

DIN EN 1997-2



ICS 91.010.30; 93.020

Ersatzvermerk
siehe unten**Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik –
Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds;
Deutsche Fassung EN 1997-2:2007 + AC:2010**

Eurocode 7: Geotechnical design –
Part 2: Ground investigation and testing;
German version EN 1997-2:2007 + AC:2010

Eurocode 7: Calcul géotechnique –
Partie 2: Reconnaissance des terrains et essais;
Version allemande EN 1997-2:2007 + AC:2010

Ersatzvermerk

Ersatz für DIN EN 1997-2:2007-10, die 2007-10 zurückgezogene Vornorm DIN V ENV 1997-2:1999-09 und die 2007-10 zurückgezogene Vornorm DIN V ENV 1997-3:1999-10;
teilweiser Ersatz für DIN 4020:2003-09

Gesamtumfang 198 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN



Nationales Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250/SC 7 „Eurocode 7 — Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik“ erarbeitet, dessen Sekretariat von NEN (Niederlande) gehalten wird.

Auf nationaler Ebene ist im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. der NABau-Arbeitsausschuss NA 005-05-06 AA „Untersuchungen von Boden und Fels“ zuständig.

Die Norm ist Bestandteil einer Reihe von Einwirkungs- und Bemessungsnormen, deren Anwendung nur im Paket sinnvoll ist. Dieser Tatsache wird durch das Leitpapier L der Kommission der Europäischen Gemeinschaft für die Anwendung der Eurocodes Rechnung getragen, indem Übergangsfristen für die verbindliche Umsetzung der Eurocodes in den Mitgliedstaaten vorgesehen sind. Die Übergangsfristen sind im Vorwort dieser Norm angegeben. Ein nationaler Anhang wird im Laufe der Übergangsfristen erstellt.

Der Anwendungsbereich der DIN EN 1997-2 deckt sich weitgehend mit dem der DIN 4020. Daher wird parallel mit der Erarbeitung des nationalen Anhangs auch die DIN 4020 überarbeitet.

Dieses Dokument enthält die Europäische Berichtigung EN 1997-2:2007/AC:2010.

Der Beginn und das Ende von neuem oder geändertem Text werden durch die Markierungen   angezeigt.

Änderungen

Gegenüber DIN V ENV 1997-2:1999-09, DIN V ENV 1997-3:1999-10 und DIN 4020:2003-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Zusammenführung und Straffung von DIN V ENV 1997-2:1999-09 und DIN V ENV 1997-3:1999-10;
- b) Aufnahme von Inhalten der DIN 4020:2003-09, insbesondere Anhang B;
- c) neuer Anhang A;
- d) neuer Abschnitt 6 „Untersuchungsbericht“;
- e) redaktionelle Überarbeitung.

Gegenüber DIN EN 1997-2:2007-10 wurden aufgrund der europäischen Berichtigung EN 1997-2:2007/AC:2010 folgende Korrekturen vorgenommen:

- f) im gesamten Dokument sind Textteile, Bilder und Tabellen korrigiert worden;
- g) in 1.8 wurden die englischen Bezeichnungen der Abkürzungen aufgenommen;
- h) in 2.4.1.3 und in 4.3.4.1 wurden Übersetzungskorrekturen vorgenommen.

Frühere Ausgaben

DIN 4020: 1953-07, 1990-10, 2003-09
DIN V ENV 1997-2: 1999-09
DIN V ENV 1997-3: 1999-10
DIN EN 1997-2: 2007-10

Deutsche Fassung

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

Eurocode 7:
Geotechnical design —
Part 2: Ground investigation and testing

Eurocode 7:
Calcul géotechnique —
Partie 2: Reconnaissance des terrains et essais

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 12. Juni 2006 angenommen.

Die Berichtigung tritt am 2. Juni 2010 zur Einarbeitung in die drei offiziellen Sprachfassungen der EN in Kraft.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	8
Hintergrund des europäischen Normungsprogramms.....	8
Nationale Normen zur Einführung von Eurocodes	10
Verbindung zwischen Eurocodes und einheitlichen technischen Spezifizierungen (ENs und ETAs) für Bauprodukte	10
Zusatzinformation speziell zum Eurocode 7	10
Nationaler Anhang zur EN 1997-2	11
1 Allgemeines	12
1.1 Anwendungsbereich	12
1.2 Normative Verweisungen	13
1.3 Voraussetzungen	14
1.4 Unterscheidung von Grundsätzen und Anwendungsregeln	14
1.5 Begriffe	15
1.6 Versuchsergebnisse und abgeleitete Werte	17
1.7 Verbindung von EN 1997-1 und EN 1997-2.....	18
1.8 Symbole und Einheiten	18
2 Planung von Baugrunduntersuchungen	22
2.1 Zweck	22
2.2 Abfolge der Baugrunduntersuchungen	25
2.3 Voruntersuchungen	26
2.4 Hauptuntersuchungen	26
2.5 Kontrolluntersuchungen und Überwachung.....	36
3 Probeentnahme in Boden und Fels und Grundwassermessungen	36
3.1 Allgemeines	36
3.2 Probeentnahme mittels Bohrungen	36
3.3 Probeentnahme aus Schürfen, Stollen oder Schächten	36
3.4 Probeentnahme in Böden.....	37
3.5 Probeentnahme in Fels.....	39
3.6 Grundwassermessungen in Böden und Fels.....	41
4 Felduntersuchungen in Boden und Fels	43
4.1 Allgemeines	43
4.2 Allgemeine Anforderungen	43
4.3 Drucksondierungen mit und ohne Messeinrichtungen für den Porenwasserdruck (CPT,  CPTM,  CPTU).....	45
4.4 Pressiometerversuche (PMT).....	48
4.5 Versuch mit dem flexiblen Dilatometer (FDT)	51
4.6 Standard Penetration Test (SPT)	52
4.7 Rammsondierungen (DP)	54
4.8 Gewichtssondierung (WST)	56
4.9 Flügelscherversuch (FVT)	58
4.10 Flachdilatometerversuch (DMT)	59
4.11 Belastungsversuch für Flachgründungen (PLT)	60
5 Laborversuche für Boden und Fels	62
5.1 Allgemeines	62
5.2 Allgemeine Anforderungen für Laborversuche	62
5.3 Vorbereitung von Bodenproben für Versuche	63
5.4 Herstellung von Probekörpern aus Fels für Versuche.....	64
5.5 Versuche zur Klassifikation, Benennung und Beschreibung von Boden.....	65
5.6 Chemische Untersuchungen an Böden und Grundwasser	70

5.7	Indexversuche zur Bestimmung zur Festigkeit von Böden.....	74
5.8	Versuche zur Bestimmung der Festigkeit von Böden.....	75
5.9	Versuche zur Bestimmung der Zusammendrückbarkeit und der Verformungen von Böden.....	80
5.10	Bestimmung der Verdichtung an Böden	83
5.11	Bestimmung der Durchlässigkeit an Böden	84
5.12	Versuche zur Klassifikation von Fels.....	86
5.13	Quellversuche ^{N1)} an Gestein	89
5.14	Bestimmung der Festigkeit von Gestein	92
6	Geotechnischer Untersuchungsbericht.....	97
6.1	Allgemeine Anforderungen	97
6.2	Darstellung der geotechnischen Information	97
6.3	Bewertung der geotechnischen Informationen	98
6.4	Festlegen abgeleiteter Werte.....	99
Anhang A (informativ) Liste von Versuchsergebnissen von geotechnischen Standardversuchen		100
Anhang B (informativ) Planung von geotechnischen Untersuchungen		103
B.1	Phasen der Baugrunduntersuchungen für die geotechnische Bemessung, den geotechnischen Entwurf, die Bauausführung und die Bauwerksnutzung.....	103
B.2	Auswahl von Verfahren für Baugrunduntersuchung zu unterschiedlichen Etappen	104
B.3	Beispiele für Empfehlungen von Untersuchungsabständen und -tiefen.....	106
Anhang C (informativ) Beispiel für die Ableitung von Grundwasserdrücken auf der Grundlage eines Grundwassermodells und von Langzeitmessungen.....		112
Anhang D (informativ) Drucksondierungen ohne und mit Porenwasserdruckmessungen		114
D.1	Beispiel für die Ableitung von Werten für den Reibungswinkel und den dränierten Elastizitätsmodul	114
D.2	Beispiel für eine Korrelation zwischen Spitzenwiderstand und Reibungswinkel	115
D.3	Beispiel für eine Methode zur Berechnung der Setzung von Flachgründungen.....	115
D.4	Beispiel für eine Korrelation zwischen Steifemodul und Spitzenwiderstand	116
D.5	Beispiele für die Ermittlung des spannungsabhängigen Steifemoduls aus CPT-Ergebnissen	117
D.6	Beispiel für eine Korrelation zwischen dem Widerstand eines Einzelpfahls bei Druckbelastung und dem Spitzenwiderstand aus der Drucksondierung	118
D.7	Beispiel für eine Methode zur Ermittlung des axialen Widerstands eines Einzelpfahls	120
Anhang E (informativ) Pressiometerversuche (PMT).....		125
E.1	Beispiel für ein Verfahren zur Berechnung des Grundbruchwiderstandes von Flachgründungen	125
E.2	Beispiel für ein Verfahren zur Berechnung der Setzungen von Flachgründungen.....	126
E.3	Beispiel für ein Verfahren zur Berechnung des Widerstands eines Einzelpfahls bei Druckbelastung	127
Anhang F (informativ) Standard Penetration Test (SPT)		131
F.1	Beispiele für die Korrelationen von Schlagzahlen und bezogenen Lagerungsdichten	131
F.2	Beispiele für die Ableitung des wirksamen Reibungswinkels	132
F.3	Beispiel für ein Verfahren zur Berechnung der Setzung von Flachgründungen.....	133
Anhang G (informativ) Rammsondierungen (DP).....		135
G.1	Beispiele für Korrelationen von Schlagzahlen und bezogener Lagerungsdichte	135
G.2	Beispiel für eine Korrelation zwischen dem wirksamen Reibungswinkel und der bezogenen Lagerungsdichte.....	135
G.3	Beispiel für die Ableitung des spannungsabhängigen Steifemoduls aus DP-Ergebnissen.....	136
G.4	Beispiel für Korrelationen zwischen Spitzenwiderstand von Drucksondierungen und Schlagzahl.....	137
G.5	Beispiel für eine Beziehung zwischen den Schlagzahlen verschiedener Rammsonden.....	137
Anhang H (informativ) Gewichtssondierung (WST)		139

Anhang I (informativ) Flügelscherversuch (FVT)	140
I.1 Beispiele für Verfahren zur Bestimmung von Korrekturfaktoren für die Kohäsion des undrÄnierten Bodens	140
I.2 Beispiel der Bestimmung des Korrekturfaktors μ auf der Grundlage der Atterberg-Grenzen	140
I.3 Beispiel für die Bestimmung des Korrekturfaktors μ in Abhängigkeit von den Konsistenzgrenzen und des Konsolidierungszustands	142
I.4 Beispiel für die Bestimmung des Korrekturfaktors μ auf der Grundlage der Atterberg-Grenzen und des Konsolidierungszustands	142
I.5 Beispiel für die Bestimmung des Korrekturfaktors μ auf der Grundlage der Konsistenzgrenzen und des Konsolidierungszustands	143
Anhang J (informativ) Versuch mit dem flachen Dilatometer (DMT)	145
Anhang K (informativ) Belastungsversuch für Flachgründungen (PLT)	146
K.1 Beispiel für die Ableitung des Wertes für die Kohäsion des undrÄnierten Bodens	146
K.2 Beispiel für die Ableitung von Werten für den Verformungsmodul	146
K.3 Beispiel für die Ableitung des Bettungsmoduls	147
K.4 Beispiel für ein Verfahren zur Berechnung der Setzung von Flachgründungen in Sand	148
Anhang L (informativ) Detaillierte Informationen zur Herstellung von Probekörpern aus Boden für Versuche	150
L.1 Einleitung	150
L.2 Vorbereitung von gestörtem Boden für Versuche	150
L.3 Herstellung von ungestörten Probekörpern	153
L.4 Herstellung von wiederverdichteten Probekörpern	153
L.5 Herstellung von aufbereiteten und konsolidierten Probekörpern	156
Anhang M (informativ) Detaillierte Informationen über Versuche zur Klassifikation, Benennung und Beschreibung von Böden	157
M.1 Checklisten für Klassifikationsversuche	157
M.2 Bestimmung des Wassergehalts	159
M.3 Bestimmung der Dichte	159
M.4 Bestimmung der Korndichte	160
M.5 Bestimmung der Korngrößenverteilung	160
M.6 Bestimmung der Lagerungsdichte von nichtbindigen Böden	161
M.7 Bestimmung der Zerfallsempfindlichkeit	161
M.8 Bestimmung der Frostempfindlichkeit	162
Anhang N (informativ) Detaillierte Informationen zu chemischen Versuchen an Böden	164
N.1 Allgemeines	164
N.2 Bestimmung des Anteils an organischen Bestandteilen	164
N.3 Bestimmung des Kalkgehalts	165
N.4 Bestimmung des Sulfatgehalts	166
N.5 Bestimmung des pH-Werts (Gehalt an Säuren oder Basen)	166
N.6 Bestimmung des Chloridgehalts	167
Anhang O (informativ) Detaillierte Informationen zu Indexversuchen zur Bestimmung der Festigkeit von Böden	168
Anhang P (informativ) Detaillierte Informationen zur Bestimmung der Scherfestigkeit von Böden	169
P.1 Dreiaxiale Kompressionsversuche	169
P.2 Konsolidierte direkte Scherversuche	170
Anhang Q (informativ) Detaillierte Informationen zur Bestimmung der Zusammendrückbarkeit von Böden	171
Q.1 Anzahl der Versuche	171
Q.2 Auswertung der Versuchsergebnisse	171
Anhang R (informativ) Detaillierte Informationen über Verdichtungsversuche an Böden	172
R.1 Versuchsverfahren, die bei beiden Versuchstypen anwendbar sind	172

	Seite
R.2 Anforderungen an Verdichtungsversuche.....	172
R.3 Anforderungen an den CBR-Versuch	172
Anhang S (informativ) Detaillierte Informationen zu Versuchen zur Bestimmung der Durchlässigkeit.....	174
S.1 Versuchsverfahren	174
S.2 Anzahl der Versuche	174
S.3 Auswertung der Versuchsergebnisse	175
Anhang T (informativ) Herstellung von Probekörpern für Versuche von Gestein.....	176
Anhang U (informativ) Klassifikationsversuche an Gestein.....	177
U.1 Allgemeines.....	177
U.2 Benennung und Beschreibung von Fels.....	177
U.3 Bestimmung des Wassergehalts	177
U.4 Bestimmung der Dichte und Porosität	178
Anhang V (informativ) Quellversuche an Gestein	179
V.1 Allgemeines.....	179
V.2 Bestimmung des Quelldruckindex bei konstantem Volumen.....	179
V.3 Bestimmung des Quelldehnungsindex bei radial behinderter Dehnung des Probekörpers und axialer Belastung	180
V.4 Bestimmung der Quelldehnung bei unbehinderter Verformung des Probekörpers	180
Anhang W (informativ) Versuche zur Bestimmung der Festigkeit von Gestein.....	181
W.1 Einaxiale Druckfestigkeit und Verformbarkeit.....	181
W.2 Punktlastversuch	182
W.3 Direkter Scherversuch	183
W.4 Brazil-Test.....	184
W.5 Dreiaxialer Kompressionsversuch.....	184
Anhang X (informativ) Literaturhinweise.....	185
X.1 Abkürzungen und Bezeichnungen.....	185
X.2 Dokumente zur Entnahme von Boden und Fels und zu Grundwassermessungen.....	185
X.3 Felduntersuchungen ^(AC) 8) (AC)	186
X.4 Dokumente zu Laborversuchen	188
X.5 Bücher, Aufsätze und andere Veröffentlichungen über Laborversuche	196

Bilder

Bild 1.1 — Allgemeines Flussdiagramm für die Auswahl von abgeleiteten Werten geotechnischer Eigenschaften.....	17
Bild 1.2 — Allgemeiner Aufbau von CEN-Normen, die mit EN 1997 verknüpft sind	18
Bild B.1 — Hochbauten, Ingenieurbauten.....	107
Bild B.2 — Dämme und Einschnitte	107
Bild B.3 — Linienbauwerke	108
Bild B.4 — Tunnel und Kavernen.....	109
Bild B.5 — Baugruben.....	110
Bild B.6 — Dichtungswand.....	110
Bild B.7 — Pfahlgruppen	111
Bild C.1 — Gemessene und vorausgesagte Grundwasserstände	113
Bild D.1 — Werte für Diagramme von Einflussfaktoren für die Spannungsverteilung mit der Tiefe.....	116
Bild D.2 — Erklärung von $q_{C;I}$, $q_{C;II}$ und $q_{C;III}$.....	123
Bild D.3 — Faktor β für die Form der Pfahlspitze.....	124
Bild E.1 — Pfahlmantelreibung für axial belastete Pfähle.....	130

Bild G.1 — Beispiel für den Zusammenhang zwischen den Schlagzahlen N_{10H} und dem Spitzenwiderstand (q_C) der Drucksonde für enggestufte Sande und Sand-Kies-Gemische	137
Bild I.1 — Beispiel von Korrekturfaktoren für c_{fV} auf der Grundlage der Fließgrenze für erstbelastete Tone	141
Bild I.2 — Beispiele für Korrekturfaktoren für c_{fV} auf der Grundlage der Plastizitätszahl I_p und der wirksamen Vertikalspannung σ'_{v0} für vorbelastete Tone	141
Bild I.3 — Diagramm zur Unterscheidung von erstbelasteten und vorbelasteten Tonen	142
Bild I.4 — Korrekturfaktoren für erstbelastete und vorbelastete Tone	143
Bild K.1 — Tiefenfaktor (C_z) als Funktion des Plattendurchmessers b und der Tiefe z für PLT-Versuche mit einer kreisförmigen Platte auf der Sohle eines unverrohrten Schachtes	147
Bild K.2 — Beeinflusster Bereich unter einer Versuchsplatte und einem Fundament	148
Bild K.3 — Diagramm für die Setzungsberechnung auf der Grundlage von Belastungsversuchen für Flachgründungen	149

