

Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte
Bestimmung der Scherfestigkeit
 Triaxialversuch

DIN
18 137
 Teil 2

Soil, testing procedures and testing equipment;
 determination of shear strength; triaxial test
 Sol, méthodes et appareils d'essais; détermination de
 la résistance au cisaillement; essai triaxial

Ersatz für Ausgabe 04.83

Diese Norm ist das Beratungsergebnis eines gemeinsamen Ausschusses des Fachbereichs Baugrund des Normenausschusses Bauwesen im DIN, Deutsches Institut für Normung e.V. und der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V.

Begriffe und grundsätzliche Versuchsbedingungen siehe DIN 18 137 Teil 1.

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich und Zweck	1	6 Durchführung	9
2 Begriffe	1	7 Darstellung der Versuchsergebnisse	15
3 Bezeichnung	2	8 Anwendungsbeispiele	16
4 Geräte	2	Zitierte Normen	20
5 Proben	6		

1 Anwendungsbereich und Zweck

Der Triaxialversuch wird im Erd- und Grundbau angewendet.

Diese Norm gilt für die Bestimmung der Scherfestigkeit von Böden durch Triaxialversuche an zylindrischen Probekörpern. Die Ergebnisse dienen als Ausgangsgrößen für erdstatische Berechnungen.

2 Begriffe

2.1 Triaxialversuch

Der Triaxialversuch ist ein zylinder- und axialsymmetrischer Druckversuch an homogenen kreiszylindrischen Probekörpern. Die radialen Hauptspannungen σ_2 und σ_3 sind gleich, siehe Bild 1. Im Regelfall ist die axiale Hauptspannung σ_1 die betragsmäßig größte Hauptspannung. Die radialen Hauptspannungen werden durch Flüssigkeitsdruck, die axiale Hauptspannung durch einen verschieblichen Stempel aufgebracht.

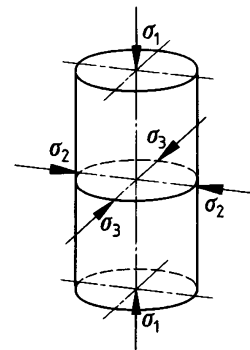


Bild 1. Spannungen am Probekörper

2.2 Konsolidationsvorgang

Der Konsolidationsvorgang beim Triaxialversuch ist der Versuchsabschnitt vor dem Abschervvorgang, bei dem der Probekörper unter konstanter totaler Spannung konso-

Fortsetzung Seite 2 bis 20

Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, gestattet.

liert. Diese Norm beschreibt als Regelfall eine Konsolidation unter einem hydrostatischen (isotropen) Spannungszustand, bei dem $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_c$ ist.

Anmerkung: Eine Konsolidation unter anisotropem Spannungszustand mit $\sigma_1 \neq \sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_c$ kann bei CU- bzw. D-Versuchen (siehe Abschnitt 2.5) bei primär konsolidierten oder nicht überkonsolidierten Böden sinnvoll sein. Der Abschervorgang (siehe Abschnitt 2.4) kann je nach Versuchsart mit oder ohne Konsolidationsvorgang durchgeführt werden.

2.3 Rekonsolidation

Rekonsolidation ist die Konsolidation im Triaxialversuch unter einem effektiven Spannungszustand, der im Baugrund vor Entnahme der Proben geherrscht hat. Sie dient zum Ausgleich von Probestörungen.

2.4 Abschervorgang

Der Abschervorgang beim Triaxialversuch ist der Teil des Versuchs, bei dem durch axiale Stauchung mit konstanter Geschwindigkeit (Verformungsgeschwindigkeit) der Grenzzustand (Bruch) des Probekörpers (siehe DIN 18 137 Teil 1) herbeigeführt wird.

Dabei ist die axiale Stauchung ε_1 — im folgenden Stauchung genannt — die auf die Anfangshöhe h_0 vor dem Abscheren bezogene Zusammendrückung des Probekörpers

$$\varepsilon_1 = \Delta h / h_0, \quad (1)$$

wobei $\Delta h = h_0 - h$ ist und h die momentane Höhe des Probekörpers bedeutet, siehe Bild 2.

