



Verschiebungen normal zu einem Bohrloch werden mit Neigungsmesssonden (Inklinometern) oder fest eingebauten Querversetzungsmessketten (Deflektometern) gemessen. Zur Durchführung der Inklinometermessungen werden die Bohrungen mit Nutrohren ausgebaut. Der Ringspalt zwischen Rohr und Bohrlochwand wird mit Zementmörtel oder Kies verfüllt. Das Inklinometer, welches an einer vermaßten Messleitung in das Bohrloch eingelassen wird, besteht aus einem 0,5 oder 1 m langen Sondenkörper, in dem in zwei zueinander senkrechten Ebenen Pendel eingebaut sind. An den beiden Sondenenden sind gefederte Wippen mit je zwei Laufrädern angeordnet, deren Spur genau in die Nuten der Verrohrung passt. Wird beim Messvorgang das Bohrloch in halben oder ganzen Meterschritten durchfahren, ist durch die Laufnuten sichergestellt, dass die Messposition des Inklinometers bei jeder Messung dieselbe ist. Das Messprinzip eines Pendels ist in Abb. 1 dargestellt.

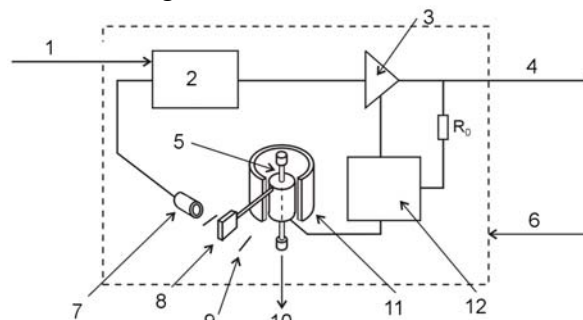


Abb. 1 Inklinometerpendel mit optischem Positionssensor

- | | |
|-------------------|----------------------|
| 1 Speisespannung | 2 Elektronikmodul |
| 3 Servoverstärker | 4 Ausgangssignal |
| 5 Spannband | 6 dichtes Gehäuse |
| 7 Positionssensor | 8 Pendel |
| 9 Anschlag | 10 Vertikalachse |
| 11 Drehsystem | 12 Dämpfungsnetzwerk |

Treten zwischen zwei Messungen Verschiebungen des Gebirges ein, so wird sich die Neigung der Verrohrung ändern. Diese Änderung bedingt einen unterschiedlichen Neigungswinkel zwischen Pendel (Vertikale) und Messachse. Der Messwert wird analog als Sinus des Neigungswinkels oder als Verschiebung in Millimeter angezeigt. Zur Auswertung werden die einzelnen Messwerte als Polygonzug aneinandergereiht. Die Messgenauigkeit liegt bei sorgfältiger Messung bei $\pm 2 \times 10^{-4}$ des Messschrittes ($\pm 0,2 \text{ mm}/1 \text{ m}$). Neigungsmessrohre können auch zusammen mit Extensometern in einem Bohrloch eingebaut werden, so dass Verschiebungen parallel und quer zur Bohrlochachse gemessen werden können.



Der Neigungsmesser Typ Glötzl NMG ist eine Messsonde zur händischen Messung von Neigungswinkeln in einem Führungsrohr. Diese Messungen geben Aufschluss über Bewegungen in Schüttungen, z. B. Staudämmen, Dämmen für Verkehrswege, Verfüllungen hinter Stützwänden, über Bewegungen in Rutschmassen, in Locker- und Festgesteinen.

Der Aufnehmer arbeitet innerhalb eines Führungsrohres, das in Bohrlöcher eingebracht oder in Schüttungen eingebaut ist. Hierdurch wird es möglich, die Neigungsänderungen von Bauwerken oder die Bewegung von Schichten messtechnisch zu erfassen.

1 Messaufnehmer NMG

Der Sondenkörper ist aus rost- und säurebeständigem Material gefertigt. Zur Führung im Messrohr ist er mit zwei gefederten Wippen mit je zwei Rädern versehen.

Je nach Ausführung ist er ausgerüstet mit einem oder zwei Neigungswinkelaufnehmern, die um 90 ° versetzt sind.

Als Winkelaufnehmer dient ein Beschleunigungsaufnehmer, der auf die Erdbeschleunigung reagiert. Hierbei entspricht $\pm 1 \text{ g}$ einem Winkel von $\pm 90^\circ$. Da die Ausgangsspannung sinusförmig dem Winkel folgt, ist bei größeren Winkeln eine Korrektur erforderlich.