Tabellen

Tabelle 2.1 — Vereinfachte Übersicht über die Anwendbarkeit von Verfahren für Felduntersuchungen ^a aus den Abschnitten 3 und 4	28
Tabelle 2.2 — Versuche zur Klassifizierung von Böden	33
Tabelle 2.3 — Laborversuche für die Bestimmung geotechnischer Kenngrößen	35
Tabelle 3.1 — Güteklassen von Bodenproben für Laborversuche und erforderliche Kategorien der Probeentnahme	38
Tabelle 4.1 — Liste zusätzlicher Darstellungen	49
Tabelle A.1 — Liste von Versuchsergebnissen von geotechnischen Standardversuchen	100
Tabelle B.1 — Beispiel für die Auswahl von Baugrunduntersuchungsverfahren zu unterschiedlichen Etappen	104
Tabelle D.1 — Ein Beispiel für die Ableitung von Werten für den wirksamen Reibungswinkel φ' und den dränierten Elastizitätsmodul (E') für Quarz- und Feldspatsande aus dem Spitzenwiderstand (q_C)	114
Tabelle D.2 — Beispiele für α -Werte	117
Tabelle D.3 — Pfahlsitzenwiderstand (p_b) von in situ hergestellten Pfählen (Ortbetonpfählen) in grobkörnigem Boden mit geringen oder keinen Feinanteilen	119
Tabelle D.4 — Pfahlmantelreibung (p_s) von in situ hergestellten Pfählen (Ortbetonpfählen) in grobkörnigem Boden mit geringen oder keinen Feinanteilen	119
Tabelle D.5 — Höchstwerte für α_p und α_s für Sande und kiesige Sande	122
Tabelle D.6 — α_s -Höchstwerte für Ton, Schluff und Torf	123
Tabelle E.1 — Beziehungen für die Ableitung des Faktors (k) des Grundbruchwiderstandes von Flachgründungen	126
Tabelle E.2 — Formfaktoren λ_d und λ_c für die Setzung von Flachgründungen	127

Tabelle E.3 — Abgeleitete Werte für den Faktor α für Flachgründungen.....	127
Tabelle E.4 — Pfahlwiderstandsfaktor k bei axialer Druckbelastung von Pfählen.....	128
Tabelle E.5 — Wahl der Bemessungskurven für die Pfahlmantelreibung.....	129
Tabelle F.1 — Korrelation zwischen der normalisierten Schlagzahl $(N_1)_{60}$ und der Lagerungsdichte I_D	131
Tabelle F.2 — Wirkung von Alterung in erstbelasteten Feinsanden.....	132
Tabelle F.3 — Korrelationen zwischen der bezogenen Lagerungsdichte und dem wirksamen Reibungswinkel φ' in Grad von Quarzsanden	132
Tabelle G.1— Wirksamer Reibungswinkel (φ') von grobkörnigem Boden als Funktion der bezogenen Lagerungsdichte (I_D) und der Ungleichförmigkeitszahl (C_U)	135
Tabelle H.1 — Werte des Reibungswinkels (φ') und des dränierten Elastizitätsmoduls (E') für natürlich abgelagerte Quarz- und Feldspatsande, geschätzt mit Hilfe des Widerstands der Gewichtssondierung in Schweden.....	139
Tabelle L.1 — Erforderliche Masse für Versuche an gestörten Bodenproben	152
Tabelle L.2 — Mindestmasse für Siebungen	153
Tabelle L.3 — Größtkorn für Verdichtungsversuche	154
Tabelle L.4 — Erforderliche Masse für Versuche an ungestörten Proben	154
Tabelle L.5 — Zulässige Korngröße in Abhängigkeit von der Größe des Probekörpers	155
Tabelle M.1 — Klassifikationsversuche, empfohlene Mindestzahl von zu untersuchenden Proben für eine Schicht	157
Tabelle M.2 — Checkliste für Klassifikationsversuche an Böden.....	158
Tabelle M.3 — Versuche zur Bestimmung der Dichte, Mindestzahl von Probekörpern, die für eine Schicht zu untersuchen sind	159
Tabelle O.1 — Checkliste für Indexversuche zur Bestimmung der Festigkeit von tonigen Böden.....	168
Tabelle P.1 — Dreiaxiale Kompressionsversuche: empfohlene Mindestanzahl von Versuchen, die in einer Bodenschicht zu untersuchen sind	169
Tabelle P.2 — Direkte Scherversuche, empfohlene Mindestanzahl von Versuchen, die in einer Bodenschicht zu untersuchen sind	170
Tabelle Q.1 — Oedometerversuch mit stufenweiser Belastung, Mindestanzahl von zu untersuchenden Probekörpern aus einer Bodenschicht.....	171
Tabelle S.1 — Durchlässigkeitsversuche, empfohlene Mindestanzahl von zu untersuchenden Proben für eine Bodenschicht	174
Tabelle V.1 — Schwellversuche an Gestein, Mindestanzahl an Probekörpern, die in einer Gesteinsformation zu untersuchen sind	179
Tabelle W.1 — Einaxiale Druckversuche. Empfohlene Mindestanzahl von Probekörpern für eine Formation, Brazil-Tests und Triaxialversuche	182

Vorwort

Dieses Dokument (EN 1997-2:2007 + AC:2010) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2007, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2010 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument ersetzt ENV 1997-2:1999 und ENV 1997-3:1999.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Hintergrund des europäischen Normungsprogramms

1975 beschloss die Kommission der Europäischen Gemeinschaft ein Aktionsprogramm für das Bauwesen nach Artikel 95 des Vertrags. Ziel des Programms war die Beseitigung technischer Handelshindernisse und die Harmonisierung technischer Ausschreibungen.

Im Rahmen dieses Aktionsprogramms ergriff die Kommission die Initiative zur Aufstellung einer Reihe technischer Regeln für die Entwurfsplanung von Bauvorhaben, die in einer ersten Phase als Alternative zu den bestehenden nationalen Regelungen der Mitgliedstaaten dienen und sie letzten Endes ersetzen würden.

Im Laufe von fünfzehn Jahren leitete die Kommission mit Hilfe eines aus Vertretern der Mitgliedstaaten zusammengesetzten Lenkungs Komitees die Entwicklung des europäischen Normungsprogramms, die zu der ersten Generation Europäischer Normen in den achtziger Jahren führte.

1989 beschlossen die Kommission und die Mitgliedstaaten der EU und EFTA auf der Grundlage einer Übereinkunft¹⁾ zwischen der Kommission der Europäischen Gemeinschaft und dem CEN, die Ausarbeitung und Veröffentlichung der Eurocodes dem CEN in Form von Mandaten zu übertragen, um ihnen den künftigen Status Europäischer Normen zu geben (EN). Dies verknüpft de facto die Eurocodes mit den Vorgaben aller Direktiven des Rates und/oder Kommissions-Entscheidungen, die sich mit den Europäischen Normen befassen (z. B. die Bauprodukten-Richtlinie 89/106/EWG — CPD und die Richtlinien des Rates 93/37/EWG, 92/50/EWG und 89/440/EWG über öffentliche Arbeiten und Dienstleistungen und entsprechende EFTA-Richtlinien zum Zweck der Schaffung des gemeinsamen Marktes).

Das Eurocode-Programm des konstruktiven Ingenieurbaus umfasst die folgenden Normen, die meist aus mehreren Teilen bestehen:

1) Übereinkunft zwischen der Kommission der Europäischen Gemeinschaften und dem Europäischen Komitee für Normung (CEN) zur Erarbeitung von Eurocodes zum Entwurf von Gebäuden und Ingenieurbauten (BC/CEN/03/89).

EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991, *Eurocode 1: Einwirkung auf Tragwerke*

EN 1992, *Eurocode 2: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbetonbauten*

EN 1993, *Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten*

EN 1994, *Eurocode 4: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahl-Beton-Verbundbauten*

EN 1995, *Eurocode 5: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauten*

EN 1996, *Eurocode 6: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Mauerwerksbauten*

EN 1997, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik*

EN 1998, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*

EN 1999, *Eurocode 9: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Aluminiumkonstruktionen*

Die Europäischen Normen berücksichtigen die Verantwortlichkeit der Bauaufsichtsorgane in den Mitgliedsländern und deren Recht zur nationalen Festlegung sicherheitsbezogener Werte, so dass diese Werte von Land zu Land weiterhin unterschiedlich sein können.

Status und Anwendungsbereich von Eurocodes

Die Mitgliedsländer der EU und EFTA betrachten die Eurocodes als Bezugsdokumente für folgende Zwecke:

- zum Nachweis der Übereinstimmung der Hoch- und Ingenieurbauten mit den wesentlichen Anforderungen der Richtlinie 89/106/EWG, dort speziell die wesentliche Anforderung Nr 1: „Mechanischer Widerstand und Stabilität“ und Nr 2: „Brandschutz“;
- als Grundlage für die Vertragsgestaltung für Bauarbeiten und damit verbundene Ingenieurleistungen;
- als Rahmen für die Gestaltung einheitlicher technischer Ausschreibungen von Bauprodukten (ENs und ETAs).

Die Eurocodes haben, soweit sie sich mit der Bauausführung selbst befassen, eine direkte Beziehung zu den erläuternden Dokumenten²⁾ nach Artikel 12 der Richtlinie, obwohl sie sich von einheitlichen Produktnormen unterscheiden³⁾. Daher müssen die sich aus den Eurocodes ergebenden technischen Gesichtspunkte von den Technischen Komitees von CEN und/oder Arbeitsgruppen von EOTA, die mit Produktnormen befasst sind, angemessen berücksichtigt werden, um eine vollständige Verträglichkeit dieser technischen Spezifikationen mit den Eurocodes zu erreichen.

2) Nach Art. 3.3 der Bauproduktenrichtlinie sind den wesentlichen Anforderungen Konkretisierungen in erläuternden Dokumenten zu geben, um die notwendige Verbindung zwischen den wesentlichen Anforderungen und den Mandaten für harmonisierte ENs und ETAGs/ETAs herzustellen.

3) Nach Art. 12 der Richtlinie sollen erläuternde Dokumente:

- a) den wesentlichen Anforderungen eine konkrete Form geben, indem sie die Terminologie und die technischen Grundlagen harmonisieren und, soweit notwendig, Art und Verbindlichkeit jeder Anforderung angeben;
- b) Verfahren angeben, um diese Anforderungs-Merkmale mit den technischen Spezifizierungen, z. B. Berechnungs- und Prüfverfahren, technische Regeln für Projektplanungen, abzustimmen;
- c) als Bezugsdokument bei der Erstellung einheitlicher Normen und Richtlinien für europaweite technische Bewertungen dienen.

De facto spielen die Eurocodes eine ähnliche Rolle in den Bereichen der europäischen Richtlinie ER 1 und teilweise ER 2.

Die Eurocodes enthalten allgemeine konstruktive Entwurfs-Regeln für die tägliche Anwendung bei Entwurf, Bemessung und Berechnung ganzer Tragwerke und Bauprodukte, sowohl traditioneller als auch innovativer Art. Ungewöhnliche Bauverfahren oder Entwurfsbedingungen sind nicht besonders erfasst; der Planer benötigt in solchen Fällen eine zusätzliche Beratung durch Sachverständige.

Nationale Normen zur Einführung von Eurocodes

Nationale Normen, die die Eurocodes einführen, werden den vollständigen Text des Eurocodes (einschließlich irgendwelcher Anhänge) umfassen, wie er von CEN veröffentlicht wird. Vorangestellt werden darf ein nationales Titelblatt und ein nationales Vorwort, ein nationaler Anhang darf folgen.

Der nationale Anhang darf nur Informationen zu denjenigen Kenngrößen enthalten, die im Eurocode der nationalen Festlegung vorbehalten geblieben sind und als „National festgelegte Kenngrößen“ bezeichnet werden. Sie sind bei der Planung von Hoch- und Ingenieurbauwerken anzuwenden, die in dem betreffenden Land errichtet werden, z. B.:

- Werte und/oder Klassen, bei denen der Eurocode Alternativen benennt;
- Werte, die dort anzuwenden sind, wo der Eurocode nur Symbole angibt;
- länderspezifische Daten (geografische, klimatische), z. B. eine Schneehöhenkarte;
- anzuwendende Verfahren, wo der Eurocode Alternativen nennt.

Er darf auch enthalten:

- Entscheidungen zur Anwendung informativer Anhänge;
- benutzerfreundliche Verweise auf nicht konträre ergänzende Informationen zur Anwendung des Eurocodes.

Verbindung zwischen Eurocodes und einheitlichen technischen Spezifizierungen (ENs und ETAs) für Bauprodukte

Es besteht das Gebot der Verträglichkeit zwischen den einheitlichen Spezifizierungen für Bauprodukte und den technischen Regeln des Bauens⁴⁾. Ferner sollten alle begleitenden Informationen zu den CE-Kennzeichen der Bauprodukte, die auf Eurocodes Bezug nehmen, deutlich angeben, welche national festgelegten Kenngrößen eingesetzt wurden.

Zusatzinformation speziell zum Eurocode 7

EN 1997-2 enthält Richtlinien für die Planung und Interpretation von geotechnischen Labor- und Feldversuchen, die als Grundlage für die geotechnische Bemessung von baulichen Anlagen dienen.

EN 1997-2 richtet sich an Auftraggeber, Entwurfsverfasser, geotechnische Labor- und Feldversuchseinrichtungen und öffentliche Verwaltungen.

EN 1997-2 soll in Verbindung mit EN 1997-1 angewendet werden.

Bei der Anwendung von EN 1997-2 sollte den in 1.3 zu Grunde gelegten Annahmen und Bedingungen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Die sechs Abschnitte der EN 1997-2 werden durch 24 informative Anhänge ergänzt.

4) Siehe Art. 3.3 und Art. 12 der Bauproduktenrichtlinie und ebenso 4.2, 4.3.1, 4.3.2 und 5.2 des ID 1.

Nationaler Anhang zur EN 1997-2

Die nationale Norm EN 1997-2 sollte einen nationalen Anhang mit allen Informationen enthalten, die die Anwendung von EN 1997-2 in dem betreffenden Land berühren.

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

1.1.1 Anwendungsbereich des Eurocode 7

- (1) Die Anwendung der EN 1997 ist in Verbindung mit EN 1990:2002 vorgesehen, in der die Grundsätze und Anforderungen für Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit festgelegt sind, die Grundlagen der Planung und der Nachweise beschrieben und Richtlinien für die damit verbundenen Gesichtspunkte der Zuverlässigkeit von Tragwerken angegeben werden.
- (2) Es ist vorgesehen, EN 1997 für die geotechnischen Fragen bei der Planung von Hoch- und Ingenieurbauwerken anzuwenden. Sie ist in mehrere Teile gegliedert (siehe 1.1.2).
- (3) EN 1997 behandelt Anforderungen an die Festigkeit, Standsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit der Bauwerke. Andere Anforderungen, z. B. an den Wärme- und Schallschutz, werden nicht behandelt.
- (4) Die bei der Planung von Hoch- und Ingenieurbauwerken anzusetzenden Zahlenwerte für die Einwirkungen gibt die EN 1991 an. Aus dem Baugrund herrührende Einwirkungen wie Erddrücke müssen nach den in EN 1997 genannten Regeln ermittelt werden.
- (5) Für Fragen der Qualitätssicherung und Ausführung sind eigene Europäische Normen vorgesehen. Auf sie wird in den entsprechenden Abschnitten verwiesen.
- (6) In EN 1997 wird die Ausführung nur so weit behandelt, wie das für die Erfüllung der Voraussetzungen der Bemessungsregeln erforderlich ist.
- (7) EN 1997 deckt nicht die besonderen Anforderungen an einen erdbebensicheren Entwurf ab. EN 1998 gibt ergänzende Regeln für eine geotechnische seismische Bemessung an, die die Regeln dieser Norm vervollständigen oder anpassen.

1.1.2 Anwendungsbereich von EN 1997-2

- (1) EN 1997-2 ist dafür bestimmt, in Verbindung mit EN 1997-1 benutzt zu werden, und liefert Regeln in Ergänzung zu EN 1997-1 hinsichtlich:

- der Planung der Baugrunderkundungen und der Berichterstattung über die Baugrunderkundung;
- allgemeiner Anforderungen an einige allgemein gebräuchliche Laborversuche und Felduntersuchungen;
- der Interpretation und Bewertung von Versuchsergebnissen;
- der Ableitung von geotechnischen Kenngrößen und Koeffizienten.

Ferner werden Beispiele für die Anwendung der Ergebnisse von Felduntersuchungen für die Berechnung angegeben.

ANMERKUNG Das Festlegen charakteristischer Werte wird in EN 1997-1 abgehandelt.

- (2) Diese Norm liefert keine besonderen Regeln für umweltbezogene Baugrunduntersuchungen.
- (3) Nur allgemein gebräuchliche geotechnische Labor- und Feldversuche werden in dieser Norm behandelt. Diese wurden auf der Grundlage ihrer Bedeutung für die geotechnische Anwendung, ihrer Verfügbarkeit in kommerziellen geotechnischen Laboren und dem Vorliegen eines anerkannten Versuchsverfahrens in Europa ausgewählt. Die Laborversuche für Böden sind hauptsächlich an gesättigten Böden anwendbar.