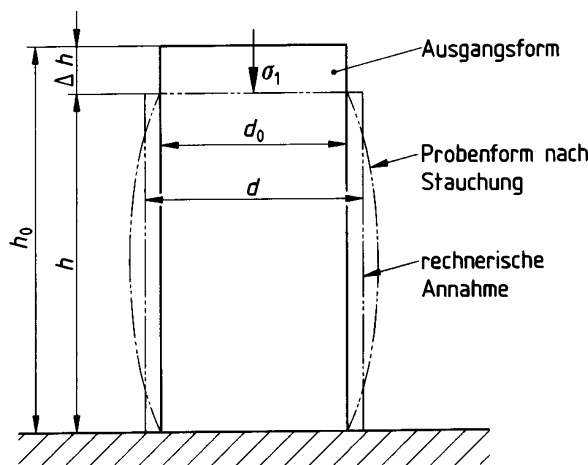


Bild 2. Flächenkorrektur für die Spannungsermittlung

Die axiale Stauchungsgeschwindigkeit $\dot{\varepsilon}_1$ ist die Änderung der Stauchung mit der Zeit

$$\dot{\varepsilon}_1 = \frac{d(\Delta h / h_0)}{dt} = \frac{d(\Delta h)}{dt} \cdot \frac{1}{h_0} \quad (2)$$

Anmerkung: In Sonderfällen, die nicht Gegenstand dieser Norm sind, kann der Grenzzustand auch durch Verminderung der Radialspannung $\sigma_2 = \sigma_3$ bei konstanter Axialspannung σ_1 oder durch Verminderung der Axialspannung σ_1 bei konstanter Radialspannung $\sigma_2 = \sigma_3$ erzeugt werden.

2.5 Versuchsarten

Die Versuchsarten des Triaxialversuchs werden danach unterschieden, ob der Probekörper vor dem Abscheren konsolidiert wird oder nicht und ob er beim Abschervorgang entwässern kann oder nicht. Folgende Versuchsarten werden in dieser Norm behandelt:

- a) Der konsolidierte dränierte Versuch (D-Versuch),
- b) der konsolidierte, undrinierte Versuch mit Messung des Porenwasserdrucks (CU-Versuch),
- c) der unkonsolidierte, undrinierte Versuch ohne Messung des Porenwasserdrucks (UU-Versuch),
- d) der konsolidierte, dränierte Versuch mit konstant gehaltenem Volumen (CCV-Versuch).

Anmerkung: Je nach Versuchsart werden unterschiedliche Scherparameter erhalten; die Versuchsarten b) und d) führen zum gleichen Ergebnis, siehe DIN 18 137 Teil 1.

2.6 Sättigungsdruck beim Triaxialversuch

Der Sättigungsdruck (en: back pressure) beim Triaxialversuch u_0 ist ein dem Porenwasserdrucksystem und dem Drucksystem zur hydrostatischen Belastung des Probekörpers gleichzeitig aufgeprägter Überdruck, der zur möglichst weitgehenden Sättigung der Probe dient (siehe DIN 18 137 Teil 1).

3 Bezeichnung

Bezeichnung eines Triaxialversuchs entsprechend der Versuchsart nach Abschnitt 2.5, z.B. für den unkonsolidierten, undrinierten Versuch (UU):

Versuch DIN 18 137 — UU

4 Geräte

4.1 Allgemeines

Die Geräte dienen zur Ermittlung der Scherfestigkeit des Bodens mit oder ohne Berücksichtigung von Porenwasserdruck sowie zur Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts und der Verformungseigenschaften des Bodens.

Anmerkung: Die Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts und der Verformungseigenschaften im Triaxialgerät wird in dieser Norm nicht behandelt.

Das Triaxialgerät setzt sich zusammen aus verschiedenen Einzelgeräten, die zu Funktionsgruppen zusammengeschaltet werden.

Die unter Flüssigkeitsdruck stehenden Einzelgeräte (z.B. Druckzelle, Leitungen, Hähne) müssen für einen Druck $\max \sigma_3 = \max (\sigma_c + u_0)$ ausgelegt sein. Der Höchstdruck ist am Gerät für den Benutzer deutlich sichtbar anzugeben.

