

DIN EN ISO 18674-3



ICS 13.080.20; 93.020

Einsprüche bis 2016-07-27
Vorgesehen als Ersatz für
DIN 4107-3:2011-03

Entwurf

**Geotechnische Erkundung und Untersuchung –
Geotechnische Messungen –
Teil 3: Verformungsmessungen senkrecht zu einer Linie mit Inklinometern
(ISO/DIS 18674-3:2016);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 18674-3:2016**

Geotechnical investigation and testing –
Geotechnical monitoring by field instrumentation –
Part 3: Measurement of displacements across a line: Inclinometers (ISO/DIS 18674-3:2016);
German and English version prEN ISO 18674-3:2016

Reconnaissance et essais géotechniques –
Surveillance géotechnique par instrumentation in situ –
Partie 3: Mesures à inclinomètre (ISO/DIS 18674-3:2016);
Version allemande et anglaise prEN ISO 18674-3:2016

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-05-27 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 97 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 18674-3:2016) 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/WG 2)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN ISO 18674-3 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN 4107-3:2011-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

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

Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Geotechnische Messungen — Teil 3: Verformungsmessungen senkrecht zu einer Linie mit Inklinometern (ISO/DIS 18674-3:2016)

Reconnaissance et essais géotechniques — Surveillance géotechnique par instrumentation in situ — Partie 3 : Mesures à inclinomètre (ISO/DIS 18674-3:2016)

Geotechnical investigation and testing — Geotechnical monitoring by field instrumentation — Part 3: Measurement of displacements across a line: Inclinerometers (ISO/DIS 18674-3:2016)

ICS:

Deskriptoren:

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

STD Version 2.8f

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe und Symbole	6
3.1 Begriffe	6
3.2 Symbole	8
4 Messeinrichtung	9
4.1 Allgemeines	9
4.2 Sondeninklinometer	10
4.3 Stationäre Inklinometer	11
4.4 Inklinometer-Verrohrung	13
4.5 Messbereich, Genauigkeit und Wiederholbarkeit	14
5 Einbau und Messdurchführung	15
5.1 Allgemeines	15
5.2 Einbau von Führungsrohren an zugänglichen Oberflächen und in Beton	15
5.3 Einbau von Führungsrohren in Bohrlöchern	15
5.3.1 Bohrung von Bohrlöchern	15
5.3.2 Einbau von Führungsrohren	16
5.3.3 Sicherung der Messörtlichkeiten des Bohrlochs	18
5.4 Einbau von stationären Inklinometern	19
5.5 Messdurchführung	20
5.5.1 Geräteüberprüfung und Kalibrierung	20
5.5.2 Messung	20
6 Datenverarbeitung und Auswertung	21
7 Berichterstattung	22
7.1 Installationsbericht	22
7.2 Messbericht	22
Anhang A (normativ) Mess- und Auswertungsverfahren	23
A.1 Kurs einer Messlinie	23
A.2 Verschiebungen senkrecht zu einer Messlinie	23
A.3 Verschiebungen in A- und B-Richtungen vertikaler Inklinometer	25
Anhang B (normativ) Deflektometer	27
B.1 Begriffe und Symbole	27
B.2 Messeinrichtung	28
B.3 Einbau und Messdurchführung	29
B.4 Berichterstattung	30
B.5 Mess- und Auswertungsverfahren	30
B.5.1 Kurs einer Messlinie	30
B.5.2 Verschiebungen senkrecht zu einer Messlinie	30
Anhang C (informativ) Materialien der Hinterfüllung	32
Anhang D (informativ) Geotechnische Anwendungen	33

Anhang E (informativ) Beispiele für Messungen	34
E.1 Vertikales Inklinometer: Verlagerungsmessungen in einem natürlichen Gefälle in Abhängigkeit von Kriechen	34
E.2 Horizontal-Inklinometer: Überwachung der Setzmaße an der Basis einer Deponie.....	35
E.3 Stationäres Deflektometer: Messung der horizontalen Baugrundverschiebungen im Vorfeld von Tunnelbauarbeiten.....	36
E.4 Vertikales Inklinometer: Verschiebungsmessungen in Stützwänden innerstädtischer Aushebungen.....	39
Literaturhinweise.....	49

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 18674-3:2016) 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 gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 18674-3:2016 wurde vom CEN als prEN ISO 18674-3:2016 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 182 „Geotechnics“, Working Group 2.

ISO 18674 besteht aus folgenden Teilen:

- *Part 1: General rules*
- *Part 2: Displacement measurements along a line: Extensometer*
- *Part 3: Displacement measurements across a line: Inclinometers*

Die folgenden Teile sind in Bearbeitung:

- *Part 4: Piezometers*
- *Part 5: Total pressure cells*

Die folgenden Teile sind geplant:

- *Part 6: Hydraulic settlement gauges*
- *Part 7: Strain gauges*
- *Part 8: Load cells*
- *Part 9: Geodetic monitoring instruments*
- *Part 10: Vibration monitoring instruments*

1 Anwendungsbereich

ISO 18674-3 gilt für geotechnische Verschiebungsmessungen entlang einer Messlinie mit Hilfe eines Inklinometers. Sie ist zusammen mit ISO 18674-1:2015 anzuwenden.

ANMERKUNG Dieses Dokument erfüllt die Anforderungen für die Qualitätsüberwachung des Baugrunds, der mit dem Baugrund interagierenden Strukturen und geotechnischen Bauarbeiten mit einem Inklinometer als Teil der geotechnischen Untersuchung und Prüfung in Übereinstimmung mit den Verweisen ^[1] und ^[2].

ISO 18674-3 bezieht sich auch auf Deflektometer (siehe Anhang B), um Inklinometer für die Bestimmung der horizontalen Verschiebung senkrecht zu horizontalen Messlinien zu ergänzen.

ANMERKUNG Im Allgemeinen gibt es zwei unabhängige Verschiebungskomponenten, die senkrecht zu Messlinien agieren. Inklinometer ermöglichen die Bestimmung zweier Komponenten für vertikale Messlinien. Bei horizontalen Linien sind Inklinometer lediglich auf die Bestimmung der vertikalen Komponente beschränkt.

Wenn sie zusammen mit ISO 18674-2:2016 anzuwenden sind, erlaubt ISO 18674-3 die Bestimmung der in jede Richtung wirkenden Verschiebungen.

Im Besonderen gilt dieser Teil von ISO 18674 für:

- die Prüfung geotechnischer Ausführungsvorschläge im Zusammenhang mit der Beobachtungsprozedur;
- die Überwachung der Standsicherheit vor, während und nach dem Bau (z. B. bei natürlichen Böschungen, Böschungseinschnitten, Aufschüttungen, Baugrubenwänden, Gründungen, Dämmen, Mülldeponien, Tunneln);
- die Ableitung geotechnischer Schlüsselparameter (z. B. von Ergebnissen von Pfahlprobelbelastungen oder Probestollen);
- Identifikation und Beobachtung der aktiven Scherebene im Baugrund.

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).

ISO 18674-1:2015, *Geotechnical investigation and testing — Geotechnical monitoring by field instrumentation — Part 1: General rules*

ISO 18674-2:2016, *Geotechnical investigation and testing — Geotechnical monitoring by field instrumentation — Part 2: Measurement of displacements along a line: Extensometers*

ISO 22475-1:2006, *Geotechnical investigation and testing — Sampling methods and groundwater measurements — Part 1: Technical principles for execution*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 18674-1:2015 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

Inklinometer

System zur Überwachung von Verschiebungen senkrecht zu einer Messlinie durch Inklinationsmessungen in dem Bereich

Anmerkung 1 zum Begriff: Das System besteht im Wesentlichen aus einer Messeinrichtung mit einem oder mehreren Kippsensoren, einem Führungsrohr, einem Mittel zur Messung der Position der Messeinrichtung im Führungsrohr und einem Auslesegerät.

Anmerkung 2 zum Begriff: Daten aus Inklinometern erfordern eine Auswertung, die unter Verwendung von proprietärer Software oder Tabellen durchgeführt werden kann.

3.1.2

Kippsensor

durch Schwerkraft aktivierte elektrische Sensoren für Inklinations-Messungen

3.1.3

Sondeninklinometer

System, das eine Sonde mit einem oder zwei eingebauten Kippsensoren umfasst, für Schritt-für-Schritt-Messungen der Neigung auf einer Messlinie

Anmerkung 1 zum Begriff: Auch bekannt als kreuzendes Inklinometer.

Anmerkung 2 zum Begriff: Vertikale Sondeninklinometer messen die Verschiebung in horizontalen Richtungen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Horizontale Sondeninklinometer messen die Verschiebung in vertikale Richtungen (Setzmaße oder Hebung).

Anmerkung 4 zum Begriff: Eine Alternative zu einem horizontalen Sondeninklinometer ist ein hydrostatisches SONDENSYSTEM.

