

DIN EN 1997-1

ICS 91.010.30; 93.020

Ersatz für
DIN EN 1997-1:2009-09

**Eurocode 7 –
Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik –
Teil 1: Allgemeine Regeln;
Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009 + A1:2013**

Eurocode 7: Geotechnical design –
Part 1: General rules;
German version EN 1997-1:2004 + AC:2009 + A1:2013

Eurocode 7: Calcul géotechnique –
Partie 1: Règles générales;
Version allemande EN 1997-1:2004 + AC:2009 + A1:2013

Gesamtumfang 168 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1997-1:2004 + AC:2009 + A1:2013) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Im DIN, Deutsches Institut für Normung e. V. war hierfür der Arbeitsausschuss NA 005-05-01 AA „Sicherheit im Erd- und Grundbau“ (SpA zu CEN/TC 250/SC 7/PT 1) des Normenausschusses Bauwesen (NABau) zuständig.

Der Beginn und das Ende des hinzugefügten oder geänderten Textes aus der Änderung A1 wird durch die Textmarkierungen **A1** **A1** angezeigt.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1997-1:2009-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Änderung EN 1997-1:2004/A1:2013 wurde eingearbeitet;
- b) die deutsche Übersetzung wurde an mehreren Stellen verbessert.

Frühere Ausgaben

DIN 1054: 1934-08; 1940-08; 1953x-10; 1969-11; 1976-11; 2003-01; 2005-01
DIN 1054 Berichtigung 1: 2003-10, 2005-04
DIN 1054 Berichtigung 2: 2007-04
DIN 1054 Berichtigung 3: 2008-01
DIN 1054 Berichtigung 4: 2008-10
DIN 1054/A1: 2009-07
DIN 4014: 1960-12; 1969-11
DIN 4026: 1968-07; 1975-08
DIN 4125-1: 1972-06; 1988-03
DIN 4125-2: 1976-02
DIN 4014-1: 1975-08
DIN 4014-2: 1977-09
DIN 4128: 1983-04
DIN 4125: 1990-12
DIN V ENV 1997-1: 1996-04
DIN EN 1997-1: 2005-10; 2008-10; 2009-09

Deutsche Fassung

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

Eurocode 7: Geotechnical design —
Part 1: General rules

Eurocode 7: Calcul géotechnique —
Partie 1: Règles générales

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 23. April 2004 angenommen.

Die Berichtigung tritt am 18. Februar 2009 in Kraft.

Die Änderung 1 wurde am 8. August 2013 angenommen.

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 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, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	7
Vorwort zur Änderung A1	7
1 Allgemeines	11
1.1 Anwendungsbereich	11
1.1.1 Anwendungsbereich der EN 1997	11
1.1.2 Anwendungsbereich der EN 1997-1	11
1.1.3 Weitere Teile der EN 1997	12
1.2 Normative Verweisungen	12
1.3 Voraussetzungen	13
1.4 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln	13
1.5 Begriffe	14
1.5.1 Einheitliche Begriffe in allen Eurocodes	14
1.5.2 Besondere Begriffe in EN 1997-1	14
1.6 Symbole	15
2 Grundlagen der geotechnischen Bemessung	21
2.1 Anforderungen an Entwurf, Berechnung und Bemessung	21
2.2 Bemessungssituationen	23
2.3 Dauerhaftigkeit	24
2.4 Geotechnische Bemessung auf Grund von Berechnungen	25
2.4.1 Allgemeines	25
2.4.2 Einwirkungen	26
2.4.3 Baugrundeigenschaften	28
2.4.4 Geometrische Vorgaben	29
2.4.5 Charakteristische Werte	29
2.4.6 Bemessungswerte	30
2.4.7 Grenzzustände der Tragfähigkeit	32
2.4.8 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	36
2.4.9 Grenzwerte für Fundamentbewegungen	37
2.5 Entwurf und Bemessung auf Grund von anerkannten Tabellenwerten	38
2.6 Probelbelastungen und Modellversuche	38
2.7 Beobachtungsmethode	38
2.8 Geotechnischer Entwurfsbericht	39
3 Geotechnische Unterlagen	40
3.1 Allgemeines	40
3.2 Geotechnische Untersuchungen	40
3.2.1 Allgemeines	40
3.2.2 Voruntersuchungen	40
3.2.3 Hauptuntersuchungen	41
3.3 Ableitung geotechnischer Kenngrößen	41
3.3.1 Allgemeines	41
3.3.2 Ansprache der Boden- und Felsart	42
3.3.3 Wichte	43
3.3.4 Lagerungsdichte	43
3.3.5 Verdichtungsgrad	43
3.3.6 Scherfestigkeit	43
3.3.7 Bodensteifigkeit	44
3.3.8 Güte und Eigenschaften von Gestein und Fels (Gebirge)	44
3.3.9 Kenngrößen für die Durchlässigkeit und Konsolidation von Boden und Fels	46

3.3.10	Geotechnische Kenngrößen aus Feldversuchen.....	46
3.4	Geotechnischer Untersuchungsbericht.....	48
3.4.1	Anforderungen.....	48
3.4.2	Darstellung der geotechnischen Befunde.....	49
3.4.3	Bewertung der geotechnischen Befunde.....	50
4	Bauüberwachung, Kontrollmessungen und Instandhaltung.....	50
4.1	Allgemeines.....	50
4.2	Bauüberwachung.....	51
4.2.1	Überwachungsprogramm.....	51
4.2.2	Beaufsichtigung und Kontrolle.....	51
4.2.3	Überprüfung der Planungsvorgaben.....	52
4.3	Kontrolle der Baugrundverhältnisse.....	52
4.3.1	Boden und Fels.....	52
4.3.2	Grundwasser.....	53
4.4	Kontrolle der Baudurchführung.....	54
4.5	Kontrollmessungen.....	54
4.6	Instandhaltung.....	55
5	Schüttungen, Wasserhaltung, Bodenverbesserung und Bodenbewehrung.....	56
5.1	Allgemeines.....	56
5.2	Grundsätzliche Anforderungen.....	56
5.3	Ausführung von Schüttungen.....	56
5.3.1	Grundsätze.....	56
5.3.2	Wahl des Schüttmaterials.....	57
5.3.3	Wahl der Einbau- und Verdichtungsverfahren.....	58
5.3.4	Überprüfung der Schüttung.....	59
5.4	Wasserhaltung.....	60
5.5	Bodenverbesserung und Bodenbewehrung.....	61
6	Flächengründungen.....	61
6.1	Allgemeines.....	61
6.2	Grenzzustände.....	61
6.3	Einwirkungen und Bemessungssituationen.....	62
6.4	Gesichtspunkte bei Bemessung und Ausführung.....	62
6.5	Nachweise für den Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	63
6.5.1	Gesamtstandsicherheit.....	63
6.5.2	Grundbruchwiderstand.....	63
6.5.3	Gleitwiderstand.....	64
6.5.4	Stark exzentrische Belastung.....	65
6.5.5	Tragwerksversagen durch Fundamentbewegung.....	66
6.6	Bemessung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.....	66
6.6.1	Allgemeines.....	66
6.6.2	Setzung.....	66
6.6.3	Hebung.....	68
6.6.4	Schwingungsberechnung.....	68
6.7	Gründungen auf Fels; ergänzende Gesichtspunkte bei Entwurf und Bemessung.....	68
6.8	Bemessung der Bauteile von Flächengründungen.....	68
6.9	Vorbereitung der Baugrubensohle.....	69
7	Pfahlgründungen.....	69
7.1	Allgemeines.....	69
7.2	Grenzzustände.....	70
7.3	Einwirkungen und Bemessungssituationen.....	70
7.3.1	Allgemeines.....	70
7.3.2	Einwirkungen durch Bodenverschiebung.....	70
7.4	Verfahren und Gesichtspunkte bei Entwurf und Bemessung.....	72
7.4.1	Entwurfs- und Bemessungsverfahren.....	72
7.4.2	Gesichtspunkte bei der Bemessung.....	72
7.5	Pfahlprobelastungen.....	73
7.5.1	Allgemeines.....	73

7.5.2	Statische Probelastungen	74
7.5.3	Dynamische Probelastungen	75
7.5.4	Probelastungsbericht.....	75
7.6	Axial beanspruchte Pfähle	76
7.6.1	Allgemeines	76
7.6.2	Widerstand bei Druck.....	76
7.6.3	Widerstand bei Zug.....	82
7.6.4	Vertikalverschiebungen von Pfahlgründungen (Gebrauchstauglichkeit des gestützten Bauwerks).....	85
7.7	Quer beanspruchte Pfähle	86
7.7.1	Allgemeines	86
7.7.2	Widerstand gegen Querbeanspruchung auf Grund von Pfahlprobelastungen	86
7.7.3	Widerstand gegen Querbeanspruchung auf Grund von Baugrunduntersuchungen und Kenngrößen der Pfahlfestigkeit	87
7.7.4	Verschiebung bei Querbeanspruchung	87
7.8	Innere Bemessung des Pfahles.....	87
7.9	Bauüberwachung.....	88
8	A1 Anker A1	89
8.1	A1 Allgemeines	89
8.1.1	Geltungsbereich.....	89
8.1.2	Definitionen	89
8.2	Grenzzustände	91
8.3	Bemessungssituationen und Einwirkungen.....	91
8.4	Gesichtspunkte bei Bemessung und Ausführung	91
8.5	Nachweis für den Grenzzustand der Tragfähigkeit von Ankern.....	92
8.5.1	Allgemeines	92
8.5.2	Widerstand im Grenzzustand der Tragfähigkeit in der Geotechnik	93
8.5.3	Widerstand im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit in der Geotechnik	94
8.5.4	Materialwiderstand	95
8.6	Ankerprüfungen	95
8.6.1	Untersuchungs- oder Eignungsprüfungen	95
8.6.2	Abnahmeprüfungen	95
8.7	Festlegekraft für vorgespannte Anker	96
8.8	Bauüberwachung, Kontrollmessungen und Wartung	96
9	Stützbauwerke.....	96
9.1	Allgemeines	96
9.1.1	Geltungsbereich.....	96
9.1.2	Definitionen	96
9.2	Grenzzustände	97
9.3	Einwirkungen, geometrische Angaben und Bemessungssituationen	98
9.3.1	Einwirkungen	98
9.3.2	Geometrische Vorgaben	99
9.3.3	Bemessungssituationen	100
9.4	Gesichtspunkte bei Bemessung und Ausführung	100
9.4.1	Allgemeines	100
9.4.2	Dränsysteme	101
9.5	Erddruckermittlung.....	102
9.5.1	Allgemeines	102
9.5.2	Werte des Erdruhedrucks	103
9.5.3	Grenzwerte des Erddrucks	103
9.5.4	Zwischenwerte des Erddrucks	103
9.5.5	Verdichtungswirkung	104
9.6	Wasserdrücke	104
9.7	Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit	104
9.7.1	Allgemeines	104
9.7.2	Gesamtstandsicherheit	105
9.7.3	Fundamentversagen bei Gewichtsstützwänden	105
9.7.4	Versagen bodengestützter Wände durch Drehung	106

9.7.5	Versagen bodengestützter Wände durch Vertikalbewegung	106
9.7.6	Innere Bemessung von Stützbauwerken	107
9.7.7	Versagen von A_1 Ankern A_1	107
9.8	Bemessung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	108
9.8.1	Allgemeines	108
9.8.2	Verschiebungen.....	108
10	Hydraulisch verursachtes Versagen	109
10.1	Allgemeines	109
10.2	Versagen durch Aufschwimmen.....	110
10.3	Hydraulischer Grundbruch.....	113
10.4	Innere Erosion	114
10.5	Versagen durch Piping	114
11	Gesamtstandsicherheit.....	115
11.1	Allgemeines	115
11.2	Grenzzustände	116
11.3	Einwirkungen und Bemessungssituationen	116
11.4	Gesichtspunkte bei Berechnung und Ausführung	117
11.5	Berechnung im Grenzzustand der Tragfähigkeit	118
11.5.1	Nachweis der Gesamtstandsicherheit	118
11.5.2	Felsböschungen und Einschnitte	119
11.5.3	Standicherheit von Baugruben	120
11.6	Berechnung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.....	120
11.7	Kontrollmessungen	120
12	Erddämme	121
12.1	Allgemeines	121
12.2	Grenzzustände	121
12.3	Einwirkungen und Bemessungssituationen	121
12.4	Gesichtspunkte bei Entwurf und Ausführung	122
12.5	Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	123
12.6	Bemessung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	123
12.7	Bauüberwachung und Kontrollmessungen	124
Anhang A (normativ) Teilsicherheitsbeiwerte und Streuungsfaktoren für Grenzzustände der		
	Tragfähigkeit A_1 und der Gebrauchstauglichkeit sowie A_1 empfohlene Zahlenwerte	125
A.1	Teilsicherheitsbeiwerte und Streuungsfaktoren	125
A.2	Teilsicherheitsbeiwerte für die Nachweise von Grenzzuständen der Lagesicherheit (EQU)....	125
A.3	Teilsicherheitsbeiwerte für den Nachweis von Grenzzuständen im Tragwerk (STR) und Grenzzuständen im Baugrund (GEO).....	126
A.3.1	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen (γ_F) oder Beanspruchungen (γ_E).....	126
A.3.2	Teilsicherheitsbeiwerte für Bodenkenngrößen (γ_M).....	127
A.3.3	Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände (γ_R)	128
A.4	Teilsicherheitsbeiwerte für Nachweise von Aufschwimm-Grenzzuständen (UPL)	131
A.5	Teilsicherheitsbeiwerte für den Nachweis der hydraulischen Grundbruchsicherheit (HYD)	133
A.6	Teilsicherheitsbeiwerte, Streuungsfaktoren, Grenzkriterien für die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit und Anzahl der Untersuchungs- /Eignungsprüfungen für Anker	134
Anhang B (informativ) Erläuterungen zu den Teilsicherheitsbeiwerten für die		
	Nachweisverfahren 1, 2 und 3.....	136
B.1	Allgemeines	136
B.2	Beiwerte für Einwirkungen und Beanspruchungen.....	136
B.3	Beiwerte für geotechnische Kenngrößen und Widerstände	137
Anhang C (informativ) Beispiele zur Ermittlung von Erddrücken.....		139
C.1	Grenzwerte des Erddrucks	139
C.2	Berechnungsverfahren zur Ermittlung aktiver und passiver Erddrücke.....	148
C.3	Zur Weckung der Grenzwerte des Erddrucks erforderliche Wandbewegungen	151
Anhang D (informativ) Beispiel für eine analytische Ermittlung des Grundbruchwiderstands.....		153

D.1	Im Anhang D verwendete Symbole	153
D.2	Allgemeines	154
D.3	Unkonsolidierte Verhältnisse	154
D.4	Konsolidierte Verhältnisse	155
Anhang E (informativ) Beispiel eines halbempirischen Verfahrens zur Abschätzung der Tragfähigkeit einer Flächengründung		157
Anhang F (informativ) Beispiele für Verfahren zur Setzungsermittlung		158
F.1	Spannungs-Verformungs-Verfahren	158
F.2	Angepasstes Elastizitätsverfahren	158
F.3	Sofortsetzungen	159
F.4	Konsolidationssetzungen	159
F.5	Zeitsetzungsverhalten	159
Anhang G (informativ) Beispiel für ein Verfahren zur Ermittlung von Bemessungssohlrücken für Flächenfundamente auf Fels		160
Anhang H (informativ) Grenzwerte für Bauwerksverformungen und Fundamentbewegungen		163
Anhang J (informativ) Kontrollliste für die Überwachung der Bauausführung und des fertigen Bauwerks		165
J.1	Allgemeines	165
J.2	Bauüberwachung	165
J.2.1	Allgemeine Kontrollen	165
J.2.2	Grundwasserströmung und Porenwasserdruck	165
J.3	Messungen am fertigen Bauwerk	166

Vorwort

Dieses Dokument (EN 1997-1:2004) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird. CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus zuständig.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Mai 2005, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2010 zurückgezogen werden.