4.2 Druckzelle

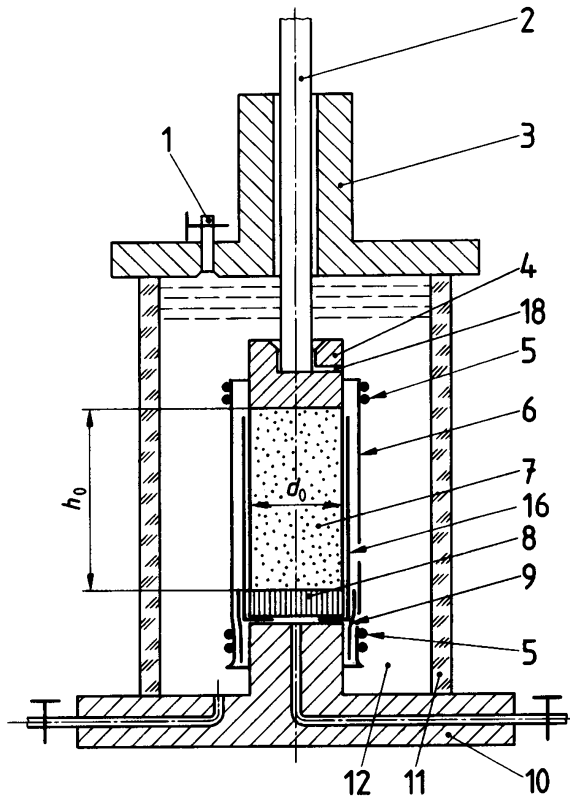
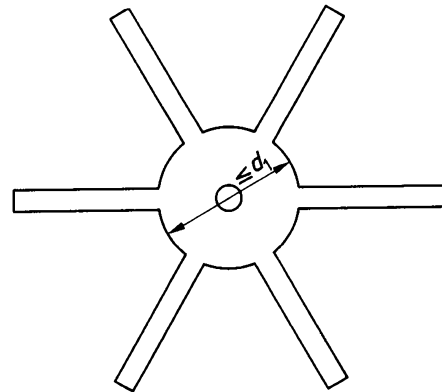
Die Maße der Druckzelle, die den Probekörper umgibt, müssen den Maßen der Probekörper (siehe Abschnitt 5.2) angepaßt sein (siehe Bild 3). Die Druckzelle muß ausreichend groß sein, um die nach Abschnitt 6.4 zulässige Verformung des Probekörpers zu ermöglichen.

Die Druckzelle besitzt Vorrichtungen zum Ausführen einer axialen Verformung bzw. Aufbringen einer axialen Last. Diese Vorrichtungen müssen so konstruiert sein, daß eine Verdrehung der zur Probekörperachse senkrechten Probekörper-Endflächen während des Abscherens verhindert wird (siehe z.B. Bild 3). Die Druckzelle muß so konstruiert sein, daß nach ihrem Zusammenbau die Achsen von Stempel und Sockel übereinstimmen.

Die Druckzelle erhält Anschlüsse für die Zu- und Ableitung der Zellenflüssigkeit, für die Entlüftung der Zelle und zur Drainage bzw. zur Messung des Porenwasserdrucks (siehe Bild 4).

Als Zellenflüssigkeit wird in der Regel entlüftetes Leitungswasser verwendet.

Sollen über die Zellenflüssigkeit Volumenänderungsmessungen durchgeführt werden, so muß sichergestellt sein, daß diese Messungen nicht über die Fehlergrenze nach Abschnitt 4.9 hinaus durch andere Einflüsse, z.B. Temperaturänderungen, elastische Verformungen und Kriechverformungen der Zelle, Leckagen und Wasseraufnahmen durch den Zellenwerkstoff verfälscht werden.

a) Anordnung für schlanke Probekörper ($h_0/d_0 = 2$ bis $2,5$)