Anmerkung 5 zum Begriff: Siehe auch [3]

3.1.4

Stationäres Inklinometer

IPI

Inklinometersystem, das ein einzelnes Element, oder eine Reihe von Elementen mit einem oder zwei eingebauten Kippsensoren in jedem Element umfasst für die Messung der Neigung an spezifischen Örtlichkeiten auf einer Messlinie ohne die Messeinrichtung zu entfernen

Anmerkung 1 zum Begriff: Es existieren stationäre Inklinometer, die in der Lage sind, bei jeder Neigung zu messen, aber wenn sich diese in einer beinahe horizontalen Position befinden können die Auslenkungen vom Azimut nicht gemessen werden.

3.1.5

uniaxiales Inklinometer

System für Inklinationsmessungen in einer einzelnen Ebene

Anmerkung 1 zum Begriff: Üblich bei horizontalen Messlinien.

3.1.6

biaxiales Inklinometer

System für Inklinationsmessungen in zwei Ebenen, die in einem Winkel von 90° zueinander stehen

Anmerkung 1 zum Begriff: Üblich bei vertikalen Messlinien.

3.1.7

Inklinometer-Verrohrung

Führungsrohr entsprechend des verwendeten Inklinometersystems

Anmerkung 1 zum Begriff: Üblicherweise besitzen die Innenseiten der Inklinometer-Verrohrungen vier longitudinale Schlüsselkanäle. Handelsübliche Verrohrungen unterscheiden sich hinsichtlich Material, Maß, Kupplungstyp, Anzahl der Schlüsselkanäle, usw. (siehe 4.4).

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Ecken von Verrohrungen mit Vierkantstücken können als Schlüsselkanäle betrachtet werden.

3.1.8

Messlänge

L

Abstand zwischen anliegenden Kontaktpunkten der Messeinrichtung

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Sondeninklinometer, L häufig 0,5 m oder 1,0 m.

3.1.9

Basislänge

Abstand zwischen verwendeten anliegenden Messpunkten im Auswertungsverfahren

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Sondeninklinometern, entspricht die Basislänge der Messlänge.

3.2 Symbole

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

Tabelle 1 — Symbole

Symbol	Bezeichnung	Einheit
A	Messebene der Sonde, die mit der Ebene des Führungsgrads übereinstimmt	-
a	Laterale Verschiebungskomponente in Ebene A	m
B	Messfläche der Inklinometersonde normal zu Ebene A	-
b	Laterale Verschiebungskomponente in Ebene B	m
d	Tiefe, Abstand	m
F	Index für eine Folgemessung	-
h	Höhe bezogen auf Normalnull	m
i	Nummer eines Messpunkts	-
L	Messlänge eines Inklinometer oder einer Deflektometersonde	m
l	Abstand zwischen Messpunkten	m
n	Gesamtzahl der Messpunkte entlang der Messlinie	-
R	Index für die Referenzmessung	-
t	verstrichene Zeit	s
t_F	Datum und Zeitpunkt einer Folgemessung	-
t_R	Datum und Zeitpunkt einer Referenzmessung	-
u, v, w	Verschiebungskomponente jeweils in x-, y- bzw. z-Richtung	m

Symbol	Bezeichnung	Einheit
x, y, z	Örtliche Koordinaten eines Führungsrohrs oder Bohrlochs	m
α	Kippwinkel der Sondenachse in Ebene A	° (Grad)
β	Kippwinkel der Sondenachse in Ebene B	° (Grad)
ψ	Winkel zwischen Führungsrohrkoordinate x und Ebene A des Inklinometer	° (Grad)
θ, ρ	Zusätzliche Mengen	° (Grad)

4 Messeinrichtung

4.1 Allgemeines

4.1.1 Sonde und stationäre Inklinometer sollten voneinander unterschieden werden (siehe Tabelle 2 und Bilder 1 und 2 und A.1).

Tabelle 2 — Inklinometertypen

Nr.	Typ	Ausführung	Hauptsächliches Messverfahren	Automatische Datenerfassung
1	Sonde (siehe 4.2)	Inklinometer - Vertikales Inklinometer - Horizontales Inklinometer	Sonde, die in ein Führungsrohr von einem Messpunkt zum nächsten bewegt wird (siehe Bilder 1 und A.1). Wiederholte Messungen innerhalb des Messzeitraums	nicht üblich
2	stationär (siehe 4.3)	Stationäres Inklinometer (IPI) - Vertikales Inklinometer - Horizontales Inklinometer - kombiniert	Messeinrichtung, die in ein Führungsrohr eingesetzt wird und während des Messzeitraums in der Messposition gehalten wird	üblich

ANMERKUNG Eine kombinierte IPI ist eine Reihe von Elemente, bei der einige Elemente als vertikale und einige als horizontale Inklinometer agieren.

4.1.2 Neigungsänderungen sind durch einen Vergleich der Messwerte mit denjenigen der Referenzmessung zu erfassen. Verschiebungen der Messpunkte entlang der Messlinie sind nach Anhang A zu ermitteln.

4.1.3 Der Punkt, auf den sich die Messungen beziehen, ist als der „Referenzpunkt“ zu kennzeichnen.

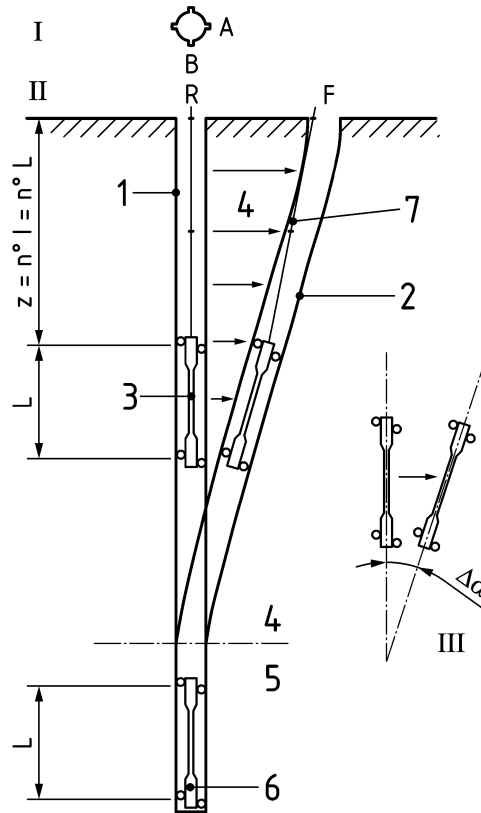
4.1.4 Bei absoluten Verschiebungsmessungen sind die Koordinaten des Referenzpunktes unabhängig zu bestimmen oder als feststehend anzunehmen und zu verifizieren.

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

4.1.5 Der Signalgeber muss aus einem Gehäuse mit entweder einem (uniaxiale Konfiguration) oder zwei (biaxiale Konfiguration) eingebauten Sensoren bestehen. Im Falle der biaxialen Konfiguration müssen die Kippsensoren mit den Achsen senkrecht (90°) zueinander eingebaut werden.

4.1.6 Die Einbauebenen der Kippsensoren müssen als die Messeinrichtungen Ebenen A und B gekennzeichnet werden, wobei Ebene A mit der Ebene der Führungsradanordnung übereinstimmen muss

Markierung „A⁺“, die die positive A-Richtung anzeigt.



Legende

- | | |
|----------------|---|
| I | Obersicht der Inklinometer-Verrohrung |
| II | Seitenansicht |
| III | Detail des Inklinometerelements in R- und F-Positionen |
| A | A+ Richtung |
| B | B+ Richtung |
| L | Messlänge |
| R | Anfängliche Position der Inklinometer-Verrohrung bei der Referenzmessung |
| F | Position der Inklinometer-Verrohrung bei der Messwertänderung |
| 1 | Nicht deformierte Inklinometer-Verrohrung |
| 2 | Deformierte Inklinometer-Verrohrung |
| 3 | Element der Neigungsmessung |
| 4 | Oberfläche des Baugrunds, die Verschiebungen ausgesetzt ist |
| 5 | Nicht deformierter tieferer Baugrund für die Festigkeit der Tragschicht |
| 6 | Referenzpunkt (hier die wird die Achse des unteren Rades an der niedrigsten Messposition eingestellt) |
| 7 | Tiefenmessgerät |
| $\Delta\alpha$ | Neigungsänderung |

Bild 1 – Messkonzept für Inklinometer (schematisch)

4.2 Sondeninklinometer

4.2.1 Inklinometersonden müssen schrittweise entlang der Messlinie bewegt werden, wobei jeder Schritt die Messlänge L der Sonde nicht überschreiten darf.

4.2.2 Das Gerät zur Tiefenmessung muss dauerhafte und hoch strapazierbare Markierungen zur Tiefenmessung aufweisen. Der Abstand der Markierungen sollte der Messlänge L der Probe entsprechen.

4.2.3 Die Länge des Gerätes zur Tiefenmessung und der Abstand zwischen den Markierungen muss während des gesamten Messprojektes überprüft werden. Änderungen müssen aufgezeichnet werden.

ANMERKUNG 1 Die Überwachung von Verschiebungen durch Sondeninklinometer erfordert eine gute Wiederholbarkeit der Sondenpositionierung an den jeweiligen Messpunkten (siehe 5.5.2.3 und 6.4).

