

DIN 4107-2

ICS 93.020

Teilweiser Ersatz für
DIN 4107:1978-01**Geotechnische Messungen –
Teil 2: Extensometer- und Konvergenzmessungen**Geotechnical measurements –
Part 2: Extensometer and convergence tape measurementsMesures géotechniques –
Partie 2: Mesures d'extensomètre

Gesamtumfang 42 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Symbole.....	5
3.1 Begriffe	5
3.2 Symbole	8
4 Messeinrichtung	8
4.1 Allgemeines	8
4.2 Messgeräte	11
4.2.1 Stationäres Extensometer	11
4.2.2 Sondenextensometer	15
4.2.3 Konvergenzmessgerät	17
4.3 Messbereich und Messgenauigkeit	18
4.4 Geotechnische Anwendungen von Extensometern und Konvergenzmessgeräten.....	20
5 Installation und Messdurchführung.....	21
5.1 Installation an oder in Bauteilen	21
5.2 Installation in Bohrlöchern	21
5.2.1 Herstellen des Bohrloches	21
5.2.2 Installation stationärer Extensometer	21
5.2.3 Installation der Messverrohrung für Extensometersonden	22
5.2.4 Extensometerschächte	22
5.3 Messdurchführung	22
5.3.1 Geräteüberprüfung und Kalibrierung	22
5.3.2 Messung	23
6 Messauswertung.....	23
7 Berichterstattung	25
7.1 Feldprotokoll	25
7.2 Messtechnischer Bericht	25
Anhang A (normativ) Mess- und Auswerteverfahren und abgeleitete Werte	26
A.1 Allgemeines	26
A.2 Stationäres Extensometer	26
A.3 Sondenextensometer	30
A.4 Konvergenzmessgerät	32
Anhang B (informativ) Anwendungsbeispiele.....	33
B.1 Abkoppelbare Extensometer (Bilder B.1 und B.2)	33
B.2 Stationäres Extensometer im oberflächennahen Tunnelbau (Bild B.3).....	35
B.3 1-Punkt Sondenextensometer im Erddammabbau (Bild B.4).....	37
B.4 2-Punkt Sondenextensometer im Tunnelbau (Bild B.5).....	39
B.5 Konvergenzmessgerät im Tunnelbau (Bild B.6).....	41
Literaturhinweise	42

Bilder

Bild 1 — Typen stationärer Extensometer	9
Bild 2 — Typen mobiler Extensometer.....	10
Bild 3 — Im Bohrloch vermörtelter Anker eines Mehrfach-Stangenextensometers mit einem angebundenen und einem durchlaufenden Verbindungselement.....	12
Bild 4 — Möglichkeiten der Ausbildung von Extensometerköpfen	14
Bild 5 — Möglichkeiten der Messringfixierungen von 2-Punkt Sondenextensometern	16
Bild A.1 — Zum Mess- und Auswerteverfahren bei einem Einfachstangenextensometer mit $w_0 = 0$.....	27
Bild A.2 — Auswertungsprinzip eines Dreifach-Stangenextensometers, dargestellt am Beispiel der vertikalen Bodenverformungen infolge einer Fundamentauflast.....	29
Bild A.3 — Auswertungsprinzip eines 2-Punkt Sondenextensometers, dargestellt am Beispiel eines oberflächennahen Tunnels	31
Bild B.1 — Beispiele abkoppelbarer stationärer Extensometer (Prinzipielle Darstellung).....	33
Bild B.2 — Beispiele für Kürzungen von Messrohren für Sondenextensometer	34
Bild B.3 — Messbeispiel für ein 5fach-Stangenextensometer in der Firste eines oberflächennahen Tunnels	36
Bild B.4 — Messbeispiel für ein 1-Punkt Sondenextensometer im Dammbau	38
Bild B.5 — Messbeispiel für ein 2-Punkt Sondenextensometer in der Sohle eines Tunnels	40
Bild B.6 — Beispiel für Konvergenzmessungen im Tunnelbau.....	41

Tabellen

Tabelle 1 — Symbole.....	8
Tabelle 2 — Extensometertypen	8
Tabelle 3 — Typen, Länge der Messlinien und übliche Genauigkeiten von Extensometern und Konvergenzmessgeräten	19
Tabelle 4 — Vereinfachte Übersicht über geotechnische Anwendungen von Extensometern und Konvergenzmessgeräten	20

Vorwort

Diese Norm wurde vom Arbeitsausschuss NA 005-05-09 AA „Baugrund, Feldversuche“ im Normenausschuss Bauwesen (NABau) des DIN Deutsches Institut für Normung e. V. auf der Grundlage der Empfehlungen Nr. 15 und 18 des Arbeitskreises „Versuchstechnik Fels“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V. (DGGT) [1] [2] erarbeitet.