c) Filtrierpapier für Pos. Nr 17 als Schnittmuster

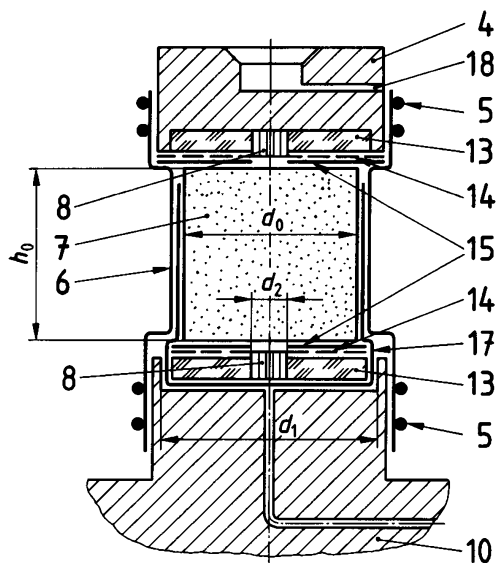
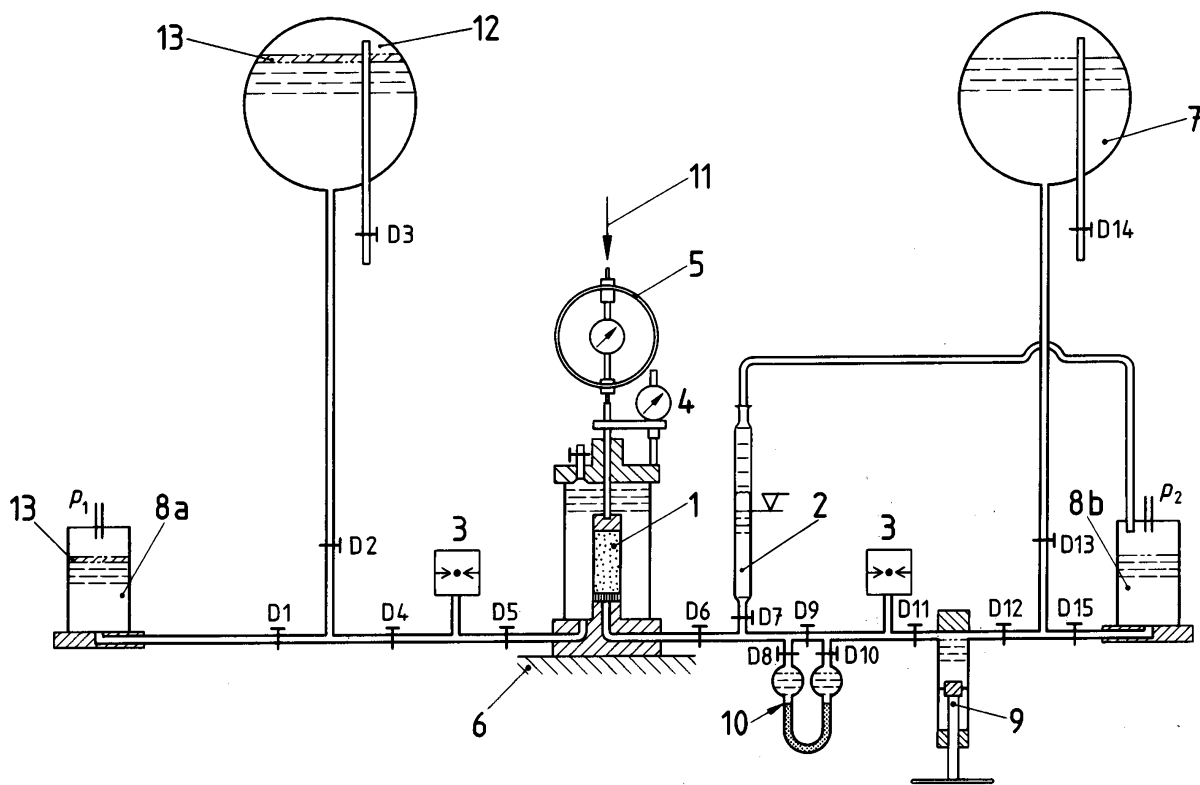
b) Variante Detailanordnung für gedrungene Probekörper ($h_0/d_0 = 0,8$ bis $1,2$)

Bild 3. Schema der Druckzelle mit Druckkappe und Sockel

- 1 Entlüftung
- 2 Druckstempel
- 3 Kopfplatte
- 4 Druckkappe
- 5 Gummiringe
- 6 Gummihülle
- 7 Probekörper
- 8 Filterstein
- 9 Gummimanschette
- 10 Fußplatte mit Sockel
- 11 Zylinder
- 12 Zellenflüssigkeit
- 13 glatte Platten (z.B. Glas)
- 14 Schmierung
- 15 Gummiabdeckung
- 16 Filtrierpapierstreifen
- 17 Drainage aus Filtrierpapier
- 18 Bohrung für Druckausgleich



- 1 Probekörper
- 2 Standrohr
- 3 Überdruckmeßgerät
- 4 Meßuhr
- 5 Kraftmeßgerät
- 6 Auflager
- 7 Wasserbehälter
- 8a Druckerzeuger für Zellentdruck

- 8b Druckerzeuger für Sättigungsdruck
- 9 Handpumpe
- 10 Marke des Kompensationssystems
- 11 axialer Vorschub
- 12 Behälter für entlüftetes Wasser
- 13 Flüssigkeitstrennschicht

D 1 bis D 15 Hähne

Bild 4. Schema einer Versuchsanordnung

4.3 Druckkappe und Sockel

Druckkappe und Sockel bilden die festen Verbindungsstellen zwischen Probekörper und Versuchsgesät. Der Sockel ist fest mit der Fußplatte der Zelle verbunden; die Druckkappe wird verdrehungsfrei und seitlich unverschieblich am Stempel angeschlossen.

