

DIN 4107-3

ICS 93.020

Teilweiser Ersatz für
DIN 4107:1978-01**Geotechnische Messungen –
Teil 3: Inklinometer- und Deflektometermessungen**Geotechnical measurements –
Part 3: Inclinator and deflectometer measurementsMesures géotechniques –
Partie 3: Mesure d'inclinomètre et de déflectomètre

Gesamtumfang 36 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Symbole.....	6
3.1 Begriffe	6
3.2 Symbole	8
4 Messeinrichtung	8
4.1 Allgemeines	8
4.2 Messgeräte	11
4.2.1 Stationäre Messgeräte	11
4.2.2 Mobile Messgeräte	12
4.3 Genauigkeitsanforderungen.....	14
4.4 Geotechnische Anwendungen von Inklinometern und Deflektometern	15
5 Installation und Messdurchführung.....	16
5.1 Installation der Messverrohrung an oder in Bauteilen	16
5.2 Installation der Messverrohrung in Bohrlöchern	16
5.2.1 Herstellen des Bohrloches	16
5.2.2 Wahl und Installation der Messverrohrung für mobile Sonden	16
5.2.3 Sicherung der Messstelle	18
5.3 Installation stationärer Messgeräte	19
5.4 Messdurchführung	19
5.4.1 Geräteüberprüfung und Kalibrierung	19
5.4.2 Messung	19
6 Messauswertung.....	20
7 Berichterstattung	21
7.1 Feldprotokoll	21
7.2 Messtechnischer Bericht	21
Anhang A (normativ) Mess- und Auswerteverfahren und abgeleitete Werte	22
A.1 Verlauf einer Messlinie	22
A.2 Verschiebungen quer zur Messlinie	22
A.3 Verschiebungen in Bezug zu den Ebenen „A“ und „B“ eines Vertikalinklinometers	25
Anhang B (informativ) Anwendungsbeispiele.....	27
B.1 Verlaufsmessung einer Vertikalbohrung: Vertikalitätsprüfung einer Schwimmlootbohrung bei einer Talsperre	27
B.2 Verlaufsmessung einer Schrägbohrung: Überprüfung der Richtungsgenauigkeit einer Ankerbohrung	28
B.3 Messung der Horizontalverschiebungen eines Gebirges vor einer Tunnelortsbrust	30
B.4 Verschiebungsmessungen in einem Kriechhang	33
B.5 Setzungsmessung an einer Deponiebasis.....	35
Literaturhinweise	36

Bilder

Bild 1 — Prinzip einer Messung mit einem mobilen Vertikalinklinometer	10
Bild 2 — Prinzipieller Aufbau eines Deflektometer-Messsystems	12
Bild 3 — Beispiel einer Sicherung des Kopfes einer Inklinometermessstelle	18
Bild A.1 — Messsystem (links) und Auswerteprinzip (rechts) eines Vertikalinklinometers (nach [3])	24
Bild A.2 — Umrechnung von Verschiebungen für den allgemeinen Fall unterschiedlich gerichteter Sonden- und Bohrlochachsen	26
Bild B.1 — Vermessung einer Schwimmlootbohrung mittels Vertikalinklinometer	28
Bild B.2 — Richtungsabweichung einer 56 m tiefen Ankerbohrung. Bestimmung mittels Deflektometer (Aufsicht auf Bohrlochmund; Messteufenschritte = 1,0 m)	29
Bild B.3 — Lageplan mit Darstellung der horizontalen Verschiebungen im Gebirge vor der Ortsbrust eines herannahenden Tunnels. Verschiebungsprofile für verschiedene Zeitpunkte der Annäherung des Tunnels	31
Bild B.4 — Horizontalverschiebung des in der Tunnelachse gelegenen Messpunktes in Abhängigkeit von der Zeit	32
Bild B.5 — Verschiebungsprofile eines Kriechhanges in Schnitten und im Lageplan	34
Bild B.6 — Entwicklung des Setzungsprofils einer Deponiebasis mit der Zeit	35

Tabellen

Tabelle 1 — Symbole	8
Tabelle 2 — Inklinometer- und Deflektometertypen	9
Tabelle 3 — Vereinfachte Übersicht über geotechnische Anwendungen von Inklinometern und Deflektometern	15

Vorwort

Diese Norm wurde vom Arbeitsausschuss NA 005-05-09 AA „Baugrund, Feldversuche“ im Normenausschuss Bauwesen (NABau) des DIN Deutsches Institut für Normung e. V. auf der Grundlage der Empfehlung Nr. 21 des Arbeitskreises 3.3 „Versuchstechnik Fels“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V. (DGGT) [1] erarbeitet.

