

DIN EN ISO 18674-2

ICS 13.080.20; 93.020

Einsprüche bis 2015-09-24
Vorgesehen als Ersatz für
DIN 4107-2:2011-03**Entwurf**

**Geotechnische Erkundung und Untersuchung –
Geotechnische Messungen –
Teil 2: Verschiebungsmessungen entlang einer Messlinie: Extensometer
(ISO/DIS 18674-2:2015);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 18674-2:2015**

Geotechnical investigation and testing –
Geotechnical monitoring by field instrumentation –
Part 2: Measurement of displacements along a line: Extensometers
(ISO/DIS 18674-2:2015);
German and English version prEN ISO 18674-2:2015

Reconnaissance et essais géotechniques –
Mesures géotechniques –
Partie 2: Mesure de déplacement le long d'une ligne par extensomètre
(ISO/DIS 18674-2:2015);
Version allemande et anglaise prEN ISO 18674-2:2015

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-07-24 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 92 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 18674-2:2015) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 182 „Geotechnics“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 341 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-05-09 AA „Baugrund; Feldversuche (SpA zu CEN/TC 341/WG 1, WG 2, WG 3 und WG 5 sowie ISO/TC 182/SC 1/WG 4)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des Dokuments prEN ISO 18674-2 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN 4107-2:2011-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Inhalt der nationalen Norm übernommen;
- b) komplette redaktionelle Überarbeitung.

Geotechnische Erkundungen und Untersuchungen — Geotechnische Messungen — Teil 2: Verschiebungsmessungen entlang einer Messlinie: Extensometer (ISO/DIS 18674-2:2015)

Reconnaissance et essais géotechniques — Mesures géotechniques — Partie 2 : Mesure de déplacement le long d'une ligne par extensomètre (ISO/DIS 18674-2:2015)

Geotechnical investigation and testing — Geotechnical monitoring by field instrumentation — Part 2: Measurement of displacements along a line: Extensometers (ISO/DIS 18674-2:2015)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

STD Version 2.6j

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Symbole	5
3.1 Begriffe	5
3.2 Symbole	7
4 Messeinrichtung	9
4.1 Allgemeines	9
4.2 Stationäres Extensometer	12
4.2.1 Messpunkte	12
4.2.2 Verbindungselemente	12
4.2.3 Messkopf und Anzeigegerät	13
4.3 Sondenextensometer	14
4.3.1 Messpunkte und Führungsrohr	14
4.3.2 Sonde	15
4.4 Bandextensometer (Konvergenzband)	15
4.5 Messbereich und Fehlergrenze	16
4.6 Geotechnische Anwendungen	17
5 Einbau und Messdurchführung	17
5.1 Einbau	17
5.1.1 Oberflächenkomponenten	17
5.1.2 Einbau in Bohrlöchern und Auffüllungen	18
5.1.3 Stationäres Extensometer	18
5.1.4 Sondenextensometer	19
5.1.5 Bandextensometer	19
5.2 Messdurchführung	19
5.2.1 Geräteüberprüfung und Kalibrierung	19
5.2.2 Messung	20
6 Datenverarbeitung und Auswertung	20
7 Berichterstattung	20
7.1 Installationsbericht	20
7.2 Überwachungsbericht	20
Anhang A (normativ) Messung und Auswertungsverfahren	21
A.1 Stationäres Extensometer	21
A.1.1 Messverfahren	21
A.1.2 Auswertungsverfahren	21
A.2 Sondenextensometer	24
A.2.1 Messverfahren	24
A.2.2 Auswertungsverfahren	25
A.3 Bandextensometer	28
A.3.1 Messverfahren	28
A.3.2 Auswertungsverfahren	28
Anhang B (informativ) Beispiele für Messungen	29
B.1 Stationäre Mehrfachextensometer	29
B.2 Ziehbares Kettenextensometer bei Pfahlbelastungsprüfung	33

B.3	Stationäres Kettenextensometer	36
B.4	1-Punkt-Sondenextensometer in einem Dammbau	39
B.5	2-Punkt-Sondenextensometer in oberflächennahem Tunnelbau.....	41
	Literaturhinweise	45

Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 18674-2:2015) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 182 „Geotechnische Untersuchung“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 341 „Geotechnische Untersuchung“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

EN ISO 18674, *Geotechnische Erkundungen und Untersuchungen — Geotechnische Messungen* besteht aus folgenden Teilen:

- *Teil 1: Allgemeine Regeln*
- *Teil 2: Verschiebungsmessungen entlang einer Messlinie: Extensometer*
- *Teil 3: Verformungsmessungen senkrecht zu einer Linie: Inklinometer*
- *Teil 4: Piezometer*
- *Teil 5: Kraftmessungen*
- *Teil 6: Hydraulische Setzungszellen*
- *Teil 7: Dehnungsmesszellen*
- *Teil 8: Druckkissen*
- *Teil 9: Geodätische Messinstrumente*
- *Teil 10: Erschütterungsmessinstrumente*

ANMERKUNG Die Teile 3 bis 10 befinden sich derzeit in Erarbeitung.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 18674-2:2015 wurde vom CEN als prEN ISO 18674-2:2015 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für geotechnische Verschiebungsmessungen entlang einer Messlinie mit Hilfe eines Extensometers. Sie ist zusammen mit EN ISO 22474-1 anzuwenden.

Diese Norm gilt insbesondere für

- die Erkundung von Böden und Fels,
- die Prüfung geotechnischer Kennwerte im Zusammenhang mit der Beobachtungsmethode,
- die Ableitung geotechnischer Kennwerte (z. B. von Pfahlprobelbelastungen oder Probestollen),
- die Beurteilung der Standsicherheit vor, während und nach dem Bau (z. B. bei natürlichen Böschungen, Böschungseinschnitten, Aufschüttungen, Baugrubenwänden, Gründungen, Dämme, Mülldeponien, Tunneln).

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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).

EN ISO 22474-1, *Geotechnical investigation and testing — Geotechnical monitoring by field instrumentation — Part 1: General rules*

EN ISO 22474-3, *Geotechnical investigation and testing — Geotechnical monitoring by field instrumentation — Part 3: Displacement measurement across a line: Inclinometers and deflectometers*

ANMERKUNG Weitere Teile zu Piezometern, Gesamtdruckmessdosen, hydrostatischen Setzungsmessern, Dehnungsmessstreifen, Kraftmessdosen, geodätischen Überwachungsgeräten und Überwachungsgeräten für Vibrationen befinden sich in der Erarbeitung.

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

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN ISO 22474-1 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

Extensometer

Feldmessgerät zur Überwachung der Abstandsänderungen zwischen zwei oder mehreren Messpunkten, die entlang einer Messlinie angeordnet sind

ANMERKUNG 1 Die Überwachung solcher Änderungen ermöglicht das Bestimmen einer Verschiebung von Messpunkten entlang der Messlinie.

ANMERKUNG 2 Am Messpunkt werden die Bewegungen des untersuchten Mediums (z. B. Boden, Fels, Beton und Stahlkonstruktionen) durch Bauteile wie Anker, Ringe oder Bolzen auf den Messpunkt übertragen (siehe 4.1.6).

ANMERKUNG 3 Die Messpunkte im Baugrund werden typischerweise in Bohrlöchern eingerichtet. Die Messlinie entspricht dann der Bohrlochachse.

3.1.2

stationäres Extensometer (siehe Bild 1)

dauerhaft montiertes Extensometer, das im Wesentlichen aus Anker(n), (einem) Verbindungselement(en) und aus wenigstens einem Messkopf besteht

ANMERKUNG 1 Jedes Verbindungselement ist mit einem Anker fest verbunden und kann sich frei entlang der Messlinie bewegen.

ANMERKUNG 2 Messköpfe befinden sich im Allgemeinen an einem Ende der Messlinie. Beim Durchführen der Messungen werden sie als Referenzmesspunkte verwendet.

3.1.2.1

Stangenextensometer (siehe Bild 1a))

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

ANMERKUNG Übliche Werkstoffe für Stangen sind Stahl oder Glasfaser.

3.1.2.2

Drahtextensometer (siehe Bild 1b))

stationäres Extensometer, dessen Verbindungselement ein Draht ist

3.1.2.3

Einfachextensometer (siehe Bild 1b))

stationäres Extensometer mit nur einer Verankerung

3.1.2.4

Mehrfachextensometer (siehe Bild 1a))

stationäres Extensometer mit mehr als einer Verankerung

ANMERKUNG In der geotechnischen Praxis sind bis zu sechs Ankerpunkte üblich.

3.1.2.5

Kettenextensometer (siehe Bild 1c))

stationäres Extensometer, das aus einer Reihe einzelner Extensometerelemente besteht

3.1.3

Sondenextensometer (siehe Bild 2)

Extensometer, dessen Verbindungselement eine bewegliche Einheit ist

ANMERKUNG Sondenextensometer können 1-Punkt-Sondenextensometer (siehe 3.1.3.1) oder 2-Punkt-Sondenextensometer (siehe 3.1.3.2) sein.

3.1.3.1

1-Punkt-Sondenextensometer (siehe Bild 2a))

Extensometer, das im Wesentlichen bestehend aus einer Messsonde und einem Führungsrohr mit Messmarken, in dem an der Messposition nur eine Messmarke mit der Sonde zusammenwirkt

ANMERKUNG 1 Das Verbindungselement ist eine aus dem Messkabel und der Sonde bestehende Einheit. Der Messwert ist der Abstand zwischen der Messmarke und der Bezugsmarkierung am Kopf des Führungsrohrs.

