

DIN EN ISO 22476-15

ICS 93.020

Einsprüche bis 2015-11-04
Ersatz für
E DIN EN ISO 22476-15:2014-04

Entwurf

**Geotechnische Erkundung und Untersuchung –
Felduntersuchungen –
Teil 15: Aufzeichnung der Bohrparameter (ISO/DIS 22476-15:2015);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 22476-15:2015**

Geotechnical investigation and testing –
Field testing –

Part 15: Measuring while drilling (ISO/DIS 22476-15:2015);
German and English version prEN ISO 22476-15:2015

Reconnaissance et essais –
Essais de sol –

Partie 15: Enregistrement des paramètres de forages (ISO/DIS 22476-15:2015);
Version allemande et anglaise prEN ISO 22476-15:2015

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-09-04 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 57 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 22476-15:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 341 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung“, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 182 „Geotechnics“ erarbeitet.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-05-11 AA „Bohr- und Entnahmeverfahren, Grundwassermessungen (SpA zu CEN/TC 341/WG 1)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des Dokuments prEN ISO 22476-15 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Felduntersuchungen — Teil 15: Aufzeichnung der Bohrparameter (ISO/DIS 22476-15:2015)

*Reconnaissance et essais — Essais de sol — Partie 15: Enregistrement des paramètres de forages
(ISO/DIS 22476-15:2015)*

Geotechnical investigation and testing — Field testing — Part 15: Measuring while drilling (ISO/DIS 22476-15:2015)

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: zweite CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.5a

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Symbole und Abkürzungen	7
5 Versuchseinrichtung	8
5.1 Allgemeines	8
5.2 Bohrausrüstung	8
5.3 Messsystem.....	9
5.3.1 Allgemeines	9
5.3.2 Messfühler für Hydraulikdruck.....	10
5.3.3 Messsystem für die Eindringlänge	10
5.3.4 Messsystem für den Spüldurchfluss	10
5.3.5 Messsystem für die Drehzahl	10
5.3.6 Messung der Rammenergie	10
5.3.7 Reflektierte Schwingungen.....	11
5.3.8 Zeit.....	11
5.4 Auswahl gemessener Parameter	11
5.5 Faktoren mit Einfluss auf die MWD-Ergebnisse.....	12
5.5.1 Einfluss des Werkzeugs.....	12
5.5.2 Einfluss des Bohrgeräts	12
5.5.3 Einfluss des Durchführenden.....	12
6 Versuchsdurchführung	13
6.1 Allgemeines	13
6.2 Lage und Höhe der Bohrmaschine	13
6.3 Vorbereitung der Messung	13
6.4 Bohrverfahren	14
6.5 Häufigkeit der Erfassung von Parametern	14
6.6 Erfassung der Eindringlänge.....	14
6.7 Versuchsabschluss	14
6.8 Überprüfungen und Kalibrierungen der Ausrüstung.....	15
7 Versuchsergebnisse.....	15
7.1 Allgemeines	15
7.2 Berechnete Parameter.....	15
7.2.1 Allgemeines	15
7.2.2 Eindringgeschwindigkeit	15
7.2.3 Bohrandruck.....	16
7.2.4 Netto-Bohrandruck	16
7.2.5 Spüldruck.....	16
7.2.6 Drehmoment des Kraftdrehkopfes.....	16
8 Bericht.....	17
8.1 Allgemeines	17
8.2 Angabe der Versuchsergebnisse	18
Anhang A (informativ) Anwendung der Bohrparameter.....	20

A.1	Auswertung der Bohrparameter	20
A.1.1	Allgemeines	20
A.1.2	Eindringgeschwindigkeit	20
A.1.3	Netto-Bohrandruck	20
A.1.4	Spülungsdruck	20
A.1.5	Drehmoment	20
A.1.6	Schlussfolgerung	20
A.2	Berechnete Parameter	22
A.2.1	Allgemeines	22
A.2.2	Eindringwiderstand	23
A.2.3	Boden-Fels-Widerstand	23
A.2.4	Somerton-Index	23
A.2.5	Energie.....	24
Anhang B (normativ) Grafische Darstellung von Bohrparametern.....		26
Literaturhinweise		28

Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 22476-15:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 341 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung“, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 182 „Geotechnics“ erarbeitet.

Dieses Dokument ist derzeit zur zweiten parallelen Umfrage vorgelegt.