ANMERKUNG Es ist zu erwarten, dass Überarbeitungen der vorliegenden Norm schrittweise Labor- und Feldversuche enthalten werden, die zusätzliche Gesichtspunkte zum Verhalten von Boden und Fels abdecken.

(4) Die Regeln dieser Norm gelten in erster Linie für Projekte der Geotechnischen Kategorie 2, wie sie in EN 1997-1:2004, 2.1 definiert ist. Die Anforderungen an die Baugrunduntersuchungen für die Kategorie 1 sind normalerweise beschränkt, da sich die Bestätigung der Anforderungen häufig auf die örtliche Erfahrung stützt. Für Projekte der Geotechnischen Kategorie 3 wird der erforderliche Umfang der Untersuchungen normalerweise mindestens der gleiche sein wie für Projekte der geotechnischen Kategorie 2 in den folgenden Abschnitten. Zusätzliche Untersuchungen und höherwertige Versuche können — abhängig von den Anforderungen, die das Projekt in die Geotechnische Kategorie 3 stellen — erforderlich werden.

(5) Die Ableitung von geotechnischen Kennwerten ist vor allem für die Bemessung von Pfählen und Flachgründungen auf der Grundlage von Feldversuchen gedacht, die in EN 1997-1:2004, Anhänge D, E, F und G ausgearbeitet sind.

1.2 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).

EN 1990:2002, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1997-1:2004, *Eurocode 7 — Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln*

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

EN ISO 14688-2, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden — Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen*

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

EN ISO 22475-1⁵⁾, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Aufschluss- und Probeentnahmeverfahren und Grundwassermessungen — Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung*

EN ISO 22476-1⁵⁾, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Felduntersuchungen — Teil 1: Drucksondierungen mit elektrischen Messwertaufnehmern und Messeinrichtungen für den Porenwasserdruck*

EN ISO 22476-2, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Felduntersuchungen — Teil 2: Rammsondierungen*

EN ISO 22476-3, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Felduntersuchungen — Teil 3: Standard Penetration Test*

EN ISO 22476-4⁵⁾, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Felduntersuchungen — Teil 4: Pressiometerversuch nach Ménard*

EN ISO 22476-5⁵⁾, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Felduntersuchungen — Teil 5: Versuch mit dem flexiblen Dilatometer*

5) In Vorbereitung.

EN ISO 22476-6⁶⁾, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Felduntersuchungen — Teil 6: Versuch mit dem selbstbohrenden Pressiometer*

EN ISO 22476-7⁶⁾, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Feldversuche — Teil 7: Seitendruckversuch*

EN ISO 22476-8⁶⁾, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Felduntersuchungen — Teil 8: Versuch mit dem Verdrängungspressiometer*

EN ISO 22476-9⁶⁾, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Felduntersuchungen — Teil 9: Flügel-scherversuch*

EN ISO 22476-12, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Felduntersuchungen — Teil 12: Druck-sondierungen mit mechanischen Messwertaufnehmern*

EN ISO 22476-13⁶⁾, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Felduntersuchungen — Teil 13: Belas-tungsversuch für Flachgründungen*

ANMERKUNG Die Literaturhinweise enthalten eine Anzahl von CEN-ISO-Technischen Spezifikationen (CEN ISO/TS), die Hinweise auf die Versuchsdurchführung, die Geräte, die Bewertung und Darstellung einiger Feld- und Laborversuche liefern. Diese technischen Spezifikationen können zu gegebener Zeit zu Europäischen/ISO-Normen erhoben werden. Das nationale Normungsinstitut kann darüber entscheiden, seine nationale Norm während der Laufzeit einer CEN ISO/TS in Kraft zu lassen. Nationale Anhänge zu EN 1997-2 dürfen entsprechende Hinweise auf nationale Praktiken geben.

1.3 Voraussetzungen

- (1) Es wird auf EN 1990:2002, 1.3 und EN 1997-1:2004, 1.3 hingewiesen.
- (2) Die Vorschriften dieser Norm beruhen auf nachstehenden Voraussetzungen:
 - die für die Planung erforderlichen Unterlagen werden von angemessen qualifiziertem Personal gesammelt, dokumentiert und interpretiert;
 - die Bauwerke werden von angemessen qualifiziertem und erfahrenem Personal geplant;
 - bei den Beteiligten, die für die Erstellung der Entwurfsgrundlagen, für die Planung und für die Ausführung zuständig sind, sind Kontinuität und eine sachgerechte Kommunikation gegeben.

1.4 Unterscheidung von Grundsätzen und Anwendungsregeln

- (1) Je nach dem Charakter der einzelnen Regel wird in EN 1997-2 zwischen Grundsätzen und Anwendungsregeln unterschieden.
- (2) Die Grundsätze umfassen:
 - allgemeine Feststellungen und Begriffsbestimmungen, zu denen es keine Alternative gibt;
 - Anforderungen und Berechnungsmodelle, bei denen ohne ausdrückliche Zulassung keine Abweichung zulässig ist.
- (3) Den Grundsätzen wird der Buchstabe P vorangestellt.
- (4) Die Anwendungsregeln sind Beispiele allgemein anerkannter Regeln, die den Grundsätzen und den Anforderungen entsprechen.

⁶⁾ Geotechnische Geräte- und Ausführungsnormen, die diese Ergebnisse liefern, werden in CEN/TC 341 vorbereitet.

(5) Alternativen zu den in EN 1997-2 angegebenen Anwendungsregeln sind zulässig, wenn sie den entsprechenden Grundsätzen entsprechen und hinsichtlich Sicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit mindestens dem entsprechen, was man bei Anwendung der Eurocodes erwarten würde.

ANMERKUNG Wenn anstelle einer Bemessung nach den Anwendungsregeln eine alternative Bemessung vorgelegt wird, so entspricht sie nicht vollständig EN 1997-2, auch wenn das Vorgehen im Rahmen der Prinzipien der EN 1997-1 bleibt. Wenn EN 1997-2 in Bezug auf eine Eigenschaft angewendet wird, die im Anhang Z einer Produkt-Richtlinie oder einer ETAG aufgeführt ist, kann es sein, dass die Anwendung einer alternativen Bemessungsregel für eine CE-Kennzeichnung inakzeptabel ist.

(6) In der EN 1997-2 werden die Anwendungsregeln durch eine in Klammern gesetzte Nummer bezeichnet, wie z. B. in dieser Regel.

1.5 Begriffe

1.5.1 Einheitliche Begriffe in allen Eurocodes

(1)P Die in allen Eurocodes einheitlich verwendeten Begriffe sind in EN 1990 angegeben.

1.5.2 Einheitliche Begriffe in Eurocode 7

(1)P Die in Eurocode 7 einheitlich verwendeten Begriffe sind in EN 1997-1:2004, 1.5.2 angegeben.

1.5.3 Besondere Begriffe in EN 1997-2

1.5.3.1

abgeleiteter Wert

(en: derived value)

Wert für einen geotechnischen Kennwert, der aus Versuchsergebnissen auf theoretischer Grundlage, durch Korrelation oder auf Grund von Erfahrungen erhalten wird (siehe 1.6)

1.5.3.2

gestörte Probe

(en: disturbed sample)

Probe, deren Bodengefüge, Wassergehalt und/oder Bestandteile während der Probeentnahme verändert wurden

1.5.3.3

Messwert

(en: measured value)

Wert, der bei einem Versuch gemessen wird

1.5.3.4

natürlicher Probekörper

(en: natural specimen)

Probekörper, der aus einer verfügbaren (gestörten, ungestörten, aufgearbeiteten) Probe hergestellt wird

1.5.3.5

Güteklasse

(en: quality class)

Klassifikation, durch die die Güte einer Bodenprobe im Labor bewertet wird

ANMERKUNG Für Laborversuche werden Bodenproben in fünf Güteklassen eingeteilt (siehe 3.4.1).

1.5.3.6

aufgearbeitete (durchwalkte) Probe

(en: remoulded sample)

Probe, deren Boden- oder Felsgefüge völlig zerstört ist

1.5.3.7

aufgearbeiteter (durchwalkter) Probekörper

(en: remoulded specimen)

völlig gestörter Probekörper mit natürlichem Wassergehalt

1.5.3.8

wiederverdichteter Probekörper

(en: re-compacted specimen)

Probekörper, der mit einem Stampfer oder unter vorgegebener statischer Belastung in eine Form gepresst wird

1.5.3.9

aufgearbeiteter Probekörper

(en: reconstituted specimen)

im Labor hergestellter Probekörper; bei feinkörnigen Böden wird er aus Schlamm (an oder über der Fließgrenze) hergestellt und dann konsolidiert (sedimentiert), bei grobkörnigen Böden wird er trocken (getrocknet) oder im Wasser entweder geschüttet oder eingeregnet und verdichtet oder konsolidiert

1.5.3.10

aufbereiteter und rekonsolidierter Probekörper

(en: re-consolidated specimen)

Probekörper, der in einer Form oder einer Zelle unter statischer Belastung rekonsolidiert wird, während er Wasser abgeben kann

1.5.3.11

Probe

(en: sample)

Teil vom Boden oder Gestein, der aus dem Baugrund mit Entnahmetechniken gewonnen wurde

1.5.3.12

Probekörper

(en: specimen)

Teil einer Boden- oder Gesteinsprobe, an dem ein Laborversuch durchgeführt wird

1.5.3.13

Indexversuch zur Bestimmung der Festigkeit

(en: strength index test)

einfacher Versuch, der einen ersten Anhalt über die Scherfestigkeit liefert, der nicht zwingend einen repräsentativen Wert darstellt

ANMERKUNG Das Ergebnis eines solchen Versuches ist mit Unsicherheit behaftet.

1.5.3.14

Schwellen

(en: swelling)

Ausdehnung auf Grund einer Verringerung der wirksamen Spannung, die entweder auf der Verringerung der totalen Spannung oder auf der Absorption von Wasser bei konstanter totaler Spannung beruht

ANMERKUNG Schwellen schließt die Umkehr sowohl der Zusammendrückung als auch der Konsolidation ein.

1.5.3.15

ungestörte Bodenprobe

(en: undisturbed sample)

Bodenprobe, bei der keine nennenswerte Veränderung in den Bodeneigenschaften aufgetreten ist

1.6 Versuchsergebnisse und abgeleitete Werte

(1) Versuchsergebnisse und abgeleitete Werte bilden die Grundlage für die Festlegung der charakteristischen Werte von Baugrundeigenschaften, die für die Bemessung geotechnischer Bauvorhaben in Übereinstimmung mit EN 1997-1:2004, 2.4.3 benutzt werden.

ANMERKUNG 1 Der Ablauf der geotechnischen Bemessung besteht aus einigen wenigen aufeinander folgenden Phasen (Bild 1.1), die erste Phase deckt die Baugrunduntersuchung und die Versuche ab, die folgende Phase besteht in der Festlegung charakteristischer Werte und die letzte Phase besteht in der Bemessung und den rechnerischen Nachweisen. Bestimmungen für die erste Phase werden in der vorliegenden Norm angegeben. Die Festlegung charakteristischer Werte und die Bemessung der Konstruktion werden in EN 1997-1 geregelt.

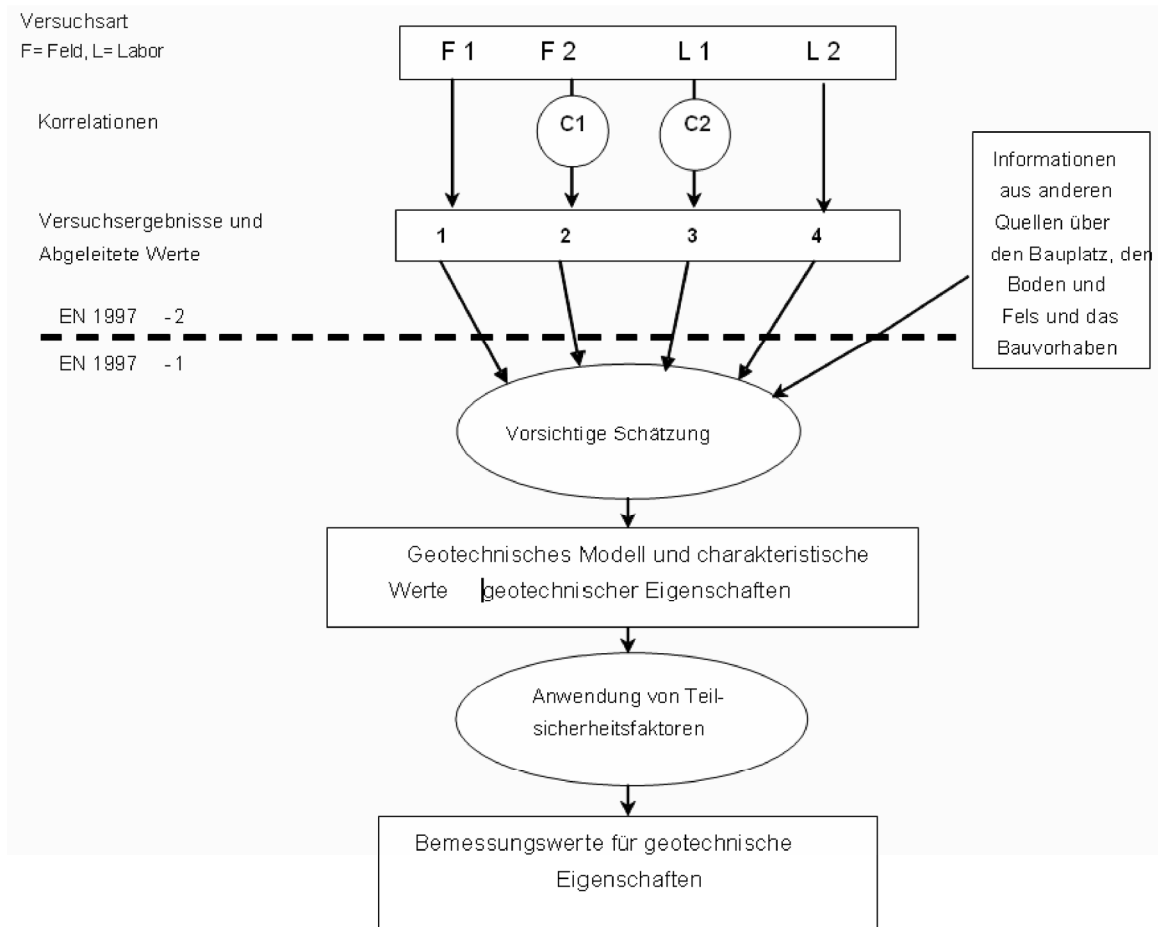


Bild 1.1 — Allgemeines Flussdiagramm für die Auswahl von abgeleiteten Werten geotechnischer Eigenschaften

(2) Versuchsergebnisse können Versuchskurven oder Werte geotechnischer Parameter sein. Im Anhang A wird eine Liste der Versuchsergebnisse angegeben, die als Verweis auf Versuchsnormen ^{AC} 7) ^{AC} dient.

(3) Abgeleitete Werte geotechnischer Parameter und/oder Koeffizienten werden durch Theorie, Korrelation oder Erfahrung aus Versuchswerten erhalten.

^{AC} 7) ^{AC} Geotechnische Geräte- und Ausführungsnormen, die diese Ergebnisse liefern, werden in CEN/TC 341 vorbereitet.

ANMERKUNG 2 Die Korrelations-Beispiele zur Bestimmung abgeleiteter Werte, die in den Anhängen zu Abschnitt 4 dieser Norm angegeben werden, sind der Literatur entnommen. Diese Beziehungen können den Wert eines geotechnischen Parameters oder eines Koeffizienten mit einem Versuchswert verknüpfen, wie z. B. dem Wert für q_c eines CPT. Sie dürfen ebenfalls einen geotechnischen Parameter auf der Grundlage theoretischer Überlegungen mit einem Versuchsergebnis verbinden (z. B. um den Wert für den Reibungswinkel φ' aus den Ergebnissen von Pressiometerversuchen oder der Plastizitätszahl abzuleiten).

ANMERKUNG 3 In gewissen Fällen wird die Ableitung geotechnischer Parameter über Korrelationen nicht vor der Festlegung des charakteristischen Wertes durchgeführt, sondern erst nachdem die Versuchsergebnisse korrigiert oder in konservative Schätzwerte überführt wurden.

1.7 Verbindung von EN 1997-1 und EN 1997-2

(1) Bild 1.2 stellt den allgemeinen Aufbau der CEN-Normen dar, die sich mit Problemen des geotechnischen Ingenieurwesens befassen und unmittelbar mit EN 1997 verknüpft sind. Der Entwurf, die Berechnung und die Bemessung werden in EN 1997-1 behandelt. Die vorliegende Norm gibt Regeln für die Baugrunduntersuchungen an und Regeln zur Bestimmung geotechnischer Parameter oder Werte für Koeffizienten, die benutzt werden, um charakteristische Werte festzulegen (die in EN 1997-1 beschrieben sind). Sie gibt auch informative Beispiele für Berechnungsverfahren von Flach- und Tiefgründungen. Die Anwendung der EN 1997 bedarf der Kenntnis anderer Normen, vor allem der Normen, die sich auf die Baugrunduntersuchungen und die Ausführung geotechnischer Arbeiten beziehen.