Diese Europäische Norm ersetzt ENV 1997-1:1994.

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

Vorwort zur Änderung A1

Dieses Dokument (EN 1997-1:2004/A1:2013) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Änderung zur Europäischen Norm EN 1997-1:2004 muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis November 2014, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis November 2014 zurückgezogen werden.

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

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, 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, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Grundlage des europäischen Normungsprogramms

1975 beschloss die Kommission der Europäischen Gemeinschaft ein Aktionsprogramm für das Bauwesen gemäß Artikel 95 des Vertrags. Ziel des Programms waren 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 Lenkungskomitees 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 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 Bauproduktenrichtlinie 89/106/EWG – BPR – 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:

EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke*

EN 1992, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken*

EN 1993, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*

EN 1994, *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton*

EN 1995, *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten*

EN 1996, *Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion 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: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken*

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 die wesentliche Anforderung 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).

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).

Die Eurocodes haben, soweit sie sich mit der Bauausführung selbst befassen, eine direkte Beziehung zu den erläuternden Dokumenten²⁾ nach Art. 12 der BPR, 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 Spezifikationen mit den Eurocodes zu erreichen.

Die Eurocodes enthalten allgemeine konstruktive Entwurfsregeln 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 Fachleute.

Nationale Normen zur Einbeziehung von Eurocodes

Nationale Normen, die die Eurocodes einbeziehen, werden den vollständigen Text des Eurocodes (einschließlich irgendwelcher Anhänge) umfassen, wie er vom CEN veröffentlicht wird. Vorangestellt werden dürfen ein nationales Titelblatt und ein nationales Vorwort, und angeschlossen werden darf ein Nationaler Anhang.

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 (geographische, klimatische), z. B. eine Schneehöhenkarte;
- anzuwendende Verfahren, wo der Eurocode Alternativen nennt.

Er darf auch enthalten:

- Entscheidungen zur Anwendung informativer Anhänge;
- benutzerfreundliche Hinweise auf nicht konträre ergänzende Informationen.

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.

Verknüpfungen zwischen Eurocodes und harmonisierten Technischen Spezifikationen (ENs und ETAs) für Bauprodukte

Erforderlich ist die Konsistenz zwischen den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte und den technischen Regeln für die Tragwerksplanung⁴⁾. Ferner sollten alle begleitenden Informationen zu den CE-Kennzeichen der Bauprodukte, die auf Eurocodes Bezug nehmen, deutlich angeben, welche national festgelegten Kennwerte eingesetzt wurden.

Zusatzinformation speziell zum Eurocode 7

EN 1997-1 regelt den Entwurf, die Berechnung und Bemessung in der Geotechnik sowie die geotechnischen Einwirkungen bei Gebäuden und Ingenieurbauwerken.

EN 1997-1 richtet sich an Bauherren, Planer, Unternehmer und Verwaltungen.

EN 1997-1 soll in Verbindung mit EN 1990 und EN 1991 bis EN 1999 angewendet werden.

Bei der Anwendung von EN 1997-1 in der Praxis sollte den in 1.3 zu Grunde gelegten Voraussetzungen und Bedingungen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Die 12 Abschnitte der EN 1997-1 werden durch 1 normativen und 8 informative Anhänge ergänzt.

Nationaler Anhang zur EN 1997-1

Diese Norm enthält alternative Verfahren, Werte und Empfehlungen mit Hinweisen, wo die nationalen Entscheidungen erforderlich sind. Daher sollte die nationale Normungsorganisation bei der Einführung der EN 1997-1 einen Nationalen Anhang anfügen, der alle national festgelegten Kenngrößen für den Entwurf von Hoch- und Ingenieurbauwerken enthält, die in dem betreffenden Land errichtet werden sollen.

Nationale Festlegungen sind in EN 1997-1 in folgenden Abschnitten zugelassen:

- 2.1 (8)P, 2.4.6.1 (4)P, 2.4.6.2 (2)P, 2.4.7.1 (2)P, 2.4.7.1 (3), 2.4.7.1 (4), 2.4.7.1 (5), 2.4.7.1 (6), 2.4.7.2 (2)P, 2.4.7.3.2 (3)P, 2.4.7.3.3 (2)P, 2.4.7.3.4.1 (1)P, 2.4.7.4 (3)P, 2.4.7.5 (2)P, 2.4.8 (2), 2.4.9 (1)P, 2.5 (1), 7.6.2.2 (8)P, 7.6.2.2 (14)P, 7.6.2.3 (4)P, 7.6.2.3 (5)P, 7.6.2.3 (8), 7.6.2.4 (4)P, 7.6.3.2 (2)P, 7.6.3.2 (5)P, 7.6.3.3 (3)P, 7.6.3.3 (4)P, 7.6.3.3 (6), **[A1]** 8.4(6)P, 8.4(7)P, 8.5.1(1)P, 8.5.1(2)P, 8.5.2(1)P, 8.5.2(2)P, 8.5.2(3)P, 8.5.2(5)P, 8.5.3(1)P, 8.5.3(2)P, 8.5.3(3)P, 8.5.3(4)P, 8.6.2(2)P, 8.6.2(3)P **[A1]**, 10.2 (3), 11.5.1 (1)P;

und bei folgenden Anhängen:

- A.2;
- **[A1]** A.3.1, A.3.2, A.3.3.1, A.3.3.2, A.3.3.3, A.3.3.5, A.3.3.6; **[A1]**
- A.4;
- A.5;
- **[A1]** A.6 **[A1]**.

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

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

1.1.1 Anwendungsbereich der EN 1997

- (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 Gesichtspunkte bei der Planung von Hoch- und Ingenieurbauwerken anzuwenden. Sie ist in mehrere Teile gegliedert (siehe 1.1.2 und 1.1.3).
- (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 der EN 1997-1

- (1) EN 1997-1 ist als allgemeine Grundlage für die geotechnischen Gesichtspunkte beim Entwurf von Hoch- und Ingenieurbauwerken vorgesehen.

- (2) Folgende Themen werden in EN 1997-1 behandelt:

Abschnitt 1: Allgemeines

Abschnitt 2: Grundlagen der geotechnischen Bemessung

Abschnitt 3: Geotechnische Unterlagen

Abschnitt 4: Bauüberwachung, Kontrollmessungen und Instandhaltung

Abschnitt 5: Schüttungen, Wasserhaltung, Bodenverbesserung und Bodenbewehrung

Abschnitt 6: Flächengründungen

Abschnitt 7: Pfahlgründungen

Abschnitt 8:  Anker 

Abschnitt 9: Stützbauwerke

Abschnitt 10: Hydraulisch verursachtes Versagen

Abschnitt 11: Gesamtstandsicherheit

Abschnitt 12: Erddämme

(3) EN 1997-1 wird durch Anhänge A bis J ergänzt. Sie enthalten:

- im Anhang A: empfohlene Teilsicherheitsbeiwerte; abweichende Teilsicherheitsbeiwerte können in einem Nationalen Anhang festgelegt werden;
- in den Anhängen B bis J: Erläuterungen, wie z. B. international angewendete Berechnungsverfahren.

1.1.3 Weitere Teile der EN 1997

(1) EN 1997-1 wird durch EN 1997-2 ergänzt, worin Anforderungen an die Durchführung und Auswertung von Feld- und Laborversuchen angegeben werden.

1.2 Normative Verweisungen

Die folgenden Normen enthalten Regelungen, auf die in dieser Europäischen Norm durch Hinweis Bezug genommen wird. Bei datierten Hinweisen gelten spätere Änderungen oder Ergänzungen der in Bezug genommenen Normen nicht. Jedoch sollte bei Bedarf geprüft werden, ob die jeweils gültige Ausgabe der Normen angewendet werden darf. Bei undatierten Hinweisen gilt die jeweils gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

ANMERKUNG Die Eurocodes wurden als Europäische Vornormen veröffentlicht. Die folgenden bereits veröffentlichten oder in Bearbeitung befindlichen Normen werden normativ zitiert.

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

EN 1991, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke*

EN 1991-4, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 4: Einwirkungen auf Silos und Tanks*

EN 1992, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken*

EN 1992-1-1:2004, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau* 

EN 1993, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*

EN 1994, *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton*

EN 1995, *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten*

EN 1996, *Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten*

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

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

EN 1999, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken*

EN 1536:1999, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Bohrspfähle*

EN 1537, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Verpressanker* 

EN 12063:1999, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Spundwandkonstruktionen*

EN 12699:2000, *Ausführung spezieller geotechnischer Arbeiten (Spezialtiefbau) — Verdrängungspfähle*

EN 14199, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Pfähle mit kleinen Durchmessern (Mikropfähle)*

EN ISO 13793:2001, *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden — Wärmetechnische Bemessung von Gebäudegründungen zur Vermeidung von Frosthebung*

 EN ISO 22477-5, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Prüfung von geotechnischen Bauwerken und Bauwerksteilen — Teil 5: Ankerprüfungen (in Vorbereitung)* 

1.3 Voraussetzungen

- (1) Es wird auf EN 1990:2002, 1.3 hingewiesen.
- (2) Die Bestimmungen dieser Norm beruhen auf nachstehenden Voraussetzungen:
 - die für die Planung erforderlichen Unterlagen wurden von angemessen qualifiziertem Personal gesammelt, dokumentiert und interpretiert;
 - die Bauwerke werden von angemessen qualifiziertem und erfahrenem Personal geplant;
 - bei den für die Erstellung der Entwurfgrundlagen, für die Planung und für die Ausführung Zuständigen sind Kontinuität und eine sachgerechte Kommunikation gegeben;
 - eine angemessene Überwachung und Qualitätskontrolle in Produktionsstätten, Anlagen und auf der Baustelle sind vorhanden;
 - die Bauarbeiten werden norm- und vertragsgerecht von entsprechend geschultem und erfahrenem Personal ausgeführt;
 - Baustoffe und Bauprodukte werden entsprechend den Vorgaben dieser Norm oder den entsprechenden Lieferbedingungen für Stoffe und Produkte eingesetzt;
 - das Bauwerk wird in angemessenem Umfang und für die Dauer seiner Nutzung so unterhalten, dass seine Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit sichergestellt sind;
 - das Bauwerk wird so genutzt, wie in der Planung vorgesehen.
- (3) Es ist notwendig, dass sich Planverfasser und Auftraggeber dieser Voraussetzungen bewusst sind. Zur Vermeidung von Unklarheiten sollten sie aktenkundig gemacht werden, z. B. im Geotechnischen Entwurfsbericht.

1.4 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln

- (1) Je nach dem Charakter der einzelnen Regeln wird in EN 1997-1 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 Zustimmung 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.

(5) Alternativen zu den in EN 1997-1 angegebenen Anwendungsregeln sind zulässig, wenn sie den einschlägigen Grundsätzen entsprechen und hinsichtlich Sicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit mindestens dem entsprechen, was man bei Anwendung der Eurocodes erwarten würde.

ANMERKUNG Wenn an Stelle einer Bemessung entsprechend den Anwendungsregeln der EN 1997-1 eine alternative Bemessung vorgelegt wird, so entspricht sie nicht vollständig EN 1997-1, auch wenn das Vorgehen im Rahmen der Prinzipien der EN 1997-1 bleibt. Wenn EN 1997-1 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 1997-1 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) Für die Anwendung dieser Europäischen Norm und in allen Eurocodes gelten die in EN 1990:2002, 1.5, angegebenen Begriffe.

1.5.2 Besondere Begriffe in EN 1997-1

1.5.2.1

geotechnische Einwirkung

Einwirkung auf das Bauwerk durch den Baugrund, eine Auffüllung, Gewässer oder Grundwasser

ANMERKUNG Die Definition entspricht der in EN 1990:2002 angegebenen.

1.5.2.2

vergleichbare Erfahrung

dokumentierte oder anderweitig belegte Informationen zum Baugrund, die beim Entwurf, der Berechnung und der Bemessung bei gleichen Boden- oder Felsarten Verwendung finden, soweit vergleichbares geotechnisches Verhalten bei vergleichbaren Bauwerken zu erwarten ist. Als besonders relevant sind dabei örtlich gewonnene Erkenntnisse anzusehen

1.5.2.3

Baugrund

Boden, Fels und Auffüllung, die vor Beginn der Baumaßnahme vor Ort vorhanden sind

1.5.2.4

Bauwerk

planmäßige Anordnung miteinander verbundener Bauteile, einschließlich während der Bauausführung vorgenommener Auffüllung, zum Zweck der Lastabtragung und zur Erzielung ausreichender Steifigkeit

ANMERKUNG Die Definition entspricht der in EN 1990:2002 angegebenen.

1.5.2.5

abgeleiteter Wert

Wert einer geotechnischen Kenngröße, der mittels Theorie, Korrelation oder Erfahrung aus Versuchsergebnissen gewonnen wird

1.5.2.6

Steifigkeit

Materialwiderstand gegen Verformung

1.5.2.7

Widerstand

mechanische Eigenschaft eines Bauteils oder eines Bauteil-Querschnitts, Einwirkungen ohne Versagen zu widerstehen, wie z. B. der Widerstand des Baugrunds oder Biege- oder Knickwiderstand, Zugwiderstand

ANMERKUNG Die Definition entspricht der in EN 1990:2002 angegebenen.

1.6 Symbole

(1) In EN 1997-1 werden folgende Symbole verwendet.