EN ISO 22476 besteht aus den folgenden Teilen unter dem allgemeinen Titel *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Felduntersuchungen*:

- *Teil 1: Drucksondierungen mit elektrischen Messwertaufnehmern und Messeinrichtungen für den Porenwasserdruck*
- *Teil 2: Rammsondierungen*
- *Teil 3: Standard Penetration Test*
- *Teil 4: Pressiometerversuch nach Ménard*
- *Teil 5: Versuch mit dem flexiblen Dilatometer*
- *Teil 6: Versuch mit dem selbstbohrenden Pressiometer*
- *Teil 7: Seitendruckversuch*
- *Teil 8: Versuch mit dem Verdrängungspressiometer*
- *Teil 9: Flügelscherversuch*
- *Teil 10: Gewichtssondierung*
- *Teil 11: Flachdilatometerversuch*
- *Teil 12: Drucksondierungen mit mechanischen Messwertaufnehmern*
- *Teil 13: Lastplattendruckversuch*
- *Teil 15: Aufzeichnung der Bohrparameter*

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 22476-15.2:2015 wurde vom CEN als prEN ISO 22476-15:2015 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

ISO 22476-15 legt die technischen Grundlagen für Anforderungen an die Messausrüstung, die Durchführung sowie die Protokollierung der Parameter der geotechnischen Versuchsbohrung fest.

Das Verfahren der Messung während der Bohrung (MWD) umfasst die Aufzeichnung der Maschinenparameter während des Bohrprozesses. Dies kann manuell oder mittels computergestützter Systeme erfolgen, welche eine Reihe von Messfühlern überwachen, die an drehenden und/oder drückenden Bohrwerkzeugen angebracht sind. Diese Messfühler erfassen durchgehend und automatisch Daten zu allen Aspekten der Bohrung in Echtzeit, ohne in den Bohrprozess einzugreifen. Die Daten werden in Echtzeit angezeigt und auch für die weitere Analyse aufgezeichnet. Beispiele für die Auswertung der Ergebnisse sind einem Anhang zu entnehmen.

Das Verfahren ist zum Selbstzweck anzuwenden. Das Bohrloch kann für andere Anwendungen verwendet werden, wie z. B. das Anbringen von Überwachungsausrüstung, geophysikalische Vermessung oder die Durchführung eines Aufweitungsversuchs. Die Auswertung der MWD-Ergebnisse kann in Zusammenhang mit den durch die Probeentnahme erzielten Daten erfolgen.

Es sollte beachtet werden, dass gemessene und berechnete Bohrparameter relativ und abhängig von den Bedingungen, Verfahren und Ausrüstungen bei dem Versuch sind.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm behandelt die Messausrüstung, die Durchführung und die Protokollierung für das Verfahren der Messung während der Bohrung (MWD) als ein Verfahren der geotechnischen Erkundung und Untersuchung.

Sie gilt für destruktive Bohrverfahren mit Kraftdrehkopf, die mit einem Bohrgerät und einer Bohrvorrichtung, vollständig hydraulisch angetrieben, durchgeführt werden.

Die Aufzeichnung der Bohrparameter während des Verpressens des Bodens oder des Bohrens von Nägeln, Ankern oder Pfählen fällt nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm.

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 1219-1, *Fluid power systems and components — Graphic symbols and circuit diagrams — Part 1: Graphic symbols for conventional use and data-processing applications*

EN 1997-1, Eurocode 7: *Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln*

EN 1997-2, Eurocode 7: *Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds*

EN 16228-1, *Geräte für Bohr- und Gründungsarbeiten — Sicherheit — Teil 1: Gemeinsame Anforderungen*

EN 16228-2, *Geräte für Bohr- und Gründungsarbeiten — Sicherheit — Teil 2: Mobile Bohrgeräte für Geotechnik, Tiefbau und Gewinnung*

ENV 13005:1999, *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen*

EN ISO 10012, *Messmanagementsysteme — Anforderungen an Messprozesse und Messmittel*

EN ISO 14688-1, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden — Teil 1: Benennung und Beschreibung*

EN ISO 14689-1, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels — Teil 1: Benennung und Beschreibung*

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN ISO 22475-1 und der folgende Begriff.

3.1 reflektierte Schwingung
Beschleunigung aufgrund elastischen Rückpralls von unter Einwirkung eines Rammbären zusammengedrücktem Bohrgestänge