Zwischen Probekörper und dem Meßsystem für den Porenwasserdruck ist ein Filterstein auf dem Sockel erforderlich (siehe Bild 3 a) und b)).

Anmerkung: Ein zweiter Filterstein an der Druckkappe ist für Entlüftung und Konsolidierung des Probekörpers zweckmäßig und für Versuche zur Bestimmung der Durchlässigkeit notwendig.

Die Ausbildung der Kontaktflächen der Druckkappe und des Sockels ist für

- a) schlanke Probekörper ($h_0/d_0 = 2,0$ bis $2,5$): Der Filterstein überdeckt die gesamte Grundfläche des Probekörpers. Dieser liegt mit beiden Endflächen unmittelbar und vollständig am Filterstein bzw. an der Druckkappe an (siehe Bild 3a)). Zur Verbesserung der Dränagen dürfen am Mantel des Probekörpers Filtrierpapierstreifen angebracht und unter den Filterstein geführt werden (siehe Bild 3a) Pos. Nr 16).
- b) gedrungene Probekörper ($h_0/d_0 = 0,8$ bis $1,2$): Je ein Filterstein mit dem Durchmesser $d_2 = 0,1 d_0$ bis $0,2 d_0$

ist mittig in die Stirnfläche von Sockel und Druckkappe mit dem Durchmesser $d_1 = 1,1 d_0$ bis $1,15 d_0$ eingelassen (siehe Bild 3b)). Der Filterstein in der Druckkappe dient zur oberen Zentrierung des Probekörpers; an seiner Stelle darf auch ein spitzer Zentrierstift verwendet werden. Außerhalb der Filtersteine bestehen die Kontaktflächen aus druck- und kratzfestem Werkstoff mit glatter Oberfläche (z.B. Glasplatten von etwa 5 mm Dicke). Diese glatten Flächen werden mit einem Gummi nicht angreifenden Schmiermittel¹⁾ dünn bestrichen, welches unter den Spannungen σ_1 nicht ausgepreßt wird. Darauf wird eine Gummiabdeckung mit Aussparung im Bereich der Filtersteine gelegt. Glasplatte, Gummi und Schmiermittel dienen dazu, Reibung an den Endflächen des Probekörpers so weit wie möglich zu verhindern. Zur Verbesserung der Dränage sollte am Mantel des Probekörpers Filtrierpapier angebracht werden, das unter die Endplatte im Sockel hindurch zum unteren Filterstein geführt wird (siehe Bild 3b) Pos. Nr 17).

¹⁾ Geeignet ist folgendes Schmiermittel: Ein Silikonfett auf der Basis Phenylmethylsilikon und Natrium-Komplexseifenverdicker, NLGI-Klasse 3 nach DIN 51 818.

4.4 Konsolidationsstand

Im Konsolidationsstand werden die Druckzellen mit den Proben zum Zwecke des Konsolidierens abgestellt. Dieser Stand soll möglichst erschütterungsfrei sein. Er muß die Möglichkeit bieten, alle zur Konsolidierung notwendigen Leitungen an die Druckzellen anzuschließen. Konsolidationsstand und Belastungseinrichtung dürfen auch eine Einheit bilden.

4.5 Gerät zur Erzeugung der axialen Belastung bzw. Verformung

Die Belastungsmaschine muß so beschaffen sein, daß der Druckstempel mit Wegsteuerung (konstante Verformungsgeschwindigkeit) bewegt werden kann. Die möglichen Vortriebsgeschwindigkeiten sollen zwischen etwa 2 % der Probekörperhöhe je min und etwa 0,0005 % der Probekörperhöhe je min liegen. Zwischen diesen beiden Grenzggeschwindigkeiten sollen mindestens 5 Geschwindigkeitsstufen möglich sein. Das Geschwindigkeitsverhältnis von Stufe zu Stufe soll möglichst konstant sein, z.B. 2 %, $\frac{1}{2}$ %, $\frac{1}{8}$ %, $\frac{1}{32}$ %, $\frac{1}{128}$ %, $\frac{1}{512}$ %, $\frac{1}{2048}$ % der Probekörperhöhe je min.

