

DIN EN 13286-7

ICS 93.080.20

**Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische –
Teil 7: Dreiaxialprüfung mit zyklischer Belastung für ungebundene
Gemische;
Deutsche Fassung EN 13286-7:2004**

Unbound and hydraulically bound mixtures –
Part 7: Cyclic load triaxial test for unbound mixtures;
German version EN 13286-7:2004

Graves traitées aux liants hydrauliques et graves non traitées –
Partie 7: Essai triaxial sous charge cyclique pour mélanges sans liant hydraulique;
Version allemande EN 13286-7:2004

Gesamtumfang 39 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Die Europäische Norm EN 13286-7:2004 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom CEN/TC 227 „Straßenbaustoffe“ (Sekretariat: Deutschland) ausgearbeitet. Im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist hierfür der Arbeitsausschuss 10.10.00/FGSV 6.0.2 „Hydraulisch gebundene und ungebundene Mischungen“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau) zuständig.

Deutsche Fassung

**Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische
Teil 7: Dreiaxialprüfung mit zyklischer Belastung für
ungebundene Gemische**

Unbound and hydraulically bound mixtures —
Part 7: Cyclic load triaxial test for unbound mixtures

Graves traitées aux liants hydrauliques et graves non
traitées —
Partie 7: Essai triaxial sous charge cyclique pour mélanges
sans liant hydraulique

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 14. November 2003 angenommen.

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

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

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



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

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Symbole und Abkürzungen	6
4 Kurzbeschreibung	8
4.1 Verfahren zur Untersuchung des elastischen Verformungsverhaltens	8
4.2 Verfahren zur Untersuchung des plastischen Verformungsverhaltens	8
4.3 Mehrstufenverfahren (Multi-Stage-Verfahren)	8
5 Geräte	8
5.1 Allgemeines	8
5.2 Triaxialzelle	9
5.2.1 Allgemeines	9
5.2.2 Zelldruckmedium.....	9
5.2.3 Ausrichtung der Kopf- und Fußplatte	9
5.3 Vorrichtung zur Lastaufbringung	9
5.3.1 Verfahren A — Variabler Zelldruck.....	9
5.3.2 Verfahren B – Konstanter Zelldruck.....	9
5.4 Druckmessdosen	10
5.5 Kraftmessdose	10
5.6 Wegaufnehmer	10
5.7 Weitere Geräte	10
5.8 Kopf- und Fußplatte	10
5.9 Filtersteine	11
5.10 Halbdurchlässige Filtersteine	11
5.11 Membran	11
5.12 Vorrichtungen zur Erfassung der Probekörperabmessungen	11
5.13 Waage.....	11
5.14 Umgebungstemperatur.....	11
6 Vorbereitung	11
6.1 Allgemeines	11
6.2 Herstellung des Probekörpers und Befestigung der Wegaufnehmer	12
7 Prüfverfahren zur Untersuchung des elastischen Verformungsverhaltens	12
7.1 Kurzbeschreibung.....	12
7.2 Verfahren A - Variabler Zelldruck	12
7.2.1 Allgemeines	12
7.2.2 Vorbelastung des Probekörpers.....	12
7.2.3 Zyklische Belastung	13
7.3 Verfahren B - Konstanter Zelldruck.....	14
7.3.1 Allgemeines	14
7.3.2 Vorbelastung des Probekörpers.....	14
7.3.3 Zyklische Belastung	15
8 Prüfverfahren zur Untersuchung des plastischen Verformungsverhaltens	17
8.1 Kurzbeschreibung.....	17
8.2 Einstufenversuch	17
8.2.1 Allgemeines	17
8.2.2 Verfahren A - Variabler Zelldruck	17
8.2.3 Verfahren B - Konstanter Zelldruck.....	17
8.3 Mehrstufenversuch	18