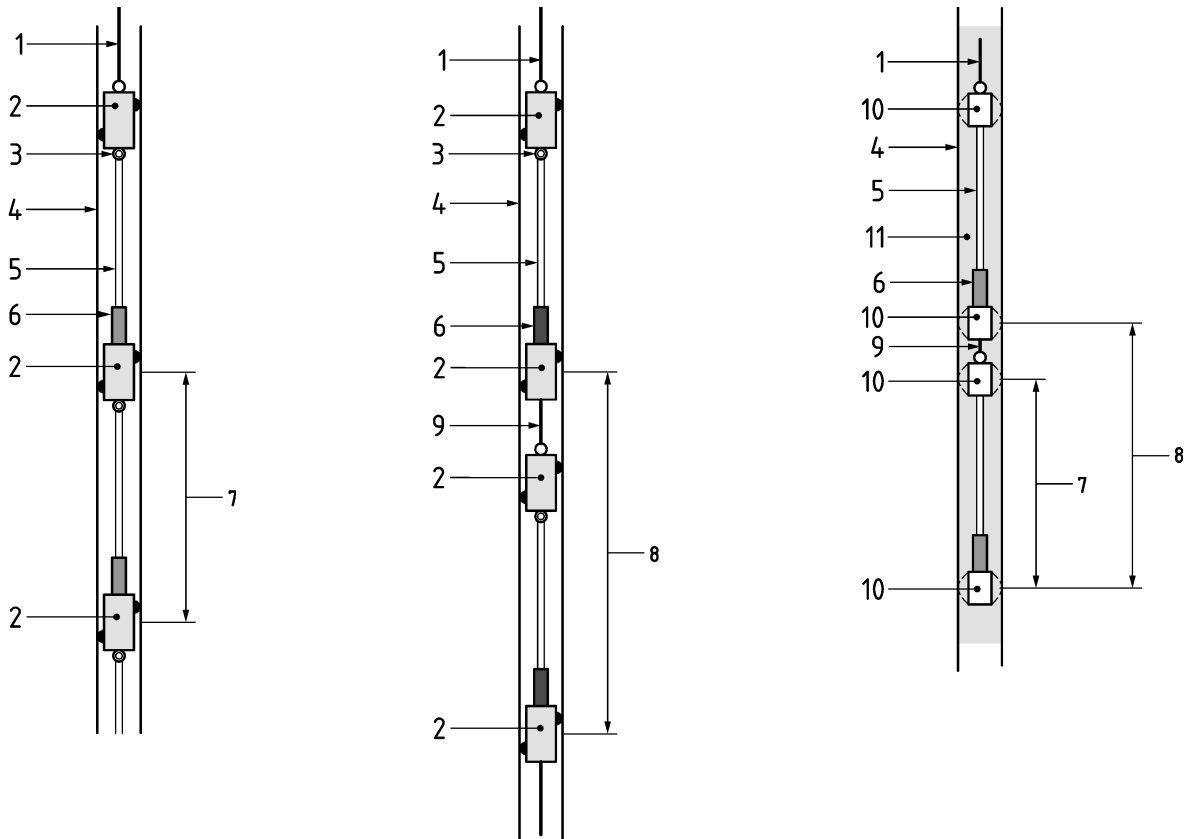
ANMERKUNG 2 Die Verwendung einer Kabelschränke oder Umlenkrolle um eine gute Positionierung zu gewährleisten.

4.2.4 Inklinometer-Verrohrungen sollten als Führungsrohre verwendet werden (siehe 4.4).

4.2.5 Die Inklinometersonde muss mit zwei federbelasteten Führungsradanordnungen ausgestattet sein. Die Breite der Führungsräder muss der Schlüsselkanäle der Inklinometer-Verrohrungen entsprechen. Die Kraft der Federn sollte eine mittige Positionierung der Sonde in der Verrohrung ermöglichen, selbst bei ausgedehnten Überwachungszeiträumen mit wiederholten Messungsläufen.

4.3 Stationäre Inklinometer

4.3.1 Der prinzipielle Aufbau stationärer Inklinometer sollte gemäß Bild 2 erfolgen.



a) IPI mit Radanordnung

und kontinuierliche

Sensorenreihe

b) IPI mit Radanordnung

und diskontinuierlicher

Sensorenreihe

c) IPI ohne Rad

Anordnung und diskontinuierlicher

Sensorenreihe

Legende

- 1 Obere Suspension
- 2 Radanordnung
- 3 Gelenkstück
- 4 Führungsrohr
- 5 Verbindungselement
- 6 Sensor
- 7 Messlänge L
- 8 Basislänge
- 9 Zwischenliegende Suspension
- 10 Ausweitende Verbindung oder Rahmen
- 11 Einbettungsstoff

Bild 2 — Prinzipieller Aufbau und Komponenten stationärer Inklinometer (IPIs)

4.3.2 Es sollte sichergestellt werden, dass die Längen der verbindenden Elemente während des Messprojektes konstant bleiben (keine Dehnung, kein Schrumpfen).

4.3.3 Bei einer kontinuierlichen Reihe an Messelementen (siehe Bild 2a)), muss die Flexibilität der Messelemente unerheblich sein.

ANMERKUNG Diese Anforderung gilt im Speziellen für horizontale Reihen (siehe Verweisung ^[4])

4.3.4 Bei einer nicht kontinuierlichen Reihe an Messelementen (siehe Bild 2a)), muss technisches Ermessen angewendet werden, um Winkeländerungen in die Verschiebungen einzubinden.

4.3.5 Messlängen sollten 2 m nicht übersteigen. Innerhalb eines Einbaus können diese variiert werden, um sich an die örtlichen Bedingungen anzupassen.

ANMERKUNG Kürzere Längen werden häufig zu besseren Ergebnissen führen.

4.3.6 Die langfristige Zuverlässigkeit von Sensorsignalen sollte berücksichtigt werden. Periodisches Entfernen der Messeinrichtung zur Neukalibrierung sollte vermieden werden und ist lediglich zulässig, wenn diese ausdrücklich gerechtfertigt und dokumentiert wird.

ANMERKUNG Ein Ansatz, die langfristige Zuverlässigkeit zu überprüfen ist der, die Messungen in zwei aneinandergrenzenden Führungsrohren durchzuführen, wobei eines für die IPI und eines für den Sondeninklinometer steht („Diversifizierung“; in Übereinstimmung mit ISO 18674-1:2015, 5.4).

4.4 Inklinometer-Verrohrung

4.4.1 Der Durchmesser der Verrohrung sollte vor dem Hintergrund der spezifischen Messanforderungen und der zu erwartenden Bodenbewegungen quer zur Messlinie ausgewählt werden (siehe auch 5.3.1.1).

4.4.2 Das Material der Verrohrung sollte die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Neutrales Verhalten gegenüber Grundwasser und weiteren Bodenkomponten;
- Beständigkeit während des gesamten Messzeitraums;
- Einbaurobust sein;
- Biegungsflexibel sein.

ANMERKUNG 1 ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol) ist ein häufig verwendetes Material bei Inklinometer-Verrohrungen.

ANMERKUNG 2 Metall-Verrohrungen, im Speziellen Aluminium-Verrohrungen können korrodieren, z.B. durch Kurzschluss zwischen Bodenschichten mit unterschiedlichen elektrischen Potentialen oder durch aggressives Grundwasser.

4.4.3 Besitzt das Inklinometer interne Schlüsselkanäle, so muss die Zunahme der Schlüsselkanäle weniger als 0,25°/m betragen. Die Reihe von Verrohrungen sollte so zusammengefügt werden, dass die Schlüsselkanäle über den Verbindungen weiterlaufen.

4.4.4 Bei der Auswahl der Verrohrung sollte die Flexibilität der zusammengefügtten Reihe einschließlich des Rückfüllmaterials (siehe 5.3.2.5 und Anhang C), hinsichtlich der Bedingungen vor Ort berücksichtigt werden.

4.4.5 Bei Verwendung von Teleskop-Kopplungen sollte die Konstruktion der Kopplungen, ihr teleskopischer Weg und die Fixierung so sein, dass dies der Reihe an Verrohrungen ermöglicht, sich ohne Weiteres zu verdichten oder sich in Richtung der Messlinien zu einem Umfang gleich der Baugrundverdichtung oder Erweiterung auszudehnen.

ANMERKUNG 1 Teleskopische Kopplungen können eine wesentliche schädliche Auswirkungen auf die Genauigkeit der Messungen und der Kontrolle der Tiefenpositionierung der Sonde haben.

ANMERKUNG 2 Das Hinzufügen eines externen gerieften Schlauchs zur Spül-gekoppelten Verrohrung kann Schäden eliminieren, die durch das Setzmaß von Baugrund entstehen. Es besteht jedoch keine Notwendigkeit zur Ausweitung des Schlauchs in den nicht deformierten tieferen Baugrund (siehe Bild 1).

4.4.6 Vor dem Einbau sollten die Verrohrungen an einem sicheren Ort gelagert und horizontal gelegt sowie gestützt werden, um Verformungen aufgrund ihres Eigengewichtes zu vermeiden. Sie sollten ebenso vor direktem Sonnenlicht geschützt werden.

4.5 Messbereich, Genauigkeit und Wiederholbarkeit

4.5.1 Tabelle 3 stellt in einer gewissen Ordnung Werte bereit, die bei der Genauigkeit und Wiederholbarkeit von Inklinometern berücksichtigt werden sollten. Inklinometermessungen müssen in Übereinstimmung mit Tabelle 3 stehen.

