

Baugrund
Felduntersuchungen
 Teil 1: Drucksondierungen

DIN
4094-1

ICS 93.020

Teilweise Ersatz für
 DIN 4094:1990-12 und
 DIN 4094 Bbl 1:1990-12

Subsoil — Field investigations — Part 1: Cone penetration tests

Sol — Essais en place — Partie 1: Essais de pénétration statique

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	4
4 Bezeichnung	6
5 Gerät	6
6 Versuchsdurchführung	9
6.1 Allgemeines	9
6.2 Versuchsvorbereitung.....	9
6.3 Kalibrierung und Überprüfung	9
6.4 Sondiervorgang	10
6.5 Feldaufzeichnungen	10
7 Versuchsauswertung und Ergebnisdarstellung	10
8 Ergebnisbewertung und Ableitung geotechnischer Kenngrößen	11
8.1 Ergebnisbewertung.....	11
8.2 Abgeleitete Werte	12
Anhang A (normativ) Kopfblatt zu Drucksondierungen nach DIN 4094-1	13
Anhang B (normativ) Messprotokoll für Drucksondierungen nach DIN 4094-1	14
Anhang C (informativ) Beispiele für Ergebnisbewertungen	15
C.1 Beispiel eines Auswertediagramms zur näherungsweise Bestimmung von Bodenarten	15
C.2 Beispiel für eine Verdichtungskontrolle	16
C.3 Beispiel für die Oberflächeneinflusstiefe	16
Anhang D (informativ) Beispiele für die Ableitung geotechnischer Kenngrößen	17
D.1 Allgemeines	17
D.2 Beispiele für die Ableitung der Lagerungsdichte aus den Ergebnissen von Drucksondierungen	18
D.3 Beispiel für die Ableitung des Reibungswinkels φ' aus den Ergebnissen der Drucksondierungen	20
D.4 Beispiel für die Ableitung der undrnierten Scherfestigkeit c_u bei bindigen Böden aus den Ergebnissen von Drucksondierungen	21
D.5 Beispiele für die Ableitung des spannungsabhängigen Steifemodules	22
D.6 Beispiel für die Ableitung eines mittleren Steifemoduls	25
Tabellen	
Tabelle 1 – Nennmaße der Sondenspitzen	6
Tabelle 2 – Sondenarten	8

Fortsetzung Seite 2 bis 25

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Bilder

Bild 1 – Schema einer Sondenspitze mit Porenwasserdruckmessung (Nennmaße siehe Tabelle 1).....	7
Bild 2 – Maße einer Sonde für eine Drucksondierung CPTU (Legende siehe Tabelle 2).....	8
Bild C.1 – Beispiel für eine halblogarithmische Darstellung zwischen Spitzenwiderstand und Reibungsverhältnis in Abhängigkeit verschiedener Bodenarten	15
Bild C.2 – Beispiel einer Sondierung vor und nach einer Tiefenverdichtung.....	16
Bild C.3 – Drucksondierungen von der Oberfläche einer Schüttung und von der Sohle einer später ausgehobenen Baugrube aus	16
Bild D.1 – Zusammenhang zwischen dem Spitzenwiderstand der Drucksonde und der Lagerungsdichte bzw. der bezogenen Lagerungsdichte in enggestuftem Sand	18
Bild D.2 – Zusammenhang zwischen dem Spitzenwiderstand der Drucksonde und der Lagerungsdichte bzw. der bezogenen Lagerungsdichte in Sand-Kies-Gemischen	19
Bild D.3 – Zusammenhang zwischen dem Spitzenwiderstand der Drucksonde und dem Reibungswinkel für enggestufte Sande	20
Bild D.4 – Zusammenhang zwischen dem Spitzenwiderstand und dem Steifebeiwert bei Sanden	23
Bild D.5 – Zusammenhang zwischen dem Spitzenwiderstand und dem Steifebeiwert bei leichtplastischen und mittelplastischen Tonen.....	24

Vorwort

Diese Norm wurde vom Normenausschuss Bauwesen im DIN e.V. im Arbeitsausschuss 05.09.00 „Baugrund; Sonden“ erarbeitet.

DIN 4094 „Baugrund – Felduntersuchungen“ besteht aus:

- Teil 1: Drucksondierungen
- Teil 2: Bohrlochrammsondierung (Norm in Vorbereitung)
- Teil 3: Rammsondierungen
- Teil 4: Flügelscherversuche
- Teil 5: Bohrlochaufweitungsversuche

Die Anhänge A und B sind normativ; die Anhänge C und D sind informativ.