ANMERKUNG 2 Wegen der konstruktiven Ausführung, Funktionsweise und üblichen geotechnischen Verwendung wird das 1-Punkt-Sondenextensometer im Allgemeinen als „Magnet-Extensometer“ oder als „Magnet-Setzungslot“ bezeichnet.

3.1.3.2

2-Punkt-Sondenextensometer (siehe Bild 2b))

Extensometer, im Wesentlichen bestehend aus einer Messsonde und einem Führungsrohr mit Messmarken, in dem an der Messposition zwei Messmarken mit der Sonde zusammenwirken

ANMERKUNG 1 Das Verbindungselement ist die Messsonde. Als Messwert wird der Abstand zwischen den beiden Messmarken, die mit der Sonde wechselwirken, erfasst.

ANMERKUNG 2 Wegen der konstruktiven Ausführung, Funktionsweise und üblichen geotechnischen Verwendung wird das 2-Punkt-Sondenextensometer im Allgemeinen als „inkrementelles Extensometer“ oder als „Gleitmikrometer“ bezeichnet.

3.1.3.3

Messbasis

L

Abstand der beiden Messeinheiten der 2-Punkt-Extensometersonde, die mit den entsprechenden Messmarken zusammenwirken

ANMERKUNG *L* beträgt üblicherweise 1 m.

3.1.4

Bandextensometer (siehe Bild 3)

Extensometer zur Abstandsmessung zwischen zwei zugänglichen Messpunkten mit Hilfe eines Messbandes, das im Wesentlichen aus einer Vorrichtung zum Vorspannen des Bands mit einer reproduzierbaren Zugkraft, zwei Endstücken zum Anschluss der Vorrichtung an die Konvergenzmessbolzen sowie einer Anzeigeeinheit besteht

ANMERKUNG Üblicherweise werden Bandextensometer im Tunnelbau eingesetzt. Durch Folgemessungen werden die Abstandsänderungen zweier Messpunkte in der Tunnelwand (im Tunnelbau „Konvergenzen“ genannt) bestimmt. Aus diesem Grund werden Bandextensometer allgemein als „Konvergenzbänder“ bezeichnet.

3.1.4.1

Konvergenzmessbolzen

zum verwendeten Typ des Bandextensometers passende Messbolzen

3.2 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Symbole in Tabelle 1.

Tabelle 1 — Symbole

Symbol	Bezeichnung	Einheit
d	Bohrlochtiefe	m
d_i	Abstands des Messpunkts i vom Messkopf	m
F	Index für eine Folgemessung	—
H	Höhe des Messkopfes über Normalnull	m
i	Nummer eines Messpunkts	—
K_T	Korrekturgröße für die Temperatur	—
L	Messbasis des 2-Punkt-Sondenextensometers	m
L_i	Länge des Verbindungselements zwischen Messkopf und Messpunkt i	m
l	Abstand zwischen Messpunkten	m
l_M	Länge eines Messringes für das 2-Punkt-Sondenextensometer	m
n	Gesamtzahl der Messpunkte entlang der Messlinie	—
P	Zugkraft des Drahtextensometers	kN
R	Index für die Referenzmessung	—
s	Ablesewert für die Verschiebung	m
T	Temperatur	K
t	verstrichene Zeit	s
u, v, w	Verschiebungskomponenten in x, y bzw. z -Richtung	m
w_0	Komponente für die Absolutverschiebung des Messkopfes in z -Richtung	m
$w_{i \text{ rel}}$	Komponente für die Relativverschiebung in z -Richtung	m
$\Delta w_{i, i-1}$	Relativverschiebung zwischen zwei Messpunkten	m
x, y, z	lokale Koordinaten für Messpunkte an einem Führungsrohr bzw. in einem Bohrloch	m
α_T	linearer Wärmeausdehnungskoeffizient	K ⁻¹
ε_z	Längsdehnung in z -Richtung	—

ANMERKUNG Symbole, die mehr als eine Bedeutung haben (z. B. d, L), sind durch ihren Nutzungskontext voneinander unterscheidbar.

4 Messeinrichtung

4.1 Allgemeines

4.1.1 Es ist zwischen folgenden Extensometern zu unterscheiden: stationäre Extensometer, Sondenextensometer und Bandextensometer (siehe Tabelle 2 und Bilder 1 bis 3).

Tabelle 2 — Extensometertypen

Extensometer			Merkmal	Automatische Datenerfassung
Nr.	Typ	Ausführung		
1	stationär (siehe 4.2)	stationärer Einfach-/Mehrfachextensometer Stangen-/Drahtextensometer	sämtliche Bestandteile der Messeinrichtung sind dauerhaft im Baugrund oder an zugänglichen Oberflächen installiert	möglich
2	Sonde (siehe 4.3)	1-Punkt-Sondenextensometer/ 2-Punkt-Sondenextensometer	Messeinheit wird der Reihe nach in die Messpositionen bewegt	nicht üblich
3	Band (siehe 4.4)	Stahl-/Draht-Bandextensometer		

4.1.2 Abstandsänderungen zwischen Messpunkten sind durch einen Vergleich der Messwerte mit denjenigen der Referenzmessung zu erfassen. Verschiebungen der Messpunkte längs der Messlinie sind nach Anhang A zu ermitteln.

4.1.3 Eine Abstandsvergrößerung zwischen zwei Messpunkten (= Extension) muss einen positiven Wert erhalten.

4.1.4 Der Punkt, auf den sich die Extensometermessungen beziehen, ist als „Referenzpunkt“ zu kennzeichnen.

4.1.5 Bei Absolutmessungen sind die Koordinaten des Referenzpunktes unabhängig zu bestimmen oder als feststehend anzunehmen und zu verifizieren.

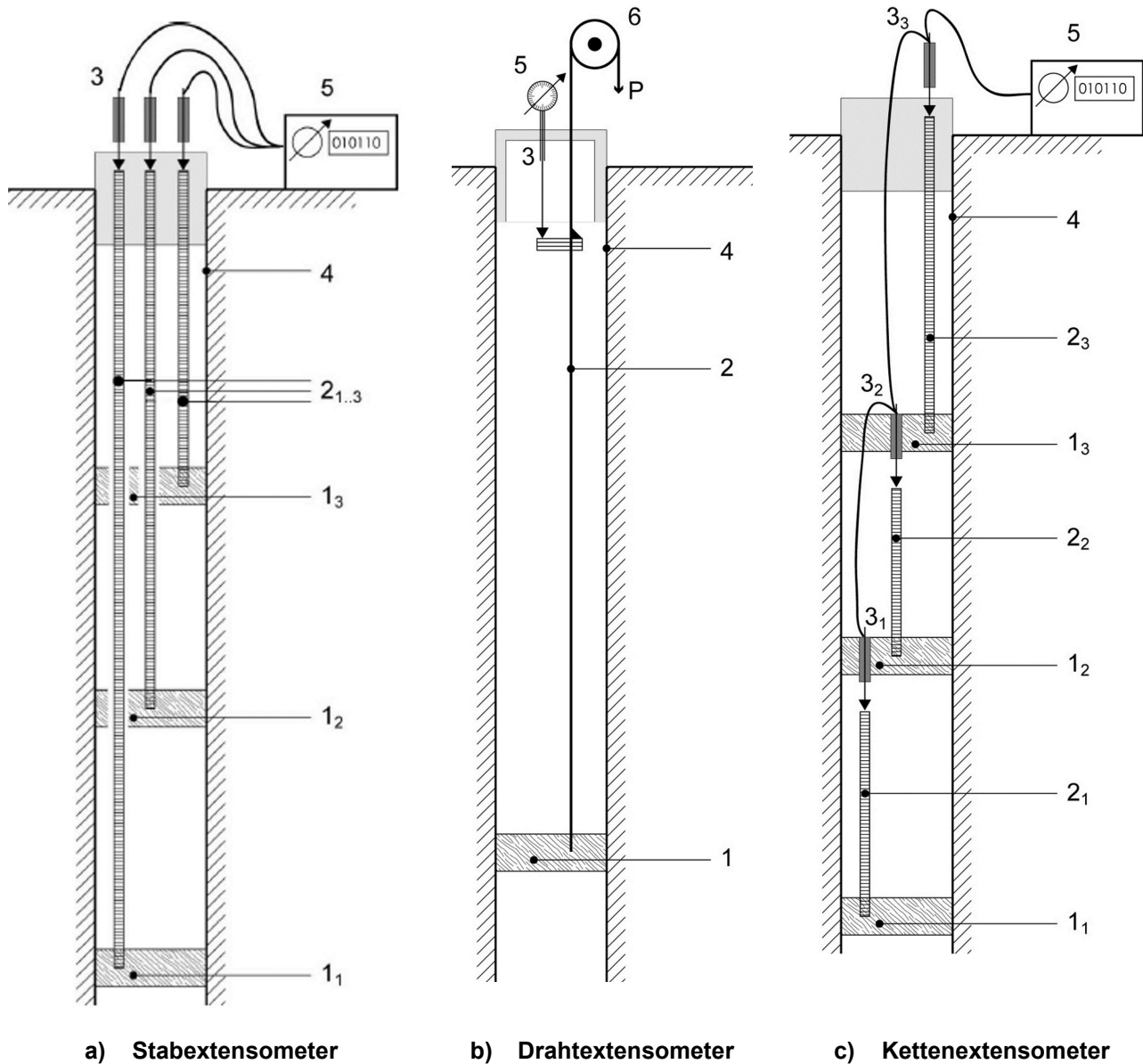
ANMERKUNG Falls davon ausgegangen wird, dass sich der Referenzpunkt am tiefsten Anker befindet, kann die Untersuchung des Messkopfs als Überprüfung dienen.