Tabelle 3 — Anforderungen von Inklinometermessungen

Typ	Linie	Ergebnis	Inklinometer	
			Vertikal	Hori- zontal
Sonde	1	Genauigkeit des Messgeräts (Sonde oder IPI-Element)	$\pm 0,02 \%$ Vollskala (z. B. $\pm 0,1 \text{ mm/m}$ für $\pm 30^\circ$ Bereich)	
	2	<i>Wiederholbarkeit (Präzision) einer vollständigen Messung entlang der Messlinie:</i> Unterschied zwischen den kumulierten Verschiebungen eines Messpunkts relativ zum Referenzpunkt 30 m entfernt, wenn die Untersuchung unter Bedingungen der Wiederholbarkeit mehrfach ausgeführt wird (siehe 4.5.2)	$\pm 2 \text{ mm}$	$\pm 10 \text{ mm}$
Stationär	3	<i>Wiederholbarkeit (Präzision) einer Reihe an IPI-Elementen, Messbereich $\pm 10^\circ$, verteilt auf 2 m:</i> Unterschied zwischen den kumulierten Verschiebungen eines Messpunkts relativ zum Referenzpunkt 30 m entfernt, wenn die Untersuchung unter Bedingungen der Wiederholbarkeit mehrfach ausgeführt wird (siehe 4.5.2)	$\pm 2 \text{ mm}$	$\pm 2 \text{ mm}$
Sonde & Stationär	4	<i>Stabilität der Signale von Sensoren:</i> Unterschied nach einem Zeitraum von 24 h unter Bedingungen der Wiederholbarkeit	$\pm 0,1 \text{ mm/m}$	

4.5.2 Die Wiederholbarkeit eines Messwerts (siehe Linien Nr. 2 und 2 in Tabelle 3) sollte innerhalb der Referenzmessungen (siehe 5.5.2.5) aufgestellt werden.

ANMERKUNG 1 Wiederholbarkeitsbedingungen umfassen u.a.:

- identischen Messwert;
- identisches Messverfahren;
- identische Messgeräte;
- identisches Einflussmengen.

ANMERKUNG 2 Die Werte sind spezifisch für Messungen an der A-Achse. Die Messungen der B-Achse sind häufig weniger genau. Das Erreichen von bestimmten Werten für die Sekundärachse (B-Achse) erfordert die zugehörigen Messungen mit den Rädern in den entsprechenden Schlüsselkanälen.

5 Einbau und Messdurchführung

5.1 Allgemeines

Im Speziellen sollte auf die Auswahl der geeigneten Führungsrohre und deren Einbau geachtet werden, da diese kritischen Faktoren für die Messqualität entsprechen.

5.2 Einbau von Führungsrohren an zugänglichen Oberflächen und in Beton

5.2.1 Beim Einbau von Führungsrohren an der Oberfläche von oberirdischen baulichen Anlagen sollte auf die dauerhafte Fixierung geachtet werden. Die Einwirkung von Umwelteinflüssen wie direktem Sonnenlicht auf die Rohre sollte z. B. durch Schutzabdeckungen vermieden werden.

5.2.2 Beim Einbau von Führungsrohren in Stahlbeton können die Rohre entweder in einem Verdrängungskörper platziert werden, der vor dem Betonieren eingebaut wird oder direkt an der Bewehrung fixiert werden. Werden die Führungsrohre vor der Betonierung platziert, sollte darauf geachtet werden, Schäden durch mechanische Effekte oder Aushärtungstemperaturen zu vermeiden.

5.2.3 Bei der Verwendung eines Verdrängungskörpers muss der Ringraum zwischen Führungsrohr und dem Verdrängungskörper vollständig mit geeignetem Werkstoff gefüllt sein. Das Material für die Hinterfüllung ist zu dokumentieren.

ANMERKUNG Verdrängungskörper werden häufig für Tiefen verwendet, die Größe als 20 m sind oder dann, wenn die Betonstruktur mehr als 1 m dick ist.

5.2.4 Auf Spundbohlen kann der Einbau des Führungsrohrs vor der Pfahlkonstruktion mit Schutz oder nach der Pfahlkonstruktion innerhalb einer Setzungsplatte durchgeführt werden. Ein voreingebautes quadratisches Stahlrohr kann ebenso als Führungsrohr verwendet werden.

5.3 Einbau von Führungsrohren in Bohrlöchern

5.3.1 Bohrung von Bohrlöchern

5.3.1.1 Der Durchmesser des Bohrlochs sollte basierend auf dem vorgesehenen Messsystem und den Bedingungen des Baugrund ausgewählt werden. Ein übergroßer Ringraum zwischen dem Bohrloch und dem Wandführungsrohr sollte vermieden werden.

ANMERKUNG 1 Je größer das Bohrloch und die Durchmesser der Führungsrohre, desto geringer das Risiko einer frühzeitigen Blockierung des Führungsrohrs durch Baugrundverschiebungen über den Bohrlochachsen.

ANMERKUNG 2 Bohrlöcher mit kleinem Durchmesser und Führungsrohre, z.B. die mit einem Durchmesser des Führungsrohrs von 48 mm werden im Allgemeinen als ungeeignet in Böden und Felsen angesehen, jedoch nicht zwingend in den Fällen, in denen eine sehr kleine Verschiebung erwartet wird, die über sehr weite Bereiche verteilt ist, wie bei Beton.

ANMERKUNG 3 Je größer der Ringraum zwischen Führungsrohr und Bohrlochwand, desto wahrscheinlicher ist das Risiko, dass kleine laterale Verschiebungen in den Inklinometermessungen verborgen sind, siehe Verweisung. ^[5]

5.3.1.2 Das Bohrloch und dessen Führungsrohr (siehe 5.3.2) sollte in den Teil des Baugrundes ausweiten, von dem erwartet wird, dass er das gesamte Überwachungsprojekt hindurch stabil bleibt. Die Ausweitung sollte mindestens sechs Mal größer als die Messlänge L_{sein} , d. h. mindestens 3 m für eine 0,5 m Sonde und 6 m für eine 1,0 m Sonde.

ANMERKUNG 5.3.1.2 versucht, eine Basisfixierung zu schaffen, die bei der Auswertung der Inklinometer-Messdaten hilfreich ist und dazu dient, systematische Abweichungen zu erkennen und zu quantifizieren (siehe 6.4).

5.3.1.3 Das Bohrverfahren sollte einzeln für jede Messörtlichkeit spezifiziert werden. Die Bohrungen müssen nach ISO 22475-1:2006 durchgeführt und dokumentiert werden. Bei vertikalen Einbauten sollte die Neigung des Bohrlochs innerhalb $\pm 2^\circ$ vertikal an jedem Punkt am Bohrloch gehalten werden.

ANMERKUNG Das Bohren unter Entnahme eines Kerns, stellt direkte Informationen zu den Verhältnissen des Baugrunds bereit und ermöglicht eine bessere Auslegung der Messergebnisse.

5.3.1.4 Auf instabilem Baugrund sollten die Bohrlöcher entweder teilweise oder vollständig im Schutz einer Bohr-Verrohrung gebohrt werden.

5.3.1.5 Vor dem Einbau des Führungsrohrs sollte das Bohrloch sorgfältig gereinigt werden, z. B. durch Ausspülen mit Wasser oder Druckluft.

5.3.2 Einbau von Führungsrohren

5.3.2.1 Die Inklinometer-Verrohrung sollte mit einem Schlüsselkanal in der Referenzrichtung eingebaut werden. Bei vertikalen Bohrlöchern sollte die Referenzrichtung der Richtung der erwarteten prinzipiellen Bewegung entsprechen. Bei horizontalen und geneigten Bohrlöchern sollte die Referenzrichtung der „Spitze“ des Bohrlochs (in Übereinstimmung mit ISO 18674-1:2015, Bild B.1) entsprechen. Der Schlüsselkanal, der sich in der Bezugsrichtung befindet, muss dem Bezugsschlüsselkanal entsprechen und dauerhaft markiert sein, z.B. durch Schneiden einer Kerbe in die Spitze des Führungsrohrs in diesen Schlüsselkanal oder durch dessen Identifizierung anhand einer wasserfesten oder strapazierfähigen Markierung.

5.3.2.2 Das Einbauverfahren muss die Verwindung der Reihe an Inklinometer-Verrohrungen minimieren. Es darf kein Versuch hinsichtlich dessen unternommen werden, die Bezugsschlüsselkanäle neu auszurichten nachdem das Führungsrohr zusammengesetzt und eingebaut wurde.

ANMERKUNG Die Messungen der Abweichung zwischen dem Schlüsselkanal und der Bezugsrichtung, die nach dem Einbau sichtbar werden kann, wird häufig geodätisch oder durch einen Kompass ausgeführt.

5.3.2.3 Bei Führungsrohren, die die Länge von 50 m übersteigen, muss die Verwindung der Schlüsselkanäle entlang der Verrohrungen durch unabhängige Messungen geprüft werden.

ANMERKUNG 1 Die Messung von Verwindungen der Verrohrung wird häufig durch Spiral- oder Kompasssonden durchgeführt.