Änderungen

Gegenüber der DIN 4094:1990-12 und DIN 4094 Bbl 1:1990-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die Normbezeichnung wurde geändert;
- b) die Festlegungen nach DIN 4094 bezüglich der Erkundungen durch Drucksondierungen wurden in einem eigenen Teil der Normenreihe DIN 4094 und das o.g. Beiblatt in dessen informativen Anhang überführt;
- c) es erfolgte eine vollständige Überarbeitung der Norm einschließlich Beiblatt;
- d) der Inhalt wurde den wesentlichen Anforderungen von DIN V ENV 1997-3 angepasst;
- e) neu aufgenommen wurden Sondenspitzen mit einem Querschnitt von 15 cm² und Sondenspitzen zur zusätzlichen Messung des Porenwasserdruckes.

Frühere Ausgaben

DIN 4094-1: 1964-05, 1974-11

DIN 4094-2: 1965-06, 1980-05

DIN 4094: 1960-12, 1990-12

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für indirekte Aufschlüsse des Bodens (Lockergestein) und weichem Fels, sofern das Eindringen der Sondenspitze möglich ist, durch Drucksondierungen im Rahmen der geotechnischen Untersuchungen nach DIN 4020. Es werden auch Hinweise zur Auswertung der Sondiererergebnisse gegeben. Zusätzlich zu den Drucksondierungen sind grundsätzlich direkte Aufschlüsse nach DIN 4021, z. B. Schlüsselbohrungen, erforderlich.

In dieser Norm werden Drucksondierungen mit elektrischen Messwertaufnehmern behandelt.

Mit den in dieser Norm festgelegten Sondiergeräten können in Abhängigkeit von den Baugrundverhältnissen Tiefen bis 60 m erreicht werden.

Die Norm legt geräte- und ausführungstechnische Anforderungen fest, um Fehlbeurteilungen der Baugrundverhältnisse weitestgehend zu vermeiden sowie geräte- und ausführungstechnisch bedingte Streuungen der Sondiererergebnisse zu begrenzen.

Abweichungen von dieser Norm müssen begründet und ihre Einflüsse auf das Ergebnis kommentiert werden.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

DIN 4019-1, *Baugrund – Setzungsberechnungen bei lotrechter, mittiger Belastung*.

DIN 4020, *Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke*.

DIN 4021, *Baugrund – Aufschluss durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben*.

DIN 4094-3:2002-01, *Baugrund – Felduntersuchungen – Teil 3: Rammsondierungen*.

DIN 18196, *Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke*.

DIN V ENV 1997-1:1996-04, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung ENV 1997-1:1994*.

DIN V ENV 1997-3, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 3: Felduntersuchungen für die geotechnische Bemessung; Deutsche Fassung ENV 1997-3:1999*.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die in DIN V ENV 1997-1 und DIN V ENV 1997-3 angegebenen und die folgenden Begriffe:

3.1

Sondierung

ein indirektes Baugrundaufschlussverfahren in Böden durch ein in der Regel lotrechtes Einbringen einer Sonde zur Bestimmung von geotechnischen Kenngrößen

[DIN 4094-3:2002-01]

3.2**Drucksondierung CPT**

Einbringen einer Sonde mit gleichbleibender Geschwindigkeit in den Boden, wobei der Spitzenwiderstand am Kegel der Messspitze, die lokale Mantelreibung an einer Reibungshülse am Schaft der Messspitze, die Abweichung der Spitze von der Lotrechten und die Sondiergeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Sondiertiefe gemessen werden

3.3**Drucksondierung CPTU**

eine Drucksondierung CPT, bei der zusätzlich der Porenwasserdruck an der Basis des kegelförmigen Teils der Messspitze während des Eindringvorgangs bzw. bei Stillstand, d. h. ohne Gestängevorschub gemessen wird

3.4**Spitzenwiderstand** **q_c**

die an der Sondenspitze gemessene Axialkraft Q_c , bezogen auf die Grundfläche des Kegels A_c

3.5**lokale Mantelreibung** **f_s**

die auf die Reibungshülse übertragene Kraft Q_s , bezogen auf die Oberfläche der Reibungshülse A_s

3.6**Reibungsverhältnis** **R_f**

der Quotient aus lokaler Mantelreibung f_s und dem Spitzenwiderstand q_c (f_s/q_c), wobei q_c und f_s in derselben Tiefe bestimmt werden

ANMERKUNG Das Reibungsverhältnis R_f wird in Prozent ausgedrückt.