1.1 Ausführungen

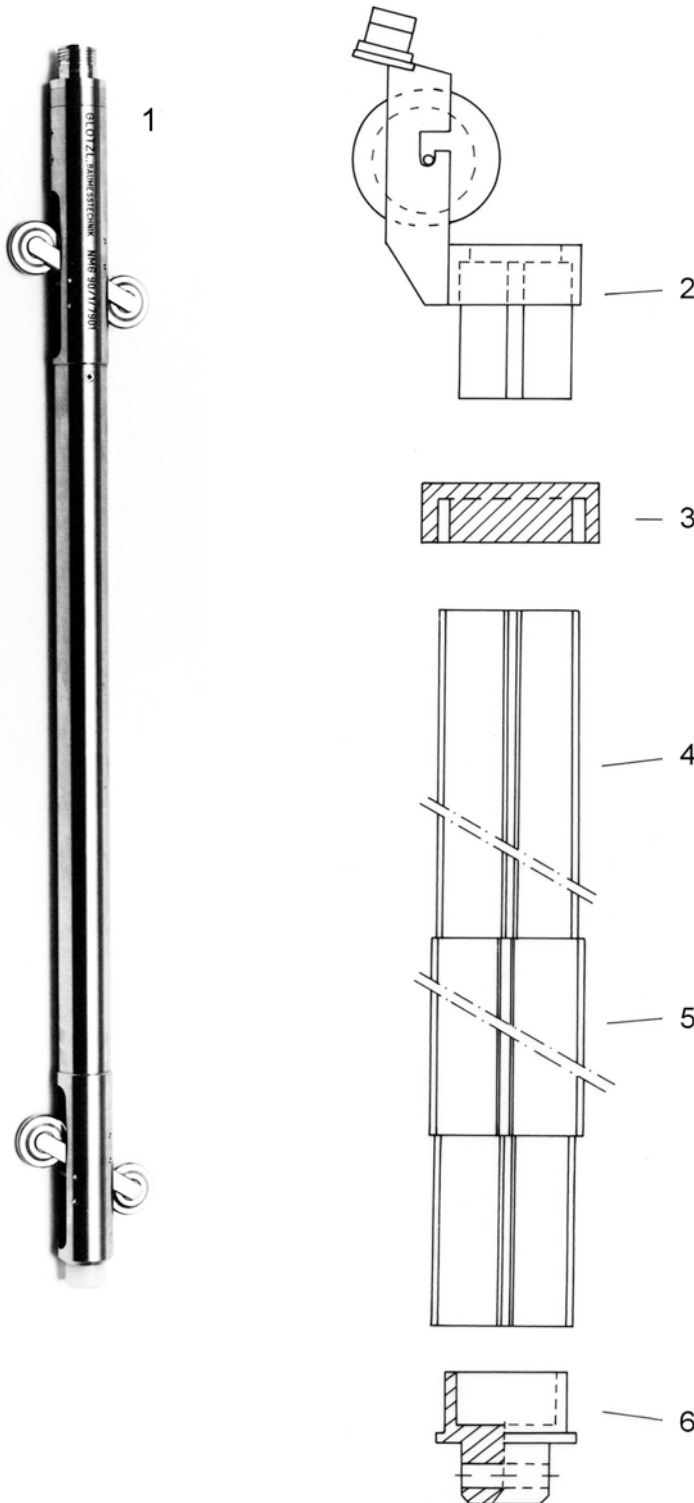
Typ NMG 30/1	Messbereich $\pm 30^\circ$ Messachse	A - A
Typ NMG 30/2	Messbereich $\pm 30^\circ$ Messachsen	A - A und B - B
Typ NMG H 30/0,5	Messbereich $\pm 30^\circ$ Horizontal-Neigungsmesser	0,5 m
Typ NMG H 30/1	Messbereich $\pm 30^\circ$ Horizontal-Neigungsmesser	1,0 m

1.2 Technische Daten

Gewicht	2,2 oder 3,2 kg	Messlänge	0,5 oder 1,0 m
Linearität	$\pm 0,05$ % v. E.	Gesamtlänge	0,7 oder 1,2 m
Hysterese	$\pm 0,001$ % v. E.	Arbeitsbereich	- 5° C bis + 60° C
Temperaturgang	$\pm 0,005$ % v. E. / $^\circ$ C	Schockbeständigkeit	1500 g, 6 ms
Führungsrohr \varnothing	max. 70 mm		
	min. 35 mm		