Die Abweichung der über einen Weg von 0,1 mm gemittelten Geschwindigkeit darf höchstens 10 %, bei Geschwindigkeiten unter 0,005 mm/min höchstens 20 % des Sollwertes betragen.

Die Belastungsmaschine muß möglichst erschütterungsfrei aufgestellt sein und arbeiten. Dazu dürfen die Beschleunigungen am Sockel und am Druckstempel während des Vorschubs höchstens $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ betragen.

4.6 Geräte zur Erzeugung kontrollierten Wasserdrucks in der Zelle und im Probekörper

Für die Erzeugung der Drücke in der Druckzelle und im Probekörper sind Geräte erforderlich, die den Druck auf 1 % der wirksamen Konsolidationsspannung σ_c' halten können.

Für den Normalfall reichen Anlagen mit Drücken bis $1,5 \text{ MN/m}^2$ aus.

Anmerkung 1: Ist die effektive Konsolidationsspannung klein gegenüber dem Zellendruck, eignet sich zu ihrer Konstanthaltung ein Differenzdruckzeuger zwischen den Wasserdrücken in der Zelle und im Probekörper.

Wird als Zellenflüssigkeit Wasser benutzt, so muß dieses entlüftet sein, wenn der Probekörper von nur einer Gummihülle nach Abschnitt 4.11.1 umgeben ist. Wird dabei der Wasserdruck durch Druckluft über eine Wasservorlage erzeugt, so ist bei undrännierten Versuchen die Wasseroberfläche in der Vorlage gegen die Druckluft durch eine Trennschicht abzudichten (z.B. mittels einer schwimmenden Ölschicht). Wird der Probekörper durch eine doppelte Gummihülle mit einer Silikonölschicht als Zwischenlage abgedichtet, so darf die Zellenflüssigkeit Luft enthalten.

Anmerkung 2: Durch diese Abdichtungen wird verhindert, daß Druckluft in das Porenwasser diffundiert und dort wegen des Druckgefälles zwischen Zellenflüssigkeit und Porenwasser Luftblasen bildet. Die Luftblasen würden die Entwicklung von Porenwasserdruck beim Abscheren stark vermindern.

4.7 Geräte zur Messung von Kraft, Druck und Verformung

Die Axialkraft ist auf 1 % zu messen. Die Messung der Axialkraft darf durch Reibung an der Kolbenführung nicht verfälscht werden. Deshalb ist eine Messung der Axialkraft in der Zelle oder eine reibungsarme Kolbenführung

vorzusehen, die auch gegenüber Exzentrizität und Querkraft unempfindlich ist. Die axiale Verformung soll auf 0,01 mm gemessen werden. Für Druckmessungen sind Überdruckmeßgeräte der Klasse 0,6 (siehe z.B. DIN 16 123) zu verwenden. Sämtliche Meßgeräte, speziell die Überdruckmeßgeräte, sind periodisch zu überprüfen.

4.8 Porenwasserdruckmeßgeräte

4.8.1 Allgemeines

Man unterscheidet zwei Systeme:

- Kompensationsmeßsystem,
- Meßsystem ohne Volumenkompensation.

Bei beiden Systemen wird der Kontakt mit dem Porenwasser des Probekörpers über eine Filterplatte am Fuß des Probekörpers hergestellt. Voraussetzung für die einwandfreie Druckübertragung ist die volle Sättigung der Filterplatte und aller Leitungen und Hähne zwischen Filterplatte und Druckübertragungsstelle mit entlüftetem Wasser. Darüberhinaus müssen die Leitungen und Verbindungen im gegebenen Meßbereich ausreichend volumenkonstant sein.

4.8.2 Kompensationsmeßsystem

Das Kompensationsmeßsystem ist erforderlich bei Verwendung von Druckmeßgeräten mit großer Volumenaufnahme, z.B. dem Überdruckmeßgerät mit Rohrfeder. Zwischen Überdruckmeßgerät und Probekörper wird in der Zuleitung eine bewegliche Meßmarke angeordnet. Die Messung erfolgt dadurch, daß auf der dem Probekörper abgewandten Seite der Markierung ein Druck von solcher Größe erzeugt wird, daß die Markierung sich nicht verschiebt. Der erzeugte Gegendruck entspricht dann dem zu messenden Porenwasserdruck. Die Meßgenauigkeit muß derjenigen des Zellendrucks und des axialen Drucks angepaßt sein.

