

DIN EN ISO 11276

ICS 13.080.20

Ersatz für
DIN ISO 11276:2001-07**Bodenbeschaffenheit –
Bestimmung des Porenwasserdrucks –
Tensiometerverfahren (ISO 11276:1995);
Deutsche Fassung EN ISO 11276:2014**

Soil quality –
Determination of pore water pressure –
Tensiometer method (ISO 11276:1995),
German version EN ISO 11276:2014

Qualité du sol –
Détermination de la pression d'eau dans les pores –
Méthode du tensiomètre (ISO 11276:1995);
Version allemande EN ISO 11276:2014

Gesamtumfang 30 Seiten

Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN

Nationales Vorwort

Der Text von ISO 11276:1995 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 190 „Soil quality“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 11276:2014 durch das Technische Komitee CEN/TC 345 „Charakterisierung von Böden“ übernommen, dessen Sekretariat vom NEN (Niederlande) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Unterausschuss NA 119-01-02-02 UA „Chemische und physikalische Verfahren“ des Arbeitsausschusses NA 119-01-02-02 AA „Abfall- und Bodenuntersuchungen“ im Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN.

Es ist erforderlich, bei den Arbeiten nach dieser Norm Fachleute oder Facheinrichtungen einzuschalten.

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 11276:2001-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Literaturhinweise im nationalen Anhang (NA) wurden aktualisiert;
- b) das Dokument wurde redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 19682-4: 1972-01
DIN ISO 11276: 2001-07

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN 4220, *Bodenkundliche Standortbeurteilung — Kennzeichnung, Klassifizierung und Ableitung von Bodenkennwerten (normative und nominale Skalierungen)*

DIN ISO 10381-1, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 1: Anleitung zur Aufstellung von Probenahmeprogrammen*

Hartge, K. H., Horn R. (2009): *Die physikalische Untersuchung von Böden* (2009) — Praxis, Messmethoden, Auswertung. — Schweitzerbart, 178 S.

Hartge, K. H., Horn R. (2014): *Einführung in die Bodenphysik* — Schweitzerbart, 372 S.

Deutsche Fassung

Bodenbeschaffenheit —
Bestimmung des Porenwasserdrucks —
Tensiometerverfahren
(ISO 11276:1995)

Soil quality —
Determination of pore water pressure —
Tensiometer method
(ISO 11276:1995)

Qualité du sol —
Détermination de la pression d'eau dans les pores —
Méthode du tensiomètre
(ISO 11276:1995)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 13. März 2014 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 des CEN-CENELEC 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, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Begriffe	4
3 Kurzbeschreibung	5
4 Geräte.....	6
5 Durchführung.....	7
5.1 Installation von Tensiometern.....	7
5.2 Vorbereitung für den Einsatz von Tensiometern	9
5.3 Ablesen von Tensiometern.....	9
5.4 Wartung und Instandhaltung von Tensiometern.....	10
6 Auswertung der Ergebnisse	10
6.1 Berechnungsverfahren	10
6.2 Präzision	11
7 Prüfbericht.....	12
Anhang A (normativ) Aufbau und Anwendung von Quecksilberdruckmessgeräten	13
Anhang B (informativ) Werkstoffe für Tensiometer und deren Aufbau	17
Anhang C (informativ) Beispiele für andere Drucksensoren als Quecksilberdruckmessgeräte	20
Anhang D (informativ) Installation von Tensiometern im Freiland	22
Anhang E (informativ) Beziehung von Porenwasserdruck und hydraulischem Druck und Berechnung aus Tensiometermessungen	26
Anhang F (informativ) Literaturhinweise	28

Vorwort

Der Text von ISO 11276:1995 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 190 „Soil quality“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 11276:2014 durch das Technische Komitee CEN/TC 345 „Charakterisierung von Böden“ übernommen, dessen Sekretariat vom NEN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis September 2014 und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis September 2014 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 11276:1995 wurde vom CEN als EN ISO 11276:2014 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt Tensiometerverfahren zur Bestimmung des Porenwasserdrucks sowohl in ungesättigtem als auch in gesättigtem Boden fest. Die Verfahren sind auf *In-situ*-Messungen des Porenwasserdrucks im Freiland sowie für die Bestimmung des Porenwasserdrucks z. B. in Pflanzenbehältern oder Bodenkernen für experimentelle Untersuchungen anwendbar.