2 Kabel und Zubehör

- 2.1 Messleitung aus PUR/PVG, \varnothing 10 mm, mit Kevlarseele 6-adrig, Markierung je 0,5 m, Gewicht je m 0,15 kg
- 2.2 Kabeltrommel Typ NMK 2 für max. 100 m Kabel, mit Schleifringkontakten für zwei Messachsen, Gewicht 7,0 kg
- 2.3 Aufsatz für Neigungsmessrohr NMF 48 mit Klemmvorrichtung für Kabel und Führungsrolle, Gewicht 1,5 kg
- 2.4 Transportkoffer für Sonde, Anzeigegerät und Führungsaufsatz. Abmessungen: Länge 680 mm, Tiefe 460 mm, Höhe 200 mm



- 1 Neigungsmesssonde
- 2 Aufsatz für Neigungsmessrohr und Klemmvorrichtung
- 3 Endkappe zum Überstecken
- 4 Führungsrohr mit 4 Leitnuten, Länge 3 m
- 5 Verbindungsmuffe Länge 0,3 m
- 6 Endstopfen



3 Neigungsmesser Führungsrohr

3.1 Führungsrohr mit 4 Leitnuten für den Neigungsmesser, Material Kunststoff oder Aluminium

Länge	3000 mm
Gesamtdurchmesser	55 mm
Innendurchmesser	48 mm
Gewicht	1,0 kg

3.2 Verbindungsstück für Führungsrohr, Material Kunststoff oder Aluminium

Länge	300 mm
Gesamtdurchmesser	65 mm
Gewicht	0,3 kg

3.3 Endkappe Steckverschluss Typ SV 48 mit Feststellschraube

3.4 Endkappe zum Überstecken Typ KV 48 mit Feststellschraube

3.5 Endstopfen zum Einschlagen Typ PV 48, Material Kunststoff oder Aluminium

4 Messgerät VMG 14-1

Das Vielfachmessgerät dient zur Messung von fast allen auf dem Markt üblichen Einzelsensoren, kann aber zusätzlich auch für Linienmessverfahren (z. B. Inklinometer) eingesetzt werden. Es besitzt ein Ladegerät und wiederaufladbare, wartungsfreie NiCd-Batterien, ist also netzunabhängig bedienbar und kann entweder über das 230-V-Netz oder über Autobatterie (12 V) nachgeladen werden. Das Gerät ist über Tastatur oder über V24-Schnittstelle programmierbar. Alle Messdaten werden gespeichert und können über die serielle Schnittstelle ausgelesen werden.

Für die Linienmessverfahren stehen variable, vom Benutzer einfach zu bedienende Ablaufprogramme zur Verfügung, mit denen Messschrittlänge, Gesamtmesslänge und Art der Messung definiert werden.



Das Gerät kann zusätzlich als temporäre Messwerterfassungsanlage (Datenlogger) genutzt werden. Ein Zeitprogramm ruft die Daten über den angeschlossenen Multiplexer automatisch ab und speichert sie in einem zugeordneten File.

Frontplatte und Tastaturbelegung



(1) Display

Auflösung (240 x 160) Pixel, Füllfaktor $\approx 92\%$ bei Pixelraster 0,35 mm, effektive Displayfläche (88 x 60) mm², optimale Blickrichtung 10° von unten, entspiegelte Sichtfenster, monochromatisch, Normaldarstellung schwarz auf weißem Hintergrund, Hintergrundbeleuchtung Kaltkathodenfluoreszenzleuchte (CFL), typ. Helligkeit 120 cd/m², automatische Helligkeits- und Kontraststeuerung, manuelles Nachstellen der Helligkeitskurve

(2) Tastatur

18 Eingabetasten, je eine Ein- und Ausschalttaste, Folientastatur mit erhabenen Tastenflächen, Höhe ca. 2,5 mm

**Sensorversorgung**

Zwei Kanäle einzeln zu- und abschaltbar,

- bipolare Spannung geregelt: +/- 2,5 - +/- 5,0 - +/- 10,0 - +/- 12,0 V
- bipolare Spannung ungeregelt: +/- 15,0 V
- unipolare Spannung geregelt: +/- 12 V
- Strom geregelt: 0,1 bis 4,0 mA

Digitalports

- RS485 (Sensorbus)
- V24 (Modem-DFÜ)

Analogeingänge

Zwei parallel angeordnete Kanäle auf einen ADC-Eingang, ca. 10-Hz-Abtastrate über alle Kanäle gemeinsam, Digitalisierungsaufösung 16 Bit, selbstkalibrierend, Kanäle umschaltbar zwischen Strom ($RE \approx 68 \Omega$) und Spannung ($RE \approx 1M\Omega$).