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

DIN 4107 Geotechnische Messungen besteht aus:

- *Teil 1: Grundlagen*
- *Teil 2: Extensometer- und Konvergenzmessungen*
- *Teil 3: Inklinometer- und Deflektometermessungen*
- *Teil 4: Druckkissenmessungen¹⁾*

Änderungen

Gegenüber DIN 4107:1978-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) DIN 4107:1978-01 wurde vollständig überarbeitet und auf geotechnische Messungen im Zusammenhang mit dem geotechnischen Entwurf nach DIN 1054 und DIN EN 1997-1 ausgerichtet; geodätische Messungen finden sich in DIN 18710 (alle Teile);
- b) DIN 4107 wurde in vier Teile aufgeteilt, wobei DIN 4107-1 die grundlegenden Anforderungen an geotechnische Messprojekte und die Teile 2 bis 4 einige der gebräuchlichsten geotechnischen Messeinrichtungen behandeln.

Frühere Ausgaben

DIN 4107: 1937-02, 1969-07, 1978-01

1) In Vorbereitung.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für Längenänderungsmessungen, die im Rahmen von Untersuchungen in Boden und Fels nach DIN 4020, DIN EN 1997-1 und DIN EN 1997-2 und an oder in Bauwerken mittels Extensometer oder Konvergenzmessgerät durchgeführt werden. Sie ist in Verbindung mit DIN 4107-1 anzuwenden.

Anwendungszwecke und –bereiche sind u. a.

- Überwachung der Standsicherheit geotechnischer Objekte vor, während und nach dem Bau (z. B. Hänge, Böschungen, Baugrubenumschließungen, Gründungen, Stauanlagen, Deponien, Tunnel);
- Ermittlung von Verschiebungen in Boden und Fels (z. B. zum Vergleich mit prognostizierten Größen im Rahmen der Beobachtungsmethode nach DIN 1054 und DIN EN 1997-1 und zur Überprüfung geotechnischer Berechnungsannahmen);
- Ableitung geotechnischer Kennwerte (z. B. bei Probelastungen, Probestollen).

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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).

DIN 4020, *Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke*

DIN 4107-1:2010-10, *Geotechnische Messungen — Teil 1: Grundlagen*

DIN 4107-3, *Geotechnische Messungen — Teil 3: Inklinometer- und Deflektometermessungen*

DIN 4107-4, *Geotechnische Messungen — Teil 4: Druckkissenmessungen*¹⁾

DIN EN ISO 22475-1, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen — Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung*

DIN EN 1997-1, *Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln*

DIN EN 1997-2, *Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN 4107-1 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

Extensometer

Messeinrichtung zur Ermittlung von Abstandsänderungen von Messpunkten entlang einer Messlinie bzw. zur Erfassung von Relativverschiebungen in Richtung einer Messlinie, wobei eine Vergrößerung des gemessenen Abstands („Längung“ oder „Extension“) durch ein positives Vorzeichen zu kennzeichnen ist

ANMERKUNG 1 Die Messpunkte sind als Anker, Messringe oder Messbolzen ausgebildet. Diese werden in die messtechnisch zu überwachende Struktur (Baugrund, Bauwerk) eingebaut oder an deren Oberflächen fixiert.

ANMERKUNG 2 Im Baugrund werden die Messpunkte üblicherweise in Bohrungen installiert. Die Messlinie entspricht dann der Bohrlochachse.

3.1.2

stationäres Extensometer

permanent installiertes Extensometer, im Wesentlichen bestehend aus Anker, Verbindungselement und Messkopf

ANMERKUNG 1 Siehe Bild 1.

ANMERKUNG 2 Das Verbindungselement ist mit dem Anker fest verbunden, ansonsten aber entlang der Messlinie frei beweglich.

3.1.3

Stangenextensometer

stationäres Extensometer, bei dem das Verbindungselement als Stange bzw. Gestänge ausgebildet ist

ANMERKUNG 1 Siehe Bild 1a).

ANMERKUNG 2 Das Verbindungselement eines Stangenextensometers besteht üblicherweise aus Stahl oder glasfaserverstärktem Kunststoff.