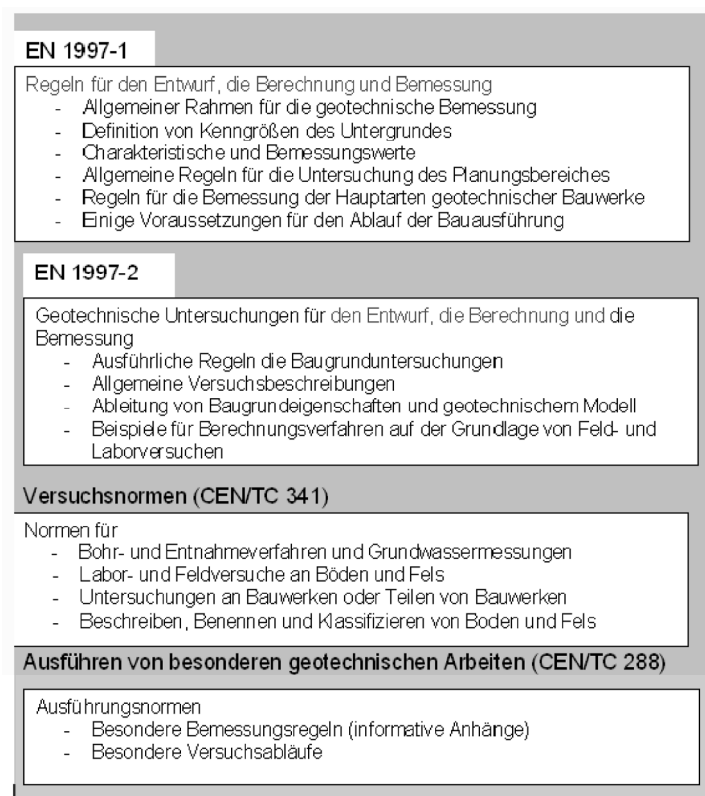


Bild 1.2 — Allgemeiner Aufbau von CEN-Normen, die mit EN 1997 verknüpft sind

1.8 Symbole und Einheiten

(1) Für die Anwendung der EN 1997-2 gelten die folgenden Symbole.

ANMERKUNG Die Schreibweise der Symbole folgt der ISO 3898:1997.

Lateinische Buchstaben

C_c	Kompressionsbeiwert
c'	wirksame Kohäsion
c_{fv}	Kohäsion des undränierten Bodens aus dem Flügelscherversuch
c_u	Kohäsion des undränierten Bodens
C_s	Schwellbeiwert
c_v	Konsolidierungsbeiwert
C_α	Kriechbeiwert
D_n	Korngröße, wobei n % der Gewichtsanteile kleiner sind als die Korngröße z. B. D_{10} , D_{15} , D_{30} , D_{60} und D_{85}
E	Elastizitätsmodul
E'	Elastizitätsmodul des dränierten Bodens
E_{FDT}	Modul des flexiblen Dilatometers
E_M	Modul des Ménard-Pressiometers
E_{meas}	bei der Kalibrierung gemessene Energie
E_{oed}	Steifemodul aus dem Oedometerversuch
E_{PLT}	Steifemodul des Belastungsversuchs für Flachgründungen
E_r	Energieverhältnis ($= E_{meas}/E_{theor}$)
E_{theor}	theoretische Energie
E_u	Elastizitätsmodul des undränierten Bodens
E_0	Anfangswert des Elastizitätsmoduls
E_{50}	Elastizitätsmodul entsprechend 50 % der maximalen Festigkeit
I_A	Aktivitätszahl
I_C	Konsistenzzahl
I_D	bezogene Lagerungsdichte
I_{DMT}	Materialindex aus dem Versuch mit dem flachen Dilatometer
I_L	Liquiditätszahl

I_P	Plastizitätszahl
K_{DMT}	Horizontalspannungsindex aus dem Versuch mit dem flachen Dilatometer
$\langle AC \rangle k$	Durchlässigkeitsbeiwert $\langle AC \rangle$
k_s	Bettungsmodul
m_v	Koeffizient der Volumenänderung
N	Schlagzahl je 300 mm Eindringung des SPT
N_k	Konusfaktor für CPT (siehe Gleichung (4.1))
N_{kt}	Konusfaktor für CPTU (siehe Gleichung (4.2))
N_{10L}	Schlagzahl je 10 cm Eindringung von DPL
N_{10M}	Schlagzahl je 10 cm Eindringung von DPM
N_{10H}	Schlagzahl je 10 cm Eindringung von DPH
N_{10SA}	Schlagzahl je 10 cm Eindringung von DPSH-A
N_{10SB}	Schlagzahl je 10 cm Eindringung von DPSH-B
N_{20SA}	Schlagzahl je 20 cm Eindringung von DPSH-A
N_{20SB}	Schlagzahl je 20 cm Eindringung von DPSH-B
N_{60}	Schlagzahl des SPT korrigiert um den Energieverlust
$(N_1)_{60}$	Schlagzahl des SPT korrigiert um den Energieverlust und entsprechend dem wirksamen Überlagerungsdruck normalisiert
p_{LM}	Grenzdruck des Ménard-Pressiometers
q_c	Spitzenwiderstand der Spitzendrucksonde
q_t	Spitzenwiderstand der Spitzendrucksonde, um die Einflüsse des Porenwasserdrucks korrigiert
q_u	einaxiale Druckfestigkeit
w_{opt}	optimaler Wassergehalt

Griechische Buchstaben

α	Korrelationsfaktor für $\langle AC \rangle E_{oed}$ $\langle AC \rangle$ und q_c (siehe Gleichung (4.3))
φ	Reibungswinkel
φ'	Reibungswinkel des dränierten Bodens (effektiver Reibungswinkel)

μ	Korrekturfaktor zur Ableitung von c_u aus c_{fv} (siehe Gleichung (4.4))
$\rho_{d;max}$	maximale Trockendichte
σ_C	einaxiale Druckfestigkeit von Fels
σ'_p	AC wirksamer Vorbelastungsdruck oder wirksame vertikale Spannung beim Bruch in situ AC
σ_T	Zugfestigkeit von Fels
σ_{v0}	AC totale vertikale Anfangsspannung AC
σ'_{v0}	AC wirksame vertikale Anfangsspannung AC
ν	Poisson-Zahl

Abkürzungen

CPT	AC elektrische AC Drucksondierung AC (en: cone penetration test) AC
AC CPTM	mechanische Drucksonde AC AC (en: mechanical cone penetration test) AC
CPTU	Drucksondierung mit Porenwasserdruckmessung AC (en: cone penetration test with pore water pressure measurement) AC
DMT	Versuch mit dem flachen Dilatometer AC (en: flat dilatometer test) AC
DP	Rammsondierung AC (en: dynamic probing) AC
DPL	Sondierung mit der leichten Rammsonde AC (en: dynamic probing light) AC
DPM	Sondierung mit der mittelschweren Rammsonde AC (en: dynamic probing medium) AC
DPH	Sondierung mit der schweren Rammsonde AC (en: dynamic probing heavy) AC
DPSH-A	Sondierung mit der überschweren Rammsonde Typ A AC (en: dynamic probing superheavy, type A) AC
DPSH-B	Sondierung mit der überschweren Rammsonde Typ B AC (en: dynamic probing superheavy, type B) AC
FDP	Pressiometer mit Vollverdrängung AC (en: full displacement pressuremeter) AC
FDT	Versuch mit dem flexiblen Dilatometer AC (en: flexible dilatometer test) AC
FVT	Flügelscherversuch AC (en: field vane test) AC
MPM	Ménard-Pressiometer AC (en: Ménard pressuremeter) AC
PBP	Pressiometer mit Vorbohrung AC (en: pre-bored pressuremeter) AC
PLT	Belastungsversuch für Flachgründungen AC (en: plate loading test) AC
PMT	Pressiometerversuch AC (en: pressuremeter test) AC

RDT	Dilatometerversuch in Fels  (en: rock dilatometer test) 
SBP	selbstbohrendes Pressiometer  (en: self-boring pressuremeter) 
SDT	Dilatometerversuch in Böden  (en: soil dilatometer test) 
SPT	Standard Penetration Test  (en: standard penetration test) 
WST	Gewichtssondierung  (en: weight sounding test) 

(2) Für geotechnische Berechnungen werden folgende Einheiten oder ihre Zusammensetzung empfohlen:

— Kraft	kN
— Moment	kNm
— Wichte	kg/m ³
— Rohdichte	kN/m ³
— Spannung, Druck, Festigkeit, Steifigkeit	kPa
— Durchlässigkeitsbeiwert	m/s
— Konsolidierungsbeiwert	m ² /s

2 Planung von Baugrunduntersuchungen

2.1 Zweck

2.1.1 Allgemeines

(1)P Geotechnische Untersuchungen sind so zu planen, dass die wesentlichen geotechnischen Informationen und Kennwerte mit Sicherheit in den verschiedenen Projektphasen zur Verfügung stehen. Die geotechnischen Informationen müssen ausreichen, um bekannten oder voraussichtlichen Gefahren für das Bauvorhaben zu begegnen. Für Bauzustände und den Endzustand sind Informationen und Daten bereitzustellen, um die Risiken von Unfällen, Bauverzögerungen und Schäden abdecken zu können.

(2) Die Ziele der geotechnischen Untersuchungen sind, die Beschaffenheit von Boden und Fels sowie die Grundwasserverhältnisse festzustellen, die Eigenschaften von Boden und Fels zu bestimmen und zusätzliche wichtige Kenntnisse über den Planungsbereich zusammenzutragen.

(3)P Die geotechnischen Informationen sind sorgfältig zu erheben, aufzuzeichnen und zu bewerten. Diese Informationen müssen die Baugrundverhältnisse, die Geologie, die Geomorphologie, die Seismizität und die Hydrologie, sofern sie von Bedeutung sind, einschließen. Hinweise auf die Veränderlichkeit des Baugrundes sind zu berücksichtigen.

(4) Baugrundbedingungen, die die Wahl der geotechnischen Kategorie beeinflussen können, sollten so früh wie möglich während der Erkundung festgestellt werden.

ANMERKUNG Auf Grund des Ergebnisses der geotechnischen Untersuchungen kann es erforderlich werden, die Geotechnische Kategorie des Projektes zu ändern (siehe 1.1.2(4)).

(5) Die geotechnischen Untersuchungen sollten aus den Baugrunduntersuchungen und anderen Untersuchungen des Planungsbereichs bestehen, wie z. B.:

- der Bewertung bestehender Bauwerke, wie Hochbauten, Brücken, Tunnel, Dämme und Böschungen;
- der Entwicklungsgeschichte des Planungsbereiches und seiner Umgebung.

(6) Vor der Planung des Untersuchungsprogramms sollten die verfügbaren Informationen und Unterlagen in einer Vorstudie bewertet werden.

(7) Beispiele für Informationen und Unterlagen, die benutzt werden können, sind:

- topographische Karten;
- alte kommunale Karten, die die frühere Nutzung des Geländes beschreiben;
- geologische Karten und Beschreibungen;
- ingenieurgeologische Karten;
- hydrogeologische Karten und Beschreibungen;
- geotechnische Karten;
- Luftbilder und frühere Bildauswertungen;
- geophysikalische Untersuchungen aus der Luft;
- frühere Untersuchungen im Planungsbereich und in seiner Umgebung;
- frühere Erfahrungen aus der Gegend;
- örtliche Klimabedingungen.

(8) Sofern es angemessen ist, sollten Baugrunduntersuchungen aus Feld- und Laborversuchen, aus Recherchen in vorhandenen Unterlagen und Überwachungen bestehen.

(9)P Bevor das Untersuchungsprogramm aufgestellt wird, muss die Örtlichkeit besichtigt, das Ergebnis aufgezeichnet und mit den Informationen abgeglichen werden, die durch die Vorstudien gesammelt wurden.

(10) Das Programm für die Baugrunderkundung sollte nochmals überprüft werden, sobald die Ergebnisse vorliegen, sodass die anfänglichen Annahmen überprüft werden können. Insbesondere

- sollte die Anzahl der Untersuchungspunkte erhöht werden, wenn dies erforderlich erscheint, um einen genauen Einblick in die Komplexität und Veränderlichkeit des Baugrunds in dem Planungsbereich zu erhalten;
- sollten die erhaltenen Kennwerte daraufhin überprüft werden, ob sie ein Abbild des Verhaltens für den Boden und den Fels ergeben. Falls erforderlich, sollten zusätzliche Versuche festgelegt werden;
- sollte jede der Einschränkungen bezüglich der Daten bedacht werden, die in EN 1997-1:2004, 3.4.3(1) angegeben sind.

(11) Besondere Aufmerksamkeit sollte den Planungsbereichen gewidmet werden, in denen durch eine frühere Nutzung die natürlichen Untergrundverhältnisse gestört sein können.

(12)P Ein geeignetes Qualitätssicherungssystem muss für das Labor, für das Feldlabor und das Ingenieurbüro eingerichtet sein. Eine Qualitätsüberprüfung muss in allen Phasen der Untersuchungen und ihrer Auswertung kompetent durchgeführt werden.

2.1.2 Baugrund

(1)P Die Baugrunduntersuchungen müssen eine Beschreibung der Untergrundverhältnisse liefern, die für die vorgesehene Baumaßnahme maßgebend sind, und eine Grundlage für die Festlegung der geotechnischen Kennwerte eröffnen, die für alle Bauzustände maßgebend sind.

(2) Die erhaltenen Informationen sollten — falls möglich — die Bewertung folgender Aspekte zulassen:

- die Eignung des Planungsbereiches unter Berücksichtigung des Bauvorhabens und das erforderliche Sicherheitsniveau;
- die Verformung des Baugrundes durch das Bauwerk oder durch Bauarbeiten, ihre räumliche Ausbreitung und ihr zeitlicher Verlauf;
- die Sicherheit bezüglich der Grenzzustände (z. B. Bodensenkung, Bodenhebung, Auftrieb, Boden- und Felsrutschungen, Knicken von Pfählen usw.);
- Einwirkungen des Baugrundes auf das Bauwerk (z. B. Seitendruck auf Pfähle) und ihre Größe in Abhängigkeit von der Konstruktion und der Herstellung;
- Gründungsarten (z. B. Bodenverbesserung, Möglichkeit des Aushubs, der Rammpbarkeit von Pfählen, der Entwässerung);
- Reihenfolge der Gründungsarbeiten;
- die Auswirkungen des Bauwerkes und seines Gebrauchs auf die Umgebung;
- alle zusätzlich erforderlichen Baumaßnahmen (z. B. Baugrubenverbau, Verankerung, Ummantelung von Bohrpfählen, Ausräumen von Hindernissen);
- Auswirkungen der Bauarbeiten auf die Umgebung;
- die Art und Ausdehnung von Bodenverunreinigungen im Planungsbereich und seiner Nachbarschaft;
- die Wirksamkeit von Maßnahmen, um die Verunreinigung einzuschließen oder unschädlich zu machen.

2.1.3 Baustoffe

(1)P Geotechnische Untersuchungen von Boden und Fels als Baustoff müssen eine Beschreibung des Materials liefern und seine maßgebenden Kennwerte feststellen.

(2) Die Untersuchungsergebnisse sollten eine Beurteilung hinsichtlich folgender Punkte ermöglichen:

- Tauglichkeit für die vorgesehene Verwendung;
- Ausdehnung des Vorkommens;
- ob eine Gewinnung und Aufbereitung des Materials möglich ist, und, ob und auf welche Art unbrauchbares Material abgetrennt und abgesetzt werden kann;
- Prospektionsverfahren, um Boden und Fels zu erschließen;
- Bearbeitbarkeit von Boden und Fels während des Bauens und mögliche Veränderungen der Eigenschaften während des Transportes, der Lagerung und der weiteren Behandlung;
- Auswirkungen von Baustellenverkehr und großen Lasten auf den Untergrund;
- künftige Maßnahmen zur Entwässerung und/oder Abgrabung, Auswirkungen von Niederschlägen, Widerstand gegen Verwitterung, Anfälligkeit gegen Schrumpfen, Schwellen und Entfestigung.

2.1.4 Grundwasser

(1)P Grundwasseruntersuchungen müssen alle wichtigen Informationen liefern, die für die geotechnische Bemessung und das Bauen benötigt werden.

(2) Grundwasseruntersuchungen sollten, falls erforderlich, folgende Informationen liefern über:

- die Tiefe, die Mächtigkeit, die Ausdehnung und die Durchlässigkeit der wasserführenden Schichten im Baugrund und der Kluftsysteme in Fels;
- die Höhenlage des freien Grundwasserspiegels oder die Druckhöhe wasserführender Schichten, die zeitliche Entwicklung, und die aktuellen Grundwasserstände mit den möglichen Extremwerten und ihren jährlichen Überschreitungswahrscheinlichkeiten;
- die Verteilung des Porenwasserdruckes;
- die chemische Zusammensetzung und Temperatur des Grundwassers.

(3) Die Untersuchungsergebnisse sollten ausreichen, um — falls erforderlich — folgende Gesichtspunkte zu bewerten:

- Möglichkeit zur Grundwasserabsenkung;
- mögliche schädliche Auswirkungen des Grundwassers auf Abgrabungen oder Böschungen (z. B. Gefahr von hydraulischem Grundbruch, übermäßigem Strömungsdruck oder Erosion);
- jede Art von Maßnahmen, die zum Schutz des Bauwerkes erforderlich sind (z. B. Grundwasserabdichtung, Entwässerung und Maßnahmen gegen aggressives Wasser);
- Auswirkungen von Grundwasserabsenkung, Trockenlegung, Wasseraufstau usw. auf die Umgebung;
- das Aufnahmevermögen des Untergrundes von während der Bauarbeiten zugeführtem Wasser;
- ob das örtliche Grundwasser in seiner chemischen Zusammensetzung für bautechnische Zwecke verwendet werden kann.