ANMERKUNG 2 Um die Qualität der Messungen zu steigern, entspricht es der guten Praxis, Verwindungsmessungen für Verrohrungen durchzuführen, deren Länge 20 m übersteigt.

5.3.2.4 Nach Einsatz des Führungsrohrs muss jegliche Bohr-Verrohrung entfernt werden. Es sollte darauf geachtet werden, das Führungsrohr beim Anheben der Bohr-Verrohrung nicht zu drehen.

ANMERKUNG Es könnte notwendig sein, die Bohr-Verrohrung in Etappen zu entfernen, während der Hinterfüllung (siehe 5.3.2.5) unter der Bohr-Verrohrung.

5.3.2.5 Der Ringraum zwischen dem Führungsrohr und der Bohrlochwand sollte vollständig hinterfüllt werden. Die Zusammensetzung des Materials der Hinterfüllung muss dokumentiert und die Eigenschaften in Bezug auf das umgebende Medium geprüft werden.

ANMERKUNG 1 Einer der Gründe für die Hinterfüllung ist die Wiederherstellung der Trennung der verschiedenen wasserführenden Schichten in Übereinstimmung mit ISO 22475-1:2006, 5.5.4).

ANMERKUNG 2 Übliche Materialien der Hinterfüllungen sind zementbasierter Mörtel mit geringer Festigkeit und Zement-Bentonit-Suspensionen (siehe Anhang C).

5.3.2.6 Um ein Schlingern des Führungsrohrs aufgrund von Auftriebskräften zu verhindern, sollte der Auftrieb der Führungsrohre durch Füllen der Rohre mit klarem Wasser, dem Belasten des Bodens und / oder Verankerung des Bodens der Reihe von Führungsrohren kompensiert werden. Es sollte nicht versucht werden, den Kopf der Verrohrung nach dem Einsatz zu drücken. Es sollte sichergestellt werden, dass keinerlei Hinterfüllmaterial, Schmutz, Erde oder Felsenpartikel, usw. in das Führungsrohr gelangen, z. B. durch Verwendung einer oberen Abdeckung.

ANMERKUNG 1 Jegliches Schlingern des Führungsrohr reduziert wesentlich die Genauigkeit der Inklinometermessungen.

ANMERKUNG 2 Eine Unterstützung der Führungsrohrbasis kann erreicht werden durch Senken eines Stahlrohrs hinunter zur Grundabdeckung (verstärkt um sicherzustellen, dass es nicht werden des Absenkens des Stahlrohrs beschädigt werden kann), durch Verwendung eines Verrohrungs-Ankers und/oder durch anfängliches Hinterfüllen der unteren Teile des Ringraums zwischen Führungsrohr und dem Bohrloch (d. h. stufenweises Hinterfüllen).

5.3.2.7 Bei der Wahl und dem Einbau des Führungsrohrs sollte sichergestellt werden, dass die folgenden Ergebnisse erzielt werden:

a) Ausreichende Dimensionen des Führungsrohrs.

ANMERKUNG 1 Dünnwandige Inklinometer-Verrohrungen aus Kunststoff neigen dazu, unter dem Druck der Rückfüllsuspensionen zusammenzubrechen.

Anmerkung 2 zum Begriff:

- Auswahl dickwandiger Rohre;
- sequenzielles Hinterfüllen in Hubhöhen eingeschränkter Höhen (z. B. < 30 m).

b) Ausreichende Abdichtung der Kopplungen, einschließlich Endabdeckungen (oben und unten), um jegliches Eindringen von Hinterfüllmaterial in das Führungsrohr zu verhindern, dass das gesamte Führungsrohr nutzlos machen kann.

ANMERKUNG Mögliche präventive Maßnahmen:

- mehrfache und saubere Befestigung der Kopplungsverbindungen mit Klebeband und miteinander verkleben der Kopplungsverbindungen;
- Auswahl von einrastenden Dichtungs-Kopplungen mit Dichtungsringen zwischen den Verrohrungs-Segmenten.

c) Vervollständigung der Hinterfüllung im Ringraum zwischen Führungsrohr und Bohrlochwand zur Sicherung der Stabilität der Röhren.

ANMERKUNG Mögliche Qualitätskontrolle und präventive Maßnahmen:

- Vergleichen des geometrischen Volumens des Ringraums mit dem des Hinterfüllmaterials;
- in gebrochenem Baugrund und Böden mit hoher Durchlässigkeit, Einsatz geotextiler Schläuche, um das Einpressgut beizubehalten.

d) Ausreichende Verdichtung gleichkörniger Hinterfüllungen.

ANMERKUNG 1 Gleichkörniges Hinterfüllmaterial kann nur verwendet werden, wenn keinerlei Besorgnis zur Verbindung zu Grundwasserspeichern auf unterschiedlichen Stufen besteht (siehe C.4).

ANMERKUNG 2 Gleichkörniges Hinterfüllmaterial kann in außergewöhnlichen geometrischen Umständen wie schwer gebrochene Felsen, z. B. auf karstigem Baugrund oder bei gleichkörnigen Böden mit hoher Durchlässigkeit

verwendet werden. In diesen Situationen besteht eine mögliche präventative Maßnahme gegen das Risiko einer Auswaschung des Hinterfüllmaterials in der Verwendung eines geotextilen Schlauches.

ANMERKUNG 3 Vorteile der Nutzung von gleichkörnigen Hinterfüllungen verglichen mit Zementsuspensionen:

- weniger Ausrüstung für den Einbau notwendig (positiv bei Bereichen, die schwer zu erreichen sind);
- weniger Probleme mit Auftrieb;
- kleinere Hinterfüllungen können ohne jegliche Ausrüstung durchgeführt werden.

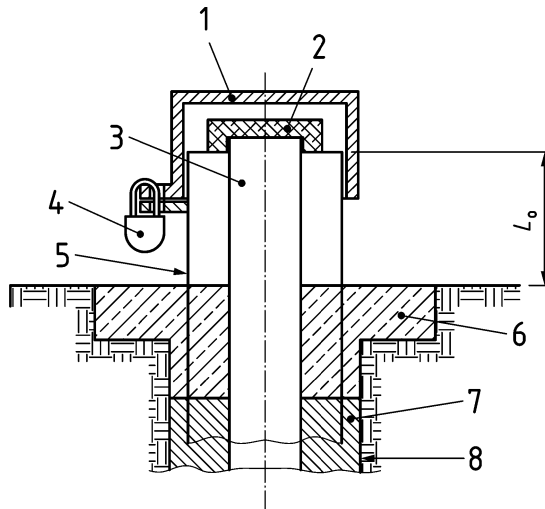
ANMERKUNG 4 Nicht ausreichend verdichtete gleichkörnige Hinterfüllung kann zu einem Senken des Hinterfüllmaterials, Wölbung des Materials an den Kopplungen und Beulen der Führungsrohre führen. Senken von unzureichend verdichtetem Material kann ausgelöst werden durch Sprengung an nahe liegenden Baustellen oder durch Senken des Grundwasserstands.

Anmerkung 5 zum Begriff:

- Nutzung kontinuierlicher spülungsgekoppelter Führungsrohre ohne externe Schläuche;
- extra breiter Durchmesser des Bohrlochs, um das Risiko von Wölbung des gleichkörnigen Hinterfüllmaterials zu vermeiden.

5.3.3 Sicherung der Messörtlichkeiten des Bohrlochs

Der Kopf des Führungsrohres sollte durch eine Abdichtung geschützt sein, um zu verhindern, dass das Material in das Rohr fällt. Sollte Vandalismus hier ein Problem sein, sollte diese verschließbar sein (siehe Bild 3).



Legende

- 1 Obere Abdichtung, verschließbar
- 2 Oberansicht der Inklinometer-Verrohrung
- 3 Inklinometer-Verrohrung
- 4 Schloss
- 5 Schützende Wanddurchführung
- 6 Betonbett
- 7 Hinterfüllung
- 8 Bohrloch

Bild 3 — Beispiel für einen verschließbaren Inklinometerkopf

5.4 Einbau von stationären Inklinometern

5.4.1 Interferenz zwischen den IPI verbindenden Elementen und dem Führungsrohr sollten beim Einbau und über den gesamten Bereich der erwarteten Verlagerungen hinaus vermieden werden.

ANMERKUNG Beim Einbau wird das anfängliche Profil des Führungsrohrs durch einen Sondeninklinometer bestimmt und zur Auswahl geeigneter Verbindungselemente verwendet (z. B. Länge, Durchmesser, Messbereich).

5.4.2 Wenn die stationären Inklinometerelemente in das Führungsrohr eingebaut wurden, sollte sichergestellt werden, dass die sich die Reihe an Elementen in Spannung oder Kompression befindet (abhängig vom Modell der Messeinrichtung) und gemäß der Anweisungen des Herstellers.

Für beinahe horizontale Linien, können Setzstäbe erforderlich sein zur Positionierung der stationären Inklinometer-Elemente im Führungsrohr.

Bei beinahe vertikalen Messlinien, bei denen das oberste stationäre Inklinometerelement nicht mit der Spitze des Führungsrohrs übereinstimmt, ist ein Suspensionskabel erforderlich, das die Reihe an stationären Inklinometerelementen korrekt positioniert.