3.1.4

Drahtextensometer

stationäres Extensometer, bei dem das Verbindungselement als gespannter Draht ausgebildet ist

ANMERKUNG 1 Siehe Bild 1b).

ANMERKUNG 2 Das Verbindungselement eines Drahtextensometers besteht üblicherweise aus einem Spezialstahl mit niedrigem Temperatúrausdehnungskoeffizienten.

3.1.5

Einfachextensometer

stationäres Extensometer, bei dem nur ein Anker als Messpunkt installiert ist

ANMERKUNG Siehe Bild 1b).

3.1.6

Mehrfachextensometer

stationäres Extensometer, bei dem mehrere Anker als Messpunkte installiert sind

ANMERKUNG Siehe Bild 1a).

3.1.7

mobiles Extensometer

Extensometer, bei dem das Verbindungselement als umsetzbare Einheit ausgebildet ist

ANMERKUNG 1 Siehe Bild 2.

ANMERKUNG 2 Mobile Extensometer können als 1- bzw. 2-Punkt Sondenextensometer (en: „probe extensometer“) oder als Konvergenzmessgerät (en: „tape extensometer“) ausgebildet sein.

3.1.8

1-Punkt Sondenextensometer

mobiles Extensometer, im Wesentlichen bestehend aus einer Messsonde und einem mit Messringen versehenen Führungsrohr, bei dem in Messposition ein einzelner Messring durch die Sonde erfasst wird

ANMERKUNG 1 Siehe Bild 2a).

ANMERKUNG 2 Das Verbindungselement ist das Messkabel. Messwert ist der Abstand des Messringes zum Mund des Messrohres.

ANMERKUNG 3 Wegen seiner technischen Ausgestaltung und Funktionsweise wird das 1-Punkt Sondenextensometer oft auch als „Magnet-Extensometer“ oder „Magnet-Setzungslot“ bezeichnet.

3.1.9**2-Punkt Sondenextensometer**

mobiles Extensometer, im Wesentlichen bestehend aus einer Messsonde und einem mit Messringen versehenen Führungsrohr, bei dem in Messposition zwei Messringe durch die Sonde erfasst werden

ANMERKUNG 1 Siehe Bild 2b).

ANMERKUNG 2 Das Verbindungselement ist die Messsonde. Messwert ist der gegenseitige Abstand der beiden durch die Sonde erfassten Messringe.

ANMERKUNG 3 Wegen seiner technischen Ausgestaltung und Funktionsweise wird das 2-Punkt Sondenextensometer oft auch als „Inkremental-Extensometer“ oder „Gleitmikrometer“ bezeichnet.

3.1.10**Messbasis**

L

Gerätekongstante der 2-Punkt Extensometersonde, die den Abstand der in der Sonde eingebauten Vorrichtungen zur Erfassung der zwei Messringe spezifiziert.

ANMERKUNG L beträgt üblicherweise 1,0 m.

3.1.11**Konvergenzmessgerät**

Gerät zur Abstandsmessung zwischen zwei zugänglichen Messpunkten mit Hilfe eines Messbandes bzw. eines Verbindungsdrahtes, im Wesentlichen bestehend aus einer Einrichtung zum Vorspannen des Bands bzw. Drahts mit einer reproduzierbaren Vorspannkraft, Endstücken zum zentrierengenauen Anschluss an die Konvergenzmessbolzen sowie einer Ableseeinheit

ANMERKUNG 1 Siehe Bild 2c).

ANMERKUNG 2 Konvergenzmessgeräte werden vornehmlich im Tunnelbau eingesetzt, sind jedoch nicht auf ihn beschränkt. Mittels Wiederholungsmessungen werden die Abstandsänderungen (im Tunnelbau: „Konvergenzen“) bestimmt.

3.1.12**Konvergenzmessbolzen**

die zum verwendeten Konvergenzmessgerät passenden Messbolzen

3.2 Symbole

Für die Anwendung dieser Norm gelten die Symbole der Tabelle 1.