Bei normalem atmosphärischen Druck (d. h. etwa 100 kPa) ist die Anwendung dieser Verfahren auf einen Bereich von Drücken bis etwa – 85 kPa begrenzt. Der Bereich verringert sich bei geringerem atmosphärischen Druck. Tensiometer sind nicht einsetzbar, wenn in der Messtiefe Temperaturen unter 0 °C auftreten. Ihre Genauigkeit wird von Temperaturschwankungen des Bodens und der Luft beeinflusst. Die Einstellzeit von Tensiometern reicht von einigen Sekunden bis zu mehreren Tagen. Zuverlässige Messungen unter Freilandbedingungen erfordern eine regelmäßige Wartung der Tensiometer.

Tensiometer liefern Punktmessungen des Porenwasserdrucks. Um den Porenwasserdruck in unterschiedlichen Tiefen messen zu können, sind mehrere Tensiometer erforderlich. Im Freiland werden parallele Gerätesätze erforderlich, wenn die räumliche Variabilität des Bodens zu berücksichtigen ist.

2 Begriffe

Für die Anwendung dieser Internationalen Norm gelten die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG 1 Zusätzliche Definitionen enthält Anhang E.2 (informativ).

2.1

Porenwasserdruck

Summe aus Matrixdruck und pneumatischem Druck

ANMERKUNG 2 Der Porenwasserdruck wird auch als Wasser- oder Saugspannung bezeichnet.

ANMERKUNG 3 Der Porenwasserdruck ergibt sich aus der Summe von Kräften an den Grenzflächen, die zwischen Luft, Wasser und dem festen Boden (Matrixdruck) wirken, dem Teil des Gewichtes des darüber liegenden Materials, das nicht vom Bodenskelett getragen und deshalb durch das Bodenwasser getragen wird (Deckschichtdruck, dieser Druck wird oft als Teil des Matrixdrucks betrachtet), sowie dem örtlichen Luftdruck innerhalb des Bodens (pneumatischer Druck). In den meisten Fällen sind der Deckschichtdruck und der pneumatische Druck null.

2.2

Matrixdruck

Betrag der Arbeit, die verrichtet werden muss, um eine infinitesimale Menge Wasser, die in ihrer Zusammensetzung identisch mit dem Bodenwasser ist, reversibel und isotherm von einem Becken in Höhe des betrachteten Punktes und bei externem Gasdruck zum betrachteten Punkt zu transportieren, dividiert durch das Volumen des transportierten Wassers

2.3

pneumatischer Druck

Betrag der Arbeit, die verrichtet werden muss, um eine infinitesimale Menge Wasser, die in ihrer Zusammensetzung identisch mit dem Bodenwasser ist, reversibel und isotherm von einem Becken bei Normalluftdruck und in Höhe des betrachteten Punktes zu einem ähnlichen Becken bei externem Gasdruck des betrachteten Punktes zu transportieren, dividiert durch das Volumen des transportierten Wassers

ANMERKUNG 4 Der Bodenwasserdruck kann als Druckäquivalent des Bodenwasserpotentials betrachtet werden. Dies gilt auch für die Bodenwasserdruckhöhe, dem Druckhöhenäquivalent des Bodenwasserpotentials.

Die Beziehung zwischen diesen ist:

$$\Psi \cdot \rho_w = p - h \cdot g \cdot \rho_w$$

Dabei ist

- ψ das Bodenwasserpotential, auf Grundlage der Masse, in Joule je Kilogramm (J/kg);
- p das Druckäquivalent des Bodenwasserpotentials in Joule je Kubikmeter J/m^3 auf Grundlage des Volumens ($1 \text{ J/m}^3 = 1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$);
- h das Druckhöhenäquivalent des Bodenwasserpotentials in Joule je Newton (J/N), auf Grundlage des Gewichts ($1 \text{ J/N} = 1 \text{ m}$);
- ρ_w die Dichte des Wassers, in Kilogramm je Kubikmeter kg/m^3 ;
- g die Fallbeschleunigung, in Meter je Quadratsekunde m/s^2 .

In dieser Internationalen Norm werden Druckäquivalente und Bodenwasserpotentiale verwendet. Die entsprechende Maßeinheit ist das Pascal (Pa). Tabelle 1 enthält Umrechnungsfaktoren zwischen dem Bodenwasserpotential, dem Druck und der Druckhöhe für die am häufigsten verwendeten SI-Einheiten.