5.4.3 Wurden die Inklinometerelemente im Führungsrohr positioniert, müssen diese in dieser Position fixiert werden und die Position muss dokumentiert werden.

ANMERKUNG Fixierung kann durch festes Anbringen der Kabel oder Setzstäbe an die Manschette des Führungsrohrs erreicht werden.

5.5 Messdurchführung

5.5.1 Geräteüberprüfung und Kalibrierung

5.5.1.1 Für allgemeine Funktionsprüfungen und Kalibrierungen auf ISO 18674-1:2015, 5.6, 5.6 beziehen.

5.5.1.2 Inklinometersonden sollten regelmäßig neu kalibriert werden. Falls nicht anders vom Hersteller festgelegt, darf das Intervall nicht länger als zwei Jahre sein. Wurde die Messeinrichtung nicht länger als zwei Jahre betrieben, sollte die Neukalibrierung sofort vor der Messuntersuchung durchgeführt werden. Neukalibrierungen sind ebenfalls nach Reparatur oder Austausch jeglicher mechanischer oder elektrischer Komponenten (einschließlich Kabel) notwendig.

5.5.2 Messung

5.5.2.1 Die Messungen müssen in Übereinstimmung mit Anhang A in Verbindung mit den Anforderungen in Abschnitt 7 von ISO 18674-1:2015 durchgeführt werden.

5.5.2.2 Bei Sondeninklinometern sollte das Führungsrohr durch die Sonde anhand eines Schritt-für-Schritt-Verfahrens untersucht werden. Am Anfang der Untersuchung muss die Sonde an dem von der Manschette des Führungsrohrs am weitesten entfernten Punkt positioniert werden und durch für 10 min belassen werden bis sich die Temperatur der Sonde an die Umgebungsbedingungen angepasst hat. Die Sonde muss dann sequenziell an jeden einzelnen Messpunkt in die Richtung der Manschette des Führungsrohrs bewegt werden. Bei Erreichen der Manschette des Führungsrohrs wird die Sonde vom Führungsrohr entfernt, umgedreht (d.h. um 180° gedreht), an den Messpunkt, der am weitesten von der Manschette des Führungsrohrs entfernt ist rückgeführt und diese Sequenz wird in umgekehrter Richtung wiederholt um die Inklinometeruntersuchung des Führungsrohrs zu vervollständigen.

ANMERKUNG 1 Die Temperaturanpassung der Sonde an die Umgebungsbedingungen ist von entscheidender Wichtigkeit für korrektes Ablesen.

ANMERKUNG 2 Zweck der Umkehrung von Inklinometersonden zwischen zwei Läufen einer kompletten Messuntersuchung ist der, die Nullpunktabweichung innerhalb des Systems zu eliminieren. Bei vertikalen Inklinometern besteht die Umkehrung darin, die Sonde um 180° entlang deren Längsachse zu drehen (die Kabelöffnung bleibt unverändert), während bei horizontalen Inklinometern die Umkehrung darin besteht, die Sonde um 180° in horizontaler Ebene zu drehen (unter Veränderung der Kabelverbindung von einem Ende zum anderen).

5.5.2.3 Die Toleranz der Tiefenpositionierung der Sonde im Messpunkt muss ± 5 mm entsprechen.

5.5.2.4 Die Sonde muss sich jedem Messpunkt in einer bestimmten (häufig aufwärts) Richtung nähern. Wird der Messpunkt versehentlich überschritten, muss die Sonde über den verpassten Messpunkt hinaus gedreht und dann erneut in die bestimmte Richtung in die Messposition bewegt werden. Messwerte sollten genommen werden, während die Sonde ruht und die Auslesewerte stabilisiert werden.

5.5.2.5 Zur Festlegung einer zuverlässigen Bezugsreihe sollte es in der Bezugsmessung mindestens zwei Wiederholungen der anfänglichen Messuntersuchung geben wobei jede Untersuchung aus einem normalen (0°) und einem umgekehrten (180°) Lauf entlang des Führungsrohrs unter Bedingungen der Wiederholbarkeit besteht (siehe 4.5.2). Die zwei Untersuchungen sollten sich innerhalb eines akzeptablen Bereichs der Messpräzision befinden (siehe Tabelle 3).

ANMERKUNG Es entspricht guter Praxis, eine zusätzliche Messung mit einer unabhängigen Sonde durchzuführen, die als Backup verwendet werden kann.

5.5.2.6 Messlesungen von Sondeninklinometern sollten geprüft werden. Prüfsummen sollten als Basis für die Annahmeprüfungen der Auslesungen und für die Identifizierung fehlerhafter Messungen genutzt werden. Sind die Auslesungen nicht korrekt oder zweifelhaft, muss die Inklinometer-Untersuchung wiederholt werden.

ANMERKUNG 1 Die Prüfsumme entspricht der Summe der normalen (0°) und umgekehrten (180°) Lesungen, die am selben Messpunkt entnommen wurden. Idealerweise entspricht die Summe der Zahl 0, da die Lesungen gegenteilige Zeichen enthalten. In der Praxis jedoch tragen die Variationen der Positionierung der Sonde und die Nullpunktabweichung zu Prüfsummen bei, die nicht Null entsprechen.

ANMERKUNG 2 Es entspricht der üblichen Praxis, die Prüfsummen aller Messpunkte über die Tiefe des Inklinometer-Führungsrohrs zu plotten. Unter normalen Bedingungen besitzt jede Kombination aus Sonde und Führungsrohr eine einzigartige Prüfsummenunterschrift, die bei jeder Folgemessung wiederholbar ist. Typischerweise variiert die Prüfsumme willkürlich über dem Mittelwert. Kleine Variationen zeigen für gewöhnlich nicht immer ein Problem an, jedoch sind Spitzen in der grafischen Darstellung bezeichnend für Inkonsistenzen bei den Auslesungen.

ANMERKUNG 3 Für die Prüfsummenanalyse, siehe Verweisung [6].

5.5.2.7 Die kumulierten Verschiebungen einer Inklinometeruntersuchung und die Stabilität des Bezugspunktes sollten durch unabhängige Messungen verifiziert werden.

ANMERKUNG Geodiätische Kontrolle der kumulierten lateralen Verschiebungen sind an der Manschette des vertikalen Bohrlochs üblich.

5.5.2.8 Bei stationären Inklinometern werden die Messungen automatisch durch einen Datenlogger durchgeführt. Eine kritische Beurteilung der Auslesungen in den ersten Protokollierungen sollte ebenso wie Plausibilitätsprüfungen in den subsequenten Zyklen vor der Berichterstattung ausgeführt werden.

ANMERKUNG Einige stationäre Inklinometer können unter Verwendung tragbarer Auslesegeräte, Computer und/oder Mobiltelefonen ausgelesen werden.

6 Datenverarbeitung und Auswertung

6.1 Die Auswertung der Messwerte ist nach Anhang A vorzunehmen.

6.2 Eine Aufzeichnung der folgenden Daten ist zusätzlich zu den Anforderungen von ISO 18674-1:2015, Abschnitt 8 erforderlich:

a) bei jeder Messuntersuchung:

- ID des Messgeräts;
- Identifizierung der Messlinie, z. B. das Messbohrloch;
- Festlegung des Referenzpunktes und seines Verschiebungszustandes;
- Winkel zwischen der A⁺Richtung der Sonde und der Referenzrichtung

b) für jeden Messpunkt:

- die Messtiefe,
- Relative laterale Verschiebungen Δu_i und Δv_i nach Gleichung (A.1) und (A.2) (gemeinsame Bezeichnung: „Differentialverschiebungen“);
- Absolute laterale Verschiebungen u_i und v_i nach Gleichung (A.6) und (A.7) und, falls zutreffend ebenfalls nach Gleichung (A.8) und (A.9) (gemeinsame Bezeichnung: „Integrierte Verschiebungen“);
- Umfang und Richtung des lateralen Verschiebungsvektor (Vektorsumme von u_i und v_i);

— Bei Sondeninklinometern, Summe von normalen (0°) und umgekehrten (180°) Messungen („Prüfsumme“).

6.3 Die ausgewerteten Ergebnisse müssen in Tabellen und/oder Diagrammen dargestellt werden.

BEISPIELE Siehe Anhang E.

6.4 Die Ergebnisse der Sondeninklinometermessungen sollten auf systematische Abweichungen diagnostiziert und, falls zutreffend, korrigiert werden.

Anmerkung 1 Siehe [6].

ANMERKUNG 2 Im Allgemeinen besteht ein Messfehler aus zwei Komponenten: (1) zufällige Abweichung und (2) systematische Abweichung. Zufällige Abweichungen können nicht korrigiert werden, allerdings durch besseren Einbau und wiederholte Messungen minimiert werden. Systematische Abweichungen können durch mathematische Verfahren korrigiert werden, vorausgesetzt, dass die Ursache der Abweichungen bekannt ist. Bei Inklinometermessungen werden die häufigsten systematischen Abweichungen hervorgerufen durch:

- a) Verlagerung der Kalibrationsneigung des Kippsensors (Abweichung der Neigungsverlagerung);
- b) Verlagerung der Empfindlichkeit des Kippsensors (Abweichung der Empfindlichkeit);
- c) Verlagerung der Neigung des Führungsrohr (Abweichung der Drehung);
- d) Änderung der Tiefenpositionierung der Sonde (Abweichung der Tiefenpositionierung).