Tabelle 1 — Symbole

Symbol	Benennung	Einheit
i	Nummer eines Messpunktes	—
i_F	Messpunkt einer Folgemessung	—
i_O	Messpunkt der Nullmessung	—
L	Messbasis der 2-Punkt Extensometersonde	m
L_i	Länge des Verbindungselements zwischen Messkopf und Messpunkt i	m
l	Abstand zwischen Messpunkten	m
l_M	Länge eines Messringes für das induktiv wirkende 2-Punkt Sondenextensometer	m
P	Vorspannkraft für Drahtextensometer	kN
s	Abstand zwischen den Messanschlüssen von Träger- und Verbindungselementen	m
s_{Fix}	Messanschlagsabstand für Verbindungselement eines Fixpunktes	m
T	Teufe eines Extensometerbohrlochs	m
t	Zeitpunkt allgemein	s
u, v, w	Verschiebungskomponenten in x, y bzw. z -Richtung	m
w_0	Absolutverschiebung des Referenzpunktes (Extensometerkopfes) in z -Richtung	m
w_{rel}	Relativverschiebung in z -Richtung	m
Δw_i	Relativverschiebung zwischen benachbarten Messpunkten	m
x, y, z	lokale Koordinaten des Messrohres bzw. des Bohrloches	m
ε_z	Längsdehnung in z -Richtung	—

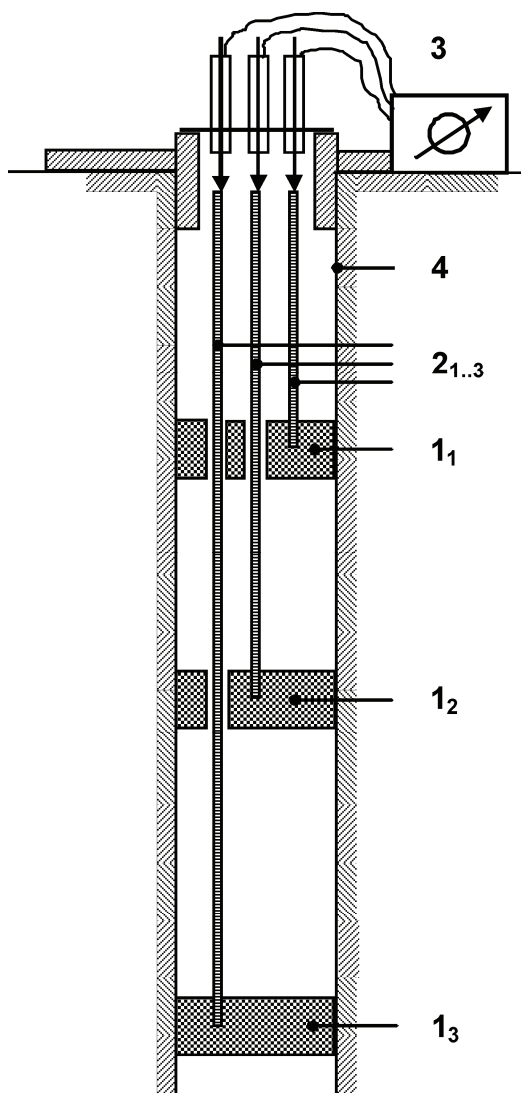
4 Messeinrichtung

4.1 Allgemeines

4.1.1 Es ist zwischen stationären und mobilen Extensometern zu unterscheiden (siehe Tabelle 2 und Bilder 1 und 2). Das Konvergenzmessgerät kann dabei als mobiles Extensometer aufgefasst werden.

Tabelle 2 — Extensometertypen

Extensometer		Merkmal	Vollautomatische Messdatenerfassung in Echtzeit
Typ	Ausführungstypen		
stationär	Einfach-/Mehrfachextensometer Stangen-/Drahtextensometer	alle Gerätekomponenten sind fest installiert	möglich
mobil	Sondenextensometer	zwischen Messpunkten händisch umzusetzende Messsonde	nicht möglich
	Konvergenzmessgerät		