4.1.6 Extensometer-Messpunkte sind durch Bauteile wie Anker, Messringe oder Bolzen zu markieren. Die Messpunkte dieser Bauteile sind wie folgt festzulegen:

- bei Ankern der Mittelpunkt des Ankers;
- bei Messringen der Mittelpunkt des Messrings;
- bei Messbolzen der Mittelpunkt des Bolzenkopfes (bei Schraubverbindungen) oder der Mittelpunkt des Auges (bei Ösen/Hakenverbindung).

4.1.7 Es muss sichergestellt sein, dass das Hilfsmittel, das einen Messpunkt markiert, so eingerichtet wurde, dass es fest mit dem Medium verbunden ist, so dass jede Bewegung des Mediums am Messpunkt vollständig auf das Hilfsmittel übertragen wird.

4.1.8 Die Messeinrichtung darf den Zustand des untersuchten Mediums nicht wesentlich beeinflussen und darf im Gegenzug auch nicht wesentlich durch das Medium in ihrer Funktionalität beeinflusst werden (siehe EN ISO 22474-1, 5.1 und 5.2).



Legende

- 1_{1...3} Anker 1 bis 3
- 2_{1...3} Verbindungselement 1 bis 3
- 3 Messkopf
- 4 Bohrlochwand
- 5 Anzeigegerät

BEISPIEL

Dreifach-Stabextensometer mit elektrischem Verschiebungsaufnehmer

Legende

- 1 Anker
- 2 Verbindungselement (Draht)
- 3 Messkopf
- 4 Bohrlochwand
- 5 Anzeigegerät
- 6 Zugvorrichtung
- P Vorspannkraft

BEISPIEL

Einfach-Drahtextensometer mit Messuhrablesung

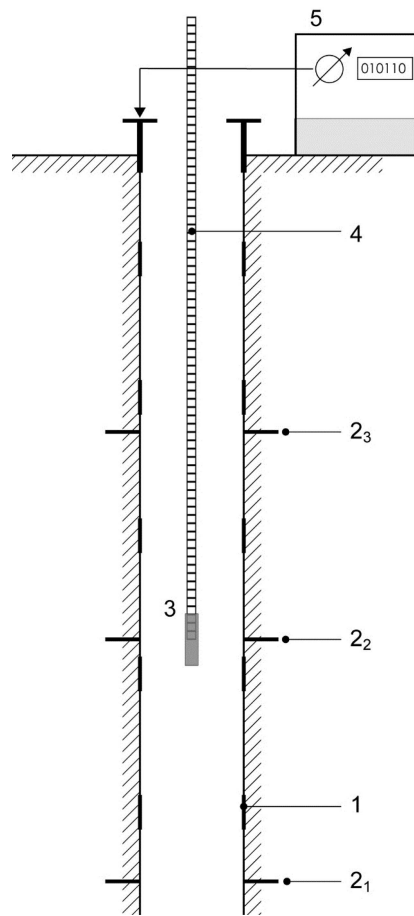
Legende

- 1_{1...3} Anker 1 bis 3
- 2_{1...3} Verbindungselement 1 bis 3
- 3_{1...3} einzelne Messköpfe 1 bis 3
- 4 Bohrlochwand
- 5 Anzeigegerät (Signalempfänger)

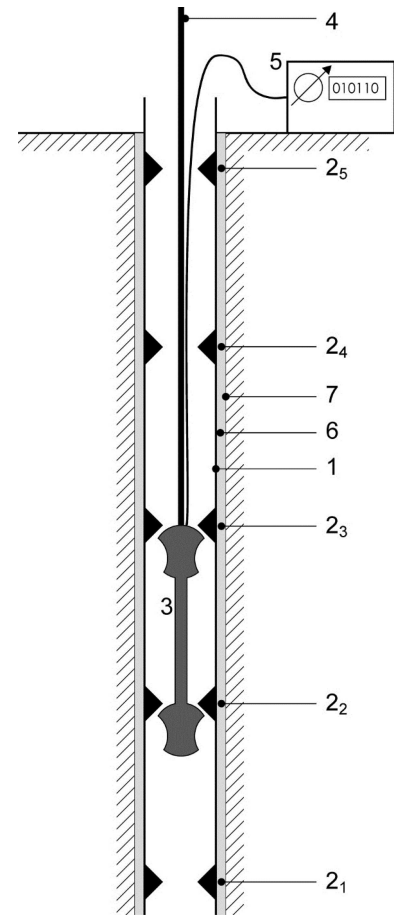
BEISPIEL

Dreifach-Kettenextensometer mit elektrischem Verschiebungsaufnehmer

Bild 1 — Beispiele für stationäre Extensometertypen



a) 1-Punkt-Sondenextensometer



b) 2-Punkt-Sondenextensometer

Legende

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

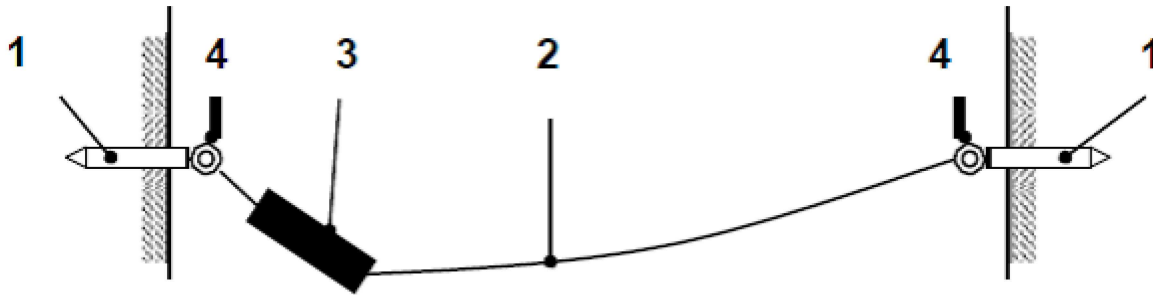
Legende

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

BEISPIEL

Magnetsonden-Extensometer in teleskopierender Verrohrung

Bild 2 — Beispiele für Sondenextensometer



Legende

- 1 Konvergenzmessbolzen
- 2 Messband (oder Messdraht)
- 3 Vorrichtung zum Vorspannen des Bandes (oder Drahts) und Anzeigegerät
- 4 Kupplung

Bild 3 — Darstellung eines Bandextensometers in seiner Grundausführung

4.2 Stationäres Extensometer

4.2.1 Messpunkte

Die Hilfsmittel zur Markierung der Messpunkte sollten in ihren Funktionen ähnlich denen sein, die bei Felsnagelungen und Verankerungsarbeiten eingesetzt werden.

BEISPIEL Verkeilungen, Spreizschalen, durch Federn aktivierte Spannringe, zement- oder kunstharzverpresste Bohrlochpacker, Ankervermörtelungen mit schwundfreiem Zement.

ANMERKUNG Die Bewegung der Messpunkte wird auch auf das angefügte Verbindungselement übertragen.

4.2.2 Verbindungselemente

4.2.2.1 Bei Stabextensometern sollte eine Folge miteinander verbundener Stahlstäbe oder ein durchgehend glasfaserverstärkter Kunstharzstab verwendet werden, bei Draht-Extensometern sollten Stahldrähte verwendet werden.

4.2.2.2 Die Auswahl des geeigneten Werkstoffs und des Querschnitts der Verbindungselemente sollte durch die Messaufgabe, die Umgebungsbedingungen, die Messunsicherheit und durch die Länge der Messstrecke bestimmt werden (siehe Tabelle 3).

4.2.2.3 Sofern ein Verbindungselement zeitweise von seiner Befestigungsvorrichtung am Messpunkt abgekoppelt werden kann, ist sicherzustellen, dass das Spiel an den Kuppelstellen nicht außerhalb der vorge-sehene Messgenauigkeit des Systems liegt.

BEISPIEL Schraubkupplungen oder Bajonettverschlüsse der Verbindungselemente an den Ankern.

ANMERKUNG Quer zur Achse des Bohrlochs verlaufende Bewegungen oder ein Verschluss des Bohrlochs können das Verbindungselement blockieren und die Funktionalität des Extensometers beeinflussen. Die Funktionalität eines Extensometers kann durch regelmäßiges Entkuppeln eines Verbindungselements überprüft werden.

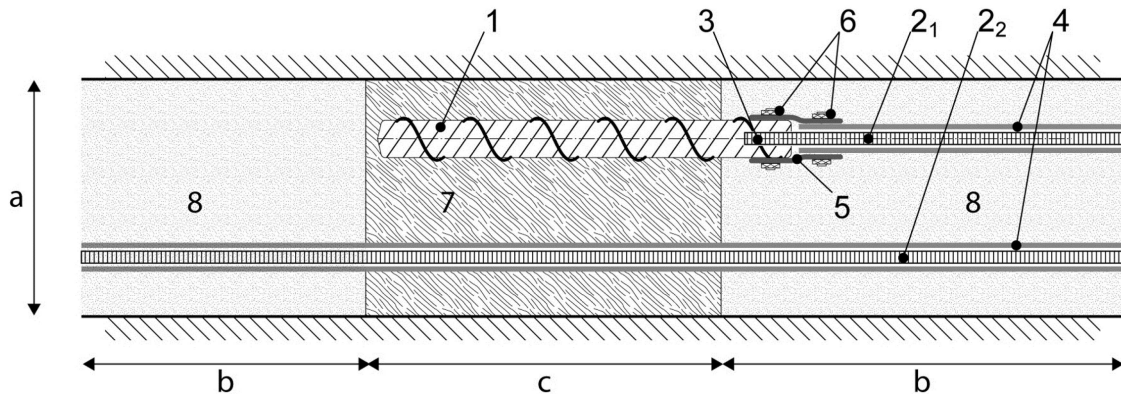
4.2.2.4 Der Wärmeausdehnungskoeffizient des Verbindungselements muss festgelegt werden. Dabei sollten Temperaturunterschiede innerhalb des Systems berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Temperaturverursachte Längenänderungen der Verbindungselemente können einen wesentlichen Einfluss auf die Genauigkeit eines Extensometersystems haben. Die Messung der Temperaturgradienten entlang des Extensometers durch eine Reihe von Temperaturmessfühlern kann bei der Entwicklung eines geeigneten Ausgleichs für die Temperaturänderungen hilfreich sein (siehe Messbeispiel Anhang B.1).