Gemäß [6], Neigungsverlagerung (a) und Abweichungen der Drehung (c) sind relativ leicht zu erkennen und mit entsprechender Proprietäts-Software oder Tabellen zu korrigieren. Empfindlichkeitsverlagerung (b) ist relativ selten und normalerweise schwer zu erkennen, allerdings einfach zu korrigieren. Die Abweichung zur Tiefenpositionierung (d) wird als die schwerwiegendste zu handelnde Abweichung angesehen, da diese mehrere Ursache haben kann wie steigende Verformung des Führungsrohrs oder eine Dehnung oder Schrumpfung des Messkabels.

ANMERKUNG 3 Das Ausmaß und die Art der Verschiebungen, die über eine Fixierungstiefe der Basis gemessen werden (siehe 5.3.1.2) sind wichtig bei der Diagnose und Analyse systematischer Abweichungen.

7 Berichterstattung

7.1 Installationsbericht

Der Einbaubericht muss in Übereinstimmung mit ISO 18674-1:2015, 9.1 erfolgen.

7.2 Messbericht

Der Einbaubericht muss in Übereinstimmung mit ISO 18674-1:2015, 9.2 erfolgen.

Anhang A (normativ)

Mess- und Auswertungsverfahren

A.1 Kurs einer Messlinie

A.1.1 Der Kurs einer Messlinie sollte durch Bewegen der Inklinometersonde entlang der Messlinie in einem Schritt-für-Schritt-Verfahren von einem Messpunkt zum nächsten untersucht werden (siehe 4.2.1).

A.1.2 Bei jedem Messschritt sollten die folgenden Winkel gemessen werden:

- Kippwinkel α der Sondenachse in Ebene A (siehe Bilder 1 und A.1);
- Kippwinkel β der Sondenachse in Ebene B (nur bei biaxialen Inklinometersonden);

A.1.3 Die Winkelmessungen in den entsprechenden Messpunkten können als polygon von einem Bezugspunkt unter Berücksichtigung der Basislänge (siehe 3.1.9 und Bild A.1) dargestellt werden.

A.1.4 Der Bezugspunkt sollte entweder der Manschette des Führungsrohrs oder dem tiefsten Messpunkt entsprechen.

A.2 Verschiebungen senkrecht zu einer Messlinie

A.2.1 Durch Vergleichen der Folge- und Bezugsmessungen können Änderungen im Kurs der Messlinie bestimmt werden und so auch die Verschiebungen der Messpunkte über der Messlinie.

A.2.2 *Relative Verschiebungen* zwischen angrenzenden Messpunkten müssen durch eine Änderung der Winkel bestimmt werden α und β . Über der Messlinie gibt es zwei unabhängige Verschiebungskomponenten u und v . Die relativen Verschiebungskomponenten Δu_i und Δv_i zwischen den zwei angrenzenden Messpunkten i und $i-1$ müssen anhand der Änderung der Winkel $\Delta\theta_i$ und $\Delta\rho_i$ berechnet werden, die innerhalb der Zeitspanne zwischen Folgemessung i_F und Bezugsmessung i_R wie folgt geschieht (siehe Bild A.1b)):

$$\Delta u_i = l_i \times \sin \Delta\theta_i \quad (\text{A.1})$$

$$\Delta v_i = l_i \times \sin \Delta\rho_i \quad (\text{A.2})$$

wobei:

l_i dem Abstand zwischen Messpunkten i und $i-1$ entspricht

Für den Sondeninklinometer ist dieser:

$$l_i = l_{i-1} = l_{i-2} = \dots = l_1 = L \quad (\text{A.3})$$

$$\Delta\theta_i = \theta_{iF} - \theta_{iR} \quad (\text{A.4})$$

$$\Delta\rho_i = \rho_{iF} - \rho_{iR} \quad (\text{A.5})$$

wobei:

θ dem Inklinometerwinkel α entspricht

ρ dem Inklinometerwinkel β entspricht

Index „R“ bezieht sich auf die Referenzmessung

Index „F“ bezieht sich auf die Folgemessung

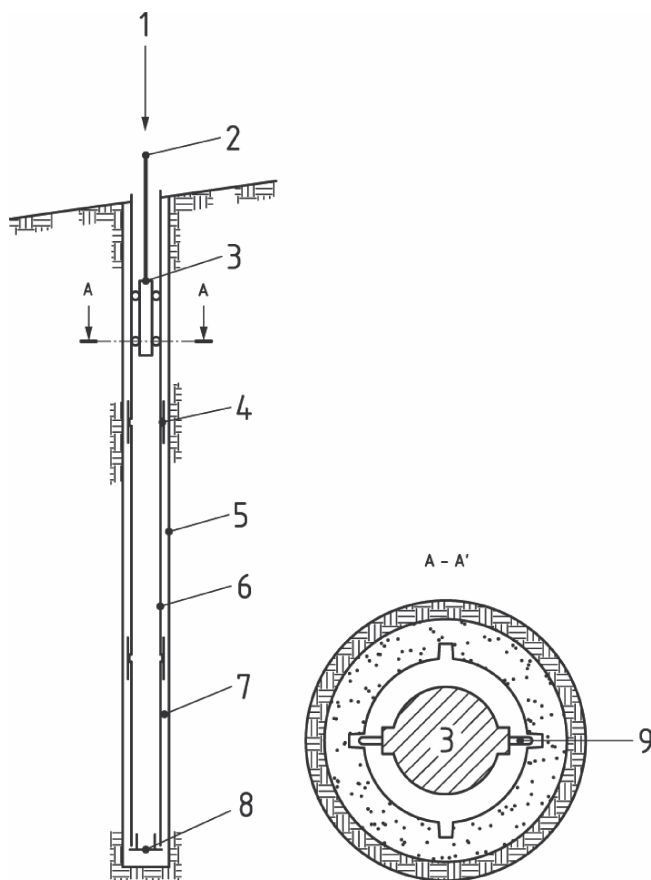
A.2.3 Die *absoluten* Verschiebungskomponenten u_i und v_i eines Messpunktes i über der Messachse müssen durch Addition der relativen Verschiebungskomponenten Δu_i und Δv_i (siehe A.2.2) in Relation zu einem Bezugspunkt bestimmt werden. Entspricht dies:

$$u_i = \Delta u_i + \Delta u_{i-1} + \Delta u_{i-2} + \dots + \Delta u_1 + u_0 = \sum \Delta u_i + u_R \quad (\text{A.6})$$

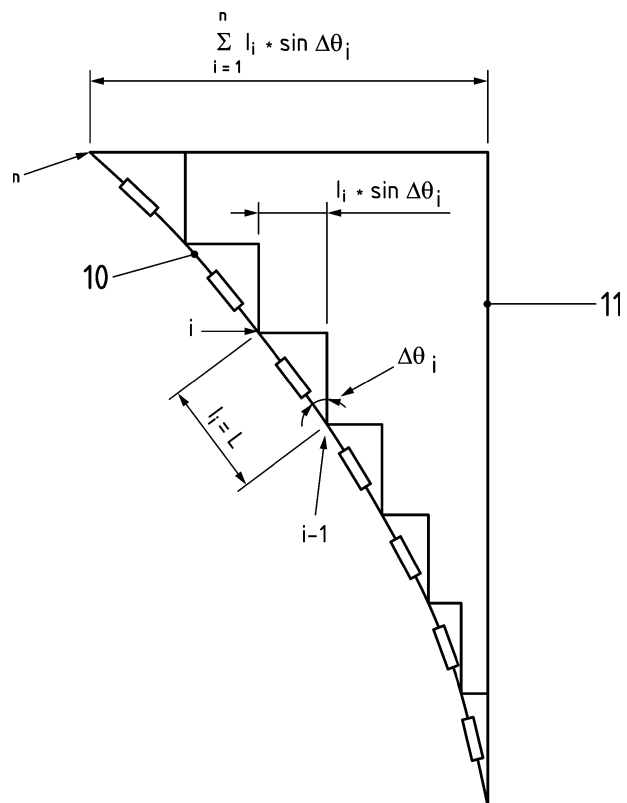
$$v_i = \Delta v_i + \Delta v_{i-1} + \Delta v_{i-2} + \dots + \Delta v_1 + v_0 = \sum \Delta v_i + v_R \quad (\text{A.7})$$

wobei:

u_R und v_R entsprechen den Verschiebungskomponenten eines Bezugspunktes in Richtung der jeweiligen x- und y-Achse.



a) Messsystem



b) Auswertungsprinzip

Legende

- 1 Auslesegerät; Datenlogger
- 2 Messkabel
- 3 Inklinometersonde
- 4 Kupplung
- 5 Bohrloch
- 6 Inklinometer-Verrohrung
- 7 Hinterfüllung
- 8 Endabdichtung
- 9 Führungsradanordnung
- 10 Eigentlicher Kurs der Inklinometer-Verrohrung
- 11 Vertikal