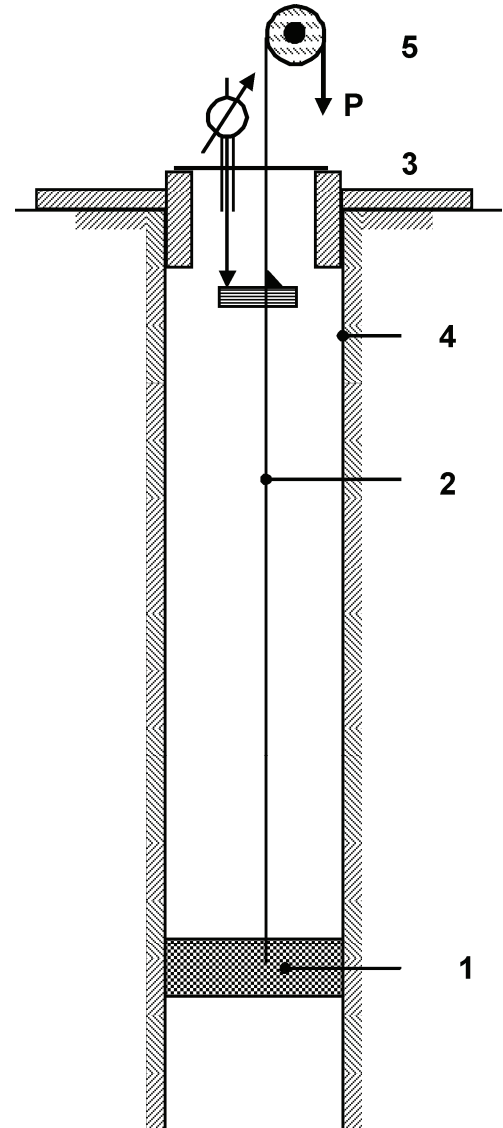


a) Stangenextensometer

Legende

- 1_{1..3} Anker 1 bis 3
 2_{1..3} Verbindungselement (Gestänge) 1 bis 3
 3 Messkopf mit Ablesevorrichtung
 4 Bohrlochwand

BEISPIEL Dreifach-Stangenextensometer mit elektrischen Wegaufnehmern



b) Drahtextensometer

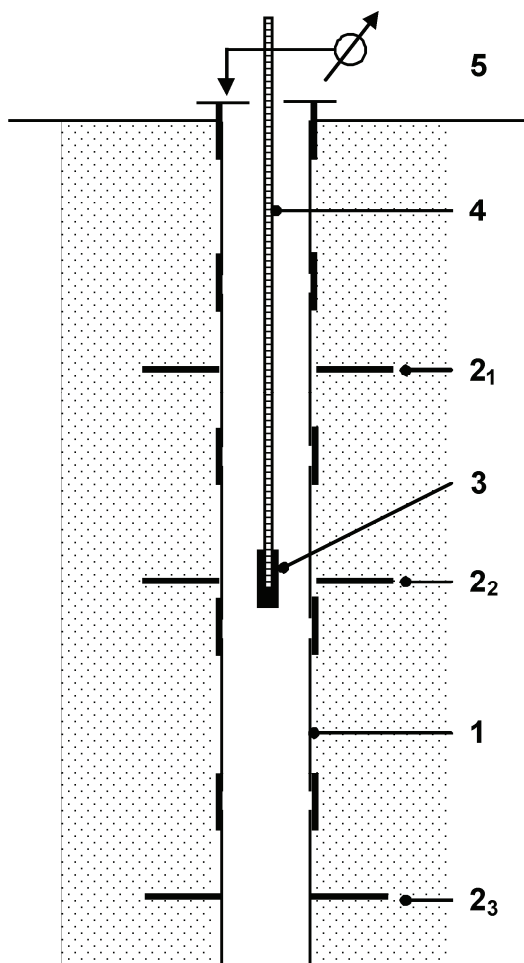
Legende

- 1 Anker
 2 Verbindungselement (Draht)
 3 Messkopf mit Ablesevorrichtung
 4 Bohrlochwand
 5 Vorspannvorrichtung

P Vorspannkraft

BEISPIEL Einfach-Drahtextensometer mit Messuhr Ablesung

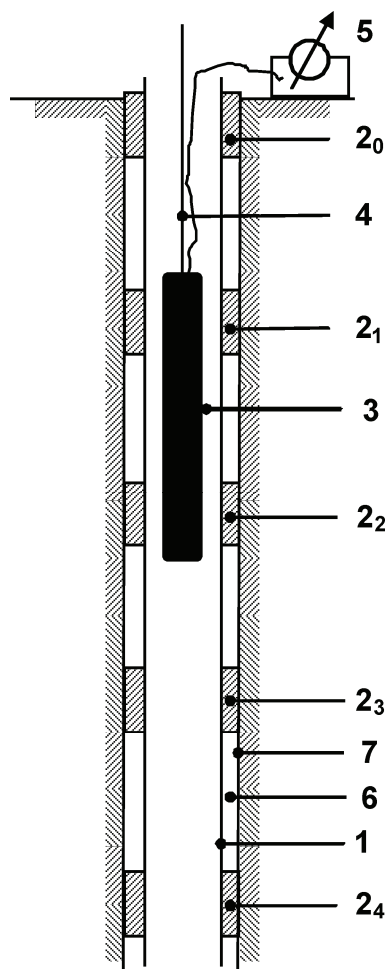
Bild 1 — Typen stationärer Extensometer



a) 1-Punkt Sondenextensometer

Legende

- 1 Messrohr
- 2_{1...3} Ankerplatten 1 bis 3 (jeweils mit eingelassenen Messringen)
- 3 Sonde in Messposition mit Ankerplatte 2
- 4 Messband
- 5 Messkopf mit Ablesevorrichtung