4 Symbole und Abkürzungen

Tabelle 1 — Symbole, Einheiten und Abkürzungen

Symbol	Bezeichnung	Einheit
a	gemessene Eindringlänge	m
α	Wirkungsgrad der Vorschubarbeit	–
β	Wirkungsgrad der Drehmomentarbeit	–
γ	Wirkungsgrad der Rammarbeit	–
C_R	gemessenes Drehmoment des Kraftdrehkopfes	kN·m
$C_{R \max}$	maximales gemessenes Drehmoment des Kraftdrehkopfes	kN·m
d_o	Außendurchmesser der Bohrkronen	m
E	berechnete Bohrenergie	J
E_S	berechnete spezifische Energie	J
E_R	gemessene reflektierte Schwingung	J
f	Schlagfrequenz des Rammhärens	Hz
$F_{\max}$	maximale Vorschubkraft	kN
$H_{\max}$	maximale Rückhaltekraft	kN
I_A	berechneter Änderungsindex	–
n	Anzahl der Stangen	–
p	gemessener Hydraulikdruck im Antriebsmotor oder Zylinder	MPa
p_{CR}	gemessener Hydraulikdruck im Drehmomentmotor	MPa
p_{CRO}	Rotationsdruck des unbelasteten Motors	MPa
$p_{CR \max}$	maximaler gemessener Hydraulikdruck im Drehmomentmotor	MPa
p_H	gemessener Rückhaldedruck	MPa
p_I	berechneter Spülungsdruck am Auslass des Bohrwerkzeugs	MPa
p_E	berechneter, auf das Bohrwerkzeug aufgebrachtter Netto-Bohrdruck (oder Netto-Vorschub)	MPa
p_F	berechneter Spülungsdruck am Auslass der Pumpe	MPa
p_M	gemessener Rammdruck	MPa
$p_{\max}$	maximaler gemessener Bohrdruck	MPa
p_O	auf das Bohrwerkzeug aufgebrachtter Brutto-Bohrdruck (oder Brutto-Vorschub)	MPa
p_{HC}	berechneter Rückhaldedruck	MPa
$p_{H \max}$	maximaler gemessener Rückhaldedruck	MPa
P_R	Eindringwiderstand	s/0,2 m

Symbol	Bezeichnung	Einheit
Q_I	gemessener Zufluss der Bohrlochspülung	l/min
Q_O	gemessener Abfluss der Bohrlochspülung	l/min
R_{SR}	berechneter Boden-Fels-Widerstand	MPa m ⁻¹ s ⁻¹
S_d	berechneter Somerton-Index	–
s_O	gemessene durch die Bohrkronen entfernte Fläche (≠ Bohrwerkzeugoberfläche)	m ²
T	gemessene Zeit	s
v_A	Eindringgeschwindigkeit	m/h
v_R	gemessene Drehzahl der Bohrspindel	U/min
W_H	Masse des Drehkopfes	kN
W_R	Masse des Bohrgestänges	kN
Z	gemessene Tiefe	m
z_w	gemessene Tiefe des Grundwasserspiegels	m

5 Versuchseinrichtung

5.1 Allgemeines

Bohrparameter können als in eine der drei Kategorien gehörend betrachtet werden:

- durch das Verfahren bedingte Parameter (Typ und Durchmesser des Bohrwerkzeugs, Art der Spülflüssigkeit, Grenzen der Maschinenleistung und des Injektionssystems) und unkontrollierte skalierbare Parameter (Werkzeugabnutzung, Änderungen in der Zusammensetzung der Spülflüssigkeit);
- durch den Durchführenden eingestellte Parameter (Bohrandruck p_O , Drehzahl der Bohrspindel v_R , Spülungsumsatz Q_I bei einer nicht komprimierbaren oder auf Wasser basierenden Flüssigkeit, Injektionsdruck p_I bei einer komprimierbaren luftgestützten Flüssigkeit);
- vom Bodenverhalten abhängige Parameter (Eindringgeschwindigkeit v_A , Drehmoment C_R , Injektionsdruck p_I bei einer nicht komprimierbaren oder auf Wasser basierenden Flüssigkeit, Spülungsumsatz Q_I bei einer komprimierbaren luftgestützten Flüssigkeit).

Weiter abgeleitete Bohrparameter können aus den Bohrgerätemessungen entweder direkt oder unter Verwendung von Kalibrierverhältnissen berechnet werden.

5.2 Bohrausrüstung

Auszuwählen sind Bohrmaschinen mit geeigneter Stabilität, Leistung und Ausrüstung, wie z. B. Bohrgestänge und Bohrkronen, für das Erreichen der erforderlichen Tiefe und Stabilität des Bohrlochs. Größe und Typ der Bohrausrüstung müssen dafür geeignet sein, die erforderliche Qualität des MWD-Versuchs zu erreichen. Bohrgerät und -ausrüstung müssen die genaue Einstellung aller Bohrfunktionen ermöglichen.

Das Bohrgerät muss auf der Grundlage der Projektziele ausgewählt werden, eine ausreichende Leistung für das Durchdringen der unterschiedlichen geologischen Schichten aufweisen und mit den geeigneten Bohrwerkzeugen ausgerüstet sein.

Bohrkopf und Vorschubvorrichtung müssen hydraulisch angetrieben werden, um die Überwachung der Bohrparameter zu ermöglichen.

Es ist ausschließlich ein Außenloch-Rammbär zu verwenden. Die Ausrüstung muss so belastet oder verankert sein, dass die Bewegung der Bohrmaschine gegenüber der Geländeoberkante während des Bohrvorgangs begrenzt wird.

Die Spülflüssigkeitspumpe muss die folgenden Eigenschaften aufweisen:

- einen konstanten Durchfluss unabhängig vom Druck erzeugen; Pumpen, die Pulsation erzeugen, sind zu vermeiden (z. B. Einkolbenpumpen);
- einen Mindestdruck von 3 MPa erreichen (sofern nicht anders angegeben);
- mit einem direkt am Pumpenauslass angebrachten empfindlichen und kalibrierten Druckmessgerät ausgestattet sein;
- einen Rückfluss von Bohrklein von 0,8 m/s bis 1 m/s (in Abhängigkeit von der Viskosität der Flüssigkeit) ermöglichen.