Lateinische Buchstaben

A'	rechnerische Sohlfläche ($A' = B' \times L'$)
A_b	Pfahlfußfläche
A_c	gedrückter Teil einer Sohlfläche
$A_{s,i}$	Pfahlmantelfläche in der Schicht i
a_d	Bemessungswert einer geometrischen Angabe
a_{nom}	Nennwert einer geometrischen Angabe
Δa	Sicherheitszuschlag für die Nennwerte geometrischer Angaben bei speziellen Nachweisen
B	Fundamentbreite
b'	rechnerische Fundamentbreite
C_d	maßgebendes Kriterium für die Gebrauchstauglichkeit
c	Kohäsion des Bodens
c'	wirksame Kohäsion
c_u	Kohäsion im undrnierten Zustand
$c_{u,d}$	Bemessungswert von c_u
d	Einbindetiefe
E_d	Bemessungswert der Beanspruchungen
$E_{stb,d}$	Bemessungswert der stabilisierenden Beanspruchungen
$E_{dst,d}$	Bemessungswert der destabilisierenden Beanspruchungen
$F_{c,d}$	Bemessungswert der axialen Druckbelastung auf einen Pfahl oder eine Pfahlgruppe
F_d	Bemessungswert einer Einwirkung
F_k	charakteristischer Wert einer Einwirkung
F_{rep}	repräsentativer Wert einer Einwirkung
$F_{t,d}$	Bemessungswert der axialen Zugbelastung auf einen Pfahl oder eine Pfahlgruppe
$F_{tr,d}$	Bemessungswert der Querbeltung eines Pfahles oder einer Pfahlgruppe
$G_{dst,d}$	Bemessungswert der ständigen destabilisierenden Einwirkungen beim Nachweis gegen Aufschwimmen
$G_{stb,d}$	Bemessungswert der ständigen stabilisierenden vertikalen Einwirkungen beim Nachweis gegen Aufschwimmen
$G'_{stb,d}$	Bemessungswert der ständigen stabilisierenden vertikalen Einwirkungen beim Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen (mit der Wichte des Bodens unter Auftrieb)
H	Horizontallast oder Einwirkungskomponente parallel zur Fundamentsohle

H_d	Bemessungswert von H
h	Wandhöhe
h	Wasserspiegelhöhe beim hydraulischen Grundbruch
h'	Höhe des beim Nachweis des hydraulischen Grundbruchs untersuchten Bodenprismas
$h_{w,k}$	charakteristischer Wert der Wasserdruckhöhe am Fuß eines auf hydraulischen Grundbruch untersuchten Bodenprismas
K_0	Ruhedruckbeiwert
$K_{0,\beta}$	Ruhedruckbeiwert bei unter dem Winkel β ansteigendem Gelände
k	Verhältnis $\delta_d / \varphi_{cv,d}$
L	Fundamentlänge
l'	rechnerische Fundamentlänge
n	Anzahl von z. B. Pfählen oder Versuchen

[A1] gestrichener Text **[A1]**

P_d	Bemessungswert von P
-------	------------------------

[A1] gestrichener Text **[A1]**

$Q_{dst,d}$	Bemessungswert der destabilisierenden vertikalen veränderlichen Einwirkungen beim Auftriebsnachweis
$q_{b,k}$	charakteristischer Wert des Spitzendrucks
$q_{s,i,k}$	charakteristischer Wert der Mantelreibung in der Schicht i
q_u	einaxiale Druckfestigkeit

[A1] gestrichener Text **[A1]**

[A1] gestrichener Text **[A1]**

[A1] gestrichener Text **[A1]**

$R_{b,cal}$	aus Versuchsergebnissen der Baugrunduntersuchung berechneter Pfahlfußwiderstand im Grenzzustand der Tragfähigkeit
$R_{b,d}$	Bemessungswert des Pfahlfußwiderstands
$R_{b,k}$	charakteristischer Wert des Pfahlfußwiderstands
R_c	Druckwiderstand des Bodens gegen einen Pfahl im Grenzzustand der Tragfähigkeit
$R_{c,cal}$	berechneter Wert von R_c
$R_{c,d}$	Bemessungswert von R_c
$R_{c,k}$	charakteristischer Wert von R_c
$R_{c,m}$	Versuchswert von R_c aus einer oder mehreren Probelastungen
R_d	Bemessungswert des Widerstands gegen eine Einwirkung
$R_{p,d}$	Bemessungswert des Erdwiderstands neben einer Gründung
$R_{s,d}$	Bemessungswert der Mantelreibungskraft an einem Pfahl

$R_{s;cal}$	Mantelreibungskraft, berechnet aus versuchsmäßig bestimmten Bodenkennwerten
$R_{s;k}$	charakteristischer Wert der Mantelreibungskraft eines Pfahles
R_t	Herauszieh Widerstand eines Einzelpfahles
$R_{t;d}$	☐ Bemessungswert des Herauszieh Widerstands eines Pfahles oder einer Pfahlgruppe ☐
$R_{t;k}$	charakteristischer Wert des Herauszieh Widerstands eines Pfahles oder einer Pfahlgruppe
$R_{t,m}$	Herauszieh Widerstand eines Einzelpfahles, der in einer oder mehreren Probelastungen gemessen wurde
R_{tr}	Pfahlwiderstand gegen Querbelaftung
$R_{tr;d}$	Bemessungswiderstand eines quer belasteten Pfahles
$S_{dst;d}$	Bemessungswert einer destabilisierenden Strömungskraft im Boden
$S_{dst;k}$	charakteristischer Wert einer destabilisierenden Strömungskraft im Boden
s	Setzung
s_0	Sofortsetzung
s_1	Konsolidationssetzung
s_2	Kriechsetzung (sekundäre Setzung)
T_d	Bemessungswert des gesamten Scherwiderstands, der sich um einen Bodenblock entwickelt, in dem eine Zugpfahlgruppe wirkt, oder in einer Fuge zwischen Baugrund und Bauwerk
u	Porenwasserdruck
$u_{dst;d}$	Bemessungswert des destabilisierenden gesamten Porenwasserdrucks
V	Vertikallast oder Komponente der Einwirkungs-Resultierenden normal zur Fundamentsohlfläche
V_d	Bemessungswert von V
V_d	Bemessungswert der wirksamen Vertikallast bzw. Normalkomponente der auf die Fundamentsohle wirkenden Resultierenden
$V_{dst;d}$	Bemessungswert einer destabilisierenden vertikalen Einwirkung auf ein Bauwerk
$V_{dst;k}$	charakteristischer Wert einer destabilisierenden vertikalen Einwirkung auf ein Bauwerk
X_d	Bemessungswert einer Materialkenngröße
X_k	charakteristischer Wert einer Materialkenngröße
z	vertikaler Abstand



In Abschnitt 8 verwendete lateinische Buchstaben

$E_{ULS;d}$	vom Anker aufzunehmende Bemessungskraft im Grenzzustand der Tragfähigkeit
$F_{Serv;d}$	Bemessungswert der maximalen Ankerkraft, einschließlich der Wirkung der Festlegekraft, die ausreicht, um das Eintreten eines Grenzzustands der Gebrauchstauglichkeit im gestützten Bauwerk zu verhindern
$F_{Serv;k}$	charakteristischer Wert der maximalen Ankerkraft, einschließlich der Wirkung der Festlegekraft, die ausreicht, um das Eintreten eines Grenzzustands der Gebrauchstauglichkeit im gestützten Bauwerk zu verhindern
$F_{ULS;d}$	Bemessungswert der Kraft, die erforderlich ist, um das Eintreten eines Grenzzustands der Tragfähigkeit im gestützten Bauwerk zu verhindern
$K_{I;SLS}$	zulässiger kumulativer Lastabfall über einen festgelegten Zeitraum, wie in EN ISO 22477-5 definiert, der zur Bestimmung des Widerstands eines Ankers im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit angewendet wird
$K_{I;ULS}$	zulässiger kumulativer Lastabfall über einen festgelegten Zeitraum, wie in EN ISO 22477-5 definiert, der zur Bestimmung des Widerstands eines Ankers im Grenzzustand der Tragfähigkeit angewendet wird
n	Mindestanzahl der Untersuchungs- und/oder Eignungsprüfungen
P_c	kritische Kriechlast, bestimmt als die Last am Ende der unteren Ausgleichsgeraden im α /Prüfkraft-Diagramm, wie in EN ISO 22477-5 definiert
P_o	Festlegekraft, im Ankerkopf verbleibende Kraft unmittelbar nach Abschluss des Spannvorgangs
P_p	Prüflast, entspricht der maximalen Prüflast, die in einer Belastungsprüfung auf einen Anker aufgebracht wird
R_m	Messwert des Widerstands eines Ankers
$R_{SLS;d}$	Bemessungswert des Widerstands eines Ankers, der die Kriterien an den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit erfüllt
$R_{SLS;k}$	charakteristischer Wert des Widerstands eines Ankers, der die Kriterien an den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit erfüllt
$R_{SLS;m}$	Messwert des Widerstandes eines Ankers, der die Kriterien an den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit erfüllt
$(R_{SLS;m})_{min}$	niedrigster Wert von $R_{SLS;m}$, gemessen in einer Reihe von Untersuchungs- oder Eignungsprüfungen (n) für jede Baugrundbedingung
$R_{t;d}$	Bemessungswiderstand der lasttragenden Bauteile eines Ankers im Grenzzustand der Tragfähigkeit
$R_{ULS;d}$	Bemessungswert des Widerstands eines Ankers, der die Kriterien an den Grenzzustand der Tragfähigkeit erfüllt
$R_{ULS;k}$	charakteristischer Wert des Widerstands eines Ankers, der die Kriterien an den Grenzzustand der Tragfähigkeit erfüllt
$R_{ULS;m}$	Messwert des Widerstandes eines Ankers, der die Kriterien an den Grenzzustand der Tragfähigkeit erfüllt
$(R_{ULS;m})_{min}$	niedrigster Wert von $R_{ULS;m}$, gemessen in einer Reihe von Untersuchungs- oder Eignungsprüfungen (n) für jede Baugrundbedingung



Griechische Buchstaben

α	Neigung einer Fundamentsohle gegen die Horizontale
β	Geländeanstiegswinkel hinter einer Stützwand (aufwärts positiv)
δ	Wand- oder Sohlreibungswinkel
δ_d	Bemessungswert von δ
γ	Wichte
γ'	Wichte des Bodens unter Auftrieb

A1 gestrichener Text **A1**

A1 gestrichener Text **A1**

A1 gestrichener Text **A1**

γ_b	Teilsicherheitsbeiwert für den Pfahlfußwiderstand
γ_c	Teilsicherheitsbeiwert für die wirksame Kohäsion
γ_{cu}	Teilsicherheitsbeiwert für die Kohäsion im unkonsolidierten Zustand
γ_E	Teilsicherheitsbeiwert für eine Beanspruchung
γ_F	Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen, der die Möglichkeit einer ungünstigen Abweichung der Einwirkungen gegenüber den repräsentativen Werten berücksichtigt
γ_F	Teilsicherheitsbeiwert für eine Einwirkung
γ_G	Teilsicherheitsbeiwert für eine ständige Einwirkung
$\gamma_{G;dst}$	Teilsicherheitsbeiwert für eine ständige destabilisierende Einwirkung
$\gamma_{G;stb}$	Teilsicherheitsbeiwert für eine ständige stabilisierende Einwirkung
γ_m	Teilsicherheitsbeiwert für eine Bodenkenngröße (Materialeigenschaft)
$\gamma_{m;i}$	Teilsicherheitsbeiwert für eine Bodeneigenschaft in der Schicht i
γ_M	Teilsicherheitsbeiwert für eine Bodeneigenschaft unter Berücksichtigung von Modellunsicherheiten
γ_Q	Teilsicherheitsbeiwert für eine veränderliche Einwirkung
γ_{qu}	Teilsicherheitsbeiwert für die einaxiale Druckfestigkeit
γ_R	Teilsicherheitsbeiwert für einen Widerstand
$\gamma_{R;d}$	Teilsicherheitsbeiwert für Unsicherheiten des Widerstandsmodells
$\gamma_{R,e}$	Teilsicherheitsbeiwert für den Erdwiderstand
$\gamma_{R,h}$	Teilsicherheitsbeiwert für den Gleitwiderstand
$\gamma_{R,v}$	Teilsicherheitsbeiwert für den Grundbruchwiderstand
γ_s	Teilsicherheitsbeiwert für die Pfahlmantelreibung
$\gamma_{S;d}$	Teilsicherheitsbeiwert für Modellunsicherheiten bei Beanspruchungen
$\gamma_{Q;dst}$	Teilsicherheitsbeiwert für eine veränderliche destabilisierende Einwirkung

$\gamma_{Q, \text{stb}}$	Teilsicherheitsbeiwert für eine veränderliche stabilisierende Einwirkung
$\gamma_{S, t}$	Teilsicherheitsbeiwert für den Zugpfahlwiderstand
γ_t	Teilsicherheitsbeiwert für den Gesamtwiderstand eines Pfahles
γ_w	Wichte des Wassers
$\gamma_{\varphi'}$	Teilsicherheitsbeiwert für den Reibungswinkel ($\tan \varphi'$)
γ_γ	Teilsicherheitsbeiwert für die Wichte
θ	Richtungswinkel von H
ξ	Streuungsfaktor in Abhängigkeit von der Anzahl der untersuchten Pfähle bzw. Bodenprofile

[A1] gestrichener Text [A1]

ξ_1, ξ_2	Streuungs faktoren bei der Auswertung von statischen Pfahlprobebelastungen
ξ_3, ξ_4	Streuungs faktoren bei der Ableitung der Pfahltragfähigkeit aus Ergebnissen der Baugrunderkundung ohne Pfahlprobebelastungen
ξ_5, ξ_6	Streuungs faktoren bei der Auswertung von dynamischen Pfahlprobebelastungen
ψ	Faktor zur Ableitung des repräsentativen Wertes aus dem charakteristischen Wert (Kombinationsbeiwert)
$\sigma_{\text{stb}, d}$	Bemessungswert der stabilisierenden totalen Vertikalspannung
$\sigma'_{h, 0}$	Horizontalkomponente des wirksamen Erdruhedrucks
$\sigma(z)$	Wandnormalspannung in der Tiefe z
$\tau(z)$	Wandschubspannung in der Tiefe z
φ'	wirksamer (effektiver) Reibungswinkel
φ_{cv}	Reibungswinkel im kritischen Grenzzustand
$\varphi_{cv, d}$	Bemessungswert von φ_{cv}
φ'_{d}	Bemessungswert von φ'

[A1]

In Abschnitt 8 verwendete griechische Buchstaben

α_{SLS}	Kriechmaß, das den Widerstand eines Ankers im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit definiert, bestimmt aus der Verschiebung je logarithmischen Zeitzyklus bei konstanter Ankerkraft, wie in EN ISO 22477-5 definiert
α_{ULS}	Kriechmaß, das den Widerstand eines Ankers im Grenzzustand der Tragfähigkeit definiert, bestimmt aus der Verschiebung je logarithmischen Zeitzyklus bei konstanter Ankerkraft, wie in EN ISO 22477-5 definiert

$\gamma_{\text{Serv}}, \gamma_{a; \text{ULS}}, \gamma_{a; \text{SLS}}, \gamma_{a; \text{acc; ULS}}, \gamma_{a; \text{acc; SLS}}$ Teilsicherheitsbeiwerte

ξ_{ULS} Streuungs faktor

[A1]

Abkürzungen

CFA Schneckenbohrpfähle (en: *continuous flight auger pile*)

OCR Vorbelastungsverhältnis (en: *over-consolidation ratio*)

ANMERKUNG 1 Die in allen Eurocodes gemeinsam verwendeten Symbole sind in EN 1990:2002 definiert.

ANMERKUNG 2 Die Schreibweise der Symbole folgt ISO 3898:1997.

(2) Für geotechnische Berechnungen werden folgende Einheiten oder deren Vielfache empfohlen:

—	Kraft	kN
—	Masse	kg
—	Moment	kNm
—	Dichte	kg/m ³
—	Wichte	kN/m ³
—	Spannung, Druck, Festigkeit und Steifigkeit	kPa
—	Durchlässigkeitsbeiwert	m/s
—	Konsolidationsbeiwert	m ² /s

2 Grundlagen der geotechnischen Bemessung

2.1 Anforderungen an Entwurf, Berechnung und Bemessung

(1)P Bei jeder geotechnischen Bemessungssituation muss sichergestellt sein, dass kein maßgebender, nach EN 1990:2002 definierter Grenzzustand überschritten wird.

(2) Bei der Festlegung der Bemessungssituationen und der Grenzzustände sollten folgende Punkte beachtet werden:

- die Baugrundverhältnisse hinsichtlich Gesamtstandsicherheit und Bewegungen im Untergrund;
- Art und Größe des Bauwerks und seiner Teile einschließlich etwaiger besonderer Anforderungen wie etwa an die geplante Nutzungsdauer;
- aus der Umgebung herrührende Umstände (z. B. Nachbarbebauung, Verkehr, Versorgungsleitungen, Vegetation, gefährliche Chemikalien);
- Baugrundverhältnisse;
- Grundwasserverhältnisse;
- regionale Erdbebenitätigkeit;
- Umwelteinflüsse (Hydrologie, Gewässer, Senkungen, saisonale Schwankungen von Temperatur und Feuchtigkeit).

(3) Grenzzustände können entweder im Baugrund oder im Bauwerk oder als gemeinsames Versagen von Bauwerk und Baugrund eintreten.