Strommessbereiche: 0,5 – 1,0 – 2,0 – 5,0 – 10,0 – 25,0 mA

Spannungsmessbereiche: 0,1 – 0,2 – 0,5 – 1,0 – 2,0 – 5,0 V

Energieversorgung

- extern Netzspannung 240 V_{AC}
- extern Gleichspannung 12 . . 24 V_{DC}
- intern NiHM-Akkumulatoren 6,2 V / Kapazität 7Ah / Format R14

Abmessungen und Gewicht

Gewicht: 3,3 kg ohne Netzleitung

Abmessungen: B = 190 mm, H = 120 mm, T = 210 mm

Software und Datenspeichergröße

Standard-Lesesoftware für die Kommunikation PC – VMG 14-1

- 30.000 Einzelmesswerte
- 250 Projekte
- 449 Sensoren
- 299 Typen

Gehäuse

Stabiles Aluminiumprofil mit Tragegriff, Schutzart IP67 (spritzwasserfest); als ergänzendes Zubehör ist eine Kunstledertasche lieferbar.

**Ladegerät**

Das Delta-U-Ladegerät ist mit einer automatischen Ladesteuerung (eingebauter Ladeprozessor), Ladeendkontrolle und Übertemperaturüberwachung ausgestattet.

Die Steuerung erkennt den Ist-Zustand des Akkus und verhindert eine Überladung.

Akku und Betriebsbereitschaft

Das Gerät ist bei Nichtbenutzung alle 6 – 8 Wochen nachzuladen.

Ladezustand – minimal 5,2 V, maximal 6,9 V. Der aktuelle Ladestand kann im Menü „Geräteeinstellung“ unter „Batteriestatus“ abgefragt werden.

Bei 4,6 V automatische Abschaltung wegen Tiefentladung.

Betriebszeit: Im Mittel 18 Stunden (13 – 15 Stunden bei Inklinometersonde), abhängig vom Sensor, ohne Hintergrundbeleuchtung des Displays.

5 Montagematerial und Werkzeug

- 5.1 Elektrische Bohrmaschine mit Akku und Ladegerät
- 5.2 Ziehnielen zum Verbinden des Führungsrohres mit dem Verbindungsstück, Packung 100 Stück
- 5.3 Ziehnielenzange
- 5.4 Wasserbeständiges Dichtungsband zum Dichten der Verbindungen, Breite 50 mm, Länge 10 m

6 Neigungsmesser Blindsonde zum Überprüfen der Gangbarkeit des eingebauten Führungsrohres

- 6.1 Typ NMB 50 mit 50 m Stahlseil und Seiltrommel, 7,5 kg
- 6.2 Typ NMB 100 mit 100 m Stahlseil und Seiltrommel, 8,5 kg



Bestellhinweise

- 2.6.1.1 Messaufnehmer NMG
- 2.6.1.1.1 Neigungsmesssonde NMG 30/1
Messbereich +/- 30°, 1 Messachse,
Sondenslänge 0,5 m
- 2.6.1.1.2 Neigungsmesssonde NMG 30/2
Messbereich +/- 30°, 2 Messachsen,
Sondenslänge 0,5 m
- 2.6.1.1.3 Horizontalneigungsmesser NMG H 30/0,5
Messbereich +/- 30°, 1 Messachse,
Sondenslänge 0,5 m
- 2.6.1.1.4 Horizontalneigungsmesser NMG H 30/1
Messbereich +/- 30°, 1 Messachse,
Sondenslänge 1 m
- 2.6.1.2 Kabel und Zubehör
- 2.6.1.2.1 Messleitung aus PUR, d = 10 mm,
mit Kevlarseele, Markierung je 0,5 m
- 2.6.1.2.2 Kabeltrommel NMK 2 für max.
100 m Kabel, mit Schleifringkontakten
für 2 Messachsen
- 2.6.1.2.3 Aufsatz für Neigungsmessrohr NMF 48
mit Klemmvorrichtung für Kabel und
Führungsrolle
- 2.6.1.2.4 Transportkoffer für Sonde
(680x460x200)
- 2.6.1.3 Neigungsmesser Führungsrohr
- 2.6.1.3.1 Führungsrohr aus ABS mit 4 Leitnuten,
d = 55 mm, Länge 3000 mm
- 2.6.1.3.2 Verbindungsstück aus ABS für
Führungsrohr, d = 65 mm,
Länge 300 mm