Die Volumenänderung ΔV des Meßsystems zwischen Filterstein und Meßmarke darf, bezogen auf das Volumen V des Probekörpers und den Porenwasserdruck u , den Betrag

$$\frac{\Delta V}{V \cdot u} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{kN} \text{ nicht überschreiten.}$$

4.8.3 Meßsystem ohne Volumenkompensation

Der zu messende Druck wird ohne Volumenkompensation von einem Druckgeber in eine elektrische Meßgröße umgewandelt. Die gesamte systembedingte Volumenänderung ΔV einschließlich Geberverformung darf, bezogen auf das Probekörpervolumen V und den Porenwasserdruck u nicht mehr als

$$\frac{\Delta V}{V \cdot u} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{kN} \text{ betragen.}$$

4.9 Volumenänderungsmeßgeräte

Die Volumenänderung in drännierten Versuchen darf bei wassergesättigten Probekörpern anhand der ausgedrückten Wassermenge, bei nicht wassergesättigten Probekörpern anhand der Volumenänderung der Zellenflüssigkeit gemessen werden. Zur Messung sind in beiden Fällen Standrohre geeignet, an denen eine Volumenänderung von 0,4 ‰ des Probekörpervolumens deutlich ablesbar sein muß. Bei Messung der Volumenänderung der Zellenflüssigkeit ist eine gleichzeitige Kompensation der Verdrängung des Druckstempels beim Eindringen zweckmäßig.

4.10 Leitungssystem, Hähne, Versuchsanordnung

Ein Beispiel für die Anordnung der einzelnen Geräte in Verbindung mit dem Probekörper ist in Bild 4 dargestellt. Bei der Anordnung und Schaltung der Hähne muß es möglich sein, von einer Versuchsphase zur anderen einen störungsfreien Übergang herzustellen.

4.11 Gummihüllen, Filtersteine und Filtrierpapiere

4.11.1 Gummihüllen

Die Gummihüllen (siehe Bild 3 Pos. Nr 6) müssen wasserdicht sein und eine eindimensionale Bruchdehnung von mindestens 600 % aufweisen.

Die Gummidicke soll höchstens $\frac{1}{150}$ des Probekörperdurchmessers betragen. Der Durchmesser der Gummihülle soll bis 3 % kleiner sein als der anfängliche Probekörperdurchmesser.

4.11.2 Filtersteine

Die Filtersteine sollen eine Druckfestigkeit von mindestens 6 MN/m² besitzen. Um die Filtersicherheit für verschiedene Böden sicherzustellen, sind Filter unterschiedlicher Durchlässigkeit notwendig:

für	Durchlässigkeitsbeiwert:
grobkörnige Böden	$k = 10^{-3}$ bis 10^{-4} m/s
gemischtkörnige Böden	$k = 10^{-5}$ bis 10^{-6} m/s
feinkörnige Böden	$k = 10^{-6}$ bis 10^{-7} m/s

In allen Fällen muß der Durchlässigkeitsbeiwert des Filtersteins etwa um den Faktor 10 größer als derjenige des Bodens sein.

4.11.3 Filtrierpapier

Für die Seitenentwässerung von Bodenproben sind Filtrierpapiere nach DIN 53 135 mit einem Gewicht von 80 g je m² und einer Wasseraufnahmefähigkeit von 200 g je m² zu verwenden.

4.12 Geräte zur Herstellung der Probekörper und zum Einbau in die Druckzelle

4.12.1 Standfeste Probekörper

Zum Ausschneiden von Probekörpern aus Sonderproben bindiger Böden und aus künstlich hergestellten standfesten Proben werden folgende Geräte verwendet:

- Ausstechvorrichtung mit manuell oder maschinell geführtem Ausstechzylinder; der Ausstechzylinder muß dünnwandig sein (Flächenverhältnis C_a nach DIN 4021 höchstens 10 %), Schneidendurchmesser 0,5 bis 1 % kleiner als der Innendurchmesser des Ausstechzylinders; Schneidenwinkel 15 bis 30°, Schneidenbreite $\leq 0,2$ mm.
- Fräsvorrichtung und Drehbank
- Beschneidelehre mit Drehscheibe
- Beschneideform als Lehre für Endflächenbearbeitung
- Drahtsäge
- Stahllineal mit Schneide
- Schneidrohr
- Kernbohrgerät
- Meßschieber nach DIN 862
- Gummihüllendehner, in dem die Gummihülle durch Unterdruck über das Probekörpersollmaß hinaus gedehnt werden kann.
- Unterdruckerzeuger
- Unterdruckmesser