(4) Grenzzustände sollten mit einem der nachstehenden Verfahren oder mit einer Kombination der Verfahren untersucht werden:

- Anwendung der in 2.4 beschriebenen rechnerischen Nachweise;
- Anwendung der in 2.5 beschriebenen konstruktiven Maßnahmen;
- Modellversuche und Probelastungen, wie in 2.6 beschrieben;
- eine Beobachtungsmethode, wie in 2.7 beschrieben.

(5) In der Praxis kann es sich oft zeigen, welche Art von Grenzzustand die Planung bestimmen wird, so dass es genügt, die Vernachlässigung anderer Grenzzustände überschlägig zu prüfen.

(6) Bauwerke sollten in der Regel gegen das Eindringen von Grundwasser oder die Übertragung von Dampf oder von Gasen in ihre Innenräume geschützt werden.

(7) So weit möglich, sollten die Ergebnisse der Planung an Hand vergleichbarer Erfahrungen geprüft werden.

(8)P Um Mindestforderungen an Umfang und Qualität geotechnischer Untersuchungen, Berechnungen und der Bauüberwachung stellen zu können, muss die Komplexität jeder Gründungsmaßnahme im Zusammenhang mit den damit verbundenen Risiken gesehen werden. Insbesondere muss unterschieden werden zwischen

- leichten und einfachen Bauten und kleineren Erdarbeiten, bei denen gesichert ist, dass die Mindestanforderungen durch Erfahrung und qualitative geotechnische Untersuchungen mit vernachlässigbarem Risiko erfüllt sind, und
- anderen Grundbauwerken.

ANMERKUNG Die Art und Weise, in der diesen Mindestanforderungen entsprochen wird, darf im Nationalen Anhang angegeben werden.

(9) Bei Bauwerken und Erdarbeiten von geringem geotechnischem Schwierigkeitsgrad und geringem Risiko, wie oben definiert, dürfen vereinfachte Nachweise angewendet werden.

(10) Zur Festlegung geotechnischer Anforderungen dürfen drei Geotechnische Kategorien 1, 2 und 3 eingeführt werden.

(11) Eine vorläufige Einstufung eines Bauwerks in eine der Geotechnischen Kategorien sollte im Allgemeinen vor der Baugrunduntersuchung erfolgen. Wenn notwendig, sollte diese Einstufung in jeder Phase der Planung und der Bauausführung überprüft und geändert werden.

(12) Die aufwändigeren Verfahren für Bauwerke der höheren Kategorien können durch wirtschaftlichere Entwürfe gerechtfertigt sein oder vom Aufsteller als sachgemäß angesehen werden.

(13) Die verschiedenen Gesichtspunkte können bei der Planung eines Bauwerks eine Bearbeitung nach unterschiedlichen Geotechnischen Kategorien erfordern. Das ganze Bauvorhaben braucht nicht nach der höchsten dieser Kategorien eingestuft zu werden.

(14) Die Geotechnische Kategorie 1 sollte nur kleine und relativ einfache Bauwerke umfassen, bei denen

- die grundsätzlichen Anforderungen auf Grund von Erfahrung und qualitativen geotechnischen Untersuchungen erfüllbar sind;
- ein vernachlässigbares Risiko besteht.

(15) Verfahren für Bauwerke der Geotechnischen Kategorie 1 sollten nur dort angewendet werden, wo hinsichtlich Gefährdung durch Geländebruch oder Bewegungen im Baugrund keine Bedenken bestehen, und bei Baugrundverhältnissen, für die vergleichbare örtliche Erfahrungen für ein einfaches Verfahren ausreichen. In solchen Fällen dürfen Planung und Bemessung der Gründung und des Bauwerks nach routinemäßigen Verfahren erfolgen.

(16) Verfahren für Bauwerke der Geotechnischen Kategorie 1 sollten nur dort angewendet werden, wo der Baugrubenaushub oberhalb des Grundwasserspiegels bleibt oder wo eine vergleichbare örtliche Erfahrung vorliegt, dass ein Aushub im Grundwasser unbedenklich ist.

(17) Die Geotechnische Kategorie 2 gilt für konventionelle Gründungen und Bauwerke ohne ungewöhnliches Risiko oder schwierige Baugrund- und Belastungsverhältnisse.

(18) Die Nachweise für Bauwerke der Geotechnischen Kategorie 2 sollten in der Regel zahlenmäßig ausgewiesene geotechnische Kenngrößen und Berechnungen enthalten, um die grundsätzlichen Anforderungen zu erfüllen.

(19) Bei der Planung von Bauwerken oder Bauwerksteilen der Geotechnischen Kategorie 2 genügen Routineverfahren für die Feld- und Laborversuche sowie bei der Bemessung und Ausführung.

ANMERKUNG Konventionelle Bauwerke oder Bauwerksteile, die der Geotechnischen Kategorie 2 entsprechen, sind z. B.:

- Flächenfundamente;
- Gründungsplatten;
- Pfahlgründungen;
- Wände oder andere Konstruktionen zur Abstützung von Boden oder Wasser;
- Baugruben;
- Brückenpfeiler und Widerlager;
- Aufschüttungen und Erdarbeiten;
- Baugrundanker und andere Verankerungen im Baugrund;
- Tunnel in hartem, ungeklüftetem Gestein und ohne besondere Wasserdichtigkeit oder andere Anforderungen.

(20) Die Geotechnische Kategorie 3 sollte alle Bauwerke oder Bauwerksteile umfassen, die nicht zu den Geotechnischen Kategorien 1 und 2 gehören.

(21) Die Geotechnische Kategorie 3 sollte im Allgemeinen nach anspruchsvolleren Vorgaben und Regeln als den in dieser Norm genannten untersucht werden.

ANMERKUNG Beispiele für die Geotechnische Kategorie 3 sind:

- sehr große und ungewöhnliche Bauwerke;
- Bauwerke mit außergewöhnlichen Risiken oder ungewöhnlichen oder ungewöhnlich schwierigen Baugrund- oder Belastungsverhältnissen;
- Bauwerke in seismisch stark betroffenen Gebieten;
- Bauwerke in Gebieten, in denen mit instabilen Baugrundverhältnissen oder mit andauernden Bewegungen im Untergrund zu rechnen ist, so dass ergänzende Untersuchungen oder Sondermaßnahmen erforderlich sind.

2.2 Bemessungssituationen

(1)P Sowohl kurzfristige als auch langfristige Bemessungssituationen müssen berücksichtigt werden.

(2) Bei der Planung von Gründungsmaßnahmen sollten die Detailbeschreibungen von Bemessungssituationen, soweit zutreffend, enthalten:

- die Einwirkungen, ihre Kombinationen und Lastfälle;
- die allgemeine Eignung des Baugrunds, auf dem das Bauwerk stehen soll, hinsichtlich der Gesamtstandsicherheit und der Bewegungen im Untergrund;

- die Lage und Klassifizierung der verschiedenen Boden- und Felsformationen sowie der Konstruktionselemente, die von irgendeinem der Berechnungsmodelle betroffen sind;
- geneigte Gründungsebenen;
- Bergbau-Aktivitäten, Hohlräume oder sonstige untertägige Bauwerke;
- bei Bauwerken auf oder in der Nähe von Fels:
 - eingelagerte harte oder weiche Schichten;
 - Störungszonen, Klüfte und Spalten;
 - möglicherweise instabil gelagerte Felsblöcke;
 - durch Auslaugung entstandene Hohlräume, wie Karstkamine oder mit weichem Material gefüllte Spalten, sowie fortschreitende Lösungsvorgänge;
- die Umgebung des Bauvorhabens einschließlich folgender Punkte:
 - Auswirkungen von Kolken, Erosion und Bodenabtrag auf die Geländeform;
 - Auswirkungen chemischer Korrosion;
 - Verwitterungseinflüsse;
 - Frosteinwirkungen;
 - Auswirkungen lang anhaltender Trockenperioden;
 - Schwankungen des Grundwasserspiegels einschließlich beispielsweise der Auswirkungen von Wasserhaltungen, möglicher Überflutungen, dem Versagen von Entwässerungseinrichtungen, Wassergewinnungsmaßnahmen;
 - Gasaustritte aus dem Untergrund;
 - sonstige zeitliche und Umwelteinflüsse auf die Festigkeit und andere Eigenschaften der Materialien, wie z. B. die Auswirkung von Löchern durch tierische Aktivitäten;
- Erdbeben;
- Bewegungen im Untergrund durch Sackungen infolge eines Bergbaus oder anderer Ursachen;
- Verformungsempfindlichkeit des Bauwerks;
- die Rückwirkung des Neubaus auf bestehende Bauwerke, auf Versorgungsleitungen und auf die Umwelt.

2.3 Dauerhaftigkeit

(1)P In der Entwurfsphase einer Gründungsmaßnahme müssen die internen und externen Umweltbedingungen ermittelt werden, um ihre Bedeutung für die Dauerhaftigkeit zu erfassen und Vorkehrungen zum Schutz oder für einen angemessenen Widerstand der Baustoffe zu treffen.

(2) Bei der Planung für die Dauerhaftigkeit der im Baugrund eingesetzten Stoffe sollte Folgendes berücksichtigt werden:

- a) bei Beton:
 - aggressive Substanzen im Grundwasser oder im Boden oder in einer Auffüllung wie Säuren oder Sulfatsalze;

b) bei Stahl:

- chemischer Angriff bei Gründungselementen in einem Boden, der für strömendes Grundwasser und Sauerstoff ausreichend durchlässig ist;
- Korrosion auf der Wasserseite von Spundwänden, vor allem in der Wasserwechselzone;
- Lochfraß bei Stahleinlagen in gerissenem oder porösem Beton, besonders bei Walzstahl, bei dem sich zwischen der Walzhaut als Katode und dem Stahl darunter als Anode elektrolytische Effekte entwickeln können;

c) bei Holz:

- Befall von Pilzen und aeroben Bakterien bei Zutritt von Sauerstoff;

d) bei Kunststoffen:

- Alterung unter der Einwirkung von UV-Strahlen oder Ozon oder durch das Zusammenwirken von Temperatur und Spannung sowie sekundäre Auswirkungen chemischer Zersetzung.

(3) Auf die in den Baustoffnormen angegebenen Vorschriften zur Dauerhaftigkeit sollte Bezug genommen werden.

2.4 Geotechnische Bemessung auf Grund von Berechnungen

2.4.1 Allgemeines

(1)P Rechnerische Nachweise müssen entsprechend den grundsätzlichen Anforderungen der EN 1990:2002 und nach den speziellen Regeln dieser Norm geführt werden. Eine Bemessung durch Berechnung umfasst:

- Einwirkungen, entweder als äußere Kräfte oder als eingeprägte Verschiebungen, z. B. durch Bewegungen im Baugrund;
- Eigenschaften der Böden, Gesteine und anderer Materialien;
- geometrische Angaben;
- Grenzwerte für Verformungen, Rissweiten, Schwingungen usw.;
- Rechenmodelle.

(2) Es sollte berücksichtigt werden, dass die Kenntnis der Baugrundverhältnisse vom Umfang und von der Güte der Baugrunduntersuchungen abhängt. Deren Kenntnis und die Überwachung der Bauarbeiten sind im Allgemeinen wichtiger für die Einhaltung der grundsätzlichen Anforderungen als die Genauigkeit der Rechenmodelle und Teilsicherheitsbeiwerte.

(3)P Das Rechenmodell muss beschreiben, welches Baugrundverhalten im untersuchten Grenzzustand vorausgesetzt wird.

(4)P Falls für einen speziellen Grenzzustand kein zuverlässiges Rechenmodell zur Verfügung steht, muss der Nachweis mit einem anderen Grenzzustand geführt werden, wobei Teilsicherheitsbeiwerte anzusetzen sind, mit denen gesichert ist, dass der speziell zu untersuchende Grenzzustand nicht überschritten wird. Alternativ ist die Bemessung mit zulässigen Werten, Modellversuchen und Probelastungen auszuführen oder die Beobachtungsmethode anzuwenden.

(5) Als Rechenmodell kommen in Frage:

- ein analytisches Verfahren;
- ein halbempirisches Verfahren;
- ein numerisches Verfahren.

- (6)P Jedes Rechenmodell muss entweder hinreichend genau sein oder zur sicheren Seite hin abweichen.
- (7) Ein Rechenmodell darf Vereinfachungen enthalten.
- (8) Eine Anpassung der mit dem Rechenmodell erzielten Ergebnisse darf, wenn notwendig, vorgenommen werden, um zu erreichen, dass der rechnerische Nachweis zutreffend ist oder auf der sicheren Seite liegt.
- (9) Falls die Anpassung der Ergebnisse mit einem Modellfaktor vorgenommen wird, sollte Folgendes beachtet werden:
- der Unsicherheitsbereich für die Ergebnisse des analytischen Verfahrens;
 - alle bei dem analytischen Verfahren bekannten systematischen Fehler.
- (10)P Falls bei der Berechnung eine empirische Beziehung verwendet wird, muss sichergestellt sein, dass sie für die vorherrschenden Baugrundverhältnisse gilt.
- (11) Grenzzustände mit Bildung eines Bruchmechanismus im Boden sollten in einfacher Weise mit einem Rechenmodell überprüft werden. Bei Grenzzuständen auf Grund von Verformungsbetrachtungen sollten die Verformungen nach 2.4.8 berechnet oder auf andere Weise abgeschätzt werden.
- ANMERKUNG Viele Rechenmodelle basieren auf der Annahme eines hinreichend duktilen Verhaltens des Systems Baugrund/Bauwerk. Wenn diese Duktilität allerdings fehlt, führt das zu einem Grenzzustand der Tragfähigkeit, der durch einen plötzlichen Bruch gekennzeichnet ist.
- (12) Numerische Verfahren können geeignet sein, die Verträglichkeit von Dehnungen oder die Wechselwirkung von Bauwerk und Baugrund in einem Grenzzustand zu untersuchen.
- (13) Im Grenzzustand sollte die Verträglichkeit der Dehnungen untersucht werden. In Fällen, wo ein gemeinsames Versagen von Bauteilen und des Baugrunds eintreten könnte, sollte eine detaillierte Untersuchung angestellt werden, in die das Steifigkeitsverhältnis von Bauwerk und Baugrund eingeht. Beispiele dafür sind Plattengründungen, seitlich belastete Pfähle und biegsame Stützwände. Besondere Aufmerksamkeit sollte der Verträglichkeit der Dehnungen bei Materialien gewidmet werden, die spröde sind oder zur Entfestigung neigen.
- (14) Bei einigen Problemen wie verankerten oder ausgesteiften biegsamen Baugrubenwänden hängen die Größe und Verteilung der Erddrücke, die Schnittkräfte und die Biegemomente weitgehend von der Wandsteifigkeit, der Steifigkeit und Festigkeit des Bodens und vom Spannungszustand im Boden ab.
- (15) Bei diesen Wechselwirkungsproblemen sollten in der Berechnung Stoffgesetze für den Baugrund und für die Baustoffe sowie für die Spannungszustände im Boden gewählt werden, die für den betrachteten Grenzzustand ausreichend repräsentativ sind, um ein auf der sicheren Seite liegendes Ergebnis zu erzielen.

2.4.2 Einwirkungen

- (1)P Die Definition der Einwirkungen ist EN 1990:2002 zu entnehmen. Die Werte der Einwirkungen, die in Frage kommen, sind EN 1991 zu entnehmen.
- (2)P Die Werte der geotechnischen Einwirkungen müssen so ausgewählt werden, dass sie bei einer Berechnung als Eingangsdaten bekannt sind; sie können sich möglicherweise im Zuge der Berechnung ändern.
- ANMERKUNG Da sich die Werte geotechnischer Einwirkungen im Verlauf einer Berechnung verändern können, werden sie in solchen Fällen als eine erste Schätzung eingeführt, um die Berechnung mit einem vorläufig bekannten Wert zu beginnen.
- (3)P Jede Wechselwirkung zwischen Bauwerk und Baugrund muss in Rechnung gestellt werden, wenn die der Bemessung zu Grunde zu legenden Einwirkungen ermittelt werden.