- 2.6.1.3.3 Endkappe Steckverschluss SV 48
mit Feststellschraube
- 2.6.1.3.4 Endkappe zum Überstecken KV 51
mit Feststellschraube
- 2.6.1.3.5 Endstopfen zum Einschlagen PV 48
für Fußpunkt
- 2.6.1.5 Vielfachmessgerät VMG 14-1
mit Datenspeicher und Messprogramm
- 2.6.1.6 Montagematerial
- 2.6.1.6.1 Elektrische Bohrmaschine
mit Akku und Ladegerät
- 2.6.1.6.2 Ziehnielen d = 3 mm
- 2.6.1.6.3 Ziehnielenzange
- 2.6.1.6.4 Wasserbeständiges Dichtungsband,
Breite 50 mm, Länge 10 m
- 2.6.1.7 Neigungsmesser Blindsonde NMB50
Länge 0,5 m mit 50 m Stahlseil
und Seiltrommel



Bei der Durchführung von Inklinometermessungen werden die Messreihen vom Messgerät automatisch gespeichert.

Üblich ist es, in einer Messrichtung immer zwei Messreihen durchzuführen, die wir als Normal- und Umschlagmessung bezeichnen. Um diese Messreihen unterscheiden zu können, ist auf der Inklinometersonde die Markierung A+ eingraviert. Diese Markierung wird bei der Normalmessung mit der vorab im Gelände festgelegten Richtung A+ zur Deckung gebracht. Bei der Umschlagmessung wird die Messsonde dann um 180 ° gedreht. Dabei sollte sich ein Messresultat gleichen Betrages aber umgekehrten Vorzeichens ergeben. Diese Vorgehensweise gestattet zum einen den mittleren Fehler jedes einzelnen Messschrittes zu berechnen und gegebenenfalls eine Korrekturmessung vorzunehmen, wenn der mittlere Fehler eine gewisse Größe überschreitet, zum anderen werden bei dieser Vorgehensweise systematische Fehler - z. B. des Messwertaufnehmers - eliminiert, indem ein Mittelwert aus zwei Messwerten mit umgekehrten Vorzeichen gebildet wird.

Die meisten Inklinometermessungen werden im Bohrlochtiefsten begonnen, weil man davon ausgeht, dass die Bohrung so tief in den Untergrund reicht, dass im Bohrlochtiefsten keine Verschiebungen mehr stattfinden. Ist dies nicht der Fall, so kann der Messvorgang auch an der Bohrlochoberkante begonnen werden. Der absolute Verschiebungsbetrag kann dann aber nur ermittelt werden, wenn der Bohransatzpunkt geodätisch eingemessen wird. Die Messung wird je nach Sondenlänge entweder in Schritten von 0,5 m oder 1,0 m vorgenommen und in Form eines Polygonzuges grafisch über der Bohrlochtiefe dargestellt und mit der vorangegangenen Messreihe verglichen. Eine andere Darstellungsvariante zeigt die Neigungsänderungen über die Zeit in ausgewählten Bohrlochtiefen (siehe die nachfolgenden Darstellungen).

Für die Auswertung der Inklinometermessungen bieten wir das Rechenprogramm INCAL an, welches auf jedem IBM-kompatiblen PC lauffähig ist.