Vor jedem Einsatz sind die Bohrstangen einer Sichtprüfung auf Geradheit zu unterziehen. Die Abweichung von der Linearität darf 5 mm von der Mittellinie bei einer 3 m langen Bohrstange nicht überschreiten. Die Geradheit der Druckstangen ist in regelmäßigen Abständen zu messen.

Das für das MWD-Verfahren verwendete Bohrwerkzeug muss vom Typ Bohrkronen für drehendes oder drückendes Bohren sein. Der Einsatz für andere Bohrverfahren ist zu vermeiden.

5.3 Messsystem

5.3.1 Allgemeines

Das automatische Messsystem muss Folgendes umfassen:

- ein Datenaufzeichnungssystem;
- ein Datenerfassungsgerät mit Signalumformer (mitunter Teil des Datenaufzeichnungsgeräts);
- an der Maschine angebrachte Messwertaufnehmer. In Abhängigkeit von der MWD-Güteklasse (siehe 6.2) ist der Einfluss der Sensoranordnung auf die aufgezeichneten Messwerte zu gering wie möglich zu halten.

Die manuelle Messung muss Folgendes umfassen:

- die Tiefe in Abhängigkeit von der Zeit oder die für eine Eindringtiefe von 0,2 m erforderliche Zeit;
- die vom Durchführenden an den Messgeräten abgelesenen Parameter.

Das Messsystem muss die Messwerte in Echtzeit anzeigen, um Justierungen des Bohrprozesses entsprechend dem beobachteten Versuchsfortschritt zu ermöglichen.

Die Messeinrichtung ist nach der Spezifikation des Herstellers regelmäßig zu überprüfen und/oder zu kalibrieren. Die Ergebnisse der Überprüfung und/oder Kalibrierung sind aufzuzeichnen (siehe Abschnitt 7). Bei jeder Änderung oder jedem Austausch eines Teils des Systems ist die Kalibrierung zu überprüfen.

Die Kalibrierung aller Sensoren muss mit der folgenden Häufigkeit erfolgen:

- jährlich, bei Zertifizierungen durch Drittstellenkontrolle (z. B. Hersteller) in regelmäßigen Abständen; oder
- mindestens einmal in sechs Monaten durch interne Kontrollen.

Ein Kalibrierbericht sollte erstellt und eine Kopie dieses Berichts sollte dem Wartungsprotokoll beigelegt werden. Eine Kopie des jüngsten Kalibrierberichts muss am Durchführungsort vorliegen.

5.3.2 Messfühler für Hydraulikdruck

Die folgenden Druckwerte sind zu messen:

- a) Bohrandruck p und Drehmomentdruck p_{CR} ;
- b) Rückhaltedruck p_H . Ergänzend zum Bohrandruck ist dieser Druck p_H für die Berechnung des auf die Bohrkronen aufgetragenen Netto-Bohrandrucks zu messen. Der Rückhaltedruck ist der im Rücklauf vorherrschende Hydraulikdruck;

ANMERKUNG 1 Der Messwertaufnehmer für die Druckdifferenz kann zur direkten Messung des Netto-Bohrandrucks verwendet werden.

ANMERKUNG 2 Die Vorschubkraft kann direkt mit einem Lastsensor gemessen werden.

- c) Spülungsdruck p_F .

Die Messung dieser Druckwerte ist im manuellen Verfahren mit Druckmessgeräten und im automatischen Verfahren mit Messwertaufnehmern am Hydraulikkreis durchzuführen.

5.3.3 Messsystem für die Eindringlänge

Die Messung der Eindringlänge des Bohrwerkzeugs ist zwischen der Oberkante der Lafette und dem Bohrgestänge durchzuführen.

Die Bestimmung der Eindringtiefe muss beispielsweise erfolgen:

- im automatischen Verfahren mit einem an einer Windentrommel angebrachten Drehgeber;
- im manuellen Verfahren mit einem Maßband.

5.3.4 Messsystem für den Spüldurchfluss

Die Durchflussmessung muss mittels eines Durchflussmessgeräts erfolgen. Dessen Genauigkeit und Kalibrierung müssen als Teil des Prüfberichtes dokumentiert sein.

ANMERKUNG Die Messung des Rückflusses (der Abführung) der Spülflüssigkeit Q_O am Bohrlochausgang kann einen Schätzwert für das Volumen des Flüssigkeitsaustausches mit dem Baugrund (durch Absorption oder begrenzten Grundwasserleiter) liefern.