9	Prüfbericht.....	19
9.1	Allgemeines.....	19
9.2	Allgemeine Angaben	20
9.3	Vorbelastung des Probekörpers	20
9.4	Elastisches Verformungsverhalten.....	20
9.5	Plastisches Verformungsverhalten (Ein- oder Mehrstufenversuch)	20
Anhang A (informativ)	Messung von Verformungen des Probekörpers	21
A.1	Messsystem mit LVDTs und mittig angeordneten radialen Wegaufnehmern	21
A.2	Messsystem mit LVDTs und in den Viertelpunkten angeordneten radialen Wegaufnehmern	24
Anhang B (informativ)	Verfahren zur Probekörperherstellung.....	25
B.1	Allgemeines.....	25
B.2	Probekörperbedingungen.....	25
B.3	Verfahren 1 — Verdichtung durch Vibro-Druck.....	25
B.4	Verfahren 2 — Verdichtung mit dem Vibrationshammer.....	26
Anhang C (informativ)	Informationen und Hinweise zur Interpretation der Versuchsergebnisse.....	28
C.1	Zweck	28
C.2	Festlegung der Spannungsniveaus	28
C.3	Einstufung von Gesteinskorngemischen anhand von Versuchen zum elastischen Verformungsverhalten.....	28
C.4	Einstufung von Gesteinskorngemischen anhand von Versuchen zum plastischen Verformungsverhalten.....	29
C.4.1	Verfahren	30
C.4.2	Auswertung	31
C.4.3	Einstufung	31
C.4.4	Anwendung	32
Anhang D (informativ)	Tabellen zur Darstellung der Versuchsergebnisse.....	33
Literaturhinweise		36

Vorwort

Dieses Dokument (EN 13286-7:2004) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 227 „Straßenbaustoffe“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juli 2004, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juli 2004 zurückgezogen werden.

Die Anhänge A, B, C und D sind informativ.

Diese Europäische Norm ist Bestandteil der nachfolgend aufgeführten Normenreihe:

EN 13286-1, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 1: Laborprüfverfahren für die Trockendichte und den Wassergehalt — Einführung, allgemeine Anforderungen und Probenahme.*

prEN 13286-2, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 2: Laborprüfverfahren zur Bestimmung der Dichte und des Wassergehaltes — Proctorversuch.*

EN 13286-3, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 3: Laborprüfverfahren für die Trockendichte und den Wassergehalt — Vibrationsverdichtung mit vertikalem Druck.*

EN 13286-4, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 4: Laborprüfverfahren für die Trockendichte und den Wassergehalt — Vibrationshammer.*

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

prEN 13286-6, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 6: Laborprüfverfahren zur Bestimmung der Dichte und des Wassergehaltes — Prüfverfahren zur Probenahme und Probenteilung.*

prEN 13286-7, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 7: Dreiaxialprüfung mit zyklischer Belastung für ungebundene Gemische.*

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 von hydraulisch gebundenen Gemischen.*

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

EN 13286-43, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 43: Prüfverfahren zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls von hydraulisch gebundenen Gemischen.*

EN 13286-44, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 44: Prüfverfahren zur Bestimmung der Aktivität des Bindemittels — Bestimmung des Alpha-Koeffizienten von verglaster Hochofenschlacke.*

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

EN 13286-46, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 46: Prüfverfahren zur Bestimmung der Verdichtbarkeit mittels des Feuchtigkeitszustands-Wertes (MCV).*

prEN 13286-47, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 47: Prüfverfahren zur Bestimmung der Tragfähigkeit mittels des Kalifornischen Tragfähigkeitswertes (CBR), des direkten Tragindex (IBI) und der linearen Quellung.*

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

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

prEN 13286-50, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 50: Herstellung von Probekörpern durch Verdichtung mit Proctorgerät oder Vibrationstisch.*

prEN 13286-51, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Teil 51: Herstellung von Probekörpern durch Verdichtung mit Vibrationshammer.*

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

prEN 13286-53, *Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische — Verfahren zur Herstellung von Probekörpern — Teil 53: Herstellung zylindrischer Probekörper durch axialen Druck.*

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

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Verfahren zur Bestimmung sowohl des plastischen als auch des elastischen Spannungs-Verformungsverhaltens von Gesteinskörnungen fest, wobei der auftretende Beanspruchungszustand (zyklische Beanspruchung) der Tragschichten ohne Bindemittel (ToB) in Straßenbefestigungen simuliert wird. Diese Verfahren ermöglichen es, verschiedene Gesteinskörnungsmische auf ihre Eignung als Tragschichtmaterial einzuschätzen sowie Eingangswerte für die ToB im Rahmen einer analytischen Bemessung von Straßenbefestigungen zu erhalten.