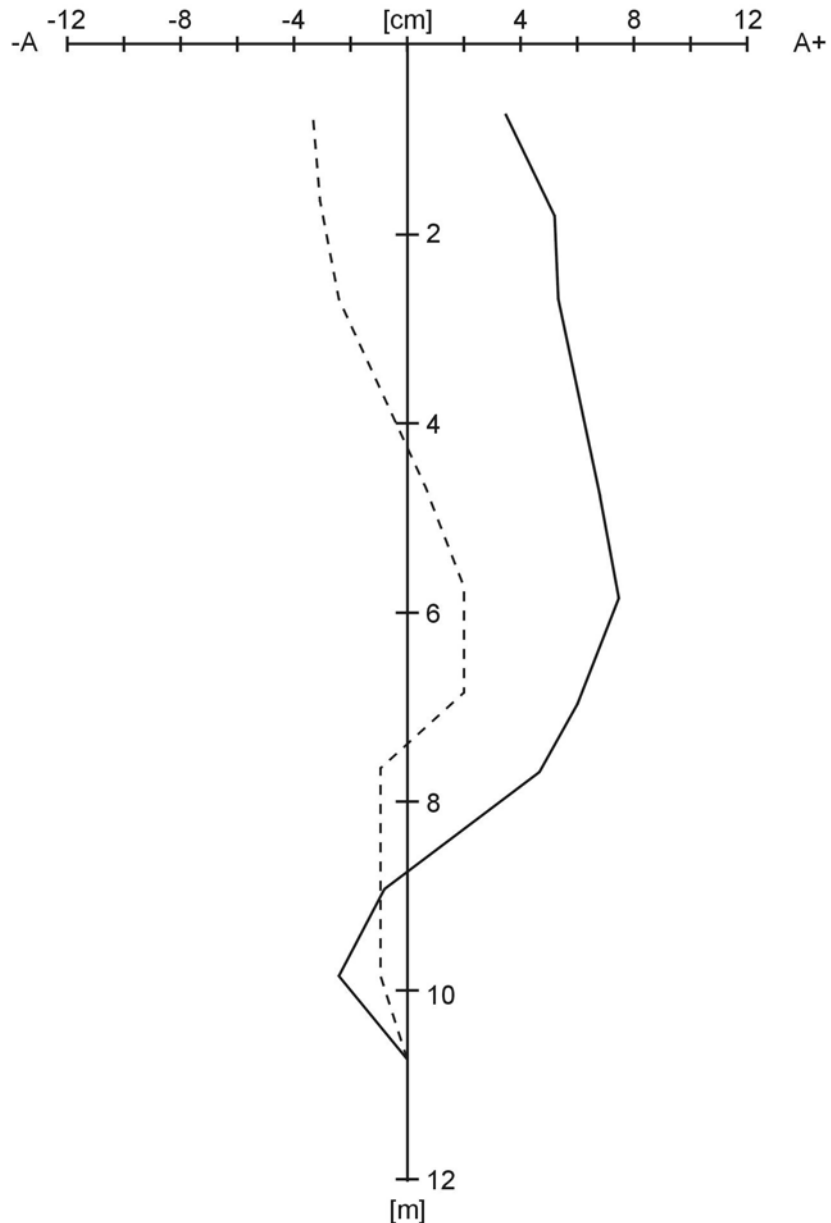


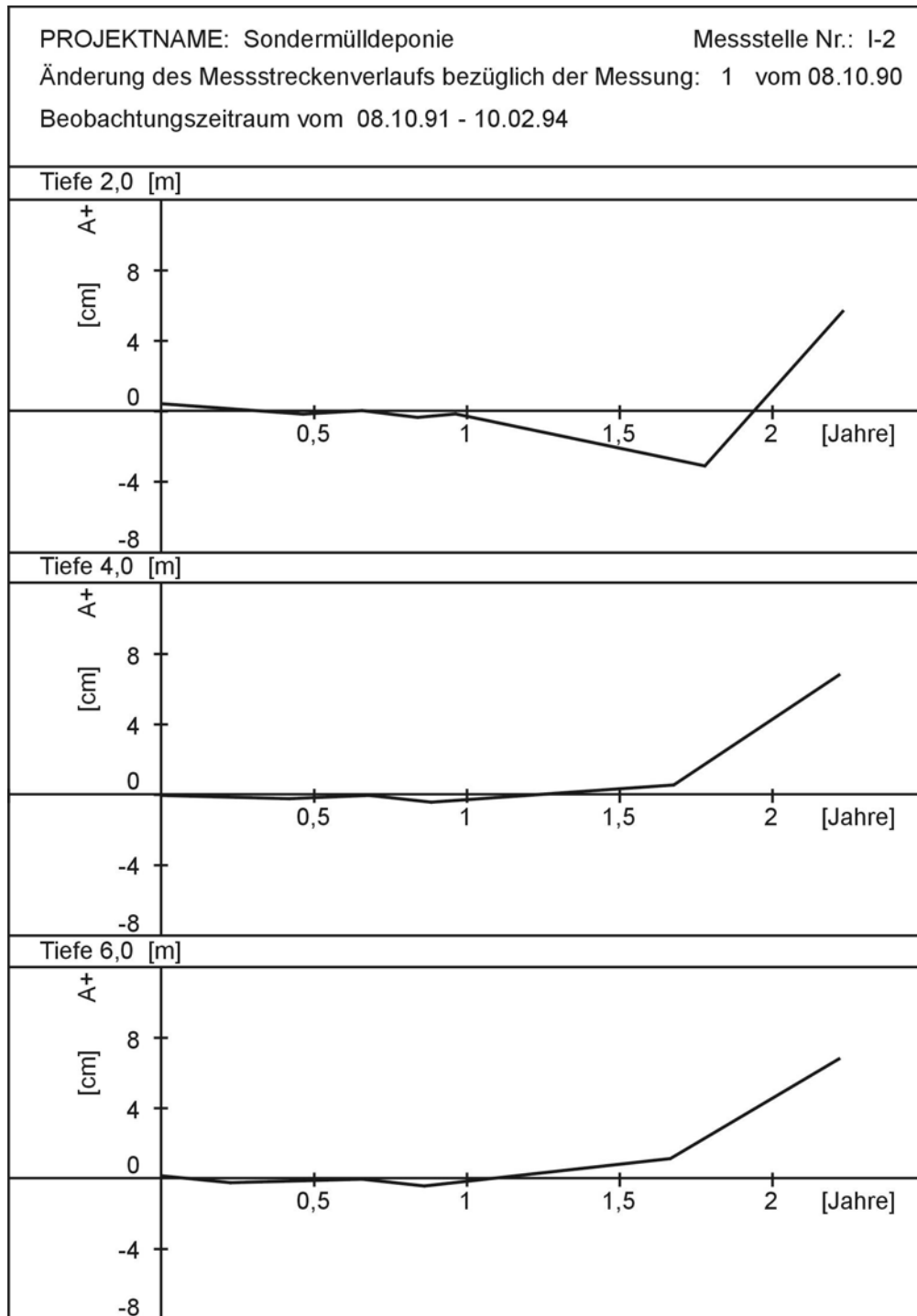
PROJEKTNAME: Sondermülldeponie

Messstelle Nr.: I-2

Änderung des Messstreckenverlaufs