5.3.5 Messsystem für die Drehzahl

Die Messung der Drehzahl (v_R) ist wie folgt durchzuführen:

- im manuellen Verfahren mittels Geschwindigkeitsmessgerät;
- im automatischen Verfahren mit einem Sensor für die Drehbewegung oder die Umgebung, der das Vorbeilaufen eines metallischen Gegenstands zählt.

5.3.6 Messung der Rammenergie

Die Messung der Rammenergie ist durchzuführen mit einem Messwertaufnehmer für den Druck p_M , der für das Betätigen des Rammhämmers und die Schlagfrequenz f (alternativ bestimmt mittels Durchflussmessgerät) verwendet wird.

5.3.7 Reflektierte Schwingungen

Schwingungen aufgrund reflektierter Druckwellen, erzeugt durch das Auftreffen des Hammers auf den Amboss (E_R), sowie auf- und absteigend nach Reflektieren von den Enden des Gestänges, dürfen mit einem Beschleunigungsmesser gemessen werden. Dieses Signal wird gestört durch Streureflexionen bei jeder neuen Stange, natürliche Dämpfung des Signals usw.

5.3.8 Zeit

Die Messung der Zeit T muss erfolgen:

- im manuellen Verfahren mittels Stoppuhr;
- im automatischen Verfahren mit der eingebauten Uhr des Datenerfassungssystems, wobei sie der Erfassungszeit eines neuen Tiefenschritts entspricht.

5.4 Auswahl gemessener Parameter

In Abhängigkeit von der Anzahl der während der Bohrung gemessenen Parameter sind drei Güteklassen von MWD-Messungen festgelegt (Tabelle 1):

- Güteklasse A, wenn mehr als vier Parameter gemessen werden;
- Güteklasse B, wenn zwei bis vier Parameter gemessen werden;
- Güteklasse C, wenn mindestens zwei Parameter gemessen werden.

Die folgenden Bohrgeräteparameter dürfen gemessen werden:

- Eindringlänge;
- Hydraulikdruck in Antriebsmotor- oder -zylinder;
- Rückhaldedruck;
- Hydraulikdruck im Drehmomentmotor;
- Spülungsdruck;
- Drehzahl der Bohrspindel;
- Spülungsumsatz.

Der Flüssigkeitsdurchfluss und das Gesamtvolumen der Spülflüssigkeit sollte für jede Bohrung aufgezeichnet werden.

Bei drehendem Verfahren dürfen die reflektierten Schwingungen E_R gemessen werden.

Statt der Eindringlänge a kann der Durchführende die vom Messsystem angezeigte Eindringgeschwindigkeit v_A für die Maschinensteuerung verwenden (siehe 7.1).

Tabelle 2 — Güteklasse

Güteklasse	Aufzeichnung	Beispiele gemessener Bohrparameter	Zulässige Mindestgenauigkeit der gemessenen Werte ^a
1	Automatisch	Eindringlänge (a) Bohrandruck (p) Rückhaldedruck (p_H) Spülungsdruck (p_F) Drehzahl der Bohrspindel (v_R) Spülungsumsatz (Q_l) Drehmomentdruck (p_{CR})	5 mm oder 0,1 % 1 % 1 % 1 % 1 % 1 l/min 1 %
2	Automatisch	Eindringlänge (a) Bohrandruck (p) Rückhaldedruck (p_H) Spülungsdruck (p_F) Drehmomentdruck (p_{CR})	1 % 2 % 2 % 2 l/min 2 %
3	Automatisch oder manuell	Eindringlänge (a) Eindringwiderstand (P_R)	0,2 m oder 2 % 1 s/0,2 m
^a Die zulässige Mindestgenauigkeit der gemessenen Parameter ist der größere der angegebenen Werte.			

5.5 Faktoren mit Einfluss auf die MWD-Ergebnisse

5.5.1 Einfluss des Werkzeugs

Der Werkzeugtyp bestimmt den Wirkungsgrad des gewählten Bohrverfahrens für die geologischen Bedingungen vor Ort.

Aus diesem Grund ist der Werkzeugtyp aufzuzeichnen. Derselbe Werkzeugtyp ist für die Auswertung der Aufzeichnungen während der Bohrung beizubehalten.

Abnutzung oder Austausch des Bohrwerkzeugs ist vor und nach der MWD im Feldbericht zu dokumentieren (siehe Abschnitt 7).

5.5.2 Einfluss des Bohrgeräts

Da die Eigenschaften des Bohrgeräts, wie z. B. Leistung und hydraulische Auslegung, die MWD-Ergebnisse beeinflussen, ist beim Vergleich von MWD-Ergebnissen, die mit unterschiedlichem Bohrgerät an demselben Ort erzielt wurden, Vorsicht geboten. Aus diesem Grund sind die Eigenschaften des Bohrgeräts anzugeben (siehe Abschnitt 8).