Diese Prüfung ist für zylindrische Probekörper aus Gesteinskörnungen anwendbar, die durch Verdichtung im Labor hergestellt wurden (gestörte Proben) und deren maximale Korngröße kleiner als ein Fünftel des Probekörperdurchmessers ist.

Zwei Prüfverfahren stehen zur Verfügung:

- Verfahren A: Verfahren mit variablem Zelldruck (Variable Confining Pressure, VCP), bei dem der Zelldruck zyklisch und in Phase mit der Axialspannung aufgebracht wird.
- Verfahren B: Verfahren mit konstantem Zelldruck (Constant Confining Pressure, CCP), bei dem nur die Axialspannung zyklisch und der Zelldruck konstant aufgebracht werden.

2 Normative Verweisungen

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

DIN EN 13285, *Ungebundene Gemische — Anforderungen*

3 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die in Tabelle 1 angegebenen Symbole und Definitionen.

Tabelle 1 — Symbole und Definitionen

Symbol	Definition	Einheit
w	Wassergehalt	%
ρ_d	Trockenrohdichte	Mg/m ³
N	Anzahl der Lastwechsel, Lastwechselzahl	
σ	Normalspannung	kPa
σ_1	Axiale Gesamtspannung (große Hauptspannung)	kPa
$\sigma_{1\min}, \sigma_{1\max}$	Minimal- und Maximalwerte von σ_1 für einen Lastwechsel	kPa
σ_1^r	Amplitude der Axialspannung, $\sigma_1^r = \sigma_{1\max} - \sigma_{1\min}$	kPa
σ_3	Radiale Gesamtspannung; d. h. der in der Triaxialzelle aufgebrachte Zelldruck oder das Vakuum im Inneren des Probekörpers, wenn keine Triaxialzelle verwendet wird (kleine Hauptspannung)	kPa
$\sigma_{3\min}, \sigma_{3\max}$	Minimal- und Maximalwerte von σ_3 für einen Lastwechsel	kPa
σ_3^r	Amplitude der Radialspannung, $\sigma_3^r = \sigma_{3\max} - \sigma_{3\min}$	kPa
σ_d	Deviatorspannung, $\sigma_d = \sigma_1 - \sigma_3$	kPa
L_0	Messlänge für die Axialverformung unmittelbar nach der Probekörperherstellung	mm
R_0	Messlänge für die Radialverformung unmittelbar nach der Probekörperherstellung	mm
$L_p(N)$	Plastische Axialverformung beim Lastwechsel N , definiert als die akkumulierte irreversible Verformung vom Beginn des ersten Lastwechsels bis zum Lastwechsel N	mm
$R_p(N)$	Plastische Radialverformung beim Lastwechsel N , definiert als die akkumulierte irreversible Verformung vom Beginn des ersten Lastwechsels bis zum Lastwechsel N	mm
$L_r(N)$	Elastische Axialverformung beim Lastwechsel N , definiert als die reversible Verformung während eines Lastwechsels (zwischen dem Punkt, an dem die aufgetragenen Spannungen ihren Höchstwert erreichen, und dem Ende des Lastwechsels)	mm
$R_r(N)$	Elastische Radialverformung bei Lastwechsel N , definiert als die reversible Verformung während eines Lastwechsels	mm
ε_1^r	Elastische Axialdehnung. Bei Lastwechsel N $\varepsilon_1^r(N) = L_r(N)/L_0$	10 ⁻³
ε_1^p	Plastische Axialdehnung. Bei Lastwechsel N $\varepsilon_1^p(N) = L_p(N)/L_0$	10 ⁻³
ε_3^r	Elastische Radialdehnung. Bei Lastwechsel N $\varepsilon_3^r(N) = R_r(N)/R_0$	10 ⁻³
ε_3^p	Plastische Radialdehnung. Bei Lastwechsel N $\varepsilon_3^p(N) = R_p(N)/R_0$	10 ⁻³
E_r	Elastizitätsmodul, $E_r = \frac{\sigma_1^{r^2} + \sigma_1^r \sigma_3^r - 2\sigma_3^{r^2}}{\sigma_1^r \varepsilon_1^r + \sigma_3^r \varepsilon_3^r - 2\sigma_3^r \varepsilon_3^r}$ Falls $\sigma_3^r = 0$ (bei konstantem Zelldruck) gilt: $E_r = \frac{\sigma_1^r}{\varepsilon_1^r}$	MPa
ANMERKUNG Druckspannungen und -dehnungen sind positiv.		