bezüglich der Messung: 1 vom 08.10.90

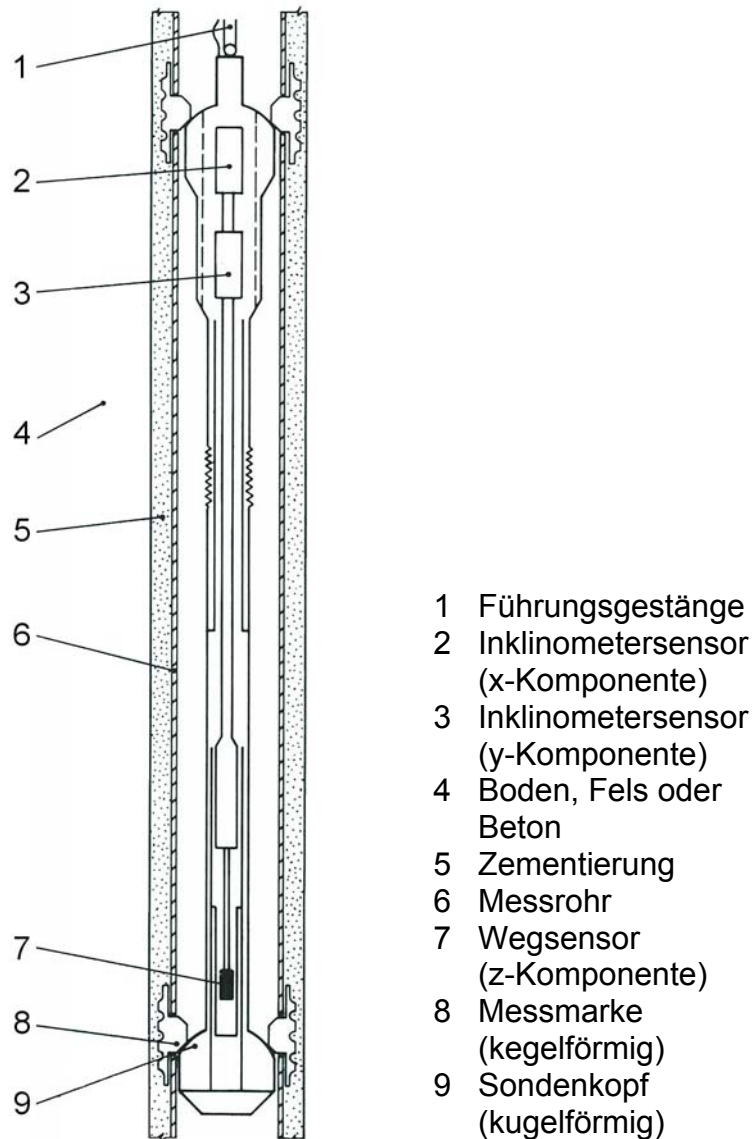
——— Messung: 19 vom: 09.02.94 - - - - - Messung: 18 vom: 02.07.93