4.2.2.5 Die freie Bewegung der Verbindungselemente gegeneinander muss sichergestellt sein, insbesondere dort, wo die Verbindungselemente an Ankern vorbeilaufen (siehe Bild 4).

4.2.2.6 Die zwischen den Verbindungselementen und einem Schutz auftretende Reibung darf die Messung nicht beeinflussen.

4.2.2.7 Bei Draht-Extensometern müssen die Verbindungselemente vor der Messung gespannt werden. Es muss eine konstante Vorspannkraft anliegen. Die Kalibrierung des Anzeigegeräts muss unter Berücksichtigung der festgelegten Vorspannkraft erfolgt sein. Für den Fall, dass die Vorspannkraft geändert wurde, müssen die gemessenen Werte entsprechend korrigiert werden.



Legende

1	Anker	6	Schelle
2 ₁	mit Anker verbundenes Verbindungselement	7	Vermörtelung
2 ₂	Verbindungselement zum benachbarten Anker (nicht eingezeichnet)	8	Bohrlochauffüllung
3	Kupplungsanker/Verbindungselement	a	Bohrlochdurchmesser
4	Schutzrohr	b	aufgefüllter Bohrlochabschnitt
5	Gummimanschette	c	vermortelter Ankerbereich ≥ 30 cm

Bild 4 — Im Bohrloch vermortelter Anker eines Mehrfach-Stabextensometers mit einem am Anker befestigten Verbindungselement und einem durchlaufenden Verbindungselement

4.2.3 Messkopf und Anzeigegerät

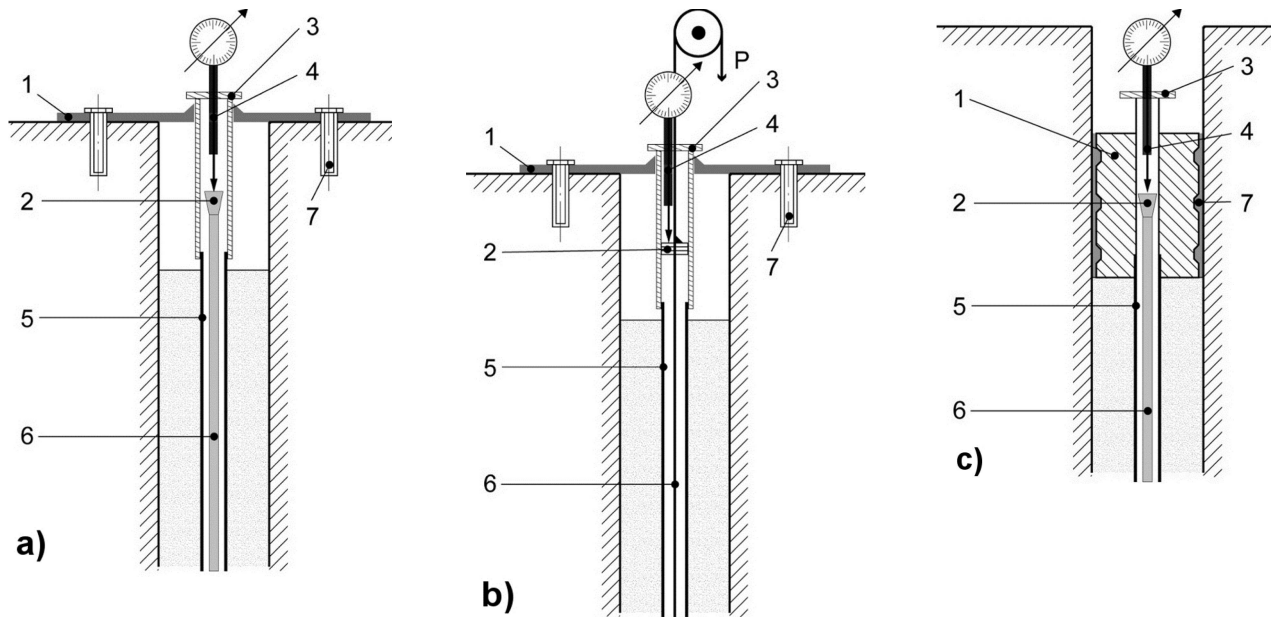
4.2.3.1 Die Verbindungselemente enden am Extensometerkopf. Der axiale Abstand zwischen der Messmarke am Messkopf und der Messmarke des Verbindungselements ist zu messen.

BEISPIEL Siehe Bilder 1a), 1c) und 5.

ANMERKUNG Übliche Entfernungsmesser sind mechanische Messuhren, elektrische Verschiebungsaufnehmer und topographische Ebenen.

4.2.3.2 Bei verschiedenen Anwendungen kann es erforderlich sein, die Verbindungselemente (einschließlich der Schutzrohre) im Verlauf des Überwachungsprojekts zu kürzen oder zu verlängern. Falls das Eintreten einer solchen Situation wahrscheinlich ist, sollten im Rahmen des Überwachungsplans Vorkehrungen getroffen werden und das Extensometersystem entsprechend ausgelegt sein.

BEISPIEL Das Kürzen bzw. Verlängern des Verbindungselements ist erforderlich, wenn der Messbereich des Entfernungsmessers überschritten wird.



Legende

- a Stabextensometer mit Kopfplatte
- b Drahtextensometer mit Kopfplatte
- c Stabextensometer mit versenktem Kopf

- 1 Kopfeinheit (Kopfplatte oder versenkter Kopf)
- 2 Messanschlag am Verbindungselement
- 3 Messanschlag der Kopfplatte
- 4 Messuhr (mechanisch)
- 5 Schutzrohr
- 6 Verbindungselement (Stab, Draht)
- 7 Befestigung der Kopfeinheit (Verdübelung, Einzementierung)

Bild 5 — Anordnungsarten für Messköpfe bei stationären Extensometern

4.3 Sondenextensometer

4.3.1 Messpunkte und Führungsrohr

4.3.1.1 Jeder Messpunkt sollte durch einen Ring gekennzeichnet sein, der entweder in das Medium eingelassen ist oder an diesem befestigt wurde (siehe Bild 6). Der Ring darf ein Bestandteil des Führungsrohrs sein.

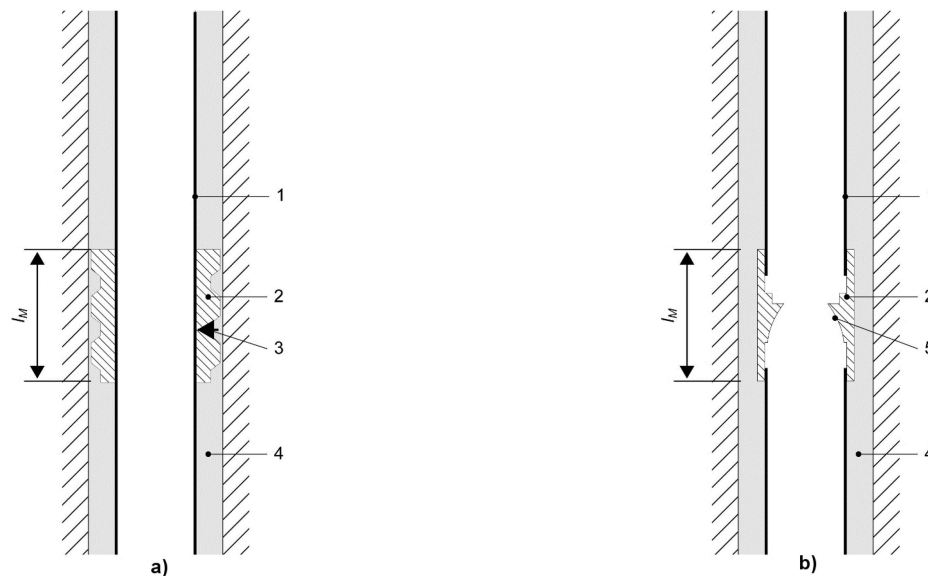
4.3.1.2 Das Führungsrohr darf die Bewegung der Messringe nicht beeinflussen.

4.3.1.3 Bei 1-Punkt-Sondenextensometern (siehe Bild 2a) und PrEx1 in Tabelle 3) können die Messpunkte an jeder Stelle entlang der Messlinie angebracht werden.

4.3.1.4 Bei 2-Punkt-Sondenextensometern (siehe Bild 2b) und Bild 5 sowie PrEx 2-1 und PrEx 2-2 in Tabelle 3) müssen Messringe verwendet werden, die mit der Art der verwendeten Sonde kompatibel sind. Die Messpunkte müssen entsprechend der Messbasis abstandsgleich verteilt sein (siehe 3.1.3.3), wobei die zulässige Abweichung vom Messbereich der Sonde abhängig ist (siehe Tabelle 3).