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

DIN 4107 *Geotechnische Messungen* besteht aus:

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

Änderungen

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

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

Frühere Ausgaben

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

1) In Vorbereitung.

1 Anwendungsbereich

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

Anwendungszwecke und -bereiche sind u. a.:

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

Andere für Messungen des Verlaufs von Bohrungen konzipierte Vorrichtungen (z. B. Kreiselkompass-, Magnet- und Multishotsonden) sind für geotechnische Verschiebungsmessungen in der Regel nicht ausreichend genau und nicht Gegenstand dieser Norm.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 1054, *Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau*

DIN 4020, *Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke*

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

DIN 4107-2, *Geotechnische Messungen — Teil 2: Extensometer- und Konvergenzmessungen*

DIN 4107-4, *Geotechnische Messungen — Teil 4: Druckkissenmessungen¹⁾*

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

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

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

¹⁾ In Vorbereitung.

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

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

3.1.1

Inklinometer

Messeinrichtung zur Ermittlung von Neigungen entlang einer Messlinie, im Wesentlichen bestehend aus Inklinometersonde, Messrohr und Messwertanzeigergerät

3.1.2

Inklinometersonde

Messsonde mit einem oder zwei elektrischen Neigungssensoren zur schrittweisen Vermessung und Ermittlung der Neigungswinkel entlang einer Messlinie

3.1.3

Vertikalinklinometer

Inklinometer zur Messung von Neigungen entlang vertikaler oder dazu schwach geneigter Messlinien

3.1.4

Horizontalinklinometer

Inklinometer zur Messung von Neigungen entlang horizontaler oder geneigter Messlinien

3.1.5

einachsige Inklinometersonde

Inklinometersonde mit einem einzelnen elektrischen Neigungssensor

3.1.6

zweiachsige Inklinometersonde

Inklinometersonde mit zwei in zueinander senkrecht stehenden Ebenen angeordneten elektrischen Neigungssensoren

ANMERKUNG Üblich bei Vertikalinklinometern; unüblich bei Horizontalinklinometern.

3.1.7

Inklinometermesskette

kettenförmig aneinander gereihte Neigungs-Messelemente, die in ein Messrohr eingebracht und in ihm fixiert werden (stationäres Messgerät)

3.1.8

Inklinometerrohr

Messrohr für die Inklinometersonde

ANMERKUNG Inklinometerrohre weisen innen üblicherweise 4 Laufnuten zur Führung der Messsonden auf (deshalb oft auch als Inklinometer-Nutrohre bezeichnet). Sie sind in verschiedenen Ausführungen (Material, Abmessungen, Art der Übergänge und Muffen, usw.) erhältlich.

3.1.9

Neigungssensor

elektrischer Aufnehmer zur messtechnischen Erfassung von Neigungen

ANMERKUNG Messgröße ist die Winkelabweichung gegenüber der Lotrechten (Vertikalinklinometer) bzw. der Horizontalen (Horizontalinklinometer). Die Neigungssensoren sind fest in das Gehäuse ihrer jeweiligen Inklinometersonde eingebaut

3.1.10**Deflektometer**

Messeinrichtung zur Ermittlung von Neigung und Richtung entlang einer horizontalen oder geneigten Messlinie, im Wesentlichen bestehend aus Deflektometersonde, Messrohr und Messwertanzeigergerät

3.1.11**Deflektometersonde**

Messsonde, bestehend aus zwei Stangen gleicher Länge, die über ein Kugelgelenk mit zwei senkrecht zueinander stehenden Winkelmesssensoren miteinander verbunden sind

3.1.12**Deflektometermesskette**

kettenförmig aneinander gereihte Deflektometer-Messelemente, die in ein Führungsrohr eingebracht und in ihm fixiert werden (stationäres Messgerät)

3.1.13**Messbasis**

L

Gerätekonstante der Messsonde

ANMERKUNG Die Messbasis entspricht bei Inklinometersonden dem axialen Abstand der Führungsrollen, bei Deflektometersonden dem axialen Abstand der Auflager einer Gelenkstange. L beträgt üblicherweise 0,5 m oder 1,0 m.