(4) Bei der geotechnischen Bemessung sollten folgende Einwirkungen einbezogen werden:

- die Eigengewichte von Boden, Fels und Wasser;
- die Spannungen im Untergrund;
- Erddrücke;
- Wasserdrücke offener Gewässer einschließlich der Wellendrücke;
- Grundwasserdrücke;
- Strömungsdrücke;
- ruhende und eingeprägte Bauwerkslasten;
- Auflasten;
- Pollerzugkräfte;
- Entlastungen oder Bodenaushub;
- Verkehrslasten;
- durch Bergbau oder andere Aushöhlungen oder Tunnelbauten verursachte Bewegungen;
- durch die Vegetation, das Klima oder Feuchtigkeitsänderungen verursachtes Schwellen und Schrumpfen;
- Bewegungen infolge von kriechenden, rutschenden oder sich setzenden Bodenmassen;
- Bewegungen infolge von Entfestigung, Suffusion, Zerfall, Eigenverdichtung und chemischen Lösungsvorgängen;
- Bewegungen und Beschleunigungen durch Erdbeben, Explosionen, Schwingungen und dynamische Belastungen;
- Temperatureinwirkungen einschließlich der Frostwirkung;
- Eislasten;
- Vorspannung von Bodenankern oder Steifen;
- abwärts gerichteter Zwang (z. B. negative Mantelreibung).

(5)P Bei den veränderlichen Einwirkungen muss die Möglichkeit geprüft werden, dass sie sowohl gemeinsam als auch unabhängig voneinander auftreten können.

(6)P Die Dauer von Einwirkungen muss im Hinblick auf den Einfluss der Zeit auf die Bodeneigenschaften betrachtet werden, speziell was die Dränung und Zusammendrückbarkeit feinkörniger Bodenarten anbelangt.

(7)P Einwirkungen, die wiederholt auftreten, und Einwirkungen wechselnder Stärke müssen im Hinblick auf fortgesetzte Bewegungen, Bodenverflüssigung, veränderte Steifigkeit und Festigkeit des Untergrundes usw. besonders beachtet werden.

(8)P Einwirkungen, die im Bauwerk und im Baugrund eine dynamische Reaktion hervorrufen, müssen besonders beachtet werden.

(9)P Einwirkungen, bei denen die Kräfte des Grundwassers und des offenen Wassers vorherrschen, müssen im Hinblick auf Verformungen, Rissbildungen, Veränderung der Durchlässigkeit und Erosion besonders beachtet werden.

ANMERKUNG Ungünstige (oder destabilisierende) und günstige (oder stabilisierende) ständige Einwirkungen können gegebenenfalls als aus einer Ursache herrührend angesehen werden. In solchen Fällen darf ein einheitlicher Teilsicherheitsbeiwert auf die Summe dieser Einwirkungen oder Beanspruchungen angewendet werden.

2.4.3 Baugrundeigenschaften

(1)P Die Eigenschaften der Boden- und Felsformationen, die für die rechnerischen Nachweise durch geotechnische Kenngrößen quantifiziert werden, müssen entweder direkt oder durch Korrelation, Theorie oder Erfahrung aus Versuchsergebnissen oder aus anderen einschlägigen Quellen ermittelt werden.

(2)P Die Kennwerte aus Versuchsergebnissen oder anderen Quellen sind für den jeweils untersuchten Grenzzustand sachgerecht zu interpretieren.

(3)P Die möglichen Unterschiede zwischen den versuchsmäßig ermittelten Baugrundeigenschaften und geotechnischen Kenngrößen einerseits und andererseits jenen, die das Verhalten der Gründung bestimmen, müssen berücksichtigt werden.

(4) Die in 2.4.3 (3)P angesprochenen Unterschiede können folgende Ursachen haben:

- viele geotechnische Kenngrößen sind keine wirklichen Konstanten, sondern hängen vom Spannungsniveau und von der Art der Verformung ab;
- die Struktur der Locker- und Festgesteine (z. B. Risse, Schichtung, große Partikel) kann sich im Versuch anders auswirken als bei der Gründung;
- Zeiteinflüsse;
- die Entfestigungswirkung des Sickerwassers bei Locker- oder Festgestein;
- die Entfestigungswirkung dynamischer Einwirkungen;
- die Sprödigkeit oder Duktilität des untersuchten Locker- und Festgesteins;
- das Herstellungsverfahren des Gründungsbauwerks;
- die Einbauqualität bei geschüttetem oder verbessertem Boden;
- der Einfluss von Baumaßnahmen auf die Baugrundeigenschaften.

(5) Bei der Festlegung von Werten für geotechnische Kenngrößen sollte Folgendes beachtet werden:

- veröffentlichte und allgemein bekannte Erkenntnisse, die sich auf die Anwendung der einzelnen Versuchsart auf die entsprechenden Baugrundverhältnisse beziehen;
- der Zahlenwert jeder geotechnischen Kenngröße im Vergleich zu einschlägig veröffentlichten Zahlenwerten und zu örtlicher und allgemeiner Erfahrung;
- die Streuung der für die Planung maßgebenden geotechnischen Kenngrößen;
- die Ergebnisse aller großmaßstäblichen Feldversuche sowie Messungen an Nachbargebäuden;
- alle Korrelationen der Ergebnisse bei mehr als einer Versuchsart;
- jede wesentliche Verschlechterung von Baugrundeigenschaften, die sich im Laufe der Nutzungsdauer des Bauwerks ergeben kann.

(6)P Soweit erforderlich, müssen Anpassungsfaktoren angewendet werden, um die Ergebnisse von Feld- oder Laborversuchen entsprechend EN 1997-2 in Werte umzuwandeln, die das Verhalten des Locker- oder Festgesteins im tatsächlichen Grenzzustand wiedergeben, oder es sind Korrelationen anzuwenden, mit denen aus Versuchsergebnissen abgeleitete Kennwerte ermittelt werden.

2.4.4 Geometrische Vorgaben

(1)P Geometrische Vorgaben sind die Höhenlage und Neigung des Geländes, Wasserspiegelhöhen, Schichtgrenzen, Aushubtiefen und die Abmessungen des Gründungsbauwerks.

2.4.5 Charakteristische Werte

2.4.5.1 Charakteristische und repräsentative Werte von Einwirkungen

(1)P Charakteristische und repräsentative Werte von Einwirkungen müssen entsprechend EN 1990:2002 und den verschiedenen Teilen der EN 1991 abgeleitet werden.

2.4.5.2 Charakteristische Werte von geotechnischen Kenngrößen

(1)P Die Wahl charakteristischer Werte für geotechnische Kenngrößen muss an Hand der Ergebnisse und abgeleiteten Werte aus Labor- und Feldversuchen erfolgen, ergänzt durch vergleichbare Erfahrungen.

(2)P Der charakteristische Wert einer geotechnischen Kenngröße ist als eine vorsichtige Schätzung desjenigen Wertes festzulegen, der im Grenzzustand wirkt.

(3)P Die größere Streuung von c' im Vergleich zu $\tan\phi'$ ist bei der Festlegung ihrer charakteristischen Werte zu berücksichtigen.

(4)P Bei der Wahl charakteristischer Werte der geotechnischen Kenngrößen muss Folgendes beachtet werden:

- geologische und andere Hintergrundinformationen wie die Werte von früheren Projekten;
- die Streuung der gemessenen Eigenschaft und andere einschlägige Informationen, z. B. auf Grund vorhandener Kenntnisse;
- der Umfang der Feld- und Laboruntersuchung;
- Art und Anzahl der Bodenproben;
- die Ausdehnung des Baugrundbereichs, der für das Verhalten des geotechnischen Bauwerks im betrachteten Grenzzustand maßgebend ist;
- die Fähigkeit des geotechnischen Bauwerks, Lasten aus weichen in festere Bereiche des Baugrunds umzulagern.

(5) Charakteristische Werte können untere Werte sein, die niedriger sind als die wahrscheinlichsten, oder obere Werte, die darüberliegen.

(6)P Bei jedem Nachweis muss die ungünstigste Kombination von unteren und oberen Werten voneinander unabhängiger Kenngrößen angewendet werden.

(7) Der für das Verhalten des geotechnischen Bauwerks maßgebende Baugrundbereich ist gewöhnlich viel größer als ein Versuchskörper oder als der Bodenbereich, der von einem Feldversuch erfasst wird. Daher sind die maßgebenden Kenngrößen oft Mittelwerte aus einem Wertebereich über eine große Fläche oder ein großes Volumen des Baugrunds. Der charakteristische Wert sollte dann ein vorsichtiger Schätzwert dieses Mittelwertes sein.

(8) Falls das Verhalten des geotechnischen Bauwerks im betrachteten Grenzzustand vom niedrigsten oder vom höchsten Wert der Bodeneigenschaft gesteuert wird, sollte der charakteristische Wert ein vorsichtig gewählter niedrigster bzw. höchster Wert sein, der in der für das Verhalten maßgebenden Zone auftreten kann.

(9) Bei der Festlegung des für das Verhalten geotechnischen Bauwerks im Grenzzustand maßgebenden Baugrundbereichs sollte beachtet werden, dass dieser Grenzzustand vom Verhalten des gestützten Bauwerks abhängt. Wenn beispielsweise für ein Gebäude auf mehreren Einzelfundamenten der Grenzzustand der Tragfähigkeit untersucht wird und das Bauwerk nicht in der Lage ist, ein örtliches Versagen eines Einzelfundaments zu überstehen, dann sollte die maßgebende Festigkeit der Mittelwert der Festigkeiten sein, die über jede einzelne der Bodenschichten unter einem Einzelfundament angesetzt werden.

Ist dagegen das Bauwerk steif genug, sollte die maßgebende Kenngröße der Mittelwert aller einzelnen Mittelwerte im gesamten Bereich oder in dem Teil des Baugrunds unter dem Gebäude sein.

(10) Falls statistische Verfahren bei der Auswahl charakteristischer Werte von Baugrundeigenschaften eingesetzt werden, sollten Verfahren verwendet werden, die sowohl zwischen örtlich entnommenen Proben (lokale Stichprobe) und Proben aus der weiteren Umgebung (regionale Stichprobe) unterscheiden als auch Vorkenntnisse vergleichbarer Bodenarten berücksichtigen können.

(11) Falls statistische Verfahren benutzt werden, sollte der charakteristische Wert so abgeleitet werden, dass für den betrachteten Grenzzustand die rechnerische Wahrscheinlichkeit für einen ungünstigeren Wert nicht größer als 5 % ist.

ANMERKUNG In diesem Zusammenhang entspricht der vorsichtig gewählte Mittelwert einem Mittelwert mit einem 95%igen Vertrauensbereich für einen begrenzten Satz von Werten der geotechnischen Kenngröße. Ist dagegen örtliches Versagen angezeigt, entspricht eine vorsichtige Wahl dem einer 5 %-Fraktile zuzuordnenden unteren Wert.

(12)P Wenn Tabellen für Baugrund-Kenngrößen verwendet werden, muss der charakteristische Wert als sehr vorsichtiger Wert gewählt werden.

2.4.5.3 Charakteristische Werte von geometrischen Vorgaben

(1)P Die charakteristischen Werte von Geländehöhen und Spiegelhöhen des Grundwassers oder offener Gewässer müssen Messwerte, Nennwerte oder geschätzte obere oder untere Höhenangaben sein.

(2) Die charakteristischen Werte von Geländehöhen und Abmessungen der geotechnischen Bauwerke oder Bauwerksteile sollten in der Regel Nennwerte sein.

2.4.6 Bemessungswerte

2.4.6.1 Bemessungswerte von Einwirkungen

(1)P Der Bemessungswert einer Einwirkung muss nach EN 1990:2002 bestimmt werden.

(2)P Der Bemessungswert einer Einwirkung (F_d) muss entweder direkt festgelegt oder aus repräsentativen Werten nach folgender Gleichung abgeleitet werden:

$$F_d = \gamma_F \times F_{rep} \quad (2.1a)$$

mit

$$F_{rep} = \psi \times F_k \quad (2.1b)$$

(3)P Geeignete Werte für ψ müssen EN 1990:2002 entnommen werden.

(4)P Der Teilsicherheitsbeiwert γ_F für ständige und vorübergehende Situationen, wie er im Anhang A definiert ist, muss in Gleichung (2.1a) angewendet werden.

ANMERKUNG 1 Die Zahlenwerte der Teilsicherheitsbeiwerte dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden.

ANMERKUNG 2 Die im Anhang A empfohlenen Werte geben das angemessene Sicherheitsniveau für konventionelle Bemessungen an.

(5) Falls Bemessungswerte geotechnischer Einwirkungen direkt festgelegt werden, sind die im Anhang A empfohlenen Teilsicherheitsbeiwerte als Richtwerte für das erforderliche Sicherheitsniveau anzusehen.

(6)P Bei der Behandlung von Grundwasserdrücken in Grenzzuständen mit erheblichen Konsequenzen (in der Regel Grenzzustände der Tragfähigkeit) müssen die Bemessungswerte die ungünstigsten Werte sein, die während der Nutzungsdauer des Bauwerks auftreten könnten. Bei Grenzzuständen mit weniger schweren Konsequenzen (in der Regel Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit) müssen als Bemessungswerte die ungünstigsten Werte angesetzt werden, die unter normalen Umständen auftreten könnten.

(7) In bestimmten Fällen dürfen extreme Wasserdrücke nach EN 1990:2002, 1.5.3.5, als außergewöhnliche Einwirkungen behandelt werden.

(8) Nach 2.4.4 (1)P und 2.4.5.3 (1)P dürfen die Bemessungswerte für Grundwasserdrücke entweder mit Teilsicherheitsbeiwerten auf charakteristische Wasserdrücke oder mit einem Sicherheitszu- oder -abschlag für den charakteristischen Wasserstand abgeleitet werden.

(9) Folgende Faktoren können sich auf die Wasserdrücke auswirken und sollten berücksichtigt werden:

- die Spiegelhöhe des offenen Gewässers oder des Grundwassers;
- die günstigen oder ungünstigen Auswirkungen einer natürlichen oder künstlichen Entwässerung, wobei deren künftige Wartung zu berücksichtigen ist;
- die Wassermenge infolge von Niederschlägen, Überschwemmungen, Rohrbrüchen oder infolge anderer Ursachen;
- Veränderungen der Wasserdrücke durch wachsende oder gerodete Vegetation.

(10) Beachtet werden sollten ungünstige Wasserstände, die durch veränderte Wasserfassungen und verminderte Dränung infolge von Verstopfung, Frosteinwirkung oder aus anderen Gründen auftreten können.

(11) Sofern die Zuverlässigkeit des Entwässerungssystems nicht nachgewiesen und seine Wartung nicht sicher ist, sollte als Bemessungs-Grundwasserstand die höchste mögliche Kote genommen werden, d. h. möglicherweise die Geländeoberfläche.

2.4.6.2 Bemessungswerte für geotechnische Kenngrößen

(1)P Bemessungswerte für geotechnische Kenngrößen (X_d) müssen entweder aus charakteristischen Werten mit folgender Gleichung

$$X_d = \frac{X_k}{\gamma_M} \quad (2.2)$$

abgeleitet oder direkt festgelegt werden.