Die Trivecsonde gestattet, Inclinometermessungen und Sondenextensometermessungen gleichzeitig auszuführen. Es können die drei orthogonalen Komponenten (x, y und z) des Verschiebungsvektors von vertikalen bis subvertikalen Messachsen hochpräzise bestimmt werden. Das Trivec ist eine Weiterentwicklung des Gleitmikrometers ISETH, das zusätzlich mit zwei Inclinometersensoren ausgerüstet ist (s. Abb. 1). Diese am Institut für Straßen-, Eisenbahn- und Felsbau der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich entwickelte Technik begründet ihre hohe Genauigkeit auf dem Verspannen der Sonde mit ihren kugelförmigen Sondenköpfen in metallischen Messmarken, die kegelförmig ausgebildet sind.



- 1 Führungsgestänge
- 2 Inclinometersensor (x-Komponente)
- 3 Inclinometersensor (y-Komponente)
- 4 Boden, Fels oder Beton
- 5 Zementierung
- 6 Messrohr
- 7 Wegsensor (z-Komponente)
- 8 Messmarke (kegelförmig)
- 9 Sondenkopf (kugelförmig)

Abb. 1 Schematischer Längsschnitt durch Bohrloch, Messrohr und Sonde



Die Messmarken werden in Intervallen von 1 m mit Hilfe eines Kunststoff-Schutzrohres in Bohrungen eingebaut, wobei der Bohrlochdurchmesser 100 mm nicht unterschreiten sollte.

Das Messrohr wird dabei im Bohrloch so orientiert, dass die x- und y-Achse des Gerätes in Messposition dem Messziel angepasst ist. Anschließend wird der Ringspalt zwischen Bohrlochwand und Schutzrohr mit Zementmörtel verfüllt, so dass eine gute Verbindung zwischen Gebirge und Messmarken entsteht.

Die ca. 3 kg schwere Sonde wird an einem Bedienungsgestänge im Schutzrohr schrittweise zu den jeweils ein Meter voneinander entfernten Messmarken geführt. Nach jedem Meter durchfahren die beiden an den Enden der Sonde platzierten, mit Aussparungen versehenen kugelförmigen Messköpfe die ebenfalls mit Aussparungen versehenen Messmarken (Gleit-Position). Durch Drehung um 45° und Ziehen am Bedienungsgestänge wird die Sonde mit den beiden Messköpfen in jeweils zwei benachbarten Marken verspannt (Messposition). Anschließend wird die Sonde mit Hilfe des Bedienungsgestänges um 180° rotiert und dort ebenfalls eine Messung vorgenommen.

Die äußerst hohe Setzgenauigkeit von $\pm 1 \mu\text{m}$ in z-Richtung der Kalibriervorrichtung und von $\pm 3 \mu\text{m}$ im Messrohr in situ wird durch das präzise Kugel-Kegel-Prinzip zur Lagedefinition der beiden Messköpfe erreicht. In Dehnung ausgedrückt weist das Gerät für die z-Komponente eine Messempfindlichkeit von $1 \cdot 10^{-6}$ auf, der Messbereich beträgt 20 mm. Sonde und Eichvorrichtung sind mit einem Temperaturmesselement versehen, so dass temperaturbedingte Längenänderungen der Messstrecke kompensiert werden können.

Die präzise Positionierung der Sonde gestattet auch eine außerordentlich gute Genauigkeit bei der Messung der x- und y-Komponente durch die beiden eingebauten Inklinometer. Diese Systemgenauigkeit beträgt bei sorgfältiger Messung $\pm 0,05 \text{ mm/m}$ bei einer Betriebstemperatur zwischen 0 und 40°C .

**Bestellhinweise**

- 2.6.3.1 Trivec-Messrohr, Basislänge 1,0 m, aus HPVC, Durchmesser außen 60 mm, Durchmesser innen 50 mm mit Teleskopkupplung und kegelförmigem Präzisionsanschlag
- 2.6.3.2 Messrohrabschluss aus HPVC unten mit Teleskopkupplung und 0,5 m Messrohr
- 2.6.3.3 Messrohrabschluss aus HPVC oben mit Flansch d = 150 mm für Befestigung der Kabelhaspel und 0,5 m Messrohr