5.5.3 Einfluss des Durchführenden

Der Durchführende sollte mit dem MWD-Verfahren vertraut sein. Ein Wechsel des Durchführenden sollte die MWD-Aufzeichnungen nicht beeinflussen. Aus diesem Grund sollte ein Wechsel des Durchführenden der Bohrung vermieden werden, wenn die gemeinsame Auswertung einer Versuchsreihe vorgesehen ist. In allen anderen Fällen muss eine eindeutige und vollständige Einweisung des nachfolgenden Durchführenden erfolgen. Jeder Wechsel des Durchführenden ist aufzuzeichnen.

6 Versuchsdurchführung

6.1 Allgemeines

Die gemessenen, berechneten und abgeleiteten Bohrparameter (z. B. Tiefe, Eindringgeschwindigkeit, Bohrandruck, Drehmoment, Drehzahl, Schlammdruck, Schlammfluss, Schwingung, Eindringwiderstand, Boden-Fels-Widerstand) können nützliche Daten zur Lithologie der Bodenschichten für ein zuverlässiges geotechnisches Modell, zu deren Dichte oder Verwitterung, zur Lokalisierung von Poren oder Störungen im Boden, zur Felstiefe und zu anderen Eigenschaften, wie z. B. Durchlässigkeit, liefern.

Der MWD-Versuch kann im Boden, im Fels und auf künstlichem Boden, zu Land oder zu Wasser vorgenommen werden.

Im Anschluss an den MWD-Versuch kann das Bohrloch für andere Zwecke verwendet werden, wie z. B. das Einbringen von Überwachungseinrichtungen usw.

Vor dem Einsatz einer neuen Bohrausrüstung oder bei Änderungen der Bohrausrüstung, sollte eine Kalibrierbohrung erfolgen. Die Kalibrierbohrung sollte vor Beginn jedes größeren Projekts erfolgen. Vor Durchführung der Kalibrierbohrung sollte die Kalibrierung der Ausrüstung erfolgen.

6.2 Lage und Höhe der Bohrmaschine

Der Abstand zwischen dem Versuchsort und der Lage vorausgegangener Untersuchungen sollte ausreichen, um Wechselwirkungen zu verhindern.

Zwischen den MWD-Versuchen mit Messungen während der Bohrung muss ein Abstand von mindestens 2 m liegen. Zu einem früheren Bohrloch muss ein Abstand von mindestens dem 20-fachen des Bohrlochdurchmessers liegen. Einige Bohrverfahren, wie Bohrungen im Lufthebeverfahren, können größere Abstände erfordern. Nahegelegene Aufgrabungen sollten vermieden werden.

Die Bohrmaschine muss das Bohrgestänge so eindücken, dass die Achse der Druckkraft möglichst nah an der Senkrechten liegt. Die Abweichung von der vorgesehenen Achse sollte weniger als 2° bzw. 35 mm je Meter betragen. Die Achse des Bohrwerkzeugs muss bei Beginn des Bohrvorgangs mit der Belastungsachse übereinstimmen.

6.3 Vorbereitung der Messung

Die geeignete Leistung der Bohrmaschine ist zu überprüfen.

Auswahl und Vorbereitung einer angepassten Spülung müssen unter Verwendung der Daten früherer Untersuchungen am Versuchsort bzw. maßgebender geologischer oder hydrologischer Daten erfolgen. Die Spülleitungen von Bohrkronen und -gestänge sind zu überprüfen, um sicherzustellen, dass sie offen sind.

Schritt 1 muss das manuelle Justieren der Maschinenparameter sein, wie z. B. maximaler Spülungsdruck, Bohrandruck, Mindest-Eindringgeschwindigkeit, auf vom verantwortlichen Fachmann oder Anwender der Ergebnisse angegebene voreingestellte Werte.

Anschließend ist die Kalibrierbohrung in homogen gelagertem Fels oder Boden mit warmgelaufener Maschine durchzuführen, um den Bohrandruck, die Drehzahl und andere Bohrparameter so einzustellen, dass der gewählte Leitparameter ein konstanter Wert wird. Die Einstellung der Bohrparameter anhand der Kalibrierbohrung ist bei allen nachfolgenden Sondierungen beizubehalten.

Die Auswahl zu hohen Werten beeinträchtigt die Qualität der Messungen. Für eine erfolgreiche Untersuchung müssen das Bohrgerät und das zugehörige Werkzeug weit unter deren maximaler Leistung betrieben werden.

6.4 Bohrverfahren

Für die Validierung eines Bohrverfahrens sollte die Planung des Bohrprogramms einige Bohrungen zur Kalibrierung der Ergebnisse einschließen. Während dieses Referenz-Bohrversuchs muss/müssen der/die „gewählte(n) Vorschubparameter“ innerhalb bestimmter Grenzen liegen, die gemeinsam vom verantwortlichen Fachmann und vom Anwender der Versuchsergebnisse festgelegt wurden. Dies ist durch Justierung von Maschinenparametern sowie von Typ und Größe der Bohrkronen (nach Tabelle 2) zu erreichen. Der Rückhaldedruck sollte so eingestellt werden, dass Schwankungen zwischen zwei geologischen Zonen unterschiedlicher Konsistenz erkannt werden können.