(2)P Der Teilsicherheitsbeiwert γ_M für ständige und vorübergehende Situationen, wie er im Anhang A definiert ist, muss in Gleichung (2.2) eingesetzt werden.

ANMERKUNG 1 Die Zahlenwerte der Teilsicherheitsbeiwerte dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden.

ANMERKUNG 2 Die im Anhang A empfohlenen Werte geben die Mindestsicherheit für konventionelle Bemessungen an.

(3) Falls Bemessungswerte für geotechnische Kenngrößen direkt festgelegt werden, sind die im Anhang A empfohlenen Teilsicherheitsbeiwerte als Richtwerte für das erforderliche Sicherheitsniveau anzusehen.

2.4.6.3 Bemessungswerte für geometrische Vorgaben

(1) Die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Materialien (γ_F und γ_M) enthalten einen Spielraum für kleinere Streuungen geometrischer Vorgaben, so dass in solchen Fällen keine weitere Sicherheit für geometrische Vorgaben gefordert werden sollte.

(2)P In Fällen, in denen Abweichungen bei den geometrischen Vorgaben eine nachhaltige Wirkung auf die Zuverlässigkeit eines Bauwerks haben, müssen die Bemessungswerte a_d der geometrischen Vorgaben entweder direkt festgelegt oder aus Nennwerten mit der Gleichung (siehe 6.3.4 in EN 1990:2002)

$$a_d = a_{\text{nom}} \pm \Delta a \quad (2.3)$$

abgeleitet werden, wobei die Werte von Δa in 6.5.4 (2) und 9.3.2.2 angegeben sind.

2.4.6.4 Bemessungswerte für Bauwerkseigenschaften

(1)P Die Bemessungswerte für die Festigkeitseigenschaften der Baustoffe und Bauteilwiderstände müssen nach EN 1992 bis EN 1996 und EN 1999 berechnet werden.

2.4.7 Grenzzustände der Tragfähigkeit

2.4.7.1 Allgemeines

(1)P Soweit zutreffend, muss nachgewiesen werden, dass folgende Grenzzustände nicht überschritten werden:

- Verlust der Lagesicherheit des als starrer Körper angesehenen Bauwerks oder des Baugrunds, wobei die Festigkeiten der Baustoffe und des Baugrunds für den Widerstand nicht entscheidend sind (EQU);
- inneres Versagen oder sehr große Verformung des Bauwerks oder seiner Bauteile, einschließlich der Fundamente, Pfähle, Kellerwände usw., wobei die Festigkeit der Baustoffe für den Widerstand entscheidend ist (STR);
- Versagen oder sehr große Verformung des Baugrunds, wobei die Festigkeit der Locker- und Festgesteine für den Widerstand entscheidend ist (GEO);
- Verlust der Lagesicherheit des Bauwerks oder Baugrunds infolge Aufschwimmens (Auftrieb) oder anderer vertikaler Einwirkungen (UPL);
- hydraulischer Grundbruch, innere Erosion und Piping im Boden, verursacht durch Strömungsgradienten (HYD).

ANMERKUNG Der Grenzzustand GEO ist oft für die Bemessung von Bauelementen bei Gründungen oder Stützbauwerken und zuweilen für die Festigkeit von Tragwerksgliedern maßgebend.

(2)P Die im Anhang A definierten Teilsicherheitsbeiwerte für ständige und vorübergehende Situationen sind anzuwenden.

ANMERKUNG Die Zahlenwerte der Teilsicherheitsbeiwerte dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden. Die Tabellen im Anhang A nennen empfohlene Werte.

(3) Alle Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Beanspruchungen bei außergewöhnlichen Situationen sollten in der Regel gleich 1,0 gesetzt werden. Alle Teilsicherheitsbeiwerte für die Widerstände sollten dann entsprechend den besonderen Umständen der außergewöhnlichen Situation gewählt werden.

ANMERKUNG Die Zahlenwerte der Teilsicherheitsbeiwerte dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden.

(4) Höhere Werte als die im Anhang A empfohlenen sollten in Fällen außergewöhnlichen Risikos oder ungewöhnlicher oder außerordentlich schwieriger Baugrundverhältnisse oder Belastungen angesetzt werden.

ANMERKUNG Die Teilsicherheitsbeiwerte können im Nationalen Anhang festgelegt werden.

(5) Geringere Werte als die im Anhang A empfohlenen dürfen bei zeitlich befristeten Tragwerken oder bei vorübergehenden Bemessungssituationen angesetzt werden, wenn die möglichen Folgen das rechtfertigen.

ANMERKUNG Die Teilsicherheitsbeiwerte können im Nationalen Anhang festgelegt werden.

(6) Bei der Berechnung des Bemessungswertes für den Widerstand (R_d) oder die Beanspruchung (E_d) dürfen Modellfaktoren ($\gamma_{R;d}$ bzw. $\gamma_{S;d}$) eingeführt werden um zu erreichen, dass die Ergebnisse des für die Bemessung verwendeten Rechenmodells entweder zutreffend oder auf der sicheren Seite sind.

ANMERKUNG Die Modellfaktoren können im Nationalen Anhang festgelegt werden.

2.4.7.2 Nachweis der Lagesicherheit

(1)P Bei der Betrachtung des Grenzzustands der Lagesicherheit oder von Gesamtverschiebungen des Tragwerks oder des Baugrunds (EQU) muss nachgewiesen werden, dass

$$E_{dst;d} \leq E_{stb;d} + T_d \quad (2.4)$$

ist, mit

$$E_{dst;d} = E \left\{ \gamma_F \times F_{rep}; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right\}_{dst} \quad (2.4a)$$

und

$$E_{stb;d} = E \left\{ \gamma_F \times F_{rep}; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right\}_{stb} \quad (2.4b)$$

(2)P Die in A.2 (1)P und A.2 (2)P definierten Teilsicherheitsbeiwerte für ständige und vorübergehende Situationen sind in Gleichung (2.4) einzusetzen.

ANMERKUNG 1 Die Lagesicherheit EQU hat vorwiegend für die innere Bemessung des Tragwerks Bedeutung. In der Geotechnik wird sich der Nachweis EQU auf seltene Fälle beschränken – etwa die starre Gründung auf Fels – und muss grundsätzlich vom Nachweis der Gesamtstandsicherheit oder der Aufschwimmsicherheit unterschieden werden. Falls ein Scherwiderstand T_d einbezogen wird, sollte er von geringerer Bedeutung sein.

ANMERKUNG 2 Die Zahlenwerte der Teilsicherheitsbeiwerte dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden. Die Tabellen A.1 und A.2 nennen die empfohlenen Werte.

2.4.7.3 Nachweis von Grenzzuständen im Tragwerk und im Baugrund bei ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen

2.4.7.3.1 Allgemeines

(1)P Bei der Betrachtung eines durch Bruch oder sehr große Verformung gekennzeichneten Grenzzustands in einem Tragelement, in einem Querschnitt oder im Baugrund (STR und GEO) muss nachgewiesen werden, dass

$$E_d \leq R_d \quad (2.5)$$

ist.

2.4.7.3.2 Bemessungswert der Beanspruchungen

(1) Die Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen können entweder auf die Einwirkungen (F_{rep}) selbst oder ihre Beanspruchungen (E) angewendet werden:

$$E_d = E \left\{ \gamma_F \times F_{rep}; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right\} \quad (2.6a)$$

oder

$$E_d = \gamma_E \times E \left\{ F_{rep}; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right\} \quad (2.6b)$$

(2) Es gibt Bemessungssituationen, bei denen die Anwendung der Teilsicherheitsbeiwerte auf die geotechnischen Einwirkungen (wie Erd- und Wasserdrücke) zu Bemessungswerten führen könnte, die nicht plausibel oder sogar physikalisch unmöglich sind. In solchen Fällen sollten die Teilsicherheitsbeiwerte direkt auf die aus den Repräsentativwerten der Einwirkungen abgeleiteten Beanspruchungen angewendet werden.

(3)P Die in A.3.1 (1)P und A.3.2 (1)P definierten Teilsicherheitsbeiwerte sind in den Gleichungen (2.6a) und (2.6b) zu verwenden.

ANMERKUNG Die Zahlenwerte der Teilsicherheitsbeiwerte dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden. Die Tabellen A.3 und A.4 nennen die empfohlenen Werte.

2.4.7.3.3 Bemessungswiderstände

(1) Die Teilsicherheitsbeiwerte können entweder auf Baugrundeigenschaften (X) oder auf die Widerstände (R) oder auf beide folgendermaßen angewendet werden:

$$R_d = R \left\{ \gamma_F \times F_{\text{rep}}; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right\} \quad (2.7a)$$

oder

$$R_d = \frac{R \left\{ \gamma_F \times F_{\text{rep}}; X_k; a_d \right\}}{\gamma_R} \quad (2.7b)$$

oder

$$R_d = \frac{R \left\{ \gamma_F \times F_{\text{rep}}; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right\}}{\gamma_R} \quad (2.7c)$$

ANMERKUNG Wenn bei der Bemessung die Beanspruchungen faktorisiert werden, ist der Teilsicherheitsbeiwert der Einwirkungen $\gamma_F = 1,0$ [siehe auch B.3(6)].

(2)P Die in A.3.3.1 (1)P, A.3.3.2 (1)P, A.3.3.4 (1)P, A.3.3.5 (1)P und A.3.3.6 (1)P definierten Teilsicherheitsbeiwerte sind in den Gleichungen (2.7a), (2.7b) und (2.7c) zu verwenden.

ANMERKUNG Die Größen der Teilsicherheitsbeiwerte dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden. Die Tabellen A.5, A.6, A.7, A.8, A.12, A.13 und A.14 nennen die empfohlenen Werte.

2.4.7.3.4 Nachweisverfahren

2.4.7.3.4.1 Allgemeines

(1)P Die Art und Weise, wie die Gleichungen (2.6) und (2.7) angewendet werden, muss durch eines von drei Verfahren festgelegt werden.

ANMERKUNG 1 Der Weg, wie die Gleichungen (2.6) und (2.7) anzuwenden sind, und das entsprechende Nachweisverfahren dürfen im Nationalen Anhang angegeben werden.

ANMERKUNG 2 Nähere Erläuterungen zu den Nachweisverfahren gibt Anhang B.

ANMERKUNG 3 Die Teilsicherheitsbeiwerte, die im Anhang A für die Gleichungen (2.6) und (2.7) angegeben werden, sind gegliedert mit den Bezeichnungen A (für Einwirkungen und Beanspruchungen), M (für geotechnische Kenngrößen) und R (für Widerstände). Ihre Auswahl richtet sich nach dem angewendeten Nachweisverfahren.

2.4.7.3.4.2 Nachweisverfahren 1

(1)P Abgesehen von der Bemessung axial belasteter Pfähle und Anker muss nachgewiesen werden, dass ein Grenzzustand durch Bruch oder zu große Verformungen bei jeder der beiden folgenden Kombinationen von Gruppen von Teilsicherheitsbeiwerten ausgeschlossen ist:

Kombination 1: $A1$ „+“ $M1$ „+“ $R1$

Kombination 2: $A2$ „+“ $M2$ „+“ $R1$

wobei „+“ bedeutet „in Verbindung mit“.

ANMERKUNG Bei den Kombinationen 1 und 2 werden Teilsicherheitsbeiwerte auf die Einwirkungen und auf die Baugrund-Kenngrößen angewendet.

(2)P Für die Bemessung von axial belasteten Pfählen und Ankern muss nachgewiesen werden, dass ein Grenzzustand durch Bruchversagen oder zu große Verformungen mit jeder der beiden folgenden Kombinationen von Gruppen von Teilsicherheitsbeiwerten ausgeschlossen ist:

Kombination 1: $A1$ „+“ $M1$ „+“ $R1$

Kombination 2: $A2$ „+“ ($M1$ oder $M2$) „+“ $R4$

ANMERKUNG 1 Bei der Kombination 1 werden Teilsicherheitsbeiwerte auf Einwirkungen und Bodenwiderstände angewendet. Bei der Kombination 2 werden die Teilsicherheitsbeiwerte auf Einwirkungen und Bodenwiderstände bzw. fallweise auf Bodenkenngößen angewendet.

ANMERKUNG 2 Bei der Kombination 2 werden die Werte $M1$ auf die Pfahl- und Ankerwiderstände angewendet, die Werte $M2$ auf ungünstige Einwirkungen auf Pfähle infolge z. B. negativer Mantelreibung oder Querbelastrung.

(3) Falls eine dieser Kombinationen erkennbar maßgebend ist, brauchen die anderen nicht nachgewiesen zu werden. Allerdings können verschiedene Kombinationen für unterschiedliche Aspekte desselben Nachweises kritisch sein.

2.4.7.3.4.3 Nachweisverfahren 2

(1)P Es muss nachgewiesen werden, dass ein Grenzzustand durch Bruch oder zu große Verformungen mit der folgenden Kombination von Gruppen von Teilsicherheitsbeiwerten ausgeschlossen ist:

Kombination: $A1$ „+“ $M1$ „+“ $R2$

ANMERKUNG 1 Bei diesem Verfahren werden die Teilsicherheitsbeiwerte auf die Einwirkungen oder Beanspruchungen und auf die Widerstände des Baugrunds angewendet.

ANMERKUNG 2 Wenn dieses Verfahren auf den Nachweis der Böschungsbruch- und der Gesamtstandsicherheit angewendet wird, wird die resultierende Beanspruchung in der Gleitfläche mit γ_E multipliziert und der Scherwiderstand längs der Gleitfläche durch $\gamma_{R,e}$ dividiert.

2.4.7.3.4.4 Nachweisverfahren 3

(1)P Es muss nachgewiesen werden, dass ein Grenzzustand durch Bruch oder zu große Verformungen mit der folgenden Kombination von Gruppen von Teilsicherheitsbeiwerten ausgeschlossen ist:

Kombination: ($A1^*$ oder $A2^\dagger$) „+“ $M2$ „+“ $R3$

* bei Einwirkungen aus dem Tragwerk

† bei geotechnischen Einwirkungen

ANMERKUNG 1 Bei diesem Verfahren werden die Teilsicherheitsbeiwerte auf die Einwirkungen oder auf die Beanspruchungen des Tragwerks und auf die Baugrund-Kenngrößen angewendet.

ANMERKUNG 2 Beim Nachweis der Böschungs- und der Gesamtstandsicherheit werden die äußeren Einwirkungen auf den Boden (z. B. Tragwerkslasten, Verkehrslasten) als geotechnische Einwirkungen mit der Gruppe $A2$ der Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen behandelt.

2.4.7.4 Nachweisverfahren und Teilsicherheitsbeiwerte beim Aufschwimmen

(1)P Der Nachweis gegen Aufschwimmen (UPL) muss so geführt werden, dass der Bemessungswert der Kombination von destabilisierenden ständigen und veränderlichen vertikalen Einwirkungen $V_{dst;d}$ kleiner oder gleich der Summe des Bemessungswertes der stabilisierenden ständigen vertikalen Einwirkungen ($G_{stb;d}$) und gegebenenfalls des Bemessungswertes eines zusätzlichen Widerstands gegen Aufschwimmen (R_d) ist:

$$V_{dst;d} \leq G_{stb;d} + R_d \quad (2.8)$$

wobei

$$V_{dst;d} = G_{dst;d} + Q_{dst;d}$$

ist.

(2) Ein zusätzlicher Widerstand gegen Aufschwimmen darf als stabilisierende ständige vertikale Einwirkung ($G_{stb;d}$) behandelt werden.

(3)P Die in A.4 (1)P und A.4 (2)P definierten Teilsicherheitsbeiwerte für $G_{dst;d}$, $Q_{dst;d}$, $G_{stb;d}$ und R_d für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen müssen in Gleichung (2.8) angewendet werden.