2.2 Abfolge der Baugrunduntersuchungen

(1)P Die Auswahl der Verfahren für die Baugrunduntersuchungen und deren Umfang müssen auf die vorgesehene Art und den Entwurf des Bauwerkes abgestimmt sein, z. B. Art der Gründung, Art der Untergrundverbesserung oder Stützkonstruktionen, Lage und Einbindetiefe des Bauwerkes.

(2)P Die Ergebnisse der Vorstudien und der Ortsbegehung müssen bei der Auswahl der Untersuchungsverfahren und der Festlegung der Ansatzpunkte für die verschiedenen Untersuchungen berücksichtigt werden. Die Untersuchungen müssen gezielt an den Stellen ausgeführt werden, die die Unterschiede der Baugrundbeschaffenheit bezüglich Boden, Fels und Grundwasser wiedergeben.

(3) Baugrunduntersuchungen sollten normalerweise in Etappen abhängig von den Fragen durchgeführt werden, die sich während der Planung, des Entwurfs und der Baudurchführung des aktuellen Projektes ergeben. Die folgenden Etappen werden einzeln in Abschnitt 2 behandelt:

- Voruntersuchungen für Lage und Vorentwurf für das Bauwerk (siehe 2.3);
- Hauptuntersuchungen (siehe 2.4);
- Kontrolluntersuchungen und baubegleitende Messungen (siehe 2.5).

ANMERKUNG Die Regelungen in dieser Norm beruhen auf der Voraussetzung, dass die Untersuchungsergebnisse, die für eine Phase empfohlen werden, vorliegen, bevor die nächste Phase begonnen wird.

(4) In Fällen, bei denen die Voruntersuchungen und Hauptuntersuchungen zusammen durchgeführt werden, sollten die Abschnitte 2.3 und 2.4 gleichzeitig bedacht werden.

ANMERKUNG Die einzelnen Phasen der Baugrunduntersuchungen, einschließlich der Labor- und Feldarbeiten und der Prozess zur Festlegung von Boden- und Felsparametern, können dem Schema in B.1 und B.2 folgen.

2.3 Voruntersuchungen

(1) Voruntersuchungen sollten so geplant werden, dass — soweit erforderlich — ausreichende Daten erhalten werden, für:

- die Bewertung der Gesamtstandsicherheit und die grundsätzliche Eignung des Planungsbereiches;
- die Bewertung der Eignung des Planungsbereiches im Vergleich mit alternativen Bauplätzen;
- die Bewertung der geeigneten Lage des Bauwerkes;
- die Beurteilung möglicher Auswirkungen der geplanten Arbeiten auf die Umgebung wie benachbarte Gebäude, Bauwerke und Gelände;
- die Beschreibung von Entnahmestellen;
- die Bewertung der möglichen Gründungsarten und jeder Art von Bodenverbesserung;
- die Planung der Haupt- und Kontrolluntersuchungen, einschließlich der Beschreibung der Verbreitung des Baugrundes, der das Verhalten des Bauwerks maßgebend beeinflussen kann.

(2) Eine Voruntersuchung des Baugrunds sollte eine Einschätzung des Baugrunds zu folgenden Punkten liefern, sofern sie von Bedeutung sind:

- Boden- und Felsart und ihrer Schichtung;
- Grundwasserspiegel oder dem Profil des Porenwasserdruckes;
- vorläufige Angaben zu den Festigkeits- und Verformungseigenschaften von Boden und Fels;
- mögliches Auftreten von kontaminiertem Baugrund oder Grundwasser, die sich schädlich auf die Dauerhaftigkeit des Baumaterials auswirken könnten.

2.4 Hauptuntersuchungen

2.4.1 Felduntersuchungen

2.4.1.1 Allgemeines

(1)P Für den Fall, dass die Voruntersuchungen nicht die erforderlichen Informationen liefern, um die Aspekte in 2.3 zu bewerten, müssen ergänzende Untersuchungen in der Hauptuntersuchung ausgeführt werden.

(2) Falls erforderlich, sollten die Felduntersuchungen der Hauptuntersuchung Folgendes einschließen:

- Bohrungen, Schürfe, Schächte und/oder Stollen für die Probengewinnung;
- Grundwassermessungen;
- Feldversuche.

(3) Beispiele für die verschiedenen Arten von Felduntersuchungen sind:

- Feldversuch (z. B. CPT, SPT, Rammsondierungen, WST, Pressiometerversuche, Dilatometerversuche, Belastungsversuche für Flachgründungen, Flügelscherversuche und Durchlässigkeitsversuche);
- Probengewinnung aus Boden und Fels für die Beschreibung von Boden und Fels und für Laborversuche;
- Grundwassermessungen zur Bestimmung des Grundwasserspiegels oder des Porenwasserdruckprofils und ihrer Schwankungen;
- geophysikalische Untersuchungen (z. B. seismische Sondierung, Bodenradar, elektrische Widerstandsmessungen und Bohrlochmessungen);
- Großversuche, um z. B. die Tragfähigkeit oder das Verhalten direkt an Prototypen, wie Anker, zu bestimmen.

(4) Für die Planung von Felduntersuchungen kann die Tabelle 2.1 benutzt werden, die Hinweise auf die Anwendbarkeit von den Felduntersuchungen gibt, die in den Abschnitten 3 und 4 behandelt werden.

ANMERKUNG Siehe auch B.2.

(5)P Wenn eine Kontamination des Baugrunds oder Sumpfgas erwartet wird, sind darüber Informationen von den zuständigen Stellen einzuholen. Diese Informationen müssen bei der Planung der Baugrunduntersuchung berücksichtigt werden.

(6)P Wenn eine Bodenkontamination oder Sumpfgas im Verlauf der Untersuchungen festgestellt wird, muss das dem Auftraggeber und den zuständigen Stellen mitgeteilt werden.

Tabelle 2.1 — Vereinfachte Übersicht über die Anwendbarkeit von Verfahren für Felduntersuchungen^a aus den Abschnitten 3 und 4

Verfahren für Felduntersuchungen ^a	Mögliche Ergebnisse																			
	Probeentnahme						Feldversuche												Grundwasser- messungen	
	Boden			Fels			CPT & CPTU	Pressiometer ^c	RDT Flexible Dilatometer SDT		SPT ^d	DPL/DPM	DPH/DPSH	WST	FVT	DMT	PLT	Offenes System	Geschlossenes System	
	Kategorie A	Kategorie B	Kategorie C	Kategorie A	Kategorie B	Kategorie C														
Grundinformation																				
Bodenart	C1 F1	C1 F1	C2 F2	—	—	—	C2 F2	C3 F3	—	C3 F3	C2 F1	C3 F3	C3 F3	—	—	C2 F2	—	—	—	
Felsart	—	—	—	R1	R1	R2	R3 ^e	R3	R2		—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Schichtenverbreitung ^b	C1 F1	C1 F1	C3 F3	R1	R1	R2	C1 F1	R3 C3 F3	R3	C3 F3	C2 F2	C1 F2	C1 F2	F2	—	C2 F1	—	—	—	
Grundwasserspiegel	—	—	—	—	—	—	C2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	R2 C1 F2	R1 C1 F1	
Porenwasserdruck	—	—	—	—	—	—	C2 F2	F3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	R2 C1 F2	R1 C1 F1	
Geotechnische Eigenschaften																				
Korngröße	C1 F1	C1 F1		R1	R1	R2	—	—	—	—	C2 F1	—	—	—	—	—	—	—	—	
Wassergehalt	C1 F1	C2 F1	C3 F3	R1	R1	—	—	—	—	—	C2 F2	—	—	—	—	—	—	—	—	
Atterberg-Grenzen	F1	F1	—	—	—	—	—	—	—	—	F2	—	—	—	—	—	—	—	—	
Dichte	C2 F1	C3 F3	—	R1	R1	—	C2 F2	—	—	—	C2 F2	C2	C2	—	—	C2 F2	—	—	—	
Scherfestigkeit	C2 F1	—	—	R1	—	—	C2 F1	C1 F1	—	—	C2 F3	C2 F3	C2 F3	C2	F1	C2 F1	R2 C1 F1	—	—	

Tabelle 2.1 (fortgesetzt)

Verfahren für Felduntersuchungen ^a	Mögliche Ergebnisse																			
	Probeentnahme						Feldversuche												Grundwasser Messungen	
	Boden			Fels			CPT & CPTU	Pressiometer ^c	RDT Flexible Dilatometer SDT		SPT ^d	DPL/DPM	DPH/DPSH	WST	FVT	DMT	PLT	Offenes System	Geschlossenes System	
	Kategorie A	Kategorie B	Kategorie C	Kategorie A	Kategorie B	Kategorie C														
Zusammendrückbarkeit	C2 F1	—	—	R1	—	—	C1 F2	C1 F1	R1	F1	C2 F2	C2 F2	C2 F2	C2	—	C2 F1	C1 F1	—	—	
Durchlässigkeit	C2 F1	—	—	R1	—	—	C3 F2	F3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	C2 F3	C2 F2	
Chemische Versuche	C1 F1	C1 F1	—	R1	R1	—	—	—	—	—	C2 F2	—	—	—	—	—	—	—	—	
ANMERKUNG In Abhängigkeit vom Baugrund (wie Bodenart, Grundwasserverhältnisse) und dem geplanten Entwurf wird sich die Auswahl der Untersuchungsverfahren ändern und kann von dieser Tabelle abweichen.																				
^a Siehe Abschnitte 3 und 4 für die Bezeichnungen.																				
^b In horizontaler und vertikaler Richtung.																				
^c Abhängig vom Pressiometer-Typ.																				
^d Unter der Annahme, dass eine Probe entnommen werden kann.																				
^e Nur für weichen Fels.																				
<u>Eignung:</u>																				
R1 gut in Fels R2 mäßig in Fels R3 wenig in Fels																				
C1 gut in grobem Boden*) C2 mäßig in grobem Boden C3 wenig in grobem Boden																				
gut in feinem Boden *) F2 mäßig in feinem Boden F3 wenig in feinem Boden																				
nicht geeignet																				
Hauptbodengruppen „grob“ und „fein“ nach ISO 14688-1																				

2.4.1.2 Programm für Felduntersuchungen

(1)P Das Programm für Felduntersuchungen muss Folgendes enthalten:

- einen Plan mit der Lage der Untersuchungspunkte einschließlich der Untersuchungsarten,
- die Tiefe der Untersuchungen,
- die Arten (Kategorie usw.) von Proben, die genommen werden sollen einschließlich der Kennzeichnung mit Probennummer und Entnahmetiefe,
- Angaben zur Grundwassermessung,
- den einzusetzenden Gerätetyp,
- die anzuwendenden Normen und Vorschriften.

2.4.1.3 Lage und Tiefe der AC Aufschlüsse AC

(1)P Die Lage der Untersuchungspunkte und die Tiefe der Untersuchungen sind auf der Grundlage der Voruntersuchungen in Abhängigkeit von den geologischen Verhältnissen, den Abmessungen des Bauwerkes und den auftretenden technischen Problemen festzulegen.

(2) Bei der Festlegung der Lage der Untersuchungspunkte sollte Folgendes beachtet werden:

- Die Untersuchungspunkte sollten in einem solchen Raster angelegt sein, dass der Schichtenaufbau im Planungsbereich beurteilt werden kann.
- Die Untersuchungspunkte für ein Gebäude oder Bauwerk sollten an den Stellen angeordnet werden, die im Hinblick auf die Grundrissform, das Bauwerksverhalten und die erwartete Lastverteilung (z. B. an den Ecken des Gründungsbereiches) kritisch sind.
- Für Linienbauwerke sollten die Untersuchungspunkte in angemessenem Abstand von der Achse angeordnet werden, abhängig von der Gesamtbreite des Bauwerkes, wie z. B. einem Dammfuß oder einem Einschnitt.
- Für Bauwerke an oder in der Nähe von Hängen und an Geländesprüngen (auch Baugruben) sollten die Untersuchungspunkte auch außerhalb des Bauwerksgrundrisses angeordnet werden, und zwar so, dass die Stabilität des Hanges oder der Baugrube beurteilt werden kann. Bei Rückverankerungen sollten die voraussichtlichen Kräfte in der Krafteinleitungsstrecke besonders beachtet werden.
- Die Untersuchungspunkte sollten so festgelegt werden, dass sie keine Gefahr für das Bauwerk, die Baudurchführung oder die Nachbargrundstücke (z. B. durch Veränderung des Untergrundes und der Grundwasserverhältnisse) darstellen.
- Der Bereich für die Hauptuntersuchungen sollte auf das angrenzende Gelände bis zu der Entfernung ausgedehnt werden, ab der keine Gefahr mehr für dieses Gelände zu erwarten ist.
- Es sollte überlegt werden, ob die Grundwassermessstellen, die während der Baugrunduntersuchung eingerichtet wurden, für die fortlaufende Überwachung während und nach der Bauausführung benutzt werden können.

(3) Bei vergleichsweise einheitlichen Baugrundverhältnissen oder, wenn bekannt ist, dass der Baugrund eine ausreichende Festigkeit und Steifigkeit besitzt, darf ein größerer Abstand oder eine geringere Anzahl von Aufschlusspunkten angeordnet werden. In jedem Fall sollte diese Wahl durch örtliche Erfahrung gerechtfertigt sein.

(4)P Wenn mehr als eine Untersuchungsart an derselben Stelle vorgesehen ist (z. B. CPT und Einsatz eines Kolbenentnahmegerätes), müssen die Untersuchungspunkte einen ausreichenden Abstand voneinander haben.

(5) Wenn z. B. Drucksondierungen (CPT) mit Aufschlussbohrungen kombiniert werden, sollten die CPTs vor den Bohrungen ausgeführt werden. Der Mindestabstand sollte dann so sein, dass das Bohrloch nicht oder aller Wahrscheinlichkeit nach nicht das CPT-Loch trifft. Wenn die Bohrung zuerst ausgeführt wird, sollte CPT in einem horizontalen Abstand von mindestens 2 Metern eingedrückt werden.

(6)P Die Untersuchungstiefe ist auf alle Schichten auszudehnen, die das Bauvorhaben beeinflussen oder durch das Bauwerk beeinflusst werden. Bei Dämmen, Wehren, Baugruben unter dem Grundwasserspiegel und wenn eine Wasserhaltung erforderlich ist, ist die Untersuchungstiefe auch in Beziehung zu den hydrogeologischen Verhältnissen zu wählen. Hänge und Geländesprünge sind bis unterhalb von möglichen Gleitflächen zu erkunden.

ANMERKUNG Die Abstände der Untersuchungspunkte und die Untersuchungstiefen in B.3 können zur Orientierung dienen.

2.4.1.4 Probeentnahme

(1)P Die Kategorien der Probeentnahme und die Zahl der zu entnehmenden Proben (siehe 3.4.1 und 3.5.1) sind festzulegen nach

- dem Ziel der Untergrunduntersuchungen,
- der Geologie im Planungsbereich,
- der Komplexität der geotechnischen Struktur.

(2)P Für die Beschreibung und Klassifikation des Baugrundes ist mindestens eine Bohrung oder ein Schurf mit Probeentnahme erforderlich. Die Proben sind aus jeder einzelnen Bodenschicht zu entnehmen, die das Bauvorhaben beeinflusst.

(3) Die Probeentnahme darf durch Felduntersuchungen ersetzt werden, wenn ausreichend örtliche Erfahrungen vorliegen, um die Felduntersuchungen mit den Baugrundverhältnissen zu korrelieren, um eine unzweideutige Interpretation der Ergebnisse sicherzustellen.

(4) Weitere Einzelheiten zur Probeentnahme werden in Abschnitt 3 angegeben.

2.4.1.5 Grundwasser

(1)P Grundwassermessungen müssen entsprechend 3.6 geplant und ausgeführt werden.

2.4.2 Laborversuche

2.4.2.1 Allgemeines

(1) Vor der Aufstellung eines Versuchsprogramms sollten die erwartete Schichtenfolge bekannt sein und die Schichten feststehen, die für die Bemessung bedeutsam sind, um die Versuche und die Anzahl der Versuche für jede Schicht festlegen zu können. Die Schichtbeschreibung sollte das geotechnische Problem, seine Komplexität, die örtliche Geologie und die erforderlichen Kennwerte für die Bemessung berücksichtigen.

2.4.2.2 Visuelle Beurteilung und vorläufiges Baugrundprofil

- (1) Proben und Schürfe sollten visuell untersucht und mit den Bohrprotokollen verglichen werden, damit das vorläufige Baugrundprofil erstellt werden kann. Bei Bodenproben sollte die visuelle Untersuchung mit manuellen Versuchen unterstützt werden, um den Boden zu beschreiben und einen ersten Eindruck über die Konsistenz und das mechanische Verhalten zu geben.
- (2) Wenn ausgeprägte und deutliche Unterschiede in den Eigenschaften verschiedener Proben aus einer Schicht gefunden werden, sollte das vorläufige Bodenprofil weiter unterteilt werden.
- (3) Falls möglich, sollte die Güte der Probe festgestellt werden, bevor die Laborversuche festgelegt werden. Die Güteklassen von Bodenproben sind in Tabelle 3.1 definiert.

2.4.2.3 Versuchsprogramm

- (1)P Die Art des Bauwerks, des Baugrundes und der Schichtenfolge und die geotechnischen Kennwerte, die für die Bemessung benötigt werden, sind bei der Aufstellung des Programms für die Laborversuche zu berücksichtigen.
- (2) Das Programm für die Laborversuche hängt teilweise davon ab, ob vergleichbare Erfahrungen vorliegen. Die Übertragbarkeit und die Qualität vergleichbarer Erfahrungen mit dem bestimmten Boden und Fels sollten nachgewiesen werden. Wenn möglich, sollten die Ergebnisse von Feldbeobachtungen an benachbarten Bauwerken ebenfalls verwendet werden.
- (3)P Die Versuche sind an Probekörpern durchzuführen, die für die untersuchte Schicht kennzeichnend sind. Klassifikationsversuche sind auszuführen, um zu prüfen, ob die Proben und Probekörper repräsentativ sind.