4 Kurzbeschreibung

Der dynamische Triaxialversuch besteht aus der Aufbringung zyklischer Spannungen auf einen zylindrischen Probekörper, wobei der in den ToB der Straßenbefestigung auftretende Spannungszustand simuliert wird. Die auftretenden Axial- und Radialverformungen werden gemessen. Bei Verfahren A (variabler Zelldruck) werden eine zyklische Axialspannung und ein mit dieser phasengleich regelbarer zyklischer Zelldruck aufgebracht. Es darf auch eine vereinfachte Spannungsaufbringung mit einer zyklischen Axialspannung (Deviatorspannung) und einem konstanten Zelldruck angewendet werden; dies entspricht Verfahren B.

Diese Norm schlägt die drei im Folgenden beschriebenen Prüfverfahren vor.

4.1 Verfahren zur Untersuchung des elastischen Verformungsverhaltens

Das elastische Verformungsverhalten der Gesteinskorngemische kann auf der Grundlage der entstehenden reversiblen Dehnungen während eines Lastwechsels beschrieben werden. Aus den Ergebnissen können Werte für den Elastizitätsmodul des Materials für unterschiedliche Spannungsniveaus abgeleitet werden. Die Ergebnisse dieser Versuche können zur Ermittlung der Parameter für nichtlinear elastische Stoffmodelle herangezogen werden und bilden somit Eingangswerte für eine analytische Bemessung von Straßenbefestigungen.

Bei diesem Verfahren wird zunächst eine zyklische Vorbelastung auf den Probekörper aufgebracht, um die anfänglich hohen plastischen Verformungen vorwegzunehmen und ein nahezu elastisches Verformungsverhalten zu erreichen. Diese Vorbelastung wird mit einer bestimmten Lastwechselzahl bei einem Spannungsniveau durchgeführt, das dem maximalen während der Prüfung angewendeten Spannungsniveau entspricht. Danach werden die entstehenden elastischen Verformungen bei verschiedenen Spannungsniveaus aufgezeichnet, die jeweils mit einer bestimmten Lastwechselzahl auf ein und denselben Probekörper aufgebracht werden.

4.2 Verfahren zur Untersuchung des plastischen Verformungsverhaltens

Die Versuche zur Ermittlung des plastischen Verformungsverhaltens von Gesteinskorngemischen werden bei einem bestimmten Spannungsniveau mit einer möglichst hohen Lastwechselzahl durchgeführt. Dieses Verfahren kann zur Bestimmung des plastischen Spannungs-Verformungsverhaltens bei einem bestimmten Spannungsniveau sowie zur Ermittlung der Parameter für plastische Stoffmodelle für eine analytische Bemessung von Straßenbefestigungen herangezogen werden.