3.7**Grundflächenfaktor des Kegels der Sondenspitze** **a**

der Quotient aus der Nettofläche A_n und der Grundfläche A_c des Kegels (A_n/A_c) (siehe Bild 2)

3.8**Eindringporenwasserdruck** **u**

der während des Eindringens der Sonde gemessene Porenwasserdruck auf den zylindrischen Teil des Kegels unmittelbar oberhalb des konischen Teils des Kegels (siehe Bild 1)

3.9**Porenwasserdruckdifferenz** **Δu**

die erzeugte Differenz zwischen dem Eindringporenwasserdruck u und dem Porenwasserdruck u_0 , der im Boden vorhanden ist, bevor die Drucksondierung durchgeführt wird ($\Delta u = u - u_0$)

3.10**korrigierter Spitzenwiderstand** **q_t**

der unter Berücksichtigung des Grundflächenfaktors und des Porenwasserdrucks korrigierte, gemessene Spitzenwiderstand $q_t = q_c + u(1 - a)$

3.11**Porenwasserdruckverhältnis** **B_q**

$B_q = \Delta u / (q_t - \sigma_{v0})$ wobei σ_{v0} die totale Vertikalspannung ist, die im Boden vor Durchführung des Versuchs in Höhe der jeweiligen Messung herrscht

3.12

Dissipationsversuch

Messung des Porenwasserdruckes über die Zeit und bei entkoppeltem Gestänge

3.13

Oberflächeneinflusstiefe der Drucksondierung

die Tiefe unter dem Sondieransatzpunkt bis zu der, bei sonst gleichen Bodenverhältnissen, der Spitzenwiderstand deutlich zunimmt und ab der der Oberflächeneinfluss auf den Spitzenwiderstand vernachlässigbar klein ist

3.14

abgeleitete Werte

durch Theorie, Korrelation oder Erfahrung aus den Versuchsergebnissen bestimmte Werte einer geotechnischen Kenngröße

[DIN 4094-3:2002-01]

ANMERKUNG Die abgeleiteten Werte werden als Ausgangsbasis für die Festlegung charakteristischer Werte nach DIN V ENV 1997-1:1996-04, 2.4.3, verwendet.

4 Bezeichnung

Bezeichnung für eine elektrische Drucksondierung mit Messung von Spitzenwiderstand, lokaler Mantelreibung und Porenwasserdruck bei der Grundfläche des Kegels $A_c = 10 \text{ cm}^2$ (CPTU 10):

Drucksondierung DIN 4094 – CPTU 10

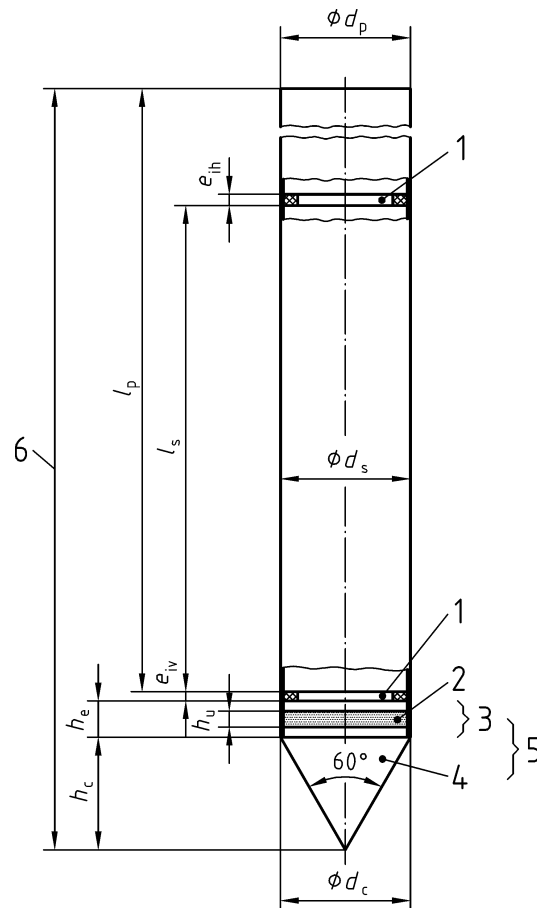
5 Gerät

Das Drucksondiergerät besteht aus einer Sondenspitze nach Tabelle 1, dem Gestänge, einer Eindrückvorrichtung und dem Mess- und Registriergerät. Oberhalb der Sondenspitze kann ein Reibungsminderer eingesetzt werden. Die bei den Drucksondierungen zu verwendenden Sondenspitzen und Gestängedurchmesser sind in Tabelle 2 angegeben. Die Bestandteile der Sonden und Nennmaße sind in Bild 1 und Tabelle 1 enthalten.