4.3.1.5 Flüssigkeitsdrücke oder Drücke des Baugrunds, die sich während des Einbaus oder im Verlauf der Messdauer aufbauen können, sind bei der Wahl des Führungsrohrs zu berücksichtigen.

4.3.1.6 Erdaushubverfahren können ein zeitweiliges oder dauerhaftes Beschneiden oder Unterbrechen von Führungsrohren erfordern. Es ist zulässig, mit der Untersuchung des Sondenextensometers in den verbleibenden Abschnitten der Führungsrohre fortzufahren.



Legende

a	durchgehendes Führungsrohr, induktive Messung	1	Messrohr
b	unterbrochenes Führungsrohr, mechanische Messung	2	Präzisionsmessring der Länge l_M
		3	Setzschraube
		4	Hinterfüllung (Mörtel)
		5	mechanische Präzisionskupplung

Bild 6 — Möglichkeiten der Befestigung von Messringen bei 2-Punkt-Sondenextensometern

4.3.2 Sonde

4.3.2.1 Das Extensometer muss eine kontrollierte Positionierung der Sonde an den Messpunkten ermöglichen. Ein Ablesen der Messwerte muss erfolgen, wenn sich die Sonde in Ruhestellung befindet.

4.3.2.2 An der Messstelle eines 1-Punkt-Sondenextensometers darf die Sonde ausschließlich mit dem Messpunkt wechselwirken. Der Messwert muss den Abstand zwischen dem Messpunkt und der Bezugsmarkierung am Messkopf wiedergeben.

ANMERKUNG Üblicherweise wird für das Messen dieses Abstandes ein spannungsbeständiges, graduiertes Messkabel verwendet.

4.3.2.3 An der Messstelle eines 2-Punkt-Sondenextensometers darf die Sonde ausschließlich mit zwei benachbarten Messpunkten wechselwirken. Der Messwert muss den Abstand zwischen der Basislänge L der Sonde und dem Abstand zwischen den beiden Messpunkten wiedergeben.

ANMERKUNG Bei einer Messleitung beträgt die Anzahl der Messpunkte für 2-Punkt-Sondenextensometer $n-1$, wobei n die Gesamtzahl der installierten Messringe ist.

4.4 Bandextensometer (Konvergenzband)

ANMERKUNG Konvergenzmessungen können auch mittels optischer geodätischer Verfahren durchgeführt werden.

4.4.1 Bei Messungen mit dem Bandextensometer sind folgende Komponenten erforderlich (siehe Bild 3):

- Konvergenzmessbolzen,
- Vorspannvorrichtung und Anzeigegerät (Konvergenzgerät im engeren Sinne),
- Messband oder Messdraht,
- Kupplungselemente für die Konvergenzmessbolzen.

4.4.2 Die Kontaktkuppe der Konvergenzmessbolzen sollte aus einem verschleißfesten und korrosionsbeständigen Werkstoff bestehen (z. B. rostfreier oder galvanisierter Stahl). Die Geometrie des Messanschlags muss zu den Kupplungselementen passen. Messanschlag und Kupplungselemente sollten vor Schmutz und Beschädigungen geschützt werden.

4.4.3 Die Konvergenzmessbolzen sollten das Anbringen von Tiefenzielmarken für geodätische Messungen zulassen.

4.4.4 Das Konvergenzmesssystem muss mit einer Vorrichtung ausgestattet sein, die eine konstante und reproduzierbare Zugkraft für das Messband oder den Messdraht sicherstellt.

4.4.5 Der lineare Wärmeausdehnungskoeffizient für Messband oder Messdraht muss durch den Hersteller der technischen Ausrüstung spezifiziert und dokumentiert sein (siehe 7.1).

4.5 Messbereich und Fehlergrenze

Messbereich und Fehlergrenze eines Extensometers hängen neben anderen Faktoren von der Messlänge ab. Tabelle 3 stellt in einer gewissen Ordnung Werte bereit, die bei der Wahl von Extensometern berücksichtigt werden sollten.

Tabelle 3 — Typen, charakteristische Messlängen, Messbereiche und Fehlergrenzen von Extensometern

Extensometertyp		Stationäres Extensometer		Sondenextensometer			Bandextensometer (Konvergenzband)		
Technisches Merkmal		Stab	Draht	1-Punkt	2-Punkt ($L = 1,0$ m)		Kardangelen mit Messanschlag		Haken und Öse
					nicht mechanisch	mechanisch	Invar-Draht	Stahlband (gestanzt oder graduert)	
Bezeichnung (abgekürzt)		Ex-rod	Ex-wire	PrEx 1	PrEx 2-1	PrEx 2-2	CV 1	CV 2	CV 3
1	übliche (äußerste) Längen der Messleitung [m]	30 (300)	10 (300)	30 (200)	30 (150)	30 (150)	15 (100)	15 (20)	15 (30)
2	üblicher Messbereich [mm]	± 50	± 250	± 1 000 oder ± 10 % der Rohrlänge	± 20 je Meter	± 10/ ± 50 je Meter	± 50	± 20 ^a	± 50 ^a
3	übliche Gesamtgenauigkeit [mm]	± 0,2	± 2	± 2	± 0,3	± 0,05/ ± 0,5	± 0,05	± 0,1	± 0,5
	über eine Messlänge von ... [m]	30	10	30	30	30	15	15	15
^a Messbereich anpassbar an höhere Werte									

4.6 Geotechnische Anwendungen

Anwendungen wie die in Tabelle 4 aufgeführten sollten bei der Wahl der Extensometer berücksichtigt werden. Für den Fall, dass eine Geotechnische Anwendung nicht ausdrücklich in Tabelle 4 berücksichtigt wurde, kann die Anwendung für eine Wahl berücksichtigt werden, die dieser am nächsten kommt.

Tabelle 4 — Leitfaden bei der Wahl der Extensometertypen für Geotechnische Anwendungen

Spalte	Anwendung	Extensometer (Abkürzung) ^a							
		Ex-rod	Ex-wire	PrEx 1	PrEx 2-1	PrEx 2-2	CV 1	CV 2	CV 3
A	Flachgründungen im Boden	+	–	–	+	±	–	–	–
B	Flachgründungen in Gestein	+	–	–	±	+	–	–	–
C	Pfahl- und Pfahlplattengründungen, einschl. Pfahlbelastungsprüfung	+	–	–	±	+	–	–	–
D	Aushub in Nachbarschaft zu setzungssensiblen geologischen Strukturen (einschließlich Tagbautunnel)	+	–	+	±	+	+	±	±
E	Aufgehen des Baugrunds	±	–	–	+	+	–	–	–
F	Auflockerung und Eigenbewegungen des Baugrunds (Karst, aufgegebene Grubenräume)	±	±	+	+	±	–	–	–
G	Erddämme und Aufschüttungen	±	–	+	±	–	–	–	±
H	Aufschüttungen auf weichem Boden	±	–	+	±	–	–	–	±
I	kleinräumige Böschungsbewegungen	+	–	–	+	±	–	±	±
J	großräumige Böschungsbewegungen	±	+	±	–	–	–	–	±
K	oberflächennaher Tunnelbau	+	–	–	+	+	–	±	–
L	tief liegender Tunnelbau und Kavernenbau	+	–	–	+	+	±	±	±
M	Untergrund-Lagerstätten	+	–	–	±	+	+	±	–
N	Überwachung der baulichen Unversehrtheit (Tunnel, Bauten)	±	–	–	±	+	+	±	–
O	Plattenbelastungsprüfung im Fels	+	–	–	–	–	+	+	–
Legende für Geotechnische Anwendungen + wahrscheinlich geeignet ± möglicherweise geeignet – wahrscheinlich ungeeignet									
^a Siehe Tabelle 3.									

5 Einbau und Messdurchführung

5.1 Einbau

5.1.1 Oberflächenkomponenten

Auf zugängliche Oberflächen montierte Extensometerkomponenten müssen vor direkter Sonneneinstrahlung, einer aggressiven Umgebung, Baustellen, umherfliegendem Gestein aus Sprengungen und Vandalismus geschützt werden.

ANMERKUNG Ein Schutz kann durch Abschattungsplanen, abschließbare Schutzabdeckungen, versenkbare Messköpfe oder abgedeckte Extensometerschächte bereitgestellt werden.

5.1.2 Einbau in Bohrlöchern und Auffüllungen

5.1.2.1 Für den Einbau eines Extensometers in den Baugrund ist eine Kenntnis des Baugrundprofils erforderlich.

ANMERKUNG Das Bohren eines Extensometerbohrlochs unter Entnahme einer Probe, die direkte Informationen zu den Verhältnissen des Baugrunds bereitstellt, erlaubt eine bessere Platzierung der Anker und ermöglicht eine bessere Auslegung der Messergebnisse.

5.1.2.2 In weichem Baugrund und in Auffüllungen dürfen 1-Punkt-Sondenextensometer mittels bewährter Techniken, wie z. B. CPT oder Rammsondierung, installiert werden (siehe ISO 22476-1 und ISO 22476-2).

5.1.2.3 Das Extensometerbohrloch sollte mit geeignetem Material hinterfüllt werden. Das Material für die Hinterfüllung ist zu dokumentieren. Einer der Gründe für die Hinterfüllung ist die Wiederherstellung der Trennung der verschiedenen wasserführenden Schichten (siehe EN ISO 22475-1:2006, 5.5.4).

