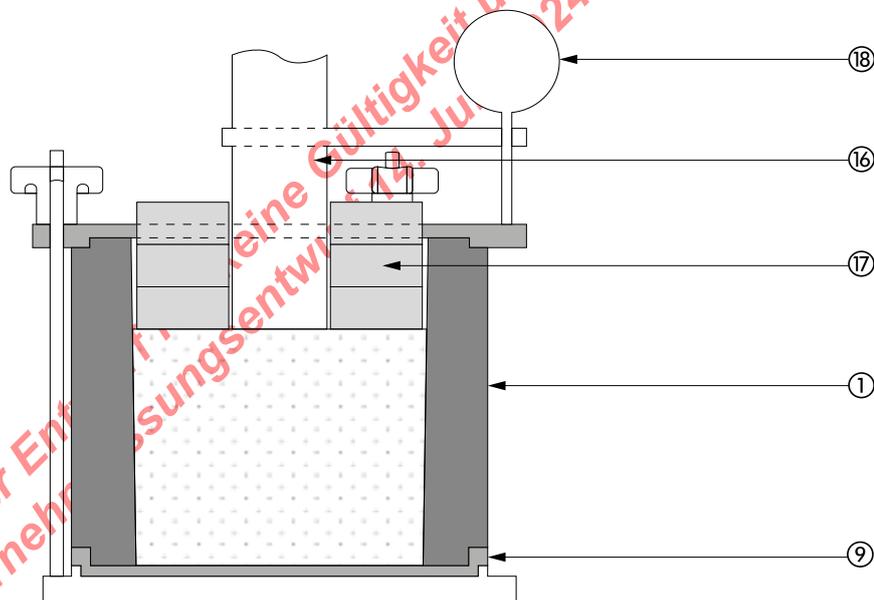
19 *Bestimmung des CBR_F -Wertes*

Der CBR_F -Topf mit dem Probekörper wird mit einer geeigneten Transportplatte oder mit der Filterplatte so in die Prüfeinrichtung eingebracht, dass die grössere Öffnung des Topfes oben ist. Auf den Probekörper wird eine Auflast von 7,5 kg aufgebracht (siehe Abbildung 4).

Die Kraft-Eindring-Kurve wird gemäss SN EN 13286-47 [3] bestimmt und ausgewertet.

Die während der Bestimmung der Kraft-Eindring-Kurve austretende Wassermenge ΔW ist zu bestimmen.

Der Probekörper wird nach Bestimmung der Kraft-Eindring-Kurve aus dem CBR_F -Topf ausgestossen und kann für weitere Auswertungen (Ziffern 23 und 24) verwendet werden.



- ① CBR_F -Topf
- ⑨ Gegebenenfalls Filterplatte
- ⑯ Zylindrischer Stempel
- ⑰ Auflast
- ⑱ Wegaufnehmer mit einer Fehlergrenze von 0,05 mm

Abb. 4

CBR_F -Topf vorbereitet für die Bestimmung des CBR_F -Wertes

20 Vertikale Längenänderung während der Frost- und der Auftauphase

Der Verlauf der vertikalen Längenänderung während der Frost- und der Auftauphase wird in der Regel laufend durch den Wegaufnehmer elektronisch erfasst und aufgezeichnet (siehe Abbildung 1).

Folgende Höhen sind direkt zu ermitteln und zu protokollieren

H_0	Beginn der Anpassungsphase	(t_0)
H_{24}	Beginn der Frostphase	(t_{24})
H_{48}	Beginn der Auftauphase	(t_{48})
H_{72}	Ende der Auftauphase	(t_{72})

21 Von der Probe absorbierte oder abgegebene Wassermenge

Die Wassermengen W [g oder ml], die während der einzelnen Versuchsphasen von der Probe absorbiert oder abgegeben werden, sind aufzuzeichnen.

Benötigt werden die folgenden Angaben

A_0	Beginn der Anpassungsphase	(t_0)
A_{24}	Beginn der Frostphase	(t_{24})
A_{48}	Beginn der Auftauphase	(t_{48})
A_{72}	Ende der Auftauphase	(t_{72})

Die während der einzelnen Phasen absorbierten Wassermengen können mit den folgenden Formeln berechnet werden

$$a = A_{72} - A_0; \quad a_1 = A_{24} - A_0; \quad a_2 = A_{48} - A_{24}; \quad a_3 = A_{72} - A_{48}$$

$$W_i = W_{\text{tot}} \cdot \frac{a_i}{a} \text{ [g oder ml]}$$

mit

W_i	Absorbierte oder abgegebene Wassermenge vom Probekörper während der Phase i
W_{tot}	Absorbierte oder abgegebene Wassermenge vom Probekörper während der gesamten Versuchsdauer
A_i	Ablesung zum Zeitpunkt t_i
a	Abfall oder Zunahme des Wasserspiegels in der Mariotteschen Flasche während des ganzen Versuchs
a_i	Abfall oder Zunahme des Wasserspiegels während der Phase i

22 Dicke der gefrorenen und nicht gefrorenen Zone

Der nicht gefrorene Boden entspricht dem unteren, aufgeweichten und nicht durch Frostlinsen gerissenen Teil der Probe.