4.12.2 Nichtstandfeste Probekörper

Zum Ausschneiden von nichtstandfesten Probekörpern aus nichtbindigen und bindigen Böden dienen folgende Geräte (siehe Bild 5):

- Probekörperform, zerlegbar, mit Anschluß für Unterdruck (siehe Bild 5, Pos. Nr 2)
- Schneidring zum Aufsetzen auf die Probekörperform (siehe Bild 5, Pos. Nr 5)
- Klemmring, zerlegbar, zum Befestigen des unteren Filtersteins bzw. der unteren Endplatte mit Filterstein an der Probekörperform (siehe Bild 5, Pos. Nr 6)
- Schneidplatte zum Abtrennen und anschließenden Stützen des eingedrückten Probekörpers in der Form (siehe Bild 5, Pos. Nr 8), Halterung zum Befestigen der Schneidplatte an der Probekörperform (siehe Bild 5, Pos. Nr 9)
- Schutzring mit 0,2 bis 0,4 mm dickem Innenflansch, zum Schutz der um die Enden der Probekörperform herumgelegten Gummihülle beim Abarbeiten der Endflächen des Probekörpers (siehe Bild 5, Pos. Nr 12)
- Führungsring (siehe Bild 5, Pos. Nr 10) zum Befestigen der Probekörperform am Entnahmestutzen oder Ausstechzylinder beim Eindringen eines Probekörpers und zum zentrierten Aufsetzen der Form mit Probekörper auf den Sockel der Druckzelle; die Form muß sich nach vollständigem Einbau des Probekörpers in die Druckzelle ohne dessen Störung wieder entfernen lassen
- Vorrichtung zum Herausdrücken bindiger Proben aus einem Entnahmestutzen oder Ausstechzylinder
- Vorrichtungen zum Einstampfen nichtbindigen oder schluffigen Bodens mit kontrollierter Dichte in die Probekörperform.

Zum Einbau nichtstandfester Probekörper in die Druckzelle dient ein Führungsgestell, mit dem der Führungsring (siehe Bild 5, Pos. Nr 10) und die Druckkappe (siehe Bild 3, Pos. Nr 4) parallel geführt werden (siehe Bild 6). Das Führungsgestell wird mit dem Grundring (siehe Bild 6, Pos. Nr 9) zentrisch auf die Fußplatte der Druckzelle aufgesetzt.

Weiterhin werden benötigt

- Unterdruckerzeuger
- Unterdruckmesser

5 Proben

5.1 Art

Der Triaxialversuch wird an homogenen Probekörpern durchgeführt, die entweder aus Sonderproben (ungestörten Proben) der Güteklasse 1 nach DIN 4021 oder aus Proben aus aufbereitetem Bodenmaterial herausgearbeitet oder hergestellt werden. Das Größtkorn der Probe soll $\frac{1}{5}$ des Probekörperdurchmessers bei ungleichförmigen und $\frac{1}{10}$ des Probekörperdurchmessers bei gleichförmigen Böden nicht überschreiten. Die Bodenproben können wassergesättigt, nicht wassergesättigt oder trocken sein.

5.2 Maße

Es dürfen schlanke oder gedrungene zylindrische Probekörper untersucht werden (siehe Abschnitt 4.3). Das Verhältnis von Anfangshöhe zu Anfangsdurchmesser des Probekörpers, h_0/d_0 , soll betragen

- bei schlanken Probekörpern 2,0 bis 2,5
- bei gedrunenen Probekörpern 0,8 bis 1,2.

Bei Versuchen mit feinkörnigen Böden soll die Querschnittsfläche zu Beginn mindestens $A_0 = 10$ cm² betragen. Bei grobkörnigen Böden sollten Probekörperdurchmesser von mindestens 10 cm ($A_0 = 78,5$ cm²) verwendet werden.

Andere Probekörpermaße sind unter Einhaltung des Verhältnisses von Probekörperhöhe zu Probekörperdurchmesser und unter Berücksichtigung des Größtkorns zulässig.