4.3 Mehrstufenverfahren (Multi-Stage-Verfahren)

Dieses Verfahren stellt eine verkürzte Methode zur Beurteilung des plastischen Verformungsverhaltens dar, wobei unterschiedliche Spannungsniveaus nacheinander auf ein und denselben Probekörper mit einer bestimmten Lastwechselzahl aufgebracht werden. Der Versuch wird beendet, wenn die akkumulierte plastische Axialverformung einen festgelegten Grenzwert überschreitet.

5 Geräte

5.1 Allgemeines

Die Prüfeinrichtung muss in der Lage sein, die geforderte zyklische Belastung auf einen zylindrischen Probekörper mit einem Durchmesser von mehr als dem 5fachen der maximalen Korngröße des Gesteinskorngemisches und einer Höhe vom Doppelten des Durchmessers ($\pm 2\%$) aufzubringen.

Für das Prüfverfahren A muss die Prüfeinrichtung in der Lage sein, den Zelldruck in gleicher Phase mit der Axialbelastung zu regeln. Folglich muss eine Triaxialzelle verwendet werden.

Im Falle von Prüfverfahren B hat nur die Axialbelastung einen zyklischen Verlauf und der Zelldruck wird konstant gehalten. Folglich ist eine Triaxialzelle nicht unbedingt erforderlich. Der konstante Zelldruck kann auch durch ein Vakuum im Inneren des Probekörpers aufgebracht werden.

ANMERKUNG Bei Verwendung eines Gerätes ohne Triaxialzelle können einige der in dieser Norm angegebenen Spannungsniveaus nicht angewendet werden.

5.2 Triaxialzelle

5.2.1 Allgemeines

Die anzuwendende Triaxialzelle muss die Kraftmessdose und die Wegaufnehmer aufnehmen können. Deshalb muss sie zusätzliche Ausgänge für die elektrischen Verbindungen dieser Messgeräte besitzen.

5.2.2 Zelldruckmedium

Als Zelldruckmedium darf Wasser, Luft oder Silikonöl verwendet werden. Sind die elektrischen Verbindungen des Prüfgeräts nicht ausreichend isoliert, so sind Flüssigkeiten ungeeignet.

5.2.3 Ausrichtung der Kopf- und Fußplatte

Eine parallele Ausrichtung von Kopf- und Fußplatte ist unbedingt erforderlich, um eine außermittige Beanspruchung des Probekörpers zu vermeiden. Dabei kann ein Kugelgelenk zwischen Laststempel und Kopfplatte angeordnet werden.

5.3 Vorrichtung zur Lastaufbringung

5.3.1 Verfahren A — Variabler Zelldruck

Die Belastungseinheit für Prüfverfahren mit variablem Zelldruck (siehe 7.2 und 8.2.2) muss folgenden Anforderungen genügen:

- Das Aufbringen zyklischer Lasten in feststehenden Belastungs- und Entlastungszyklen muss möglich sein.
- Während der Belastung müssen die Axialbelastung und der Zelldruck zueinander proportional und phasengleich bleiben.
- Das Aufbringen einer Deviatorspannung von maximal 600 kPa auf den Probekörper und eines Zelldruckes von maximal 300 kPa auf den Probekörper muss möglich sein.
- Während jedes Lastwechsels müssen die Minimal- und Maximalwerte der Deviatorspannung und des Zelldruckes mit einer Genauigkeit von ± 2 kPa oder 1 % aufgebracht werden können. Der jeweils größere Wert gilt.
- Die Belastungsfrequenz muss zwischen 0,2 Hz und 10 Hz gehalten werden können.
- Die Phasendifferenz zwischen den Impulsen der Axialbelastung und des Zelldruckes darf 1 % der Lastwechseldauer nicht überschreiten.

5.3.2 Verfahren B – Konstanter Zelldruck

Die Belastungseinheit für Prüfverfahren mit konstantem Zelldruck (siehe 7.3, 8.2.3 und 8.3), muss den folgenden Anforderungen genügen:

- Das Aufbringen von wiederholten Axialspannungen in feststehenden Belastungs- und Entlastungszyklen und einer Deviatorspannung von maximal 600 kPa auf den Probekörper muss möglich sein.
- Das Aufbringen eines Zelldruckes von mindestens 70 kPa muss möglich sein.
- Der Zelldruck kann auch durch Anwendung eines Teilvakuums im Inneren des Probekörpers aufgebracht werden.