Sofern die Schichtgrenze erkennbar ist, werden die Schichtdicken der gefrorenen und der nicht gefrorenen Zone der Probe gemessen und protokolliert.

23 Wassergehalte

Die folgenden Wassergehalte sind gemäss SN EN 1097-5 «Prüfverfahren für mechanische und physikalischen Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 5: Bestimmung des Wassergehaltes durch Ofentrocknung» [1] zu bestimmen

- Anfangswassergehalt w_{init}
- Endwassergehalt w_{72}

Bei Auftreten von Frostlinsen sind zusätzlich die Wassergehalte zu bestimmen

- in der Frostlinsenzone $w_{\text{end F}}$
- in der nicht gefrorenen Zone $w_{\text{end NF}}$

24 *Trockendichte*

Infolge der Hebung während des Frosthebungsversuchs verändert sich die Trockendichte des Gemischs.

Die Berechnung der

- Anfangstrockendichte $\rho_{d \text{ init}}$
- Endtrockendichte $\rho_{d \text{ end}}$

erfolgt anhand der folgenden Formeln

Anfangstrockendichte

$$\rho_{d \text{ init}} = \frac{M_{\text{init}}}{V \cdot \left(1 + \frac{w_{\text{init}}}{100}\right)} \quad [\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

Endtrockendichte

$$\rho_{d \text{ end}} = \frac{M_{\text{end}}}{(V + F_0 \cdot r) \cdot \left(1 + \frac{w_{\text{end}}}{100}\right)} \quad [\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

mit

$\rho_{d \text{ init}}$	Anfangstrockendichte	$[\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}]$
$\rho_{d \text{ end}}$	Endtrockendichte	$[\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}]$
M_{init}	Masse der Probe zum Zeitpunkt t_0	[g]
M_{end}	Masse der Probe zum Zeitpunkt t_{72}	[g]
V	Volumen des CBR _F -Topfes	$[\text{cm}^3]$
w_{init}	Anfangswassergehalt	[Masse-%]
w_{end}	Endwassergehalt	[Masse-%]
F_0	Oberfläche der Probe	$[\text{cm}^2]$
r	Resthebung zum Zeitpunkt t_{72}	[cm]

25 *Prüfbericht*

Der Prüfbericht muss neben den nach SN EN ISO/IEC 17025 «Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien» [4] geforderten Angaben folgende Angaben enthalten

- Kennzeichnung der Probe
- massgebender CBR_F-Wert
- Verdichtungsenergie
- Art, Dauer und Bedingungen der Nachbehandlung und der Lagerung (Temperatur, zeitlicher Ablauf, Auflast)
- Anfangswassergehalt w_{init}
- Endwassergehalt w_{end}
- Trockendichte des Gemischs
 - nach Herstellung des Probekörpers $\rho_{d \text{ init}}$
 - am Ende des Frosthebungsversuchs $\rho_{d \text{ end}}$
- die während der Bestimmung der Kraft-Eindring-Kurve austretende Wassermenge ΔW
- Alter des Probekörpers zum Zeitpunkt der Prüfung und Masse der bei der Prüfung angewendeten Auflast
- Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Hebung mit maximaler Hebung f und Resthebung r
- Bestätigung, dass der Frosthebungsversuch in Übereinstimmung mit dieser Norm erfolgte und der CBR_F-Wert in Übereinstimmung mit der SN EN 13286-47 [3] bestimmt wurde
- zusätzlich anzugeben, sofern gefrorene und nicht gefrorene Zonen erkennbar sind
 - Schichtdicke der gefrorenen und der nicht gefrorenen Zone der Probe
 - Endwassergehalt in der Frostlinsenzone $w_{\text{end F}}$
 - Endwassergehalt in der nicht gefrorenen Zone $w_{\text{end NF}}$

G Literaturverzeichnis

- [1] SN EN 1097-5 Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 5: Bestimmung des Wassergehaltes durch Ofentrocknung
- [2] SN EN 13286-2 Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische – Teil 2: Laborprüfverfahren zur Bestimmung der Referenz-Trockendichte und des Wassergehaltes – Proctorversuch
- [3] SN 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, inkl. Nationaler Anhang
- [4] SN EN ISO/IEC 17025 Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien

**Dieser Entwurf hat keine Gültigkeit und darf nicht angewendet werden.
Vernehmlassungsentwurf 14. Juni 2024: Frist bis 23. August 2024**