ANMERKUNG Das kann iterativ geprüft werden. In einem ersten Schritt werden Klassifikationsversuche und Indexversuche zur Festigkeit an so vielen Proben wie möglich durchgeführt, um die Streuung der Indexeigenschaften einer Schicht zu bestimmen. In einem zweiten Schritt kann überprüft werden, in welchem Maße die Proben, die für die Festigkeits- und Zusammendrückbarkeitsversuche benutzt wurden, für die Schicht repräsentativ sind. Dazu werden die Ergebnisse der Klassifikations- und der Indexversuche an den Proben, mit denen Festigkeits- und Zusammendrückbarkeitsversuche durchgeführt wurden, mit den Ergebnissen aller Klassifikations- und Indexversuche aus der Schicht verglichen.

- (4) Ein Bedarf für aufwändigere Versuche oder zusätzliche Baugrunduntersuchungen sollte in Bezug auf die geotechnischen Fragestellungen des Projektes, die Bodenart, die Veränderlichkeit des Bodens und das Rechenmodell geprüft werden.

2.4.2.4 Anzahl der Versuche

- (1)P Die notwendige Zahl der zu untersuchenden Probekörper muss auf Grund der Homogenität des Baugrundes, der Qualität und der Bedeutung vergleichbarer Erfahrungen mit dem Untergrund und der Geotechnischen Kategorie des Bauvorhabens festgelegt werden.
- (2) Nach Möglichkeit sollten zusätzliche Probekörper bei schwierigen Böden, beschädigten Probekörpern oder ähnlichen Umständen verfügbar sein.
- (3) Je nach Versuchsart sollte eine Mindestanzahl von Probekörpern untersucht werden.

ANMERKUNG Empfohlene Mindestanzahlen für einige Versuchsarten können aus den Tabellen in den Anhängen L bis W (außer Anhänge O und T) entnommen werden. Die Anhänge sollten auch zur Prüfung benutzt werden, ob der Umfang der Versuche ausreichend war.

- (4) Die Mindestanzahl der Versuche darf verringert werden, wenn die geotechnische Berechnung und Bemessung nicht optimiert werden muss und sie mit konservativen Werten für die Bodenkennwerte vorgenommen oder auf vergleichbare Erfahrung oder die Kombination mit Feldinformationen zurückgegriffen wird.

2.4.2.5 Klassifizierungsversuche

(1) Versuche zur Klassifizierung von Boden und Fels sollten ausgeführt werden, um die Zusammensetzung und die Indexeigenschaften für jede Schicht festzustellen. Die Proben für die Klassifizierungsversuche sollten in der Weise ausgesucht werden, dass die Versuche annähernd gleich über den gesamten Bereich und die volle Tiefe der Schichten, die für die Bemessung maßgebend sind, verteilt sind. Somit sollten die Ergebnisse die Streubreite der Indexeigenschaften in den maßgebenden Schichten angeben.

(2) Die Ergebnisse sollten der Kontrolle dienen, ob der Umfang der Untersuchungen ausreichend war oder eine zweite Untersuchungsstufe erforderlich ist.

(3) Geeignete und übliche Klassifizierungsversuche an unterschiedlich gestörten Bodenproben werden in Tabelle 2.2 vorgestellt. Die üblichen Versuche werden im Allgemeinen in allen Phasen der Baugrunduntersuchung ausgeführt (siehe 2.2(3)).

2.4.2.6 Versuche an Proben

(1)P Die Proben für die Versuche müssen so ausgewählt werden, dass sie die Streubreite der Indexeigenschaften jeder maßgebenden Schicht abdecken.

Tabelle 2.2 — Versuche zur Klassifizierung von Böden

Kenngroßen	Bodenart							
	Ton			Schluff			Sand und Kies	
	Art des Probekörpers			Art des Probekörpers			Art des Probekörpers	
	un-gestört	gestört	aufge-arbeitet	un-gestört	gestört	aufge-arbeitet	gestört	aufge-arbeitet
Geologische Beschreibung und Bodenklassifizierung	X	X	X	X	X	X	X	X
Wassergehalt	X	(X)	(X)	X	(X)	(X)	(X)	(X)
Trockendichte	X	(X)	—	X	(X)	—	—	—
Lockerste und dichteste Lagerung	—	—	—	(X)	(X)	(X)	X	X
Konsistenzgrenzen	X	X	X	X	X	X	—	—
Korngrößen-verteilung	X	X	X	X	X	X	X	X
Kohäsion des undrnierten Bodens	X	—	—	(X)	—	—	—	—
Durchlässigkeit	X	—	—	X	(X)	(X)	(X)	(X)
Sensitivität	X	—	—	—	—	—	—	—
ANMERKUNG Für bestimmte Bodenarten können weitere Versuche in Betracht kommen, z. B. die Bestimmung des organischen Anteils, Rohdichte und der Aktivität.								
X = normalerweise bestimmbar								
(X) = möglicherweise bestimmbar, nicht zwingend repräsentativ								
— = nicht anwendbar								

(2) Aus einer Auffüllung oder einer Schicht aus Sand oder Kies dürfen aufgearbeitete Proben untersucht werden. Die aufgearbeiteten Probekörper sollten annähernd die gleiche Zusammensetzung, Dichte und den Wassergehalt des anstehenden Materials haben.

(3) Laborversuche zur Bestimmung der Kennwerte für die geotechnischen Berechnungen werden in Tabelle 2.3 angegeben.

(4) Geeignete Routinelaborversuche an Felsproben, die die erforderliche Grundlage für die Beschreibung des Gesteins bilden, sind:

- Geologische bzw. petrographische Klassifizierung,
- Bestimmung der Dichte oder Trockendichte (ρ),
- Bestimmung des Wassergehaltes (w),
- Bestimmung des Porenanteils (n),
- Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit (σ_C),
- Bestimmung des Elastizitätsmoduls (E) und der Poissonzahl (ν),
- Punktlastversuch ($I_{s,50}$).

(5) Die Klassifizierung von Felskernproben wird üblicherweise eine geologische Beschreibung, die Kerngewinnung, die Felsgüteklasse (RQD), den Härtegrad, den Durchtrennungsgrad, den Verwitterungsgrad und die Zerklüftung einschließen. Zusätzlich zu den Routineversuchen an Fels nach 2.4.2.6(4) können andere Versuche für verschiedene Zwecke ausgewählt werden, z. B. Versuche zur Bestimmung der Korndichte, der Wellengeschwindigkeit, der Scherfestigkeit von Gestein und der Klüfte, der Brazil-Test, Versuche zur Hitzebeständigkeit sowie zum Schwell- und Erosionsverhalten.

(6) Die Eigenschaften des Gebirges einschließlich der Lagerung und der Klüftung oder Störungen dürfen indirekt mit Kompressions- und Scherversuchen an den Klüften untersucht werden. In weichem Fels können zusätzliche Versuche im Gelände oder großmaßstäbliche Laborversuche an Blockproben ausgeführt werden.

Tabelle 2.3 — Laborversuche für die Bestimmung geotechnischer Kenngrößen

Geotechnische Kenngröße	Bodenart					
	Kies	Sand	Schluff	Ton, normal konsolidiert	Ton, vorbelastet	Torf, organischer Ton
Kompressions-Modul E_{oed} ;	(OED)	(OED)	OED	OED	OED	OED
Kompressions-Index (C_c); [eindimensionale Zusammendrückbarkeit]	(TX)	(TX)	(TX)	(TX)	(TX)	(TX)
Elastizitätsmodul (E); Schubmodul (G)	TX	TX	TX	TX	TX	TX
Dränierte (wirksame) Scherfestigkeit (c'), (ϕ')	TX SB	TX SB	TX SB	TX SB	TX SB	TX SB
Restscherfestigkeit (c'_R), (ϕ'_R)	RS (SB)	RS (SB)	RS (SB)	RS (SB)	RS (SB)	RS (SB)
Undräßierte Scherfestigkeit (c_u)	—	—	TX DSS SIT	TX DSS (SB) SIT	TX DSS (SB) SIT	TX DSS (SB) SIT
Dichte (ρ)	BDD	BDD	BDD	BDD	BDD	BDD
Konsolidierungsbeiwert (c_v)			OED TX	OED TX	OED TX	OED TX
Durchlässigkeit (k)	TXCH PSA	TXCH PSA	PTC TXCH (PTF)	TXCH (PTF) (OED)	TXCH (PTF) (OED)	TXCH (PTF) (OED)
— = nicht anwendbar () = nur bedingt geeignet; Näheres siehe Abschnitt 5. Abkürzungen für Laborversuche: BDD Dichtebestimmung DSS Einfeldscherversuch OED Kompressionsversuch PTF Durchlässigkeitsversuch mit fallender Druckhöhe PTC Durchlässigkeitsversuch mit konstanter Druckhöhe RS Kreisringscherversuch SB Rahmenscherversuch SIT Indexversuch für die Festigkeit (üblicherweise nur für die Voruntersuchung angewandt) PSA Korngrößenbestimmung TX Dreiaxialversuch TXCH Durchlässigkeitsversuch mit konstantem Druck in der Dreiaxialzelle (oder im Permeameter mit flexibler Zellwand)						

2.5 Kontrolluntersuchungen und Überwachung

(1)P Falls erforderlich, sind eine Anzahl von Kontrolluntersuchungen und zusätzliche Versuche während der Baumaßnahme durchzuführen, um zu überprüfen, ob die Baugrundverhältnisse, die Eigenschaften der gelieferten Baumaterialien und die Bauausführung den Annahmen und der Ausschreibung entsprechen.

ANMERKUNG Siehe auch EN 1997-1:2004, Abschnitt 4.

(2)P Folgende Kontrollprüfungen sind durchzuführen:

- Überprüfen des Baugrundaufbaus während des Aushubs;
- Inspektion der Baugrubensohle.

(3) Folgende Kontrollprüfungen können durchgeführt werden:

- Messungen des Grundwasserspiegels, der Porenwasserdrücke und ihrer Schwankungen;
- Messungen des Verhaltens benachbarter Bauwerke, Einrichtungen und Baustellen;
- Messungen des Verhaltens des Bauwerkes selbst.

ANMERKUNG Kontrolluntersuchungen und Überwachungen sind von grundlegender Bedeutung bei der Anwendung der Beobachtungsmethode (siehe EN 1997-1:2004, 2.7).

(4)P Die Ergebnisse der Kontrollmessungen sind zusammenzustellen, zu protokollieren und bezüglich der Anforderungen an die Bemessung zu überprüfen. Die Entscheidungen sind auf der Grundlage dieser Befunde zu treffen.

3 Probeentnahme in Boden und Fels und Grundwassermessungen

3.1 Allgemeines

(1)P Die Probeentnahme in Boden und Fels mittels Bohrungen und aus Schürfen, Stollen und Schächten und die Grundwassermessungen müssen so umfassend vorgenommen werden, dass die erforderlichen Werte für die geotechnische Bemessung erhalten werden.

3.2 Probeentnahme mittels Bohrungen

(1)P Bei der Auswahl des Bohrgeräts ist Folgendes zu berücksichtigen:

- die geforderte Probeentnahmekategorie, die in 3.4.1 und 3.5.1 definiert ist,
- die Tiefe, die erreicht werden muss, und der geforderte Durchmesser der Probe,
- die Anforderungen an das Bohrgerät, z. B. Aufzeichnung der Bohrparameter, automatische oder manuelle Steuerung.

(2)P Die Anforderungen nach EN ISO 22475-1 müssen erfüllt werden.

3.3 Probeentnahme aus Schürfen, Stollen oder Schächten

(1)P Wenn Proben aus Schürfen, Stollen oder Schächten entnommen werden, müssen die Anforderungen von EN ISO 22475-1 erfüllt werden.

3.4 Probeentnahme in Böden

3.4.1 Kategorien von Probeentnahmeverfahren und Güteklassen von Proben für Laborversuche

(1)P Die Proben müssen den gesamten Mineralbestand der Schicht enthalten, aus der sie gewonnen wurden. Sie dürfen nicht durch Material aus einer anderen Schicht oder durch Additive verunreinigt sein, die während der Probeentnahme benutzt wurden.

(2)P Drei Kategorien von Verfahren für die Probeentnahme (EN ISO 22475-1) müssen abhängig von der gewünschten Güteklasse der Proben (bezüglich der Güteklasse siehe Tabelle 3.1) in Betracht gezogen werden:

- Verfahren der Probeentnahme nach Kategorie A: Proben der Güteklassen 1 bis 5 können gewonnen werden,
- Verfahren der Probeentnahme nach Kategorie B: Proben der Güteklassen 3 bis 5 können gewonnen werden,
- Verfahren der Probeentnahme nach Kategorie C: nur Proben der Güteklasse 5 können gewonnen werden.

(3) Proben der Güteklassen 1 oder 2 können nur mit Probeentnahmeverfahren der Kategorie A erhalten werden. Es ist beabsichtigt, Proben der Güteklasse 1 oder 2 zu erhalten, in denen die Bodenstruktur während der Probeentnahme oder durch die Probenbehandlung nicht oder nur wenig gestört wurde. Der Wassergehalt und die Porenzahl des Bodens entsprechen dem Zustand in situ. Die Bestandteile und die chemische Zusammensetzung des Bodens sind nicht verändert. Gewisse unvorhersehbare Umstände, wie z. B. Abweichungen in der geologischen Schichtenfolge, können dazu führen, dass Proben einer geringeren Güteklasse gewonnen wurden.

(4) Beim Einsatz von Probeentnahmeverfahren nach der Kategorie B ist es nicht möglich, Proben einer höheren Güteklasse als der Güteklasse 3 zu gewinnen. Es wird hierbei beabsichtigt, Proben zu gewinnen, die alle Bestandteile des anstehenden Bodens mit ihren ursprünglichen Anteilen enthalten und in denen der Boden seinen natürlichen Wassergehalt behalten hat. Die Schichtenfolge oder die Bestandteile des Bodens können bestimmt werden. Die Struktur des Bodens wurde gestört. Gewisse unvorhersehbare Umstände, wie z. B. Abweichungen in der geologischen Schichtenfolge, können dazu führen, dass Proben einer geringeren Güteklasse gewonnen wurden.

(5) Beim Einsatz von Probeentnahmeverfahren nach der Kategorie C ist es nicht möglich, Proben einer höheren Güteklasse als der Güteklasse 5 zu gewinnen. Die Struktur des Bodens wurde völlig verändert. Die allgemeine Anordnung der verschiedenen Schichten oder Bestandteile des Bodens wurde verändert, so dass die anstehenden Schichten nicht genau festgestellt werden können. Der Wassergehalt der Probe ist möglicherweise nicht repräsentativ für den natürlichen Wassergehalt der Bodenschicht, aus der die Probe entnommen wurde.

(6)P Bodenproben für Laborversuche werden auf Grund der Bodeneigenschaften, von denen man annimmt, dass sie während der Probeentnahme, der Behandlung, des Transports und der Lagerung unverändert geblieben sind, in fünf Güteklassen eingeteilt. Die Güteklassen werden in Tabelle 3.1 zusammen mit der erforderlichen Probeentnahmekategorie beschrieben.

Tabelle 3.1 — Güteklassen von Bodenproben für Laborversuche und erforderliche Kategorien der Probeentnahme

Bodeneigenschaften/Güteklasse	1	2	3	4	5
Bodeneigenschaften, die unverändert sind:					
Korngrößenverteilung	*	*	*	*	
Wassergehalt	*	*	*		
Dichte, Lagerungsdichte, Durchlässigkeit	*	*			
Zusammendrückbarkeit, Scherfestigkeit	*				
Eigenschaften, die bestimmt werden können:					
Schichtenfolge	*	*	*	*	*
Schichtgrenzen, grobe Einteilung	*	*	*	*	
Schichtgrenzen, feine Unterteilung	*	*			
Konsistenzgrenzen, Korndichte, organische Bestandteile	*	*	*	*	
Wassergehalt	*	*	*		
Dichte, Lagerungsdichte, Porosität, Durchlässigkeit	*	*			
Zusammendrückbarkeit, Scherfestigkeit	*				
Kategorie der Probeentnahme entsprechend EN ISO 22475-1	A				
		B			
					C

3.4.2 Benennen und Beschreiben von Boden

(1)P Die Benennung und Beschreibung des Bodens auf der Grundlage der Untersuchung der gewonnenen Proben müssen EN ISO 14688-1 entsprechen.

3.4.3 Planung der Probeentnahme von Boden

(1)P Die Güteklasse und die Anzahl der zu entnehmenden Proben müssen entsprechend den Zielen der Bodenuntersuchungen, der Geologie im Planungsbereich, der Komplexität der geotechnischen Struktur und dem geplanten Bauwerk festgelegt werden.

(2) Zwei unterschiedlichen Strategien kann bei der Probeentnahme mittels Bohrungen gefolgt werden:

- Bohrungen mit Gewinnung einer vollständigen Bodensäule mit Proben, die mit Bohrwerkzeugen im Bohrloch und mit besonderen Entnahmegerten in ausgewählten Tiefen an der Bohrlochsohle gewonnen werden.
- Bohrungen mit Gewinnung von Proben in vorher festgelegten Tiefen, z. B. auf Grund von gesondert ausgeführten Sondierungen.

(3)P Die Kategorien für die Probeentnahme müssen unter Berücksichtigung der gewünschten Güteklasse für Laborversuche, wie sie in Tabelle 3.1 beschrieben sind, und der erwarteten Bodenart und der Grundwasser- verhältnisse ausgewählt werden.