b) 2-Punkt Sondenextensometer

Legende

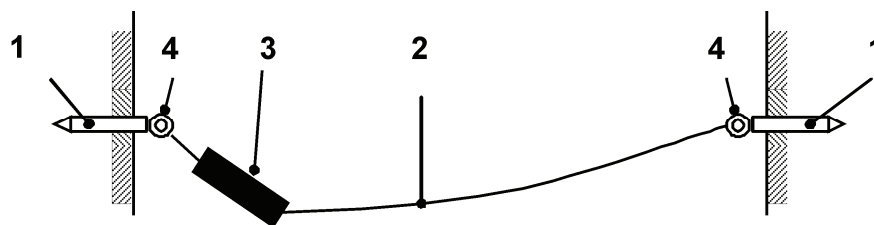
- 1 Messrohr
- 2_{0...4} Messringe 0 bis 4
- 3 Sonde in Messposition mit Messringen 1 und 2
- 4 Setzgestänge oder Zugseil
- 5 Ablesevorrichtung
- 6 Hinterfüllung
- 7 Bohrlochwand

BEISPIEL
Messrohr

Magnetsonde im teleskopierenden

BEISPIEL

Induktiv wirkende Sonde mit Messringen



c) Konvergenzmessgerät

Legende

- 1 Konvergenzmessbolzen
- 2 Messband oder Messdraht
- 3 Spannvorrichtung und Längenmesseinrichtung
- 4 Verbindungselemente

Bild 2 — Typen mobiler Extensometer

4.1.2 Abstandsänderungen zwischen Messpunkten sind durch zeitlich versetzte Extensometermessungen (Folgemessungen) und Vergleich mit der ursprünglichen Messung (Nullmessung) zu erfassen. Aus ihnen können Verschiebungen längs der Messlinie (Verschiebungskomponente w) ermittelt werden.

ANMERKUNG Zur Ermittlung der beiden anderen unabhängigen Verschiebungskomponenten u und v quer zur Messlinie siehe DIN 4107-3.

4.1.3 Die Messpunkte sind wie folgt zu definieren:

- (a) Beim stationären Extensometer: Mittelpunkt des fest mit dem Baugrund verbundenen Ankers;
- (b) Beim Sondenextensometer: Mittelpunkt des fest mit dem Baugrund verbundenen Messrings;
- (c) Beim Konvergenzmessgerät: Mittelpunkt des Messanschlages des Konvergenzmessbolzens.

4.1.4 Der Messpunkt, auf den sich die Abstandsänderungen beziehen, ist als Referenzpunkt zu bezeichnen. Falls Absolutverschiebungen zu ermitteln sind, muss für jede Messreihe die absolute Lage des Referenzpunktes mittels geodätischer Messmethoden bestimmt werden.

ANMERKUNG Referenzpunkt sollte beim stationären Extensometer der Messpunkt „0“ am Extensometerkopf und beim 1-Punkt Sondenextensometer die Messmarke am Mund des Messrohres sein. Hierzu sollten Extensometerkopf und Messmarke so ausgebildet sein, dass der Referenzpunkt geometrisch exakt definiert und gekennzeichnet ist.

4.1.5 Kann im Sonderfall vorausgesetzt werden, dass ein Messpunkt (z. B. der im Bohrlochtiefsten) während des gesamten Messzeitraums seine Lage nicht verändert, so können die Absolutverschiebungen auch ohne geodätische Messmethoden ermittelt werden. Dieser Messpunkt wird dann als Fixpunkt bezeichnet. Eine geodätische Vermessung des Extensometerkopfes bzw. Messrohrmundes dient dann der Kontrolle der Messergebnisse.

4.2 Messgeräte

4.2.1 Stationäres Extensometer

4.2.1.1 Allgemeines

Das stationäre Extensometer besteht im Wesentlichen aus Ankern, Verbindungselementen und einem Messkopf (siehe Bild 1).