Bild A.1 — Messsystem und Auswertungsprinzip eines vertikalen Inklinometer (angepasst von [3])

A.3 Verschiebungen in A- und B-Richtungen vertikaler Inklinometer

A.3.1 Die Sonde eines vertikalen Inklinometer besteht aus einem Gehäuse, in das zwei Kippsensoren dauerhaft in zwei zueinander rechtwinkligen Ebenen eingebaut sind. Beide Ebenen umfassen die longitudinale Achse der Sonde (die selbst mit der Achse z des Führungsrohrs übereinstimmt). Sie werden als die Sondenebene A und B bezeichnet (im eigentlichen Sinne: "Az" und "Bz"-Ebenen). Anhand der gemessenen Kippwerte und ausgewerteten Verlagerungskomponenten a_i und b_i in den Messrichtungen der Sonde A⁺ und B⁺, werden die Verlagerungskomponenten des Baugrunds u_i und v_i nach Gleichung (A.8) und (A.9) (siehe Bild A.2) bestimmt:

$$u_i = \cos \psi \times a_i + \sin \psi \times b_i \quad (\text{A.8})$$

$$v_i = \cos \psi \times b_i + \sin \psi \times a_i \quad (\text{A.9})$$

wobei:

ψ dem Winkel zwischen der Führungsrohrkoordinate x und der Sondenrichtung A⁺ entspricht

a_i und b_i sind die Verlagerungskomponenten in den Sondenrichtungen A⁺ und B⁺ bei Messpunkt i

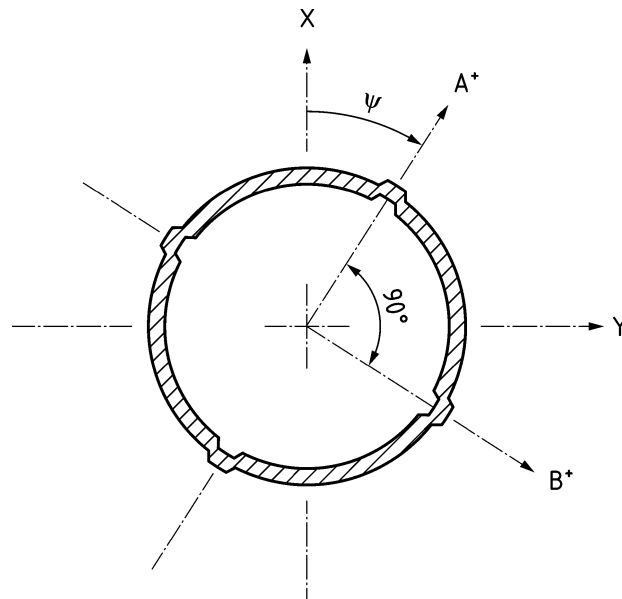


Bild A.2 — Transformation der Verlagerungen im Allgemeinen von unterschiedlich ausgerichteten Sonden und Bohrlochachsen

Anhang B (normativ)

Deflektometer

B.1 Begriffe und Symbole

B.1.1

Deflektometer

System zur Überwachung von Verlagerungen entlang einer Messlinie durch Deflektionsmessungen in dem Bereich

Anmerkung 1 zum Begriff: Das System besteht im Wesentlichen aus einer Messeinrichtung, einem Führungsrohr, einem Mittel, um die Position der Messeinrichtung im Führungsrohr zu messen, einem Auslesegerät sowie einer Auswertungs-Software. Die Messeinrichtung kann entweder einer Sonde oder stationären Messeinrichtungen entsprechen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die zwei unabhängigen Verlagerungskomponenten, die über einer Linie agieren, können ungeachtet der Ausrichtung und Neigung der Messlinie durch ein Deflektometer überwacht werden.

B.1.2

Deflektometersensor

Sensor, der die Winkel zwischen zwei angrenzenden Stäben ungeachtet der Schwerkraft misst und von einem Gelenkstück umfasst wird

B.1.3

Sondendeflektometer

System, das eine Sonde für Schritt-für-Schritt-Messungen auf einer Messlinie umfasst (siehe Bild B.1a))

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Sonde besteht aus zwei starren Stäben gleicher Länge und drei Kontaktpunkten im selben Abstand, deren Mittelpunkt mit einem Deflektometersensor ausgestattet ist.

B.1.4

Stationäres

Deflektometer

System, das ein einzelnes Deflektometerelement, oder eine Reihe von Elementen zur Messung der Deflektion an bestimmten Örtlichkeiten auf einer Messlinie ohne Entfernen der Messeinrichtung umfasst (siehe Bild B.1 b) und c))

B.1.5

Deflektometer-Verrohrung

Führungsrohr entsprechend des verwendeten Deflektorensystems

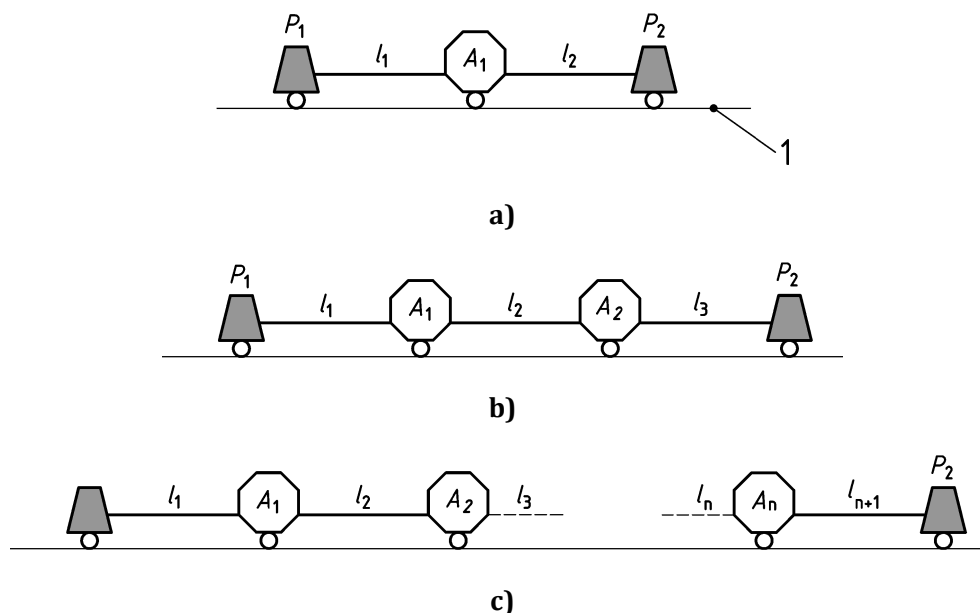
Tabelle B.1 — Symbole für Deflektometer

Symbol	Bezeichnung	Einheit
γ	Winkel zwischen den angrenzenden Deflektometerstäben in der vertikalen Ebene	° (Grad)
δ	Winkel zwischen den angrenzenden Deflektometerstäben in den Gelenkstücken der horizontalen Ebene	° (Grad)

B.2 Messeinrichtung

B.2.1 Deflektometer können für die Messung von Verlagerungen über horizontalen und geneigten Messlinien verwendet werden. Bei vertikalen Messlinien sollten vertikale Inklinometer verwendet werden.

B.2.2 Ähnlich Tabelle 2 sollten Sonde und stationäre Deflektometer voneinander unterschieden werden. Der prinzipielle Aufbau stationärer Inklinometer sollte gemäß Bild B.1 erfolgen.



Legende

- | | | | |
|----|--|--------------------|---|
| a) | Sondendeflektometer | P_{Index} | Kontaktpunkt ohne Sensoren |
| b) | Zweifaches stationäres Deflektometer | A_{Index} | Kontaktpunkt mit Gelenkstücken und Winkelsensoren |
| c) | n-fach stationäres Deflektometer | l_{Index} | Längenverbindendes Element (Abstandshalter) = Messlänge L |
| 1 | Basis der inneren Oberfläche des Führungsrohrs | | |

Bild B.1 — Prinzipieller Aufbau und Komponenten eines Deflektometers

B.2.3 Wo anwendbar und falls nicht anderweitig angegeben, muss B.2.4 bis B.2.8, 4.1 bis 4.5 umgesetzt werden.

B.2.4 Winkeländerungen sind durch einen Vergleich der Messwerte mit denjenigen der Referenzmessung zu erfassen. Verschiebungen der Messpunkte entlang der Messlinie sind nach B.5 abzuziehen.

B.2.5 Der Signalgeber muss aus einem Gelenkstück mit zwei eingeschlossenen Winkelsensoren bestehen, die im Winkel von 90° zueinander eingebaut sind. Die Sensoren müssen die Deflektion der zwei Abstandshalter relativ zueinander messen, die an das Gelenkstück angebracht sind.

B.2.6 Die Einbauebenen der Kippsensoren müssen als die Messeinrichtungen Ebenen A und B gekennzeichnet werden, wobei Ebene A mit der Ebene der Anordnung der Kontaktpunkte des Deflektometerelements übereinstimmen muss.

ANMERKUNG 1 In der Messposition der horizontalen Bohrlöcher ist Ebene A vertikal und Ebene B horizontal. Der Sensor der Ebene A misst die Änderung der Neigung, der Sensor von Ebene B misst die Azimutänderung.