5.1.2.4 Beim Mörtel, der für Verankerung und Hinterfüllung eingesetzt wird, ist eine genügend lange Aushärungszeit zu beachten, bevor Null- und Basismessungen durchgeführt werden.

5.1.2.5 Unter Einbeziehung sämtlicher ausgehärteter Hinterfüllungen darf die Steifigkeit des Extensometersystems in axialer Richtung nicht größer sein als die des Mediums.

ANMERKUNG Diese Anforderungen ist insbesondere in Böden, Auffüllungen und weichem Gestein relevant.

5.1.2.6 Falls eine zu große Steifigkeit des Extensometersystems wahrscheinlich ist, sollten folgende technische Maßnahmen erwogen werden:

- a) Bei stationären Bohrloch-Extensometern: Wahl einer Hinterfüllung von geringer Steifigkeit im Zusammenhang mit einer punktuellen Ankerbefestigung wie z. B. mechanischen Klemmen, hydraulischen Druckblasenankern, zementaktivierten Packerankern.
- b) Bei einzulassenden Extensometern: Wahl und Einbau der teleskopierenden Verrohrung oder der gewellten Führungsrohre.
- c) Bei Sondenextensometern: Wahl und Einbau der teleskopierenden Verrohrung, der gewellten Führungsrohre und/oder Wahl einer Hinterfüllung mit geringer Steifigkeit.

5.1.3 Stationäres Extensometer

Bei der Wahl und dem Einbau stationärer Extensometer sollte Folgendes beachtet werden:

- a) Jedes der Verbindungselemente muss durch ein Rohr geschützt sein, um die Reibung mit dem Hinterfüllungsmaterial des Bohrlochs zu verringern.
- b) Die Reibung zwischen den Verbindungselementen und dem Schutz kann durch die Verwendung von Abstandshaltern verringert werden.
- c) Die Extensometerbaugruppe sollte im Bohrloch ohne ein Verdrehen der Extensometerstangen eingebaut werden.
- d) Die Schutzverrohrung muss dem Druck standhalten, der von Baugrund, Grundwasser, Vermörtelung und Verfüllarbeiten ausgeht.

ANMERKUNG Bei sehr langen (z. B. 100 m) vertikalen Extensometern besteht die allgemeine Verfüllungspraxis im aufeinanderfolgenden, höhenbegrenzten Verfüllen. Der nächste Verfüllschritt wird nach dem Aushärten der vorangegangenen Stufe ausgeführt.

- e) Bei Mehrfachextensometern müssen die Verbindungselemente am Messkopf eindeutig gekennzeichnet sein.
- f) Längenanpassungen der Verbindungselemente müssen aufgezeichnet und im Evaluationsverfahren berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Anpassungen sind allgemein üblich, falls es wahrscheinlich ist, dass der Messbereich überschritten wird.

5.1.4 Sondenextensometer

Bei der Wahl und dem Einbau der Messrohre für Sondenextensometer muss Folgendes beachtet werden:

- a) Die Möglichkeit, dass das Messrohr in einem wassergefüllten Bohrloch schwimmt.

ANMERKUNG Ein Schwimmen des Messrohrs kann durch Maßnahmen oder eine Kombination von Maßnahmen vermieden werden, wie z. B. ein Auffüllen des Rohrs mit Wasser, ein Beschweren des Bodens mit Ballast und eine anfängliche Zementinjektion am Fuß des Rohres.

- b) Möglichkeit eines übermäßigen Außendrucks, der zu einem Versagen des Messrohrs führen kann.

- c) Schwierigkeiten beim Ausbringen des Bohrgehäuses, ohne dass das Messrohr unzulässig beeinflusst wird.

ANMERKUNG Ein Einrichtungsgestänge im Innern des Messrohrs kann dabei unterstützen, das Rohr während des Ausbringens des Bohrgehäuses gedehnt zu halten.

- d) Bei 2-Punkt-Sondenextensometer-Systemen sind die Messringe fest und dauerhaft mit dem Medium zu verbinden. Aus diesem Grund kann der gesamte Ringraum zwischen Messrohr und Bohrlochwand mit einem geeigneten Material verfüllt werden (siehe 5.1.2.3).

- e) Innerhalb von Ortbetonpfählen muss das Messrohr vor dem Einbringen der Bewehrung und des Betons am Bewehrungsgitter befestigt werden. Während des Anhebens und Absenkens des Gitters ist besondere Aufmerksamkeit nötig, um jegliche Beschädigung der Rohre zu vermeiden.

ANMERKUNG Präzisions-2-Punkt-Sondenextensometer des Typs PrEx 2-2 (siehe Tabelle 3) werden häufig in Betonpfählen installiert, um eine Bestimmung der Verteilung der Oberflächenreibung entlang des Pfahls zu unterstützen, z. B. bei der Belastungsprüfung von Pfählen.

5.1.5 Bandextensometer

Beim Einbau der Messbolzen eines Bandextensometers muss Folgendes beachtet werden:

- a) Die Bolzen sollten in Bohrlöchern platziert und mit Material auf Zement- oder Kunstharzbasis oder durch mechanische Spreizdübel befestigt werden.
- b) Die Bolzen dürfen vorübergehend an der Stahleinlage gesichert werden oder, falls zulässig, an die Stahlbögen oder Bewehrungsstäbe geschweißt werden.

5.2 Messdurchführung

5.2.1 Geräteüberprüfung und Kalibrierung

5.2.1.1 Für allgemeine Funktionsprüfungen und Kalibrierungen siehe EN ISO 22474-1, 5.6.

5.2.1.2 Bei stationären Extensometern müssen die mobilen Messgeräte (wie z. B. Messuhren und Anzeigergeräte) und elektrischen Verschiebungsaufnehmer (wenn zugänglich) regelmäßig kalibriert werden. Falls nicht anders vom Hersteller festgelegt, darf das maximale Intervall nicht länger als zwei Jahre sein.

5.2.1.3 1-Punkt-Sondenextensometer müssen wenigstens einmal je Jahr funktionsgeprüft werden. Es muss bestätigt werden, dass das Messkabel im Verlauf des Überwachungsprojekts keiner Längenänderung unterliegt (Dehnung oder Schrumpfung).

5.2.1.4 2-Punkt-Sondenextensometer müssen wenigstens einmal je Jahr kalibriert werden. Vor und nach jeder Messreihe müssen sie im Vergleich zu einer bekannten Referenz geprüft werden. Unterschiede zwischen der Referenz und der Messung sind aufzuzeichnen und bei der Datenverarbeitung zu berücksichtigen.

5.2.1.5 Konvergenzgeräte müssen vor und nach jeder Messreihe im Vergleich zu einer bekannten Referenz geprüft werden. Unterschiede zwischen der Referenz und der Messung sind aufzuzeichnen und bei der Datenverarbeitung zu berücksichtigen.

5.2.2 Messung

Die Messungen müssen nach Anhang A in Verbindung mit Abschnitt 7 von EN ISO 22474-1 durchgeführt werden.

6 Datenverarbeitung und Auswertung

6.1 Die Auswertung der Messwerte ist nach Anhang A vorzunehmen.

6.2 Die ausgewerteten Ergebnisse müssen in Tabellen und/oder Diagrammen dargestellt werden. Eine Aufzeichnung der folgenden Daten ist zusätzlich zu den Anforderungen von EN ISO 22474-1, Abschnitt 8, erforderlich:

a) bei jeder Messuntersuchung:

- Identifizierung der Messlinie, z. B. das Messbohrloch,
- Festlegung des Referenzpunktes und seines Verschiebungszustandes.

b) für jeden Messpunkt:

- die Messtiefe,
- bei dauerhaft eingebauten 1-Punkt-Extensometern und 1-Punkt-Sondenextensometern: a) die Relativverschiebungskomponente in Bezug auf den Referenzpunkt nach den Gleichungen (A.1) und (A.2) in Abhängigkeit von der Zeit und/oder b) die Absolutverschiebungskomponente nach Gleichung (A.3) in Abhängigkeit von der Zeit;

ANMERKUNG Zusätzlich zum Vorstehenden: Die abschnittsbezogene Längsdehnung $\Delta\epsilon_z$ kann gleichfalls dargestellt werden.

- bei 2-Punkt-Sondenextensometern: a) die abschnittsbezogene Längsdehnung zwischen benachbarten Messpunkten („differentielle Verschiebungen“) nach Gleichung (A.7) und/oder b) die relative und, falls zutreffend, die absolute Verschiebung entlang der Messlinie („integrierte Längsverschiebung“) relativ zum Referenzpunkt nach Gleichung (A.8),
- bei Bandextensometern: Änderung des Messwertes Δs (negatives Vorzeichen: Annäherung, positives Vorzeichen: Auseinanderlaufen) nach den Gleichungen (A.9) und (A.10) abhängig von der Zeit.

6.3 Bei der Überwachung über einen ausgedehnten Zeitraum kann es sinnvoll sein, zeitabhängige Verformungen, wie z. B. Geschwindigkeit und Beschleunigung der Messpunkte im Baugrund zu beschreiben. Solche zeitabhängigen Verformungen sollten mittels halblogarithmischer Diagramme dargestellt werden.

7 Berichterstattung

7.1 Installationsbericht

Siehe EN ISO 22474-1, 9.1.

7.2 Überwachungsbericht

Siehe EN ISO 22474-1, 9.2.