Tabelle 1 — Umrechnungstabelle zwischen Bodenwasserpotential und seinem Druck- und Druckhöhenäquivalent

Umzurechnender Parameter	Druckäquivalent Pa	Druckhöhenäquivalent m	Potential J/kg
Druckäquivalent (Pa)	1	$0,102\ 0 \times 10^{-3}$	10^{-3}
Druckhöhenäquivalent (m)	9 807	1	9,807
Potential in (J/kg)	10^3	0,102 0	1
Hinweise			
1 Zur Umrechnung vom Potential oder seinen Äquivalenten in der ersten Spalte zu einem anderen Äquivalent oder Potential ist mit dem angegebenen Faktor zu multiplizieren. Zum Beispiel: einem Potential von 1 J/kg entspricht ein Druckäquivalent von 10^3 Pa und ein Druckhöhenäquivalent von 0,102 0 m.			
2 Fallbeschleunigung = 9,807 m/s^2 Dichte des Wassers = 1 000 kg/m^3			

3 Kurzbeschreibung

Ein Tensiometer enthält eine wasserdurchlässige poröse, meist becherförmige Zelle, die mit einer Druckmesseinrichtung verbunden ist. Die Poren der Zellenwand sind klein genug, um zu verhindern, dass Luft durch sie hindurchtritt, wenn die Wand nass ist. Die poröse Zelle ist mit Wasser gefüllt. Wenn die Zelle im Boden eingebaut ist, fließt das Wasser innerhalb des Tensiometers durch die poröse Wand in den Boden, oder Bodenwasser fließt in das Tensiometer, bis der Wasserdruck auf beiden Seiten der porösen Wand gleich ist. Nach Erreichen des Gleichgewichts ist der gemessene Druck des Wassers innerhalb des Tensiometers nach Korrektur für den Höhenunterschied zwischen Drucksensor und poröser Zelle gleich dem Druckpotential des Bodenwassers am Ort der porösen Zelle.

4 Geräte

4.1 Tensiometer, üblicherweise bestehend aus einer porösen Zelle, einer Verbindungsleitung und/oder einer Hauptleitung, einem Drucksensor und einem Mechanismus zum Ausspülen der Luft, die sich im Tensiometer angesammelt hat. Einzelheiten der Konstruktion hängen im Wesentlichen davon ab, ob das Gerät für die Anwendung im Freiland oder im Labor gedacht ist, und vom Typ des verwendeten Drucksensors. In Bild 1 sind Beispiele dargestellt. Anhang B enthält Informationen über Werkstoffe und den Bau von Tensiometern.

4.1.1 Poröse Zelle, aus einem porösen Werkstoff hergestellt, dessen Lufteintrittswert (Druck, der erforderlich ist, um Luft durch die wassergesättigte Zelle zu drücken) größer ist als der niedrigste zu messende Porenwasserdruck und als die bekannte Wasserdurchlässigkeit. Der Werkstoff muss formstabil sein und darf im Boden keinen Qualitätsverlust erleiden. Üblicherweise wird unglasierte Keramik verwendet; Alternativen sind in Anhang B beschrieben.

4.1.2 Verbindungs- und Hauptleitungen, aus geeigneten Werkstoffen mit sehr geringer Wasser- und Gasdurchlässigkeit hergestellt und mittels lecksicherer Verbindungen verbunden. Als Verbindung zwischen poröser Zelle des Tensiometers mit dem Drucksensor ist starres oder semiflexibles Leitungsmaterial zu verwenden (siehe Anhang B). Die Funktion der Verbindungsleitung kann teilweise oder vollständig durch die Hauptleitung übernommen werden.

Die Hauptleitung füllt üblicherweise das Loch aus, das über oder hinter der Tensiometerzelle nach deren Einsetzen in dem Boden verbleibt. Es ist ein starres Rohr mit demselben Außendurchmesser wie der der porösen Zelle. In vielen Konstruktionen ist es mit Wasser gefüllt, in anderen bildet es jedoch ein Gehäuse für kleinere Leitungen, die mit der porösen Zelle verbunden sind, und/oder für Kabel und Leitungen, die zu dem Druckaufnehmer hinter der Zelle führen.

4.1.3 Drucksensoren. In Tensiometern werden mehrere Arten von Drucksensoren verwendet. Übliche Drucksensoren sind Quecksilberdruckmessgeräte, Bourdon-Druckmessgeräte und elektrische Druckaufnehmer. Die Verwendung anderer Druckmessgerätetypen ist zulässig. Die Empfindlichkeit des Drucksensors bestimmt, wie genau der Wasserdruck innerhalb des Tensiometers gemessen werden kann.