3.2 Symbole

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

Tabelle 1 — Symbole

Symbol	Benennung	Einheit
A	Messebene der Inklinometersonde, in der die Führung angeordnet ist	–
a	Querverschiebungskomponente in der A-Ebene	m
B	Messebene der Inklinometersonde, normal zu A	–
b	Querverschiebungskomponente in der B-Ebene	m
i	Nummer eines Messpunktes	–
i_F	Messpunkt einer Folgemessung	–
i_O	Messpunkt der Nullmessung	–
L	Messbasis einer Inklinometer- bzw. Deflektometersonde	m
L_0	Überstand des Messrohres über Geländeoberkante	m
l	Abstand zwischen Messpunkten	m
t	Zeitpunkt allgemein	s
t_F	Zeitpunkt einer Folgemessung	s
t_O	Zeitpunkt der Nullmessung	s
u, v, w	Verschiebungskomponenten in x, y bzw. z-Richtung	m
x, y, z	lokale Koordinaten des Messrohres bzw. des Bohrloches	m
α, β	Neigungswinkel der Inklinometersonde	Grad
γ, δ	Winkel der zwei Gelenkstangen des Deflektometers zueinander	Grad
ψ	Winkel zwischen Messrohrkoordinate x und Sondenrichtung A	Grad
θ, ρ	Hilfsgrößen	Grad

4 Messeinrichtung

4.1 Allgemeines

4.1.1 Inklinometer und Deflektometer sind linienförmig angeordnete Messeinrichtungen. Die Messungen sind in Messrohren durchzuführen, die im Baugrund eingebettet oder am Bauwerk angebracht und mit ihnen kraftschlüssig verbunden sind.

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

4.1.2 Inklinometer erfassen Neigungen, Deflektometer Neigungen und Richtungen entlang einer Messlinie (siehe DIN 4107-1:2010-10, Tabelle 3).

4.1.3 Es ist zwischen stationären und mobilen Messgeräten zu unterscheiden (siehe Tabelle 2).

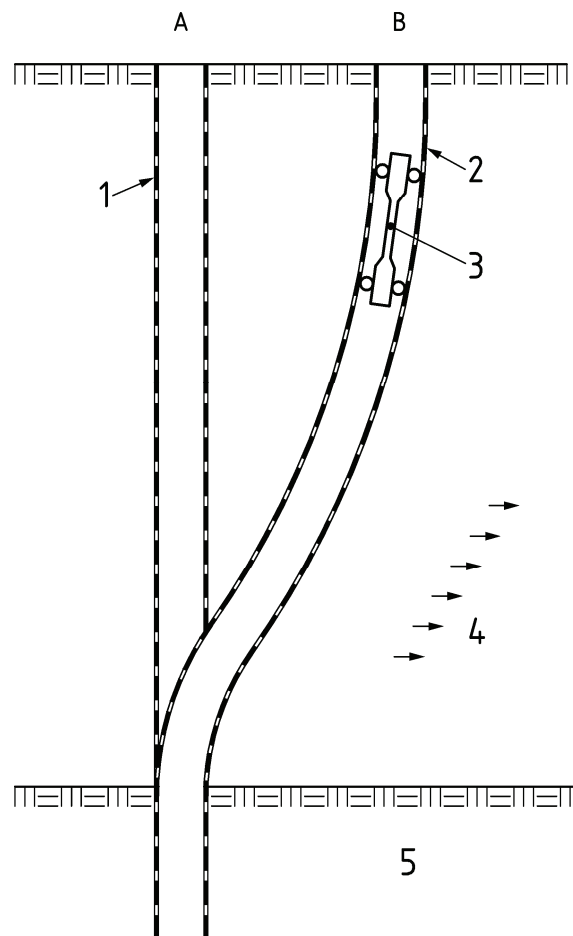
Tabelle 2 – Inklinometer- und Deflektometertypen

Typ	Ausführung	Merkmal		Vollautomatische Messdatenerfassung in Echtzeit
		Anzahl Neigungs- bzw. Richtungssensoren	Handhabung bei der Messung	
stationär	Messkette mit n Gliedern			
	— Vertikalinklinometer	2-achsig: 2n	Die Messkette ist über den gesamten Messzeitraum an einer Stelle (z. B. am Messrohrmund) fixiert	möglich
	— Horizontalinklinometer	1-achsig: n		
	Deflektometermesskette	2-achsig: 2n		
mobil	Messsonde			
	— Vertikalinklinometer	2-achsig: 2	Messsonde händisch im Messrohr umzusetzen	nicht möglich
	— Horizontalinklinometer	1-achsig: 1		
	Deflektometersonde	2-achsig: 2		

4.1.4 Bei mobilen Gerätetypen ist die Messlinie mit der Sonde schrittweise abzufahren, wobei jeder Messschritt der Messbasis L der Sonde entsprechen muss. Der Verlauf der Messlinie ist nach A.1 zu ermitteln.