Tabelle 1 – Nennmaße der Sondenspitzen

Maße in Millimeter

Kurzzeichen	d_p	d_s	d_c	e_{iv}	e_{ih}	h_c	h_e	h_u	l_p	l_s
CPT 10	35,8	35,9	35,7	2,6	3,1	33,0	10,0	–	187,2	133,7
CPTU 10	35,8	35,9	35,7	2,6	3,1	33,0	10,0	4,4	187,2	133,7
CPT 15	43,7	44,0	43,8	2,6	3,1	38,0	12,0	–	247,0	163,9
CPTU 15	43,7	44,0	43,8	2,6	3,1	38,0	12,0	4,4	247,0	163,9



Legende

- 1 Zwischenraum mit Dichtung
- 2 Filter
- 3 zylindrischer Teil
- 4 konischer Teil
- 5 Kegel
- 6 Sondenspitze
- l_p Schaft
- l_s Reibungshülse

Bild 1 – Schema einer Sondenspitze mit Porenwasserdruckmessung (Nennmaße siehe Tabelle 1)

Tabelle 2 – Sondenarten

Benennung	Kurzzeichen	Grundfläche des Kegels A_c cm^2	Oberfläche der Reibungshülse A_s cm^2	Kegeldurchmesser d_c mm	Gestängedurchmesser außen mm	Messergebnis
Elektrische Drucksondierung mit Messung von Spitzenwiderstand lokaler Mantelreibung	CPT 10	10	150	$35,7 \pm 0,3$	36	q_c, f_s
	CPT 15	15	225	$43,8 \pm 0,3$	36	q_c, f_s
Elektrische Drucksondierung mit Messung von Spitzenwiderstand, lokaler Mantelreibung und Porenwasserdruck	CPTU 10	10	150	$35,7 \pm 0,3$	36	q_c, f_s, u
	CPTU 15	15	225	$43,8 \pm 0,3$	36	q_c, f_s, u

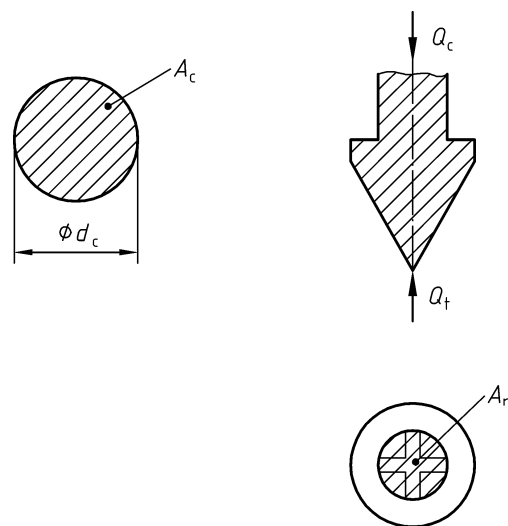


Bild 2 – Maße einer Sonde für eine Drucksondierung CPTU (Legende siehe Tabelle 2)

Die Eindrückvorrichtung muss es ermöglichen, das Gestänge mit gleich bleibender Geschwindigkeit in den Boden zu drücken. Sie muss so stabilisiert sein, dass sie sich während des Eindrückvorgangs nicht wesentlich bewegt.

Die Stangen müssen gerade sein. Die maximale Axialabweichung über 1 m Gestängelänge darf 1 mm nicht überschreiten.

Das Gestänge sollte aus hochfestem Stahl gefertigt sein. Es muss so beschaffen sein, dass es für die beim Sondieren auftretenden Beanspruchungen geeignet ist.

Die einzelnen Stangen des Gestänges müssen so montiert sein, dass sie ein starr verbundenes Gestänge mit einer durchgehend geraden Achse bilden.

Die Sondenspitze befindet sich am unteren Ende des Gestänges. Sie besteht aus Kegel und Schaft. Kegel und Schaft liegen in der gleichen Achse wie das Gestänge.