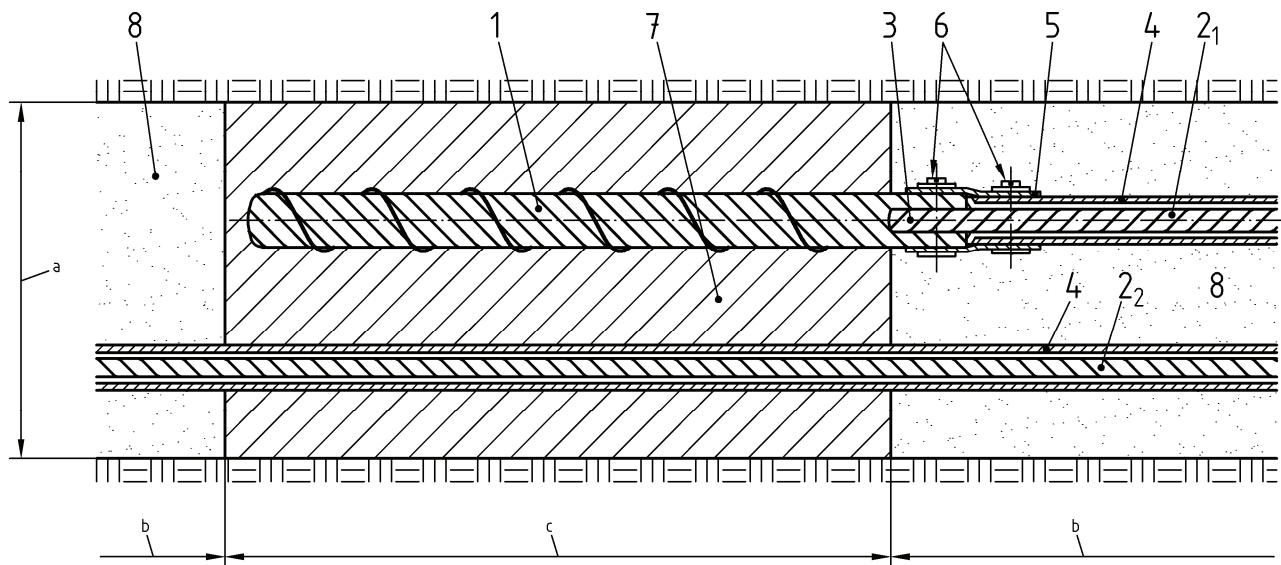
4.2.1.2 Anker

4.2.1.2.1 Der Anker muss an vorgegebener Stelle dauerhaft und fest mit dem umgebenden Medium des Baugrundes oder Bauwerkes verbunden sein, so dass die Bewegung des Mediums voll auf den Anker und das an ihm befestigte Verbindungselement übertragen wird.

4.2.1.2.2 Für die Verankerung dürfen Systeme verwendet werden, wie sie bei Felsnägeln oder -ankern eingesetzt werden (z. B. Spreizschalen, Verkeilungen, durch Federn aktivierte Spannringe, zementverpresste Bohrlochpacker, Ankervermörtelungen mit nicht schwindendem Zement- bzw. Kunstharzmörtel oder mit Ein- oder Zweikomponentenklebern).

ANMERKUNG Als Länge der Verankerung (Vermörtelungs- oder Klebestrecke) sollten mindestens 30 cm eingehalten werden (siehe Bild 3).

4.2.1.2.3 Die Werkstoffe des Extensometers sowie die bei der Installation verwendeten Mörtel und Kleber müssen mit dem umgebenden Boden und Fels und mit dem Grundwasser verträglich sein. Sie dürfen andere Messungen im Bohrloch (z. B. Temperatur, Grundwasserstand, Grundwasserleitfähigkeit) nicht beeinträchtigen, und ihre mechanischen und chemischen Eigenschaften dürfen sich über die Dauer des Messprojektes nicht verändern. In besonderen Fällen kann es erforderlich sein, hierzu vor dem Einbau des Extensometers für die erwarteten Umweltbedingungen aussagefähige Eignungsprüfungen durchzuführen.



Legende

- 1 Anker (Rippenstahl)
- 2₁ mit Anker verbundenes Verbindungselement
- 2₂ durchlaufendes Verbindungselement
- 3 Kopplungsstelle Anker/Gestänge
- 4 Schutzrohr
- 5 Gummimanschette
- 6 Schelle
- 7 Vermörtelung
- 8 Bohrlochverfüllung

- a Bohrlochdurchmesser
- b Bohrlochverfüllungstrecke
- c Vermörtelungstrecke ≥ 30 cm

Bild 3 — Im Bohrloch vermörtelter Anker eines Mehrfach-Stangenextensometers mit einem angebundenen und einem durchlaufenden Verbindungselement

4.2.1.2.4 Bauart und Wirkungsweise der Anker müssen vom Hersteller für jedes Extensometersystem beschrieben werden. Dabei ist anzugeben, ob für die Installation, ggf. auch für eine Nachverpressung oder Nachspannung, Schläuche oder Leitungen im Bohrloch verbleiben müssen.