4.1.5 Durch zeitlich versetzte Befahrungen (Folgemessungen) und Vergleich mit der ursprünglichen Messung (Nullmessung) werden Änderungen des Verlaufs der Messlinie erfasst und aus ihnen Verschiebungen quer zur Messlinie ermittelt (siehe A.2 und A.3).

4.1.6 Das Prinzip einer Messung mit einem mobilen Vertikalinklinometer ist in Bild 1 dargestellt.



Legende

- A Anfangslage des Messrohres zur Zeit t_0
- B Lage des Messrohres zur Zeit $t_F > t_0$
- 1 unverformtes Inklinometer-Messrohr
- 2 verformtes Inklinometer-Messrohr
- 3 Inklinometersonde
- 4 Verformungsbereich des Baugrundes
- 5 unverformter tieferer Baugrund

Bild 1 — Prinzip einer Messung mit einem mobilen Vertikalinklinometer

4.2 Messgeräte

4.2.1 Stationäre Messgeräte

4.2.1.1 Die Hauptbestandteile eines stationären Inklinometer- bzw. Deflektometermesssystems sind:

- Messelement;
- Verbindungselement;
- Führung und Verspannvorrichtung;
- Kabel für Messwertaufnehmer;
- Messwerterfassungsgerät;
- Erfassungs- und Auswertesoftware.

4.2.1.2 Beim stationären Inklinometer besteht das Messelement aus einem Gehäuse, in dem ein oder zwei elektrische Neigungssensoren fest eingebaut sind. Bei zwei Neigungssensoren sind diese in zueinander senkrechten Ebenen angeordnet. Zum Erreichen einer größtmöglichen Genauigkeit sind die Neigungssensoren so einzustellen, dass sie nach dem Einbau der Messelemente in das Messrohr einen möglichst kleinen Winkelmesswert, keineswegs jedoch einen Wert $> 45^\circ$, anzeigen.

4.2.1.3 Beim stationären Deflektometer besteht das Messelement aus einem wasserdicht gekapselten Kugelgelenk, das zwei Gelenkstangen miteinander verbindet (siehe Bild 2). Am Kugelgelenk treten zwei voneinander unabhängige Rotationsbewegungen auf. Die damit einhergehenden Winkeländerungen zwischen den Gelenkstangen werden durch elektrische Messwertaufnehmer erfasst (siehe 4.2.2.3).

4.2.1.4 Wird das stationäre Inklinometer und Deflektometer über längere Überwachungszeiträume hinweg eingesetzt, so ist eine angemessene Langzeitstabilität der Sensorsignale sicherzustellen. Wird das Signal im Messelement digitalisiert, so ist die dazugehörige Elektronik in die Langzeituntersuchung einzubeziehen. Von der Möglichkeit, stationäre Inklinometer oder Deflektometer zu Zwecken der Rekalibrierung zwischenzeitlich wieder auszubauen, darf nur in begründeten Ausnahmefällen Gebrauch gemacht werden.

4.2.1.5 Beim stationären Inklinometer ist das Verbindungselement auf der einen Seite starr mit dem Gehäuse des Messelementes und auf der anderen Seite über ein Gelenk mit dem Gehäuse des nächsten Messelementes zu verbinden. Beim stationären Deflektometer haben die Distanzrohre zugleich auch die Funktion von Verbindungselementen (siehe Bild 2). Verbindungselemente und Messgehäuse müssen korrosionsbeständig und steif ausgelegt sein. An den Gelenken ist jeweils eine Zentrier- und Führungsvorrichtung anzubringen, wobei Auflagerpunkte und zugehöriges Gelenk in einer Ebene normal zur Bohrlochachse liegen müssen.

ANMERKUNG In der Praxis haben sich gefederte Wippen, Zentrierkörbe aus Federstahl und statisch bestimmte Auflagerpunkte bewährt. Die Abstände zwischen benachbarten Auflagerpunkten betragen üblicherweise 1,0 m, 2,0 m oder 3,0 m. Größere Basislängen bereiten zunehmend logistische und technische Schwierigkeiten (z. B. beim Einbau; Richtungstoleranz des Bohrloches; Durchhängen und Aufliegen der Verbindungselemente auf der Innenseite des Messrohres).