Anhang A (normativ)

Messung und Auswertungsverfahren

A.1 Stationäres Extensometer

A.1.1 Messverfahren

Die Messungen stationärer Extensometer beinhalten die Messung der Änderungen des Abstands zwischen einem Messpunkt i und dem Messkopf (siehe Bild A.1). Der Messkopf sollte dabei der Referenzpunkt bzw. der Messpunkt 0 sein. Die Messung wird mithilfe des Verbindungselements (Stab oder Draht) durchgeführt, das fest mit dem Anker des Messpunktes i verbunden ist und bis in den Messkopf reicht. Am Messkopf werden jegliche Änderungen in der Lage des Verbindungselements durch einen Verschiebungsaufnehmer überwacht (z. B. eine mechanische Messuhr, eine elektrische LVDT). Bei einem Mehrfachextensometer sind die Längen L_i der jeweiligen Verbindungselemente unterschiedlich (siehe Bild 1a) und Bild A.2a)).

ANMERKUNG Der Abstand zwischen Messpunkt i und Extensometerkopf ist zwar annähernd so groß wie die Länge L_i des entsprechenden Verbindungselements, jedoch nicht mit dieser identisch. Der Abstand kann sich ändern (was der eigentliche Grund für die Messung ist), die Länge des Verbindungselements wird jedoch als konstant angesehen ($L_i = \text{const.}$). Die Bestätigung der Längenkonstanz des Verbindungselements während des Überwachungsprojekts besitzt eine erhebliche praktische Bedeutung, da das Extensometer Temperaturänderungen und mechanischen Zwängen z. B. durch Scherkräfte, die quer zur Messlinie verlaufen, ausgesetzt sein kann (siehe 4.2.2.3 und 4.2.2.4).

A.1.2 Auswertungsverfahren

A.1.2.1 Relativverschiebung

Die in der Zeitspanne zwischen Referenz- und Folgemessung eingetretene Änderung des Extensometermesswertes Δs_i ergibt sich wie folgt (siehe Bild A.1):

$$\Delta s_i = \Delta s_{i,F} - \Delta s_{i,R} \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

Δs_i die Änderung des Messwertes für den Messpunkt i ,

$s_{i,R}$ der angezeigte Messwert der Referenzmessung für den Messpunkt i ,

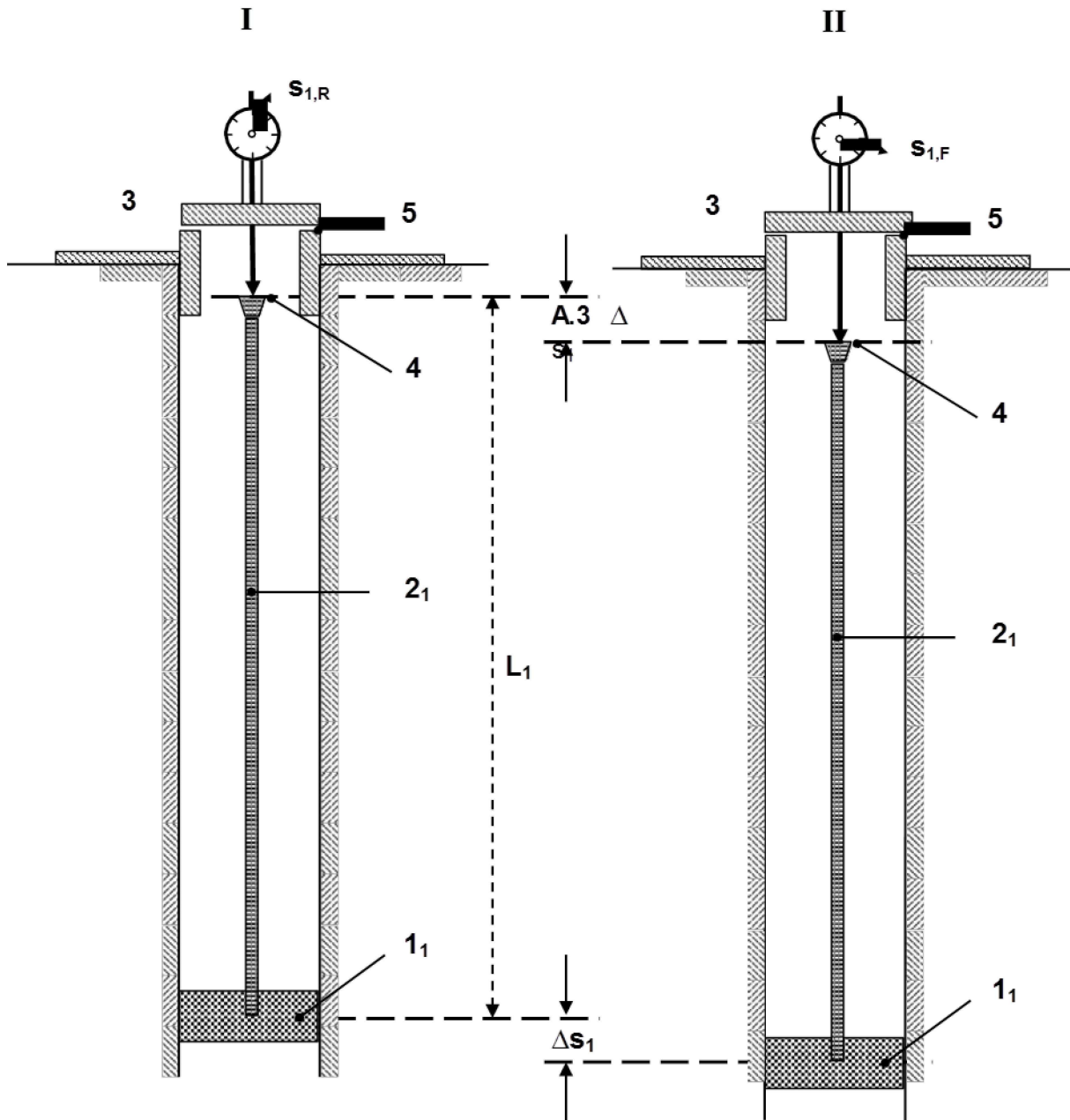
$s_{i,F}$ der angezeigte Messwert der Folgemessung für den Messpunkt i ,

Δs_i entspricht der Änderung des Abstandes zwischen Messpunkt i und Extensometerkopf und ist daher die Verschiebung w des Messpunktes i relativ zum Extensometerkopf:

$$\Delta s_i = w_{i \text{ rel}} \quad (\text{A.2})$$

Dabei ist

$w_{i \text{ rel}}$ die Verschiebungskomponente des Punktes i längs der Messlinie relativ zum Extensometerkopf.



Legende

- | | |
|----|---------------------------|
| I | Referenzmessung (Index R) |
| II | Folgemessung (Index F) |

- 1 Messpunkt 1 (Anker)
- 2 Verbindungselement (Stab)
- 3 Messkopf mit Anzeigegerät (Messuhr)
- 4 Messanschlag des Verbindungselements
- 5 Messanschlag des Messkopfes

BEISPIEL Tabelle gemessener und ausgewerteter Werte

Messpunkt Nr.	Stablänge L_i	Messwert (mm)		Δs_i (A.1)
i	m	$s_{i,R}$	$s_{i,F}$	mm
1	10	2,35	2,56	0,21

Bild A.1 — Messung und Auswertungsverfahren für ein Einfachextensometer mit $w_0 = 0$

A.1.2.2 Absolutverschiebung

Die Absolutverschiebung w_i des Messpunktes i ergibt sich wie folgt:

$$w_i = w_{i \text{ rel}} + w_0 \quad (\text{A.3})$$

Dabei ist

$w_{i \text{ rel}}$ die Verschiebungskomponente des Punktes i längs der Messlinie relativ zum Extensometerkopf,

w_0 Absolutverschiebungskomponente des Messkopfes längs der Messlinie.

Zur Bestimmung von w_0 siehe 4.1.5.

A.1.2.3 Segmentdehnung

Bei Mehrfachextensometern bezieht sich der Ausdruck Δs_i auf den Messkopf und nicht auf die benachbarten Messpunkte (siehe Bild A.2). Die relative Verschiebung zwischen zwei benachbarten Messpunkten ergibt sich wie folgt:

$$\Delta w_i = \Delta s_i - \Delta s_{i-1} \quad (\text{A.4})$$

Dabei ist

Δw_i die Relativverschiebungskomponente längs der Messlinie zwischen den benachbarten Messpunkten i und $i-1$.