ANMERKUNG Die Zahlenwerte der Teilsicherheitsbeiwerte dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden. Die Tabellen A.15 und A.16 nennen die empfohlenen Werte.

2.4.7.5 Nachweisverfahren und Teilsicherheitsbeiwerte beim hydraulischen Grundbruch

(1)P Bei der Untersuchung des durch einen hydraulischen Grundbruch verursachten Grenzzustands (HYD, siehe 10.3) muss nachgewiesen werden, dass für jedes in Frage kommende Bodenprisma der Bemessungswert des destabilisierenden totalen Porenwasserdrucks ($u_{dst;d}$) an der Unterseite des Prismas oder der Strömungskraft ($S_{dst;d}$) in dem Prisma nicht größer ist als der Bemessungswert der stabilisierenden totalen Vertikalspannung ($\sigma_{stb;d}$) an der Unterseite des Prismas oder das Gewicht unter Auftrieb ($G'_{stb;d}$) desselben Prismas:

$$u_{dst;d} \leq \sigma_{stb;d} \quad (2.9a)$$

$$S_{dst;d} \leq G'_{stb;d} \quad (2.9b)$$

(2)P Die in A.5 (1)P definierten Teilsicherheitsbeiwerte für $u_{dst;d}$, $\sigma_{dst;d}$, $S_{dst;d}$ und $G'_{stb;d}$ bei ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen sind in den Gleichungen (2.9a) und (2.9b) anzuwenden.

ANMERKUNG Die Zahlenwerte der Teilsicherheitsbeiwerte dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden. Die Tabelle A.17 nennt die empfohlenen Werte.

2.4.8 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

(1)P Für Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit im Baugrund oder in einem Tragwerksquerschnitt, einem Bauteil oder einem Anschluss muss entweder nachgewiesen werden, dass

$$E_d \leq C_d \quad (2.10)$$

ist, oder der Nachweis durch das in 2.4.8 (4) angegebene Verfahren erbracht werden.

(2) Die Zahlenwerte der Teilsicherheitsbeiwerte für Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit sollten in der Regel gleich 1,0 gesetzt werden.

ANMERKUNG Die Zahlenwerte der Teilsicherheitsbeiwerte dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden.

(3) Die charakteristischen Werte sollten angemessen verändert werden, falls sich die Baugrundeigenschaften, beispielsweise durch Grundwasserabsenkung oder Austrocknung, während der Nutzungsdauer des Bauwerks verändern können.

(4) Der Nachweis darf dadurch geführt werden, dass ein hinreichend geringer Anteil der Bodenfestigkeit mobilisiert wird, so dass die Verformungen innerhalb der für die Gebrauchstauglichkeit geforderten Grenzen bleiben, vorausgesetzt, dieser vereinfachte Nachweis ist auf Bemessungssituationen beschränkt, in denen

- die Größe der Verformung beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit nicht erforderlich ist,
- vergleichbare Erfahrung mit ähnlichem Baugrund, Tragwerk und entsprechender Anwendungsregel vorliegt.

(5)P Ein Grenzwert für eine bestimmte Verformung ist der Wert, bei dem zu vermuten ist, dass die Gebrauchstauglichkeit – etwa durch nicht hinnehmbare Risse oder klemmende Türen – im Bauwerk nicht gegeben ist. Dieser Grenzwert muss während der Planung des Bauwerks vereinbart werden.

2.4.9 Grenzwerte für Fundamentbewegungen

(1)P Beim Entwurf von Gründungen müssen Grenzwerte für die Fundamentbewegungen festgelegt werden.

ANMERKUNG Zulässige Fundamentbewegungen dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden.

(2)P Unterschiedliche Fundamentbewegungen, die zur Verformung im aufgehenden Tragwerk führen, müssen begrenzt werden, um zu erreichen, dass sich im Tragwerk dadurch kein Grenzzustand einstellt.

(3)P Bei der Festlegung von Bemessungswerten für Grenzwerte von Bewegungen und Verformungen muss Folgendes berücksichtigt werden:

- die Zuverlässigkeit, mit der das zulässige Bewegungsmaß beschrieben werden kann;
- die Art und Geschwindigkeit von Baugrundbewegungen;
- die Art des Tragwerks;
- die Art des Baustoffs;
- die Gründungsart;
- das Verformungsschema;
- die vorgesehene Nutzung des Bauwerks;
- die Notwendigkeit, sicherzustellen, dass es keine Probleme mit Leitungen gibt, die ins Gebäude führen.

(4)P Beim Nachweis von Setzungsunterschieden muss berücksichtigt werden:

- die Art und Geschwindigkeit von Setzungen und Baugrundbewegungen;
- die zufällige und systematische Streuung der Baugrundeigenschaften;
- die Lastverteilung;
- das Bauverfahren (einschließlich der Lastentwicklung);
- die Steifigkeit des Tragwerks während und nach dem Bau.

ANMERKUNG Wenn keine Grenzwerte für Tragwerksverformungen vorgegeben sind, dürfen die im Anhang H für Tragwerksverformungen und Fundamentbewegungen angegebenen Werte benutzt werden.

2.5 Entwurf und Bemessung auf Grund von anerkannten Tabellenwerten

(1) Bei Bemessungssituationen, für die es keine Rechenmodelle gibt oder keine notwendig sind, lassen sich Grenzzustände durch Anwendung anerkannter Tabellenwerte vermeiden. Dazu gehören die gewohnten und damit im Allgemeinen konservativen Entwurfsregeln und die Sorgfalt bei der Auswahl und Prüfung der Baumaterialien, bei der Ausführung der Arbeit sowie bei den Schutz- und Unterhaltungsmaßnahmen.

ANMERKUNG Hinweise auf solche herkömmlichen und im Allgemeinen konservativen Regeln dürfen im Nationalen Anhang gegeben werden.

(2) Die Bemessung auf Grund anerkannter Tabellenwerte darf angewendet werden, wenn vergleichbare Erfahrung, wie in 1.5.2.2 definiert, einen statischen Nachweis unnötig macht. Sie darf ebenfalls benutzt werden, um eine Dauerhaftigkeit gegen Frosteinwirkung und chemische oder biologische Angriffe zu erreichen, bei denen direkte Berechnungen im Allgemeinen nicht zum Ziel führen.

2.6 Probelastungen und Modellversuche

(1)P Wenn die Ergebnisse von Probelastungen oder von groß- oder kleinmaßstäblichen Modellversuchen zum Nachweis einer Bemessung oder zur Ergänzung einer der anderen in 2.1 (4) genannten Alternativen herangezogen werden, müssen folgende Punkte berücksichtigt und einbezogen werden:

- unterschiedliche Baugrundverhältnisse beim Versuch und beim wirklichen Tragwerk;
- Zeiteinflüsse, insbesondere wenn die Versuchsdauer viel kürzer ist als die Dauer der Belastung am Tragwerk;
- Modellähnlichkeit, vor allem wenn kleine Modelle benutzt werden. Die Auswirkung des Spannungsniveaus ist im Zusammenhang mit der Partikelgröße zu berücksichtigen.

(2) Die Versuche können an Prüfkörpern aus dem Bauwerk oder an groß- oder kleinmaßstäblichen Modellen vorgenommen werden.

2.7 Beobachtungsmethode

(1) Wenn die Vorhersage des geotechnischen Verhaltens schwierig ist, kann es zweckmäßig sein, das als „Beobachtungsmethode“ bekannte Verfahren anzuwenden, bei dem der Entwurf während der Bauausführung überprüft und gegebenenfalls angepasst wird.

(2)P Folgende Forderungen müssen erfüllt sein, ehe mit dem Bau begonnen wird:

- für das Verhalten des Bauwerks müssen zulässige Grenzen festgelegt werden;
- die Bandbreite möglichen Verhaltens muss bewertet werden, und es muss gezeigt werden, dass eine annehmbare Wahrscheinlichkeit dafür besteht, dass das wirkliche Verhalten innerhalb dieser Grenzen bleiben wird;
- ein Konzept für die Messungen muss geplant werden, mit denen erkannt werden kann, ob das wirkliche Verhalten in dem Toleranzbereich bleibt. Die Messungen müssen das genügend früh anzeigen und in ausreichend kurzen Zeitabständen ausgeführt werden, damit Gegenmaßnahmen erfolgreich vorgenommen werden können;
- die Reaktionszeiten der Messgeber und die Verfahren zur Auswertung der Ergebnisse müssen im Vergleich zu möglichen Systemveränderungen ausreichend kurz sein;
- es muss ein Konzept von Gegenmaßnahmen geplant werden, die zur Anwendung kommen, wenn das Messsystem ein Verhalten außerhalb des Toleranzbereichs anzeigt.

(3)P Während der Bauausführung müssen die Messungen planmäßig ausgeführt werden.

(4)P Die Ergebnisse der Messungen müssen in geeigneten Abständen bewertet werden. Die geplanten Gegenmaßnahmen müssen eingesetzt werden, falls die festgelegten Grenzen überschritten werden.

(5)P Die Messausrüstung muss entweder ersetzt oder erweitert werden, wenn sie keine zuverlässigen Daten in geeigneter Form oder in ausreichender Menge liefert.

2.8 Geotechnischer Entwurfsbericht

(1)P Die Voraussetzungen, Vorgaben, Rechenverfahren und die Ergebnisse der Nachweise der Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit müssen im Geotechnischen Entwurfsbericht dokumentiert werden.

(2) Das Maß an Detaillierung wird im Geotechnischen Entwurfsbericht je nach Art des Entwurfs sehr unterschiedlich sein. In einfachen Fällen kann ein einziges Blatt genügen.

(3) Der Geotechnische Entwurfsbericht sollte auf den Geotechnischen Untersuchungsbericht (siehe 3.4) und andere, mehr ins Einzelne gehende Unterlagen Bezug nehmen und in der Regel folgende Punkte enthalten:

- eine Beschreibung des Baugrundstücks und seiner Umgebung;
- eine Beschreibung der Baugrundverhältnisse;
- eine Beschreibung der vorgesehenen Baumaßnahme, einschließlich der Einwirkungen;
- Bemessungswerte für die Boden- und Felseigenschaften samt Begründung, falls angebracht;
- Feststellungen zu den herangezogenen Normen und Richtlinien;
- Feststellungen zur Eignung des Baugrundstücks für die geplante Konstruktion und der Höhe akzeptabler Risiken;
- geotechnische Berechnungen und Zeichnungen;
- Empfehlungen zur Gründung;
- einen Hinweis auf Dinge, die während der Bauausführung zu kontrollieren sind oder die eine Instandhaltung oder Kontrollmessungen erfordern.

(4)P Der Geotechnische Entwurfsbericht muss einen Plan für eine geeignete Überwachung und Kontrolle durch Messungen enthalten. Umstände, die während der Bauausführung zu prüfen sind oder die eine Instandhaltung nach der Fertigstellung erfordern, müssen in dem Bericht klar herausgestellt werden. Sobald die erforderlichen Prüfungen während der Bauausführung vorgenommen worden sind, müssen sie in einem Nachtrag zum Bericht festgehalten werden.

(5) Hinsichtlich der Überwachung und der Kontrollmessungen sollte der Geotechnische Entwurfsbericht angeben:

- den Zweck jeder Gruppe von Beobachtungen und Messungen;
- die Teile des Tragwerks, bei denen Messungen vorzunehmen sind, und die Stellen, an denen die Beobachtungen vorgenommen werden sollen;
- die Häufigkeit, mit der die Ablesungen vorzunehmen sind;
- die Auswertungsverfahren;
- der erwartete Wertebereich der Messergebnisse;
- den Zeitraum nach Bauende, in dem die Messungen fortgesetzt werden sollen;
- die Verantwortlichen für die Messungen und Beobachtungen, für die Auswertung der Ergebnisse und für den Betrieb und die Instandhaltung der Instrumente.

(6)P Eine Kurzfassung des Geotechnischen Entwurfsberichtes, der die Überwachung, die Kontrollmessungen und die Instandhaltungsbedingungen für das fertige Bauwerk enthält, muss dem Eigentümer bzw. Auftraggeber zur Verfügung gestellt werden.

3 Geotechnische Unterlagen

3.1 Allgemeines

(1)P Eine sorgfältige Zusammenstellung, Dokumentation und Auswertung der geotechnischen Befunde muss stets vorgenommen werden. Sie soll die Geologie, Geomorphologie, Seismologie, Hydrologie und Geschichte des Baugrundstücks enthalten. Hinweise auf die Veränderlichkeit des Baugrunds müssen berücksichtigt werden.

(2)P Baugrunduntersuchungen müssen so geplant werden, dass die Herstellung und die Anforderungen an das geplante Tragwerk berücksichtigt werden. Der Umfang der Baugrunduntersuchung muss regelmäßig überprüft werden, wenn sich neue Erkenntnisse während der Bauausführung ergeben.

(3)P Die üblichen Felduntersuchungen und Laborversuche müssen in der Regel in Übereinstimmung mit international anerkannten Normen und Empfehlungen durchgeführt und dokumentiert werden. Abweichungen von diesen Normen und zusätzliche Versuchsanforderungen müssen aufgeführt werden.

(4) Anforderungen an Feld- und Laboruntersuchungen sollten EN 1997-2 entnommen werden.

3.2 Geotechnische Untersuchungen

3.2.1 Allgemeines

(1)P Geotechnische Untersuchungen müssen ausreichende Erkenntnisse über Baugrund- und Grundwasserhältnisse auf der Baustelle und ringsum bereitstellen, damit die wesentlichen Baugrundeigenschaften beschrieben und eine zuverlässige Festlegung charakteristischer Werte für die Baugrund-Kenngrößen vorgenommen werden kann.

(2)P Planung und Umfang der Baugrunderkundung müssen der jeweiligen Erkundungsphase und der Geotechnischen Kategorie angepasst werden (siehe EN 1997-2, Abschnitt 2).

(3) Bei sehr großen oder ungewöhnlichen Tragwerken, bei Tragwerken mit außergewöhnlichen Risiken oder besonders schwierigen Baugrund- oder Belastungsbedingungen sowie bei Bauwerken in von Erdbeben stark betroffenen Gebieten reicht der in EN 1997-2 genannte Erkundungsumfang möglicherweise nicht aus, um die Anforderungen an die Planung zu erfüllen.

(4) Wenn Art und Umfang der Baugrunderkundung auf die Geotechnische Kategorie des Bauvorhabens bezogen werden, sollten die Baugrundverhältnisse, die für die Einstufung in eine Geotechnische Kategorie maßgebend sein können, so früh wie möglich festgestellt werden.

(5) Die Baugrunduntersuchungen sollten Baustellenbesichtigungen enthalten, damit die bei der Planung getroffenen Annahmen während der Bauausführung bestätigt werden.

3.2.2 Voruntersuchungen

(1)P Voruntersuchungen müssen ausgeführt werden, um

- die generelle Eignung des Baugrundstücks festzustellen;
- gegebenenfalls alternative Standorte zu vergleichen;
- die Veränderungen abzuschätzen, die sich bei den geplanten Arbeiten ergeben könnten;
- die Maßnahmen für die Haupt- und baubegleitenden Untersuchungen zu planen, einschließlich der Festlegung des Baugrundbereichs, der auf das Tragwerk einen nennenswerten Einfluss hat;
- gegebenenfalls Entnahmestellen auszuweisen.

3.2.3 Hauptuntersuchungen

(1)P Hauptuntersuchungen müssen ausgeführt werden, um

- die für eine sachgerechte Planung temporärer oder dauernder Baumaßnahmen erforderlichen Kenntnisse bereitzustellen;
- die für das Bauverfahren erforderlichen Kenntnisse bereitzustellen;
- etwaige Schwierigkeiten zu erkennen, die während der Bauausführung auftreten könnten.