(4)P Bei der Auswahl der Bohr- oder Aufschlussverfahren und des Entnahmegerätes, das für die geforderte Kategorie des Probeentnahmeverfahrens geeignet ist, muss den Anforderungen von EN ISO 22475-1 gefolgt werden.

ANMERKUNG Die Gewinnung völlig ungestörter Proben ist unter anderem wegen der mechanischen Störung durch den Entnahmevorgang und der unvermeidlichen Druckentlastung bei der Probengewinnung praktisch nicht möglich. Die Störung hängt von der Kategorie des Probeentnahmeverfahrens und der zu entnehmenden Bodenart ab. Die Art des Bodens, der entnommen werden soll, hat bei gleichem Entnahmeverfahren einen entscheidenden Einfluss auf den Grad der Störung von Proben. So neigen hoch sensitive Böden zur Störung, während geringer sensitive Böden, wie die meisten steifen Tone, weniger aufwändige Verfahren für die Entnahme annähernd ungestörter Proben erfordern. Andererseits erfordert jede Fragestellung eine unterschiedliche Genauigkeit, mit der die benötigten Bodenkenngößen zu bestimmen sind. Das sollte bei der Planung des Entnahmeprogramms berücksichtigt werden, um den annehmbaren Grad der Störung und damit die erforderlichen Verfahren der Probeentnahme festzulegen.

(5) Für ein bestimmtes Vorhaben können besondere Entnahmegeräte und -verfahren innerhalb der Entnahmekategorien gefordert werden, wie sie in 3.4.1 beschrieben sind. Das ist z. B. dann der Fall, wenn die Verformungsmoduln (Steifigkeit) unter geringen Spannungen an ungestörten Proben ermittelt werden müssen.

(6)P Die Maße der Proben müssen im Einklang mit der Bodenart, den Arten und der Anzahl der auszuführenden Versuche stehen.

ANMERKUNG Siehe Abschnitt 5 und die Anhänge L, M, N, P, Q, R, S.

(7) Proben sollten bei jedem Schichtwechsel und in bestimmten Abständen, üblicherweise nicht über 3 m, genommen werden. Aus inhomogenen Böden oder, wenn eine genaue Bestimmung der Baugrundeigenschaften gefordert wird, sollte die Probeentnahme mittels Bohrungen durchgehend oder in sehr kurzen Abständen erfolgen.

3.4.4 Behandlung, Transport und Lagerung von Proben

(1)P Behandlung, Transport und Lagerung von Proben müssen in Übereinstimmung mit EN ISO 22475-1 ausgeführt werden.

ANMERKUNG Für die Behandlung und die Aufbewahrung im Labor siehe Abschnitt 5.

3.5 Probeentnahme in Fels

3.5.1 Kategorien von Probeentnahmeverfahren

(1)P Die Proben müssen den gesamten Mineralbestand der Schicht enthalten, aus der sie gewonnen wurden. Sie dürfen nicht durch Material aus einer anderen Schicht oder durch Additive verunreinigt sein, die während der Probeentnahme benutzt wurden.

(2)P Die Trennflächen und die entsprechenden Verfüllungen im Gebirge bestimmen häufig die Festigkeit und die Verformungseigenschaften des Materials im Ganzen. Daher müssen sie so genau wie möglich während der Probeentnahme bestimmt werden, wenn derartige Eigenschaften festgestellt werden müssen.

(3)P Drei Kategorien von Verfahren für die Probeentnahme (siehe EN ISO 22475-1) müssen abhängig von der gewünschten Güte der Proben in Betracht gezogen werden:

- Verfahren der Probeentnahme nach Kategorie A;
- Verfahren der Probeentnahme nach Kategorie B;
- Verfahren der Probeentnahme nach Kategorie C.

(4) Beim Einsatz von Verfahren nach der Kategorie A ist beabsichtigt, Proben zu gewinnen, in denen während des Entnahmevorgangs die Felsstruktur nicht oder nur leicht gestört ist. Festigkeits- und Verformungseigenschaften, Wassergehalt, Dichte, Porosität und Durchlässigkeit der Felsprobe entsprechen den Werten in situ. Die Bestandteile und die chemische Zusammensetzung des Fels sind nicht verändert. Gewisse unvorhergesehene Umstände wie z. B. Änderungen in der geologischen Schichtenfolge können zu einer niedrigeren Güte der erhaltenen Proben führen.

(5) Beim Einsatz von Verfahren nach der Kategorie B ist beabsichtigt, Proben zu gewinnen, in denen alle Bestandteile des Fels in situ in ihren ursprünglichen Anteilen enthalten sind, und die Felsstücke ihre Festigkeit, Verformungseigenschaften, ihren Wassergehalt, ihre Dichte und Durchlässigkeit behalten haben. Beim Einsatz von Verfahren der Kategorie B kann die allgemeine Anordnung von Trennflächen im Gebirge identifiziert werden. Die Struktur des Gebirges und damit seine Festigkeits- und Verformungseigenschaften, sein Wassergehalt, seine Dichte, Porosität und Durchlässigkeit sind gestört. Gewisse unvorhergesehene Umstände wie z. B. Änderungen in der geologischen Schichtenfolge können zu einer niedrigeren Güte der erhaltenen Proben führen.

(6) Beim Einsatz von Verfahren nach der Kategorie C wurden die Struktur des Gebirges und seine Trennflächen völlig verändert. Das Gestein kann zerkleinert worden sein. Einige Änderungen in den Bestandteilen oder in der chemischen Zusammensetzung des Gesteins können auftreten. Felsart, ihre Matrix, Struktur und Gefüge können benannt und beschrieben werden.

3.5.2 Benennung und Beschreibung von Fels

(1)P Das visuelle Benennen und Beschreiben von Fels muss auf der Grundlage von Untersuchungen des Gebirges und der Proben einschließlich aller Beobachtungen von Verwitterung und Trennflächen erfolgen. Das Benennen und Beschreiben muss in Übereinstimmung mit EN ISO 14689-1 vorgenommen werden.

(2)P Die Einstufung der Verwitterung muss auf die geologischen Prozesse bezogen sein und muss die Verwitterungsgrade zwischen unverwittertem Fels und zu Boden entfestigtem Fels abdecken. Die Einstufung muss in Übereinstimmung mit EN ISO 14689-1:2003, 4.2.4 und 4.3.4 vorgenommen werden.

(3)P Trennflächen wie Schichtflächen, Klüfte, Risse, Schieferungen und Störungen müssen bezüglich Muster, Abstand und Neigung durch eindeutige Begriffe quantifiziert werden. Die Beschreibung muss in Übereinstimmung mit EN ISO 14689-1:2003, 4.3.3 erfolgen.

(4)P Die Fels-Güte-Bezeichnung (RQD), die gesamte Kerngewinnung (TCR) und die vollständige Kerngewinnung (SCR), wie sie in EN ISO 22475-1 definiert sind, müssen bestimmt werden.

3.5.3 Planung der Probeentnahme in Fels

(1)P Die Beschaffenheit und die Anzahl der Proben, die gewonnen werden sollen, müssen nach dem Ziel der Baugrunduntersuchungen, der Geologie im Planungsbereich, der Komplexität der geotechnischen Struktur und dem geplanten Bauwerk festgelegt werden.

(2)P Die Kategorie des Probeentnahmeverfahrens, das vorgeschrieben wird, muss entsprechend den Felseigenschaften, die bewahrt werden müssen, nach 3.5.1 und den zu erwartenden Fels- und Grundwasserverhältnissen ausgewählt werden.

(3)P Den Anforderungen in EN ISO 22475-1 muss bei der Auswahl der Bohr- oder Aufschlussverfahren und der Entnahmegерäte entsprechend der vorgegebenen Kategorie der Probeentnahme im Fels gefolgt werden.

(4) Für ein bestimmtes Vorhaben können besondere Entnahmegерäte und -verfahren innerhalb der Kategorien der Probeentnahme in Fels gefordert werden, wie sie in 3.5.1 beschrieben sind.

3.5.4 Behandlung, Transport und Lagerung von Proben

(1)P Nach der Probeentnahme und der visuellen Beurteilung müssen die gewonnenen Kerne entsprechend EN ISO 22475-1 gesichert, behandelt und gelagert werden.

3.6 Grundwassermessungen in Böden und Fels

3.6.1 Allgemeines

(1)P Grundwassermessungen müssen in Übereinstimmung mit 2.1.4 stehen.

(2)P Die Bestimmung des Grundwasserspiegels oder der Porenwasserdrücke in Böden und Fels muss mit offenen oder geschlossenen Systemen zur Grundwassermessung erfolgen, die in den Untergrund eingebaut werden.

ANMERKUNG 3.6 bezieht sich auf positive Porenwasserdrücke im Vergleich zum atmosphärischen Druck. Messungen negativer Porenwasserdrücke werden hier nicht betrachtet.

3.6.2 Planung und Ausführung der Messungen

(1)P Grundwassermessungen und Beprobung müssen, wenn von Bedeutung, nach EN ISO 22475-1 ausgeführt werden.

(2)P Der Typ der Messeinrichtung, der für die Grundwassermessungen benutzt werden soll, muss entsprechend der Art und der Durchlässigkeit des Untergrundes, dem Zweck der Messungen, der erforderlichen Beobachtungsdauer, den erwarteten Grundwasserschwankungen und der zeitlichen Reaktion der Messeinrichtung und des Untergrundes ausgewählt werden.

(3) Es gibt zwei Hauptverfahren, um den Grundwasserdruck zu messen: offene und geschlossene Systeme. In offenen Systemen wird die Grundwasserdruckhöhe an einer Beobachtungsstelle gemessen, die üblicherweise mit einem offenen Rohr versehen ist. In geschlossenen Systemen wird der Grundwasserdruck unmittelbar an der ausgewählten Stelle mit einem Druckaufnehmer gemessen.

(4) Offene Systeme sind am besten für Böden und Fels mit relativ hoher Durchlässigkeit (Aquifere, Aquitarde) geeignet, wie z. B. Sand, Kies oder stark geklüfteter Fels. In Böden und Fels mit geringer Durchlässigkeit können sie, verursacht durch die Zeitverzögerung beim Befüllen und Entleeren des Druckrohres, zu fehlerhaften Interpretationen führen. Die Verwendung einer Filterspitze an einem Schlauch mit geringem Durchmesser in einem offenen System verringert die Zeitverzögerung.

(5) Geschlossene Systeme können in allen Boden- und Felsarten verwendet werden. Sie sollten in Böden und Fels mit sehr geringen Durchlässigkeiten (Aquikluden), z. B. in Ton oder wenig geklüftetem Fels, verwendet werden. Geschlossene Systeme werden ebenfalls empfohlen, wenn artesisches Wasser mit hohen Wasserdrücken angetroffen wird.

(6)P Wenn sehr kurzzeitige Änderungen oder rasche Schwankungen des Porenwasserdrucks beobachtet werden sollen, müssen sie mit Hilfe von Messwertaufnehmern und Datenloggern in allen Boden- und Felsarten kontinuierlich aufgezeichnet werden.

(7)P Wenn der zu untersuchende Bereich an oder in der Nähe offener Gewässer liegt, muss ihr Wasserspiegel bei der Interpretation der Grundwassermessungen berücksichtigt werden. Der Wasserstand in Brunnen, das Auftreten von Quellen und artesischem Wasser müssen ebenfalls vermerkt werden.

(8)P Die Anzahl, die Lage und die Tiefe der Messstellen müssen unter Berücksichtigung des Zweckes der Messungen, der Topographie, der Stratigraphie und der Bodenverhältnisse, insbesondere der Durchlässigkeit des Untergrundes oder des festgestellten Grundwasserleiters gewählt werden.

(9)P Für die Überwachung von Projekten, z. B. Grundwasserabsenkung, Abgrabungen, Auffüllungen und Tunnel, muss die Lage zusätzlich so gewählt werden, dass die erwarteten Änderungen beobachtet werden können.

(10) Zu Vergleichszwecken sollten natürliche Schwankungen des Grundwassers, wenn möglich, außerhalb des Bereiches gemessen werden, der von dem aktuellen Bauvorhaben beeinflusst wird.

(11)P Um Messwerte zu erhalten, die den Porenwasserdruck an der beabsichtigten Stelle in einer Bodenschicht oder in Fels wiedergeben, müssen Vorkehrungen nach EN ISO 22475-1 getroffen werden, um sicherzustellen, dass der Messpunkt gegen andere Schichten oder Grundwasserleiter ausreichend abgedichtet ist.

(12)P Die Anzahl und die Häufigkeit der Ablesungen und die Länge der Messperiode für ein bestimmtes Projekt müssen unter Berücksichtigung des Zweckes der Messungen und der zum Auspendeln erforderlichen Zeit geplant werden.

(13) Die gewählten Kriterien sollten nach einer Anfangsphase den aktuellen Änderungen der beobachteten Messwerte angepasst werden.

(14)P Wenn es beabsichtigt ist, Grundwasserschwankungen zu bewerten, müssen die Messungen über einen langen Zeitraum und in kleineren Intervallen als den Intervallen der natürlichen Schwankungen vorgenommen werden.

(15) Während der Bohrarbeiten gibt die Beobachtung des Wasserspiegels am Ende des Tages und bei Beginn am folgenden Tage (bevor die Bohrarbeiten wieder aufgenommen werden) einen guten Hinweis auf die Grundwasserverhältnisse. Die Ablesungen sollten aufgezeichnet werden. Jeder plötzliche Zufluss oder Verlust von Wasser während der Bohrarbeiten sollte ebenfalls vermerkt werden, da zusätzliche nützliche Informationen erhalten werden können.

(16) Während der ersten Phase der Baugrunduntersuchungen können einige der Bohrlöcher mit offenen gelochten Rohren, die durch Filter geschützt werden, ausgebaut sein. Die Ablesungen des Grundwasserstandes in den folgenden Tagen geben einen ersten Hinweis auf die Grundwasserverhältnisse, es gelten aber die Einschränkungen in 3.6.2(4). Die Gefahren, die sich aus der Verbindung zwischen verschiedenen Grundwasserleitern ergeben, sollten in Betracht gezogen werden, wie auch ggf. zu beachtende Regelung zum Umweltschutz.

3.6.3 Bewertung der Ergebnisse von Grundwassermessungen

(1)P Bei der Bewertung der Grundwassermessungen müssen die geologischen und geotechnischen Verhältnisse im Planungsbereich, die Genauigkeit individueller Messungen, die Schwankungen von Porenwasserdrücken mit der Zeit, die Dauer der Beobachtungsperiode, die Jahreszeit der Messungen und die klimatischen Bedingungen vor und während der Beobachtungsperiode berücksichtigt werden.

(2)P Die ausgewerteten Ergebnisse der Grundwassermessungen müssen die höchsten und niedrigsten Werte des Wasserspiegels oder der Porenwasserdrücke und die zugehörige Messperiode enthalten.

(3)P Wenn erforderlich, müssen obere und untere Grenzwerte für beide extremen und normalen Verhältnisse aus den Messwerten abgeleitet werden. Obere und untere Grenzwerte für extreme Verhältnisse können aus den Messwerten durch Addition oder Subtraktion der zu erwartenden Schwankungen oder eines Teils der Schwankungen auf die extremen oder normalen Werte abgeleitet werden. Da zuverlässige Daten von Langzeitmessungen häufig fehlen, wird es notwendig sein, die abgeleiteten Werte vorsichtig auf der Grundlage der begrenzt verfügbaren Informationen abzuschätzen.

(4) Die Notwendigkeit weiterer Messungen oder die Einrichtung zusätzlicher Messstellen sollte während der Felduntersuchungen und in dem geotechnischen Untersuchungsbericht festgestellt werden.

ANMERKUNG Im Anhang C wird ein Beispiel für ein statistisches Verfahren zur Bewertung der Grundwasserverhältnisse angegeben, wenn Langzeitmessungen in einer Referenzmessstelle im Umfeld verfügbar sind und Messungen über eine kurze Periode im Planungsbereich ausgeführt wurden.

4 Felduntersuchungen in Boden und Fels

4.1 Allgemeines

(1)P Wenn Felduntersuchungen durchgeführt werden, sind diese in Verbindung zu bringen mit der Probeentnahme durch Schürfe und Bohrungen, um Informationen über den Schichtenaufbau im Baugrund, geotechnische Parameter oder direkte Eingangsgrößen für die Bemessungsverfahren (siehe auch EN 1997-1:2004, 3.3) zu erhalten.

(2)P Felduntersuchungen müssen unter Berücksichtigung folgender allgemeiner Gesichtspunkte (siehe auch Abschnitt 2) geplant werden:

- der Geologie/Schichtenaufbau des Baugrundes;
- der Art des Bauwerks, der möglichen Gründungsart und der geplanten Arbeiten während der Errichtung;
- der Art der erforderlichen geotechnischen Parameter;
- der anzuwendenden Bemessungsverfahren.

(3) Die Untersuchungsmethoden oder die Kombination mehrerer Methoden sollten aus Verfahren ausgewählt werden, die in den Teilen der EN ISO 22476 genormt sind und in diesem Abschnitt behandelt werden. Diese sind:

- Drucksondierung;
- Pressiometer- und Dilatometerversuche;
- Standard Penetration Test;
- Rammsondierung;
- Gewichtssondierung;
- Flügelscherversuch;
- Versuch mit dem flachen Dilatometer;
- Belastungsversuch für Flachgründungen.

Tabelle 2.1 gibt einen allgemeinen Überblick über die Anwendbarkeit dieser Versuche unter verschiedenen Baugrundverhältnissen.

(4) Andere ergänzende, international anerkannte Untersuchungsverfahren, wie z. B. geophysikalische Verfahren, dürfen eingesetzt werden.