Die Segmentdehnung kann berechnet werden, wenn Δw_i wie folgt auf den Abstand zwischen den Messpunkten i und $i-1$ bezogen wird:

$$\varepsilon_{z i} = \frac{\Delta w_i}{\Delta l_i} \quad (\text{A.5})$$

Dabei ist

$\varepsilon_{z i}$ die Segmentdehnung entlang der Messachse,

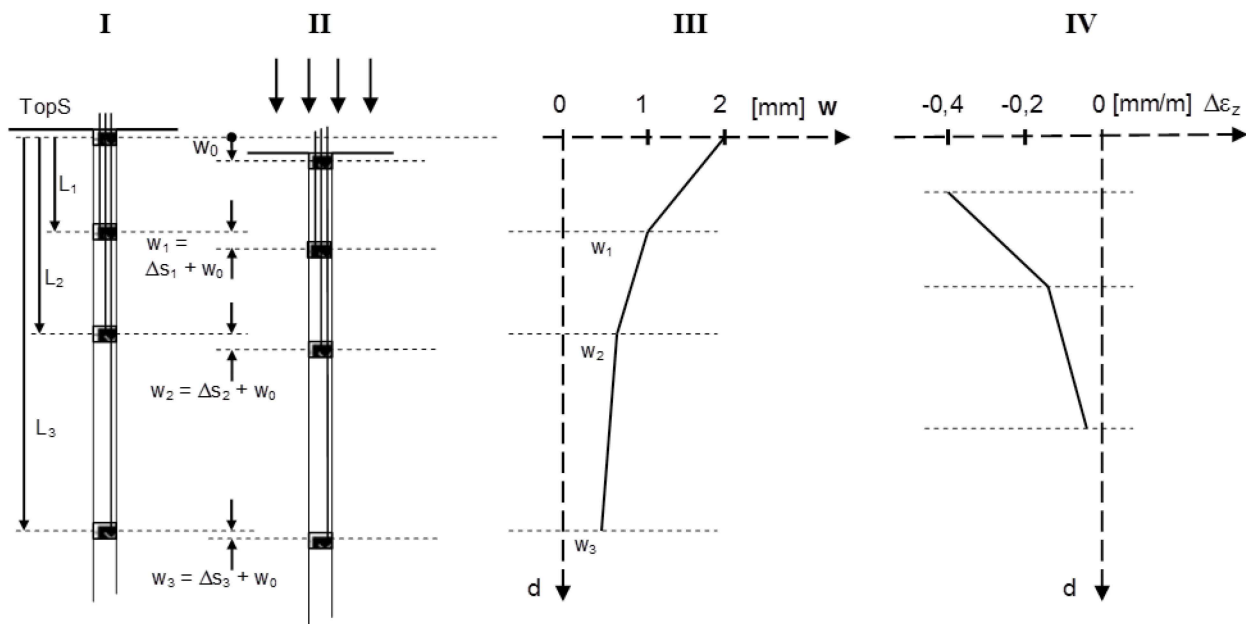
$$\Delta l_i = l_{i+1} - l_i$$

ANMERKUNG $\varepsilon_{z i}$ ermöglicht ungeachtet der unterschiedlichen Abstände zwischen den Messpunkten eine einheitliche Auswertung und Analyse der Extensometermessung.

A.1.2.4 Temperatenausgleich

Falls erhebliche Temperaturänderungen entlang der Messlinie erwartet werden, müssen Vorkehrungen für Temperaturmessungen getroffen und die Auswirkungen dieser Änderungen auf die Messung berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Temperaturänderungen können durch den Aushärtungsvorgang des Betons, den Einfall von Sonnenstrahlung auf die Konstruktion, durch Temperaturänderungen der Umgebung oder des Mediums usw. entstehen.



Legende

- I Referenzmessung vor Lastaufbringung durch das Fundament (Index R)
- II Folgemessung nach Lastaufbringung (Index F)
- III Diagramm der gemessenen Vertikalverschiebungen (Setzungen)
- IV Diagramm der inkrementellen Längsdehnung
- TopS topographische Oberfläche
- d Tiefe des Extensometerbohrlochs

BEISPIEL Tabelle gemessener und ausgewerteter Werte

Nr. des Messpunkts i	Stablänge L_i	Messwert mm		Δs_i (Gleichung A.1)	w_i (Gleichungen A.2 u. A.3)	Δw_i (Gleichung A.4)	Abstand l_i zwischen benachbarten Messpunkten	$\Delta \varepsilon_z$ (Gleichung A.4)
	m	$s_{i,R}$	$s_{i,F}$	mm	mm	mm	m	mm/m
0	—	—	—	—	2,0 ^a	—	—	—
1	$L_1 = 2,5$	3,00	2,00	-1,00	1,0	-1,0	2,5	-0,40
2	$L_2 = 5,0$	5,50	4,10	-1,40	0,6	-0,4	2,5	-0,16
3	$L_3 = 10,0$	1,35	-0,25	-1,60	0,4	-0,2	5,0	-0,04

a geodätische Messung

Bild A.2 — Messung und Auswertungsverfahren für ein Dreifach-Stabextensometer in einem Bohrloch, dargestellt am Beispiel von Setzungen des Baugrunds unterhalb eines Streifenfundaments

A.2 Sondenextensometer

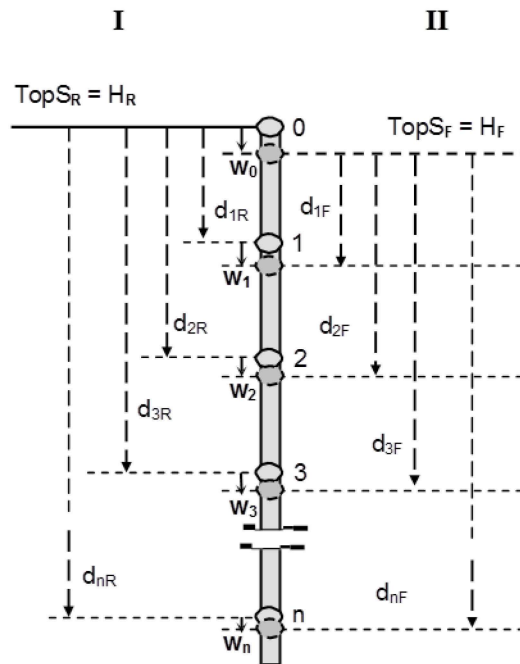
A.2.1 Messverfahren

Die Sonde wird in das Führungsrohr eingeführt und abschnittsweise mittels eines Kabels oder eines aneinandergereihten Setzgestänges zu den entsprechenden Messpunkten i bewegt. In jeder Messstellung muss die Sonde entweder mit einem einzelnen Messpunkt i (1-Punkt-Sondenextensometer) oder zwei benachbarten Messpunkten i und $i+1$ (2-Punkt-Sondenextensometer) wechselwirken.

A.2.2 Auswertungsverfahren

A.2.2.1 Die Auswertung der Messungen eines 1-Punkt-Sondenextensometers kann nach den Gleichungen (A.1) bis (A.5) erfolgen. Die Ausrichtung der Messlinie kann frei gewählt werden und jede mögliche Neigung haben.

A.2.2.2 Für den gebräuchlichsten Fall einer Messlinie für ein 1-Punkt-Sondenextensometer können die Setzungen w_i eines Messpunkts i wie folgt berechnet werden (siehe Bild A.3):



Legende

I Referenzmessung (Index R)
II Folgemessung (Index F)
0 Messkopf
1...n Anzahl der Messpunkte (Index i)

TopS topographische Oberfläche
H Höhe der topographischen Oberfläche über Normalnull
d Tiefe vom Messkopf aus
 w_i Setzung des Messpunkts i

Bild A.3 — Auswertungsverfahren für ein vertikales 1-Punkt-Sondenextensometer

$$w_{i,F} = d_{i,F} - d_{i,R} - w_{R,F} \quad (\text{A.6})$$

Dabei ist

- $w_{i,F}$ die vertikale Verschiebung (= Setzung) eines Messpunkts i im Verhältnis zur Referenzmessung zum Zeitpunkt der Folgemessung;
- $d_{i,F}$ die Tiefe des Messpunktes i unterhalb des Messkopfes bei der Folgemessung;
- $d_{i,R}$ die Tiefe des Messpunktes i unterhalb des Messkopfes bei der Referenzmessung;
- $w_{R,F}$ die Setzung des Messkopfes innerhalb des Zeitraums zwischen Referenz- und Folgemessung mit

$$w_{R,F} = H_F - H_R.$$

Dabei ist

H_F Höhe des Messkopfes während der Folgemessung,

H_R Höhe des Messkopfes während der Referenzmessung.

ANMERKUNG Die Höhen H_F und H_R sind unabhängig für die Referenzmessung und jede Folgemessung zu bestimmen (z. B. durch Höhenaufnahme). Diese Verfahrensweise ermöglicht das Bestimmen der Setzung des tiefsten Messpunkts n .

A.2.2.3 Die Auswertung der Ablesewerte eines 2-Punkt-Sondenextensometers muss wie folgt nach den Gleichungen (A.7) und (A.8) erfolgen (siehe Bild A.4)

a) Ermittlung der abschnittsweisen Relativverschiebung:

$$\Delta w_i = l_{i,F} - l_{i,R} \quad (\text{A.7})$$

Dabei ist

Δw_i die Relativverschiebung der benachbarten Messpunkte i und $i-1$;

$l_{i,F}$ der Abstand zwischen den Messpunkte i und $i-1$ während der Folgemessung;

$l_{i,R}$ der Abstand zwischen den Messpunkte i und $i-1$ während der Referenzmessung.

ANMERKUNG Der eigentliche Messwert ist die Differenz zwischen dem Abstand zweier benachbarter Messpunkte zur Messbasis L der Messsonde (siehe 4.3.1.3). Bei der Ermittlung von Δw_i nach Gleichung (A.7) wird der Term L eliminiert, da er über Null- und Folgemessungen hinweg konstant ist.

b) Ermittlung der Absolutverschiebung:

Die Abstandsänderung zwischen einem Messpunkt i und einem Referenzpunkt wird als Summe der Relativverschiebungen Δw_i aller Messstrecken zwischen Messpunkt und Referenzpunkt berechnet. Zur Ermittlung der Absolutverschiebung ist die Verschiebungskomponente w_0 des Referenzpunkts wie folgt hinzuzurechnen (siehe Bild A.4):

$$w_i = \Delta w_i + \Delta w_{i-1} + \Delta w_{i-2} + \dots + \Delta w_1 + w_0 = \Sigma \Delta w_i + w_0 \quad (\text{A.8})$$

Dabei ist

w_i die Absolutverschiebungskomponente des Messpunktes i in Richtung der Messlinie;

Δw_i die Relativverschiebung der benachbarten Messpunkte i und $i-1$;

w_0 die Absolutverschiebungskomponente des Referenzpunktes in Richtung der Messlinie.