Die Ergebnisse der ersten Bohrung sollten zumindest zur Überprüfung der gewählten Bohrparameter verwendet werden.

Um eine zusätzliche Kalibrierung zu vermeiden, sollten dasselbe Bohrgerät, Bohrwerkzeug und Fluid für die Dauer des jeweiligen Projekts beibehalten werden.

Rammen sollte nur bei harten Bodenschichten vorgenommen werden.

Das Auftreten von Änderungen bzw. die Reparatur oder der Austausch von Werkzeug sind im Feldbericht anzugeben und bei der Auswertung der aufgezeichneten Parameter zu berücksichtigen. Die Bohrung ist zu beenden, wenn eines der folgenden Ereignisse eintritt:

- Die erforderliche Eindringlänge oder -tiefe wurde erreicht. Beispielsweise ist gewöhnlich eine Bohrung von mindestens 3 m in einer massiven Schicht erforderlich.
- Der vereinbarte Höchstwert des Bohrandrucks oder der Leistung von Bohrgerät oder Messsystem ist erreicht.
- Es besteht die Möglichkeit, dass die Ausrüstung beschädigt wird.

Während des MWD-Versuchs müssen Einzelheiten oder Abweichungen, welche die Messergebnisse und die entsprechende Eindringlänge beeinflussen können, aufgezeichnet werden.

6.5 Häufigkeit der Erfassung von Parametern

Die Aufzeichnung muss in Abhängigkeit von der Eindringtiefe erfolgen.

Die Methodologie für die Bestimmung der aufgezeichneten Werte anhand der gemessenen Werte muss in der Bedienungsanleitung des Aufzeichnungsgeräts angegeben sein.

Die Häufigkeit der Datenerfassung für unterschiedliche Messwerte kann auch in Abhängigkeit von dem erforderlichen Detail des Profils gewählt werden, z. B. Erkennung dünner Schichten. Gewöhnlich wird dieselbe Häufigkeit für die Erfassung aller Parameter verwendet.

6.6 Erfassung der Eindringlänge

Die Höhe des Bohrwerkzeugs ist in Bezug auf das Verhältnis zur Geländeoberkante oder ein anderes feststehendes Bezugssystem (nicht der Vorschubmaschine) zu bestimmen. Die Eindringlänge ist zu überprüfen und am Ende des Versuchs aufzuzeichnen.

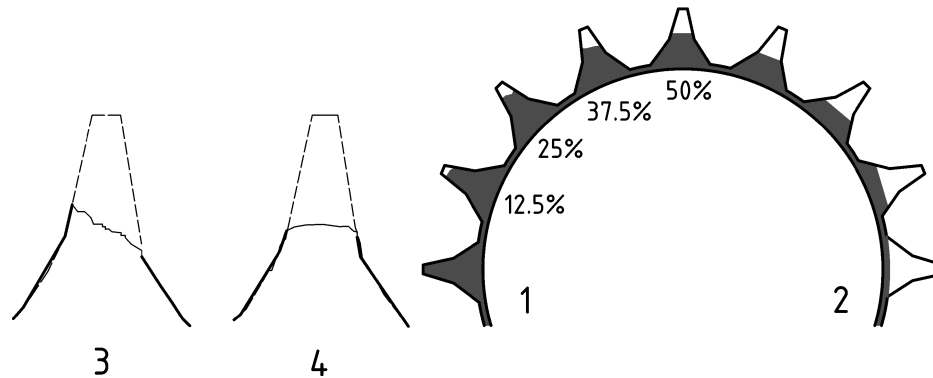
6.7 Versuchsabschluss

Nach dem Versuchsabschluss sind die Stangen bei ihrem Entfernen zu zählen, und die Anzahl ist mit der erreichten Eindringlänge zu vergleichen.

Nach dem Versuchsabschluss und dem Reinigen von Ausrüstung und Werkzeug ist das Bohrwerkzeug zu überprüfen und jedes Auftreten von Verstopfungen sowie übermäßiger Abnutzung oder Beschädigung während des MWD-Versuchs ist aufzuzeichnen.

Die Referenzwerte der Messparameter von Güteklasse 1 sind nach der Entnahme des Bohrgestänges aus dem Boden sowie erforderlichenfalls nach der Reinigung des Bohrgeräts aufzuzeichnen. Überschreitet die Nullabweichung der gemessenen Parameter die zulässige Mindestgenauigkeit nach Tabelle 2, sollten die Ergebnisse vernachlässigt werden oder der Versuch darf in eine niedrigere Klasse eingestuft werden.