Anhang A beschreibt die Konstruktion und Verwendung von Quecksilberdruckmessgeräten für Tensiometer im Detail. Andere Drucksensoren sind in Anhang C beschrieben.

Die Genauigkeit von Bourdon-Druckmessgeräten und Drucksensoren ist vor dem Einbau zu prüfen und dann mindestens einmal jährlich.

ANMERKUNG 5 Die Genauigkeit von Geräten für die Messung im Freiland darf mit einem Quecksilber-Referenzdruckmessgerät geprüft werden. Das vollständig zusammengebaute Tensiometer kann im Freiland durch Einsetzen eines „T“-Stückes in die Verbindungsleitung geprüft werden. Falls erforderlich, wird eine weitere Verbindungsleitung zum Anschluss an ein Quecksilberdruckmessgerät befestigt. Sollte für Laboranwendungen eine größere Genauigkeit erforderlich sein, werden spezielle Prüfeinrichtungen notwendig.

4.2 Aufbau des Tensiometers

Einzelheiten zu Werkstoffen für Tensiometer und deren Bau enthält Anhang B. Da das Innere eines in ungesättigtem Boden installierten Tensiometers unter Teilvakuum steht, muss eine luftdichte Konstruktion (Fertigung) sichergestellt sein. Die Anzahl der Verbindungsstellen im System ist so gering wie möglich zu halten. Klebestellen sind so herzustellen, dass der freie Raum zwischen Bauteilen vollständig ausgefüllt ist. Verbindungsstellen, die auf einem dichten Sitz zweier Werkstoffe beruhen, z. B. Stopfen, müssen die passende Größe und eine möglichst große Kontaktfläche aufweisen.

Das System wird in feuchter Umgebung verwendet. Folglich müssen alle eingesetzten Werkstoffe feuchtigkeitsbeständig sein. Dies gilt insbesondere für Klebemittel, von denen einige Arten in feuchter Umgebung weich werden oder quellen können (was zum Versagen geklebter Teile führt).

Wenn ein Tensiometer neuer Bauart oder mit nichterprobten Werkstoffen eingesetzt wird, ist es vorher unter Druck und/oder im Vakuum auf Dichtheit zu prüfen. Dieses Verfahren wird generell empfohlen.

5 Durchführung

5.1 Installation von Tensiometern

Tensiometer dürfen vertikal oder horizontal eingebaut werden, je nachdem, wie es für den Untersuchungszweck geeignet ist. Jedes Tensiometer ist so zu installieren, dass sich die Mitte der porösen Zelle in der jeweiligen Tiefe befindet, in der die Messung erfolgen muss. Es ist darauf zu achten, dass das Bodengefüge im Messbereich des Tensiometers nicht übermäßig gestört wird. Ein guter Kontakt zwischen poröser Zelle und Boden ist sicherzustellen, das Verschmieren des Bodens um die Zelle ist zu vermeiden.

ANMERKUNG 6 Üblicherweise wird vorsichtig ein Loch vom Durchmesser des Tensiometers in den Boden gebohrt und das Tensiometer hineingeschoben. Einzelheiten von alternativen Verfahren für die Herstellung von Bohrungen, in die Tensiometer im Freiland eingesetzt werden, sind in Anhang D angegeben. Bei der Installation von Tensiometern in Pflanzenbehältern, Bodenkernen, Lysimetern usw. sollte ähnlichen Verfahren gefolgt werden, wie die in Anhang D beschriebenen, jedoch sind sie maßstäblich entsprechend zu verkleinern.

Es ist darauf zu achten, dass das Tensiometersystem gegen Temperaturschwankungen geschützt ist. Temperaturschwankungen rufen thermische Ausdehnung und Kontraktion von Systemteilen und dem darin befindlichen Wasser hervor, die die Druckmessung beeinflussen. Im Freiland sind alle exponierten Teile des Tensiometers, soweit es praktisch möglich ist, vor Sonneneinstrahlung zu schützen. (Dies hält Wärmeeinflüsse an der Tensiometeranzeige gering und verlängert auch die Lebensdauer der Bauteile.) Es sind auch Vorkehrungen zu treffen, um das Einsickern von Regen- oder Bewässerungswasser entlang der Seitenwand des Tensiometers nach unten zur Zelle zu verhindern. Alle Geräte sind gegen Beschädigung durch Nagetiere oder andere Tiere zu schützen.