4.2 Allgemeine Anforderungen

4.2.1 Planung eines gezielten Versuchsprogramms

(1)P Ergänzend zu den Empfehlungen unter 2.3 und den unter 2.4 und 4.1(2) aufgeführten Anforderungen sind Informationen über folgende Fragestellungen zu beschaffen:

- das zu erwartende Baugrundprofil;
- die angestrebte Gesamttiefe der Erkundung;
- Höhenangaben der Geländeoberfläche und, falls verfügbar, des Grundwasserspiegels.

(2)P Im Zuge der Festlegung des Baugrunduntersuchungsprogramms muss die Auswahl der Art der Felduntersuchungen und der eingesetzten Gerätetechnik unter der Zielsetzung erfolgen, dass die bestmögliche technische und wirtschaftliche Lösung für den beabsichtigten Zweck sichergestellt ist.

ANMERKUNG Siehe auch Tabelle 2.1 und B.2.

4.2.2 Durchführung

(1)P Für die Versuche, die in diesem Abschnitt behandelt werden, müssen Gerätetechnik und Versuchsablauf den Anforderungen der  EN ISO 22476-1 bis EN ISO 22476-9 , EN ISO 22476-12 und EN ISO 22476-13 genügen.

ANMERKUNG Nähere Informationen über die Versuchsdurchführung, die Darstellung und die Interpretation der Versuche mit der Gewichtssonde und dem flachen Dilatometer können CEN ISO/TS 22476-10 bzw. CEN ISO/TS 22476-11 entnommen werden.

(2)P Wenn während der laufenden Untersuchungen Ergebnisse erhalten werden, die nicht den ersten Informationen über das Untersuchungsgebiet und/oder dem Ziel der Untersuchung entsprechen, sind zusätzliche Messungen in Betracht zu ziehen, wie z. B.:

- zusätzliche Versuche;
- Einsatz anderer Untersuchungsverfahren.

(3) Der Auftraggeber sollte umgehend benachrichtigt werden, wenn die geforderte Erkundungstiefe nicht erreicht wird.

4.2.3 Interpretation

(1)P Bei der Interpretation der Ergebnisse von Felduntersuchungen, insbesondere im Zusammenhang mit der Ableitung geotechnischer Parameter/Koeffizienten aus den Versuchsergebnissen, sind alle zusätzlichen Informationen über die Baugrundverhältnisse zu berücksichtigen.

(2)P Die Ergebnisse aller Probenahmen durch Bohrungen und Schürfe entsprechend Abschnitt 3 müssen vorliegen und sind der Interpretation der Versuchsergebnisse zugrunde zu legen.

(3)P Bei der Interpretation der Versuchsergebnisse sind mögliche geotechnische und versuchstechnische Einflüsse auf die Ergebnisse zu berücksichtigen. Wenn eine Boden- oder Felsformation Anisotropien aufweist, ist das Hauptaugenmerk im Hinblick auf die Anisotropie auf die Belastungsachse zu richten.

(4)P Wenn Korrelationen benutzt werden, um geotechnische Kenngrößen/Koeffizienten abzuleiten, ist deren Eignung für jedes einzelne Projekt sorgfältig zu prüfen.

(5)P Wenn die Angaben der Anhänge D bis K benutzt werden, muss sichergestellt sein, dass die Baugrundverhältnisse des Untersuchungsgebiets (Bodenart, Ungleichförmigkeitsgrad, Konsistenzzahl usw.) mit den vorgegebenen Grenzbedingungen für die Korrelationen vereinbar sind. Örtliche Erfahrungen sind zur Bestätigung der Ergebnisse zu benutzen, soweit diese verfügbar sind.

ANMERKUNG 1 Die Anhänge D bis K geben Beispiele für Korrelationen zur Festlegung abgeleiteter Werte und für den Gebrauch von Versuchswerten in den Bemessungsverfahren.

ANMERKUNG 2 X.3 enthält Beispiele für Korrelationen zur Festlegung abgeleiteter Werte und außerdem Beispiele für die direkte Anwendung von Versuchsergebnissen für die Bemessung.

4.3 Drucksondierungen mit und ohne Messeinrichtungen für den Porenwasserdruck (CPT, CPTM, CPTU)

4.3.1 Zweck

- (1) Das Ziel der Drucksondierung (CPT) ist die Ermittlung des Widerstands, den der Boden oder weiche Fels gegen eine Spitze und durch die örtliche Reibung an der Mantelfläche gegen das Eindringen der Sonde ausübt.
- (2)P Bei der Drucksondierung wird eine Drucksonde unter Verwendung von Verlängerungsstangen senkrecht in den Boden eingedrückt. Die Sonde ist mit einer gleichmäßigen Eindringgeschwindigkeit in den Boden einzudrücken. Sie besteht aus einem Kegel und, je nach Zweck, einem zylindrischen Mantel oder Reibungsmantel. Es ist der Eindringwiderstand der Spitze q_c (Spitzenwiderstand) und, falls zweckdienlich, die lokale Mantelreibung am Sondenschaft zu messen.
- (3)P Bei elektrischen Drucksondierungen sind alle Messungen mit Messwertaufnehmern durchzuführen, die in der Drucksonde angeordnet sind.
- (4) Bei mechanischen Drucksondierungen werden die Messungen im Allgemeinen entfernt von der Drucksonde vorgenommen.
- (5) Die piezometrische Drucksondierung, CPTU, ist eine elektrische Drucksondierung, bei der durch zusätzliche Messinstrumente der Porenwasserdruck während des Eindringens in Höhe der Spitze der Sonde gemessen wird.
- (6) Die Versuchsergebnisse sollten hauptsächlich für die Bestimmung des Baugrundprofils genutzt werden, zusammen mit den Ergebnissen der Probenahme aus Bohrungen oder Schürfen oder anderen Aufschlüssen gemäß Abschnitt 3 in Verbindung mit anderen Feldversuchen zur Erstellung eines Bodenprofils.
- (7) Die Ergebnisse können auch zur Festlegung geotechnischer Parameter, z. B. der Festigkeits- und Verformungseigenschaften von Boden und weichem Fels, benutzt werden, wenn das Eindringen der Drucksonde möglich ist. Sie können auch als direkte Eingangsgröße für Bemessungsverfahren benutzt werden, im Allgemeinen bei grob- und feinkörnigem Boden, aber möglicherweise auch bei anderen Ablagerungen.
- (8) Die Ergebnisse können ebenfalls zur Ermittlung von Pfahllänge und ihrem Pfahldruck- oder Pfahlzugwiderstand oder zur Festlegung der Abmessungen von Flachgründungen benutzt werden.

4.3.2 Besondere Anforderungen

- (1)P Die Versuche sind in Übereinstimmung mit einem Verfahren durchzuführen und zu dokumentieren, das die in EN ISO 22476-1 für die Drucksondierungen mit elektrischen Druckaufnehmern CPT und CPTU oder in EN ISO 22476-12 für die mechanische Drucksondierung  CPTM  gestellten Anforderungen erfüllt.
- (2)P Bei der Planung des Versuchsprogramms für ein Projekt sind neben den Anforderungen in 4.2.1 folgende Punkte festzulegen:
- Art der verlangten Drucksondierung nach EN ISO 22476-1 oder EN ISO 22476-12;
 - im Falle von Porenwasserdruck-Dissipationsversuchen: Tiefe und Zeitspanne, falls anwendbar.
- (3)P Jede Abweichung von den Anforderungen in EN ISO 22476-1 oder EN ISO 22476-12 ist zu begründen und zu dokumentieren. Vor allem Einflüsse auf die Ergebnisse sind zu erläutern.

4.3.3 Auswertung der Versuchsergebnisse

(1)P Zusätzlich zu den Anforderungen in 4.2 sind die Feldberichte und Versuchsbericht entsprechend EN ISO 22476-1 oder EN ISO 22476-12 zur Versuchsauswertung mit zu benutzen.

(2)P Mögliche geotechnische Einflüsse auf den Eindringwiderstand müssen bei der Interpretation der Versuchsergebnisse berücksichtigt werden, z. B. sollte in Tonen der um den Einfluss des Porenwasserdruckes korrigierte Spitzenwiderstand (q_t) zur Interpretation verwendet werden.

4.3.4 Anwendung der Versuchsergebnisse und von abgeleiteten Werten

4.3.4.1 Tragfähigkeit und Setzungen von Flachgründungen

(1)P Wenn der Grundbruchwiderstand oder die Setzung einer Flachgründung mit CPT-Ergebnissen ermittelt wird, ist entweder ein semi-empirisches oder ein analytisches Bemessungsverfahren anzuwenden.

ANMERKUNG Siehe z. B. EN 1997-1:2004, Anhang D oder F.

(2)P Bei dem semi-empirischen Verfahren, sind alle Besonderheiten des Verfahrens zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Wenn z. B. das semi-empirische Verfahren zur Berechnung der Setzung von Flachgründungen auf der Grundlage von CPT-Ergebnissen (siehe D.3) angewendet wird, wird z. B. nur der Elastizitätsmodul aus dem Spitzenwiderstand q_c bestimmt, wie im Beispiel gezeigt.

(3) Wenn das analytische Beispielverfahren für den Grundbruchwiderstand nach EN 1997-1:2004, Anhang D angewendet wird, darf die Kohäsion des undränierten Bodens feinkörniger Böden (c_u) aus einem CPT mit folgender Gleichung ermittelt werden:

$$c_u = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{N_k} \quad (4.1)$$

oder, wenn die Ergebnisse eines CPTU zugrunde liegen:

$$c_u = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_{kt}} \quad (4.2)$$

Dabei ist

q_c der Spitzenwiderstand der Drucksonde;

q_t der Spitzenwiderstand, korrigiert um die Einflüsse des Porenwasserdruckes;

N_k, N_{kt} die Koeffizienten, die auf Grund örtlicher Erfahrung oder zuverlässiger Korrelationen geschätzt werden;

σ_{v0} die vertikale Ausgangsspannung in der betrachteten Tiefe.

(4) Wenn das analytische Beispielverfahren für die Berechnung des Grundbruchwiderstands nach EN 1997-1:2004, Anhang D angewendet wird, darf der Reibungswinkel (φ') mit dem Spitzenwiderstand (q_c) auf der Grundlage örtlicher Erfahrung ermittelt werden, falls erforderlich unter Berücksichtigung des Tiefeneinflusses.

ANMERKUNG 1 Ein Beispiel für die Bandbreite der ermittelten Werte von φ' aus q_c für Quarz- und Feldspatsande zur Berechnung des Grundbruchwiderstands von Flachgründungen, wenn Tiefeneffekte nicht berücksichtigt werden müssen, gibt D.1.

ANMERKUNG 2 Zusätzlich ist ein Beispiel für die Korrelation von φ' und q_c für enggestufte Sande in D.2 angegeben. Die Korrelation in D.2 sollte als eine konservative Schätzung betrachtet werden.

(5) **[AC]** Genauere **[AC]** Verfahren zur Bestimmung von φ' aus q_c , bei denen die wirksame Vertikalspannung, die Zusammendrückbarkeit und das Vorbelastungsverhältnis berücksichtigt werden, dürfen ebenfalls benutzt werden.

(6) Wenn ein angepasstes Elastizitätsverfahren für die Setzungsberechnung von Flachgründungen auf Grundlage von CPT-Ergebnissen angewendet wird, hängt die Beziehung zwischen Spitzenwiderstand q_c und dem dränierten (Langzeit-)Elastizitätsmodul E' von der Art des Verfahrens ab: ein semi-empirisches oder ein theoretisches Elastizitätsverfahren.

ANMERKUNG EN 1997-1:2004, Anhang F enthält ein angepasstes Elastizitätsverfahren.

(7) Semi-empirische Verfahren dürfen zur Berechnung von Setzungen in grobkörnigem Boden benutzt werden.

ANMERKUNG Ein Beispiel wird in D.3 gegeben.

(8) Wenn ein theoretisches Elastizitätsverfahren benutzt wird, darf der dränierte (Langzeit-)Elastizitätsmodul (E') mit Hilfe des Spitzenwiderstandes (q_c) auf der Grundlage örtlicher Erfahrungen ermittelt werden.

ANMERKUNG Ein Beispiel für eine Auswahl von Werten für Quarz- und Feldspatsande zur Abschätzung von E' aus q_c wird in D.1 angegeben.

(9) Beziehungen zwischen dem Oedometer-Modul (E_{oed}) und dem Spitzenwiderstand (q_c) dürfen ebenfalls zur Setzungsberechnung von Flachgründungen benutzt werden. Häufig benutzt wird folgender Zusammenhang zwischen E_{oed} und q_c :

$$E_{\text{oed}} = \alpha \times q_c \quad (4.3)$$

Dabei ist

α ein Korrelationsfaktor auf Grundlage örtlicher Erfahrungen.

ANMERKUNG Ein Beispiel für eine Beziehung wird in D.4 gegeben.

(10) Wenn ein theoretisches Elastizitätsverfahren zur Berechnung von Setzungen von Flachgründungen benutzt wird, darf ein spannungsabhängiger Oedometer-Modul E_{oed} benutzt werden, der aus dem Spitzenwiderstand q_c abgeleitet wurde.

ANMERKUNG 1 Beispiele für theoretische elastische Verfahren werden in EN 1997-1:2004, Anhang F angegeben.

ANMERKUNG 2 Beispiele für Korrelationen von q_c und E_{oed} werden in D.5 angegeben. Die Korrelationen in D.5 sollten als konservative Abschätzungen betrachtet werden.

4.3.4.2 Pfahltragfähigkeit

(1)P Wenn der Grenzwert des Eindringwiderstands von Druck- oder Zugpfählen aus CPT-Ergebnissen nach EN 1997-1:2004, 7.6.2.3 oder 7.6.3.3 abgeleitet wird, sind Berechnungsregeln anzuwenden, die auf örtlich anerkannten Beziehungen zwischen den Ergebnissen von Pfahlprobelastungen und CPT-Ergebnissen beruhen.

ANMERKUNG 1 D.6 zeigt ein Beispiel für derartige Beziehungen für grobkörnigen Boden.

ANMERKUNG 2 D.7 enthält ein Beispiel für die Einschätzung des Eindringwiderstandes eines Einzelpfahles auf der Grundlage von q_c -Werten aus einer Drucksondierung.

4.4 Pressiometerversuche (PMT)

4.4.1 Zweck

(1) Der Zweck des Pressiometerversuchs ist es, durch die Aufweitung einer zylindrischen, flexiblen Membran unter Druck die Verformung von Boden und weichem Fels in situ zu messen.

(2)P Der Versuch besteht darin, eine Sonde mit einer zylindrischen, flexiblen Membran in den Untergrund einzubringen, entweder in ein vorgebohrtes Loch, selbstbohrend oder durch vollverdrängendes Eindrücken. In der festgelegten Tiefe wird die Membran unter Druckaufbringung ausgedehnt, die Druckwerte und die Ausdehnung werden aufgezeichnet, bis ein Maximalwert der Ausdehnung für das eingesetzte Gerät erreicht ist.

ANMERKUNG Die Ausdehnung wird über die radiale Verschiebung gemessen oder aus der Volumenänderung der zylindrischen Membran berechnet.

(3) Der Versuch sollte dazu benutzt werden, Festigkeits- und/oder Verformungsparameter des Untergrundes oder besondere Pressiometer-Parameter abzuleiten.

(4) Die Versuche können dazu dienen, Spannungs-Dehnungs-Kurven von feinkörnigem Boden und weichem Fels abzuleiten.

4.4.2 Besondere Anforderungen

(1)P Bei der Planung des Versuchsprogramms für ein Projekt ist der Typ des Pressiometers, das verwendet werden soll, genau anzugeben.

(2)P Im Allgemeinen sind vier verschiedene Hauptarten von Geräten verfügbar, für die die zugehörigen Normen angewandt werden müssen:

- vorgebohrte Pressiometerversuche (PBP) wie z. B. mit dem flexiblen Dilatometer (FDT), entsprechend EN ISO 22476-5;
- Pressiometer nach Ménard (MPM), eine besondere Art des PBP, entsprechend EN ISO 22476-4;
- selbstbohrendes Pressiometer (SBP), entsprechend EN ISO 22476-6;
- Pressiometer mit Vollverdrängung (FDP), entsprechend EN ISO 22476-8.

ANMERKUNG Das PBP und das MPM werden in ein Versuchsloch abgelassen, das gesondert für den Pressiometerversuch hergestellt wurde. Das SBP wird in den Untergrund mit einem integrierten Schneidkopf am unteren Ende eingebohrt, so dass die Sonde das Material ersetzt und sich somit ihr eigenes Versuchsloch herstellt. Das FDP wird üblicherweise mit einer integrierten Spitze am unteren Ende in den Boden eingedrückt, die das erforderliche Versuchsloch herstellt. Das MPM kann in einigen Fällen in den Untergrund eingedrückt oder eingerammt werden. PBP-, SBP- und FDP-Sonden können eine Anzahl von Formen annehmen, die im Einklang mit der Art des Einbaus und des Messsystems stehen.

(3) Nach dem grundsätzlichen Vorgehen dürfen zwei unterschiedliche Versuchsabläufe angewendet werden:

- ein Versuchsablauf, um einen Pressiometer-Modul (E_M) und einen Grenzdruck (p_{LM}) zu erhalten, die für das Bemessungsverfahren verwendet werden dürfen, das für das Ménard-Pressiometer gilt, und
- ein Verfahren, um andere Parameter für die Steifigkeit oder Festigkeit zu erhalten.

(4)P Die Versuche sind in Übereinstimmung mit einem Versuchsverfahren auszuführen und zu dokumentieren, das die Anforderungen an den speziellen, verwendeten Gerätetyp erfüllt (siehe 4.4.2(2)P).