Zur Bestimmung des Einflusses der Werkzeugabnutzung auf gemessene Bohrparameter ist der Anfangs- und Endzustand der Werkzeugabnutzung zu überprüfen und anzugeben. Zu diesem Zweck müssen die Höhe der Bohrzähne zu Beginn und Ende der Bohrung und die prozentuale Abnutzung nach Bild 1 eingeschätzt und aufgezeichnet werden. Veränderungen oder der Austausch von Ausrüstung sind ebenfalls aufzuzeichnen.



Legende

- 1 Abnutzung im Neuzustand = 0 %
- 2 abgenutzt = 100 %
- 3 Bohrkronenabnutzung selbstschärfend
- 4 Bohrkronenabnutzung ebene Kante

Bild 1 — Beispiel für Bohrkronenabnutzung bei einem Rollmeißel

6.8 Überprüfungen und Kalibrierungen der Ausrüstung

Die Anforderungen des Herstellers in Bezug auf Überprüfungen und Kalibrierung sind zu erfüllen.

7 Versuchsergebnisse

7.1 Allgemeines

Die Rohdaten sind zu speichern. Die Datenausgabe muss in einem offenen Format erfolgen.

7.2 Berechnete Parameter

7.2.1 Allgemeines

Die gemessenen Rohdaten sind in Bohrparameter umzurechnen.

7.2.2 Eindringgeschwindigkeit

Die Eindringgeschwindigkeit v_A ist anhand der Messung der Eindringlänge a und dem zeitlichen Abstand dt zwischen Messungen zu erzielen.

$$v_A = \frac{a_{t+dt} - a_t}{dt} \quad (1)$$

ANMERKUNG Der Wert v_A ist ein Mittelwert der Geschwindigkeit in Abhängigkeit vom betrachteten Tiefenbereich, die unmittelbare Geschwindigkeit kann erheblich höher sein, insbesondere bei drehendem und drückendem Bohrverfahren. Die maximale Geschwindigkeit, die von der Maschine erreicht werden kann, ist v_{max} .

7.2.3 Bohrandruck

Die Messung des Bohrandrucks p_O entspricht dem nah am Zylinderkolben oder Hydraulikmotor gemessenen Hydraulikdruck p . Dieses Maß wird mit der während der Kalibrierung bewerteten maximalen Bohrandruckkraft $F_{\max}$ skaliert, wobei sich der Bohrkopf bei einem tieferen mechanischen Anschlag befindet und die Masse des Drehkopfes W_H sowie die Masse W_R der Anzahl der Stangen n addiert wird. Die Anwendung einer am Hydraulikzylinder angebrachte Seilführung ist anzugeben und zu berücksichtigen.

$$s_O \cdot p_O = \frac{p}{p_{\max}} F_{\max} + W_H + n \cdot W_R \quad (2)$$

ANMERKUNG Bei tiefen Bohrlöchern können am Bohrgestänge angebrachte Auftriebsmittel berücksichtigt werden.

7.2.4 Netto-Bohrandruck

Der Netto-Bohrandruck p_E ist eine Funktion von Bohrandruck und Rückhaltedruck sowie von der Masse des Bohrgestänges und des Drehkopfes.

$$p_E = p_O - p_H \quad (3)$$

p_H ist anhand der Kalibrierung zu bewerten, indem der Drehkopf bis $H_{\max}$ belastet wird, bis an der Bewegung erkennbar ist, dass der Rückhaltedruck überschritten wurde.

$$s_O \cdot p_H = \frac{p_H}{p_{H \max}} H_{\max} \quad (4)$$

ANMERKUNG In einigen Systemen wird der Messwertaufnehmer für die Druckdifferenz oder die Kraft verwendet, um die direkte Messung des Netto-Bohrandrucks zu ermöglichen.

7.2.5 Spülungsdruck

Bei einem Grundwasserleiter darf der Messwert p_F korrigiert werden, indem die an der Bohrkrone gemessene Höhe des Wasserspiegels von der Höhe der Spülflüssigkeit (Dichte γ_M) im Bohrgestänge abgezogen wird.

Der Flüssigkeitsdruck p_l am Auslass der Bohrkrone darf mit dem geschätzten oder gemessenen Wert der Höhe des Wasserspiegels z_w berechnet werden mit:

$$p_l = p_F + z_w \cdot \gamma_M \quad (5)$$

ANMERKUNG Für die meisten Zwecke ist es ausreichend, p_l gleichwertig mit p_F zu betrachten.

7.2.6 Drehmoment des Kraftdrehkopfes

Das auf das Bohrwerkzeug aufgebrachte Drehmoment C_R verhält sich proportional zum auf den Motor wirkenden Hydraulikdruck p_{CR} und zum während des Kalibrierprozesses bewerteten maximalen Drehmoment $C_{R\max}$.

$$C_R = \frac{p_{CR} - p_{CRO}}{p_{CR \max}} C_{R \max} \quad (6)$$

Bei Feinmessungen kann es nützlich sein, den Rotationsdruck des unbelasteten Motors p_{CRO} zu messen.