- Während jedes Lastwechsels müssen die Minimal- und Maximalwerte der Deviatorspannung und des konstanten Zelldruckes mit einer Genauigkeit von ± 2 kPa oder 1 % aufgebracht werden können. Der jeweils größere Wert gilt.
- Die Frequenz der Axialbelastung muss zwischen 0,2 Hz und 10 Hz eingestellt werden können.

5.4 Druckmessdosen

Der in der Triaxialzelle herrschende Zelldruck oder das Vakuum im Probekörper muss mit Hilfe von Druckmessdosen mit einer Messgenauigkeit von ± 2 kPa überwacht werden.

5.5 Kraftmessdose

Die auf den Probekörper aufgebrachte Axiallast muss mit Hilfe einer Kraftmessdose mit einer Messgenauigkeit von ± 2 kPa überwacht werden. Die Kraftmessdose muss vorzugsweise im Inneren der Triaxialzelle in direktem Kontakt mit der Kopfplatte angeordnet werden.

5.6 Wegaufnehmer

Die Axialverformungen des Probekörpers müssen mit Hilfe von mindestens zwei Wegaufnehmern gemessen werden, die direkt und mittig am Probekörper anzubringen sind. Die Messlänge darf die halbe Höhe des Probekörpers nicht überschreiten. Geeignete Systeme zur Messung von Axialverformungen mit Hilfe von Wegaufnehmern sind in Anhang A dargestellt.

Die Wegaufnehmer zur Messung der radialen Verformungen können mittig am Probekörper angeordnet werden. Geeignete Systeme zur Messung von Radialverformungen mit Hilfe von Wegaufnehmern sind in Anhang A dargestellt.

Die Axial- und Radialdehnungen müssen mit einer Genauigkeit von $5 \times 10^{-3} \text{ mm} + 10^{-3} \times L$ gemessen werden (wobei L die gemessene Verschiebung in Millimeter ist).

Die Messwerte aller Wegaufnehmer sollten getrennt aufgezeichnet werden.

5.7 Weitere Geräte

Zusätzlich zu den bereits beschriebenen Messgeräten müssen geeignete Geräte zur Anregung, Angleichung und Aufzeichnung von Signalen vorhanden sein, um die Axiallast, den Zelldruck sowie die Axial- und Radialverformungen gleichzeitig messen zu können.

Das Aufzeichnungssystem muss mit einer Mindestfrequenz arbeiten oder von einer Bauart sein, so dass sowohl die Minimal- als auch die Maximalwerte der aufgetragenen Spannung und der bei der anzuwendenden Prüffrequenz hervorgerufenen Verformungen gemessen werden können.

5.8 Kopf- und Fußplatte

Die Kopf- und die Fußplatte müssen so gestaltet werden, dass eine Dränage des Probekörpers möglich ist. Sie müssen aus einem starren, nichtkorrodierenden, undurchlässigen Material bestehen. Jede muss eine kreisförmige, ebene Kontaktfläche zu den Filtersteinen haben. Die Durchmesser der Platten müssen mindestens gleich dem Anfangsdurchmesser des Probekörpers sein. Die Fußplatte muss mit der Triaxialzelle fest verbunden sein, um Bewegungen in Querrichtung oder ein Kippen zu vermeiden. Die Außermittigkeit des Laststempels auf der Kopfplatte relativ zur senkrechten Achse des Probekörpers darf 1 % des Probekörperdurchmessers nicht überschreiten. Die Mantelflächen von Kopf- und Fußplatte müssen glatt sein und dürfen keine Kratzer aufweisen, um eine ausreichende Abdichtung zwischen Membran und Platte zu ermöglichen.