4.2.1.3 Verbindungselement

4.2.1.3.1 Das Verbindungselement zwischen Anker und Messkopf bestimmt weitgehend die erzielbare Messgenauigkeit des Extensometers. Es können Stahlgestänge oder mit einer Schutzummantelung versehene Glasfaserstäbe („Stangenextensometer“) oder Stahldrähte („Drahtextensometer“) eingesetzt werden. Die Temperatur-Dehnungskennwerte der Verbindungselemente müssen bekannt sein. Die Auswahl des geeigneten Werkstoffs und Querschnitts ist von der Messaufgabe, den Umgebungsbedingungen, der geforderten Messgenauigkeit und von der Länge der Messstrecke abhängig (siehe Tabelle 3). Sofern das Verbindungselement an den Ankern abgekoppelt werden kann (z. B. mittels Schraub- oder Bajonettverschluss), ist sicherzustellen, dass an den Koppelstellen kein Spiel vorhanden ist, das die angestrebte Messgenauigkeit überschreitet.

4.2.1.3.2 Das Verbindungselement muss vor mechanischer Beschädigung geschützt werden. Ferner dürfen keine Verfälschungen der Messergebnisse durch Reibung auftreten. Werden mehrere Verbindungselemente zum Referenzpunkt geführt (Mehrfachextensometer), so muss insbesondere im Bereich der Anker die Verschiebbarkeit der Verbindungselemente untereinander gewährleistet sein. Dazu können Schutzrohre aus Kunststoff verwendet werden, die jeweils ein Verbindungselement aufnehmen (siehe Bild 3). Wie das Verbindungselement selbst müssen auch die Schutzrohre geradlinig, eventuell mit Hilfe von Abstandshaltern in das Bohrloch eingebaut werden. Damit die Längenverschiebbarkeit des Verbindungselementes innerhalb des Schutzrohres auf Dauer sichergestellt ist, muss der Anschluss des Schutzrohres an den Anker flexibel, aber dennoch dicht gegen das Eindringen von Boden oder Verpressmittel hergestellt werden. Für länger andauernde Messprogramme und tiefe Bohrlöcher ist eine vollständige Bohrlochverfüllung mit geeignetem Material (z. B. hydraulisch abbindender Mörtel, Sand oder Feinkies) erforderlich. Die Verfüllung muss dabei nach dem Grundsatz erfolgen, eine eventuell vorhandene hydraulische Trennung zwischen verschiedenen Grundwasserstockwerken beizubehalten (siehe auch DIN EN ISO 22475-1:2006, 5.5.4). Hinsichtlich der Steifigkeit der Verfüllmaterialien gilt 5.2.2.3.

4.2.1.3.3 Das Schutzrohr muss so dimensioniert sein, dass es dem Druck des Grundwassers sowie einer eventuellen Bohrlochverpressung oder -verfüllung widersteht.

4.2.1.3.4 Messdrähte müssen für die Messung vorgespannt werden. Es ist eine konstante Vorspannkraft zu wählen, für die das Ablesegerät kalibriert ist. Wird die Vorspannkraft verändert, so muss der Messwert um die dadurch hervorgerufene Dehnung des Drahtes korrigiert werden.

4.2.1.4 Messkopf und Ablesevorrichtung

4.2.1.4.1 Am Extensometerkopf enden die Verbindungselemente. Der Extensometerkopf muss aus einem Trägerelement und den Messansschlägen am Verbindungselement und am Trägerelement bestehen (siehe Bild 4). Das Trägerelement ist am Bohrlochmund dauerhaft und fest mit dem Baugrund zu verbinden. Je nach Anordnung am Bohrlochmund kann es sich hierbei um eine aufmontierte Kopfplatte (siehe Bild 4 a) und 4 b)) oder um einen im Bohrloch versenkten Extensometerkopf (siehe Bild 4 c)) handeln. Auf dem Trägerelement müssen sich für jedes Verbindungselement die Messansschläge für die Ableseeinrichtung befinden. Innerhalb der Messansschläge verlaufen die Schutzrohrenden sowie die frei längenverschieblichen Verbindungselemente, an deren Enden die Messansschläge der Verbindungselemente befestigt sein müssen.