(2)P Die Baugrunderkundung muss zuverlässig die Lage und die Eigenschaften aller Bereiche des Baugrunds ermitteln, die für das geplante Vorhaben von Bedeutung sind oder es beeinflussen.

(3)P Die Baugrund-Kenngrößen, die dafür maßgebend sind, dass das Tragwerk die an sein Verhalten gestellten Kriterien erfüllt, müssen festgelegt werden, ehe die endgültige Planung beginnt.

(4) Damit erreicht wird, dass die Baugrunduntersuchung alle maßgebenden Bodenschichten erfasst, sollten die folgenden geologischen Merkmale besonders beachtet werden:

- das Baugrundprofil;
- natürliche oder künstliche Hohlräume;
- Verwitterung von Gestein, Böden oder Schüttmaterial;
- hydrogeologische Einflüsse;
- Verwerfungen, Klüfte und andere Diskontinuitäten;
- Kriecherscheinungen an Boden- oder Gesteinsmassen;
- schwellfähige und strukturempfindliche Böden und Festgesteine;
- vorhandene Abfallstoffe oder künstlich hergestellte Stoffe.

(5)P Die historische Entwicklung des Baugrundstücks und seiner Umgebung muss berücksichtigt werden.

(6)P Die Erkundung muss mindestens durch alle Schichten geführt werden, bei denen feststeht, dass sie für das Bauvorhaben von Bedeutung sind.

(7)P Die vorhandenen Grundwasserspiegel müssen während der Baugrunderkundung ermittelt werden. Pegelstände von offenen Gewässern, die bei der Baugrunderkundung beobachtet werden, müssen registriert werden (siehe EN 1997-2).

(8) Die extremen Wasserspiegel, die sich auf die Grundwasserdrücke auswirken könnten, sollten festgestellt werden.

(9) Die Lage und das Fassungsvermögen von Dränagen oder Entnahmebrunnen in der Nachbarschaft der Baustelle sollten festgestellt werden.

3.3 Ableitung geotechnischer Kenngrößen

3.3.1 Allgemeines

(1) Bei den nachstehenden Anforderungen zur Ermittlung der Werte geotechnischer Kenngrößen wurde nur auf die gängigsten Labor- und Feldversuche Bezug genommen. Andere Versuche können angewendet werden, vorausgesetzt, ihre Eignung wurde durch vergleichbare Erfahrung nachgewiesen.

3.3.2 Ansprache der Boden- und Felsart

(1)P Art und Grundbestandteile des Locker- oder Festgesteins müssen angesprochen werden, ehe die Ergebnisse anderer Versuche interpretiert werden.

(2)P Das Material muss geprüft, bestimmt und nach einer anerkannten Nomenklatur beschrieben werden. Eine geologische Bewertung muss vorgenommen werden.

(3) Die Klassifizierung der Böden und die Beschreibung der Bodenschichtung sollten nach einem anerkannten geotechnischen Bezeichnungs- und Klassifizierungssystem für Böden erfolgen.

(4) Fels sollte nach der Güte des Gesteins und nach der Klüftung klassifiziert werden. Die Gesteinsqualität sollte hinsichtlich Verwitterung, Kornaufbau, vorherrschender Korngröße der Minerale und Härte und Zähigkeit des Leitminerals beschrieben werden. Die Klüftung sollte durch Kluftart, Kluftweite, Kluftabstand und Beschaffenheit der Kluftfüllung charakterisiert werden.

(5) Als Ergänzung zum Augenscheinbefund können eine Reihe von Versuchen zur Klassifizierung, Identifizierung und Quantifizierung angewendet werden (siehe EN 1997-2) und zwar

für Lockergesteine:

- Kornverteilung;
- Wichte;
- Porenanteil;
- Wassergehalt;
- Kornform;
- Kornrauigkeit;
- Lagerungsdichte;
- Zustandsgrenzen;
- Schwellvermögen;
- Kalkgehalt;
- Gehalt an organischen Bestandteilen.

für Festgesteine:

- Mineralogie;
- Petrographie;
- Wassergehalt;
- Wichte;
- Porosität;
- Schallgeschwindigkeit;
- schnelle Absorption von Wasser;
- Schwellvermögen;
- Index der Schüttelfestigkeit;
- einaxiale Druckfestigkeit.

3.3.3 Wichte

(1)P Die Wichte muss mit ausreichender Genauigkeit bestimmt werden, um daraus Bemessungs- oder charakteristische Werte für Einwirkungen abzuleiten.

(2) Die Wichte sollte an Prüfkörpern von Boden oder Fels bestimmt werden, wenn Sonderproben gezogen werden (siehe EN 1997-2). Andernfalls lässt sie sich durch allgemein anerkannte oder dokumentierte Korrelationen ableiten, die sich beispielsweise auf Sondierungen gründen.

3.3.4 Lagerungsdichte

(1)P Die Lagerungsdichte muss den Grad der Verdichtung eines kohäsionslosen Bodens in Bezug auf die lockerste und dichteste Lagerung ausdrücken, wie in genormten Laborverfahren definiert.

3.3.5 Verdichtungsgrad

(1)P Der Verdichtungsgrad eines gewachsenen oder geschütteten Bodens muss als das Verhältnis der Trockenwichte zur maximalen Trockenwichte aus einem genormten Verdichtungsversuch bestimmt werden.

3.3.6 Scherfestigkeit

(1)P Bei der Festlegung der Scherfestigkeit des Bodens müssen folgende Merkmale beachtet werden:

- das im Boden verursachte Spannungsniveau;
- die Anisotropie der Festigkeit, speziell bei Tonen geringer Plastizität;
- Risse, speziell in steifen Tonen;
- Einfluss der Verformungsgeschwindigkeit;
- sehr große Dehnungen, falls sie in einer Bemessungssituation vorkommen können;
- vorhandene Gleitflächen;
- Zeiteinflüsse;
- Sensitivität bei bindigen Böden;
- Sättigungsgrad.

(2) Wenn die Scherfestigkeit auf Grund von Versuchsergebnissen festgelegt wird, sollten der Vertrauensbereich der Theorie zur Ableitung von Scherfestigkeitswerten und ebenso die möglichen Entnahmestörungen bei der Probenahme und die Heterogenität der Proben in Rechnung gestellt werden.

(3) Bei den Zeiteinflüssen sollte beachtet werden, dass die Zeitspanne, in der ein Boden effektiv undräniert ist, von seiner Durchlässigkeit, dem Angebot an ungebundenem Wasser und den jeweiligen geometrischen Bedingungen abhängt.

(4)P Die Werte der wirksamen Scherparameter c' und $\tan\varphi'$ dürfen nur innerhalb des Spannungsbereiches als konstant angesehen werden, für den sie ermittelt worden sind.

3.3.7 Bodensteifigkeit

(1)P Bei der Festlegung der Bodensteifigkeit müssen folgende Merkmale beachtet werden:

- Drainagebedingungen;
- das Niveau der mittleren wirksamen Spannung;
- eine natürliche oder künstliche Vorkonsolidierung;
- das Niveau der aufgetragten Scherung oder Scherspannung, wobei letztere oft auf die Bruch-Scherfestigkeit bezogen wird.

(2) Zuverlässige Messungen der Bodensteifigkeit sind oft sehr schwer aus Feld- oder Laborversuchen zu erhalten. Besonders wegen der Probenstörungen und anderer Einflüsse unterschätzen die Messungen an Laborproben oft die Bodensteifigkeit in situ. Deswegen sollten, wenn immer möglich, Beobachtungen des Verhaltens bestehender Tragwerke analysiert werden.

3.3.8 Güte und Eigenschaften von Gestein und Fels (Gebirge)

3.3.8.1 Allgemeine Festlegungen

(1)P Bei der Festlegung der Güte und der Eigenschaften von Gestein und Fels muss zwischen dem an ungestörten Bohrkernen ermittelten Gesteinsverhalten und dem Verhalten sehr viel größerer Gesteinsbereiche unterschieden werden, die strukturelle Diskontinuitäten wie Schichtflächen, Klüfte, Scherzonen und Auslaugungshohlräume haben. Bei den Klüften müssen folgende charakteristischen Merkmale beachtet werden:

- Kluftabstand;
- Kluftstellung;
- Öffnungsweite;
- Durchgängigkeit (Kontinuität);
- Dichtigkeit;
- Rauigkeit, einschließlich der Auswirkungen früherer Bewegungen auf die Klüfte;
- Kluftfüllung.

(2)P Bei der Festlegung der Eigenschaften von Gestein und Fels müssen gegebenenfalls ergänzend folgende Merkmale berücksichtigt werden:

- vorhandene Spannungen;
- Wasserdruck;
- ausgeprägte Wechsel in den Eigenschaften verschiedener Schichten.

(3) Eigenschaften von Fels wie

- Festigkeit und Steifigkeit,
- Klüftigkeit, speziell in gebräuchlichen Zonen,
- Wasserdurchlässigkeit des Kluftsystems im Fels,
- Verformungseigenschaften von verwittertem Gestein

dürfen durch Anwendung des Konzepts der in EN 1997-2 beschriebenen Gebirgsklassifikation abgeschätzt werden.

(4)P Die Empfindlichkeit des Gesteins gegenüber Klima, Spannungsänderungen usw. muss bestimmt werden. Auch muss der Einfluss chemischer Zersetzung auf das Verhalten von Felsgründungen beachtet werden.

(5) Bei der Festlegung der Qualität von Gestein und Fels sollten folgende Punkte beachtet werden:

- manche poröse veränderlich feste Gesteine zerfallen rasch zu Lockergestein mit geringer Festigkeit, vor allem wenn sie der Verwitterung ausgesetzt sind;
- manche Gesteine haben hohe Lösungsraten durch das Grundwasser, was zu Gängen, Höhlen und Dolinen führt, die sich bis zur Erdoberfläche hin entwickeln können;
- bei Entlastung und Luftzutritt zeigen bestimmte Gesteine ein ausgeprägtes Quellverhalten infolge der Absorption von Wasser durch Tonminerale.

3.3.8.2 Einaxiale Druckfestigkeit und Verformbarkeit von Gestein

(1)P Bei der Festlegung der einaxialen Druckfestigkeit und Verformbarkeit von Gestein müssen folgende Merkmale berücksichtigt werden:

- die Orientierung der Belastungsrichtung in Bezug zur Anisotropie des Prüfkörpers, z. B. bei Schichtung, Schieferung;
- die Verfahren der Probengewinnung und Probenlagerung;
- die Anzahl der untersuchten Prüfkörper;
- die Geometrie der untersuchten Prüfkörper;
- Wassergehalt und Sättigungsgrad zur Zeit des Versuchs;
- Versuchsdauer und zeitlicher Spannungsverlauf;
- Verfahren zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls und das Spannungsniveau oder die Spannungsstufen, bei denen er bestimmt wurde.

3.3.8.3 Scherfestigkeit der Klüfte

(1)P Bei der Festlegung der Kluftscherfestigkeit muss der Einfluss folgender Faktoren berücksichtigt werden:

- Klufrichtung im Versuchskörper in Beziehung zu der angenommenen Richtung von Einwirkungen;
- Orientierung des Scherversuchs;
- Anzahl der untersuchten Prüfkörper;
- Abmessungen der Scherfläche;
- Porenwasserdruckbedingungen;
- die Möglichkeit eines progressiven Bruches, der das Verhalten des Gesteins im Baugrund beeinflusst.

(2) Schwächezonen im Fels stimmen gewöhnlich mit Klüften oder Schichtflächen, mit einer Schieferung oder Spaltenbildung oder mit der Grenzfläche zwischen Boden und Fels bzw. zwischen Beton und Fels überein. Die für solche Zonen ermittelte Scherfestigkeit sollte in der Regel bei Gleichgewichtsnachweisen für Gesteinsmassen angewendet werden.

3.3.9 Kenngrößen für die Durchlässigkeit und Konsolidation von Boden und Fels

3.3.9.1 Kenngrößen für die Durchlässigkeit und Konsolidation des Bodens

(1)P Bei der Festlegung der Kenngrößen für die Durchlässigkeit und die Konsolidation des Bodens müssen folgende Faktoren beachtet werden:

- die Auswirkungen der Heterogenität;
- die Auswirkungen der Anisotropie;
- die Auswirkungen von Rissen oder Verwerfungen;
- die Spannungsänderungen infolge der geplanten Belastung.

(2) Durchlässigkeitsmessungen an kleinen Prüfkörpern im Labor sind möglicherweise nicht repräsentativ für die Verhältnisse vor Ort. Wenn immer möglich, sollten deswegen Feldversuche bevorzugt werden, mit denen die gemittelten Eigenschaften eines weiträumigen Bodenvolumens gemessen werden. Allerdings sollten die möglichen Veränderungen der Durchlässigkeit bei Zunahme der örtlich vorhandenen wirksamen Spannung beachtet werden.

(3) Unter Umständen kann die Durchlässigkeit auf Grund der Kornverteilung geschätzt werden.

3.3.9.2 Kenngrößen für die Durchlässigkeit von Fels

(1)P Da die Durchlässigkeit von Gesteinsmassen weitgehend vom Durchtrennungsgrad und vom Vorhandensein anderer Diskontinuitäten wie Verbrüchen und Spalten abhängt, muss sie durch geeignete Feldversuche ermittelt oder auf Grund örtlicher Erfahrung bewertet werden.

(2) Die naturgegebene Durchlässigkeit kann durch ein System von Pumpversuchen mit Strömungsmessungen ermittelt werden, wenn die räumlichen hydrogeologischen Verhältnisse um das Bauwerk und das Kluffüge und sonstigen Diskontinuitäten entsprechend berücksichtigt werden.

(3) Laborversuche zur Durchlässigkeit sollten nur dazu dienen, die Auswirkung von Diskontinuitäten, etwa ihrer veränderlichen Öffnungsweite, zu untersuchen.

3.3.10 Geotechnische Kenngrößen aus Feldversuchen

3.3.10.1 Drucksondierungen

(1)P Bei der Feststellung des Drucksondierwiderstands, der Mantelreibung und, möglicherweise, des Porenwasserdrucks während der Eindringung müssen folgende Gesichtspunkte berücksichtigt werden:

- die genaue Form der Sondierspitze und der Reibungshülse. Dies kann die Ergebnisse nachhaltig beeinflussen, und daher müssen diese an die verwendete Art der Sondierspitze angepasst werden;
- die Ergebnisse lassen sich nur zuverlässig beurteilen, wenn die Bodenschichtung erkundet wurde; in vielen Fällen sind daher Bohrungen in Verbindung mit den Sondierungen notwendig;
- die Einflüsse von Grundwasser und Überlagerungsdruck;
- wenn in heterogenen Böden die Ergebnisse weit streuen, müssen die Sondierwerte in dem für das Tragwerk relevanten Bodenbereich ausgewählt werden;
- eingeführte Korrelationen mit anderen Versuchsdaten wie Dichtemessungen und anderen Rammsondierverfahren.

3.3.10.2 Standard Penetration Test und Rammsondierungen

(1)P Bei der Bewertung von Schlagzahlen müssen folgende Punkte berücksichtigt werden:

- die Versuchsart;
- eine genaue Beschreibung des Verfahrens;
- die Grundwasserverhältnisse;
- der Einfluss des Überlagerungsdrucks;
- die Art des Untergrundes, insbesondere ob Steine oder Grobkies diese beeinflussen.

3.3.10.3 Flügelscherversuch

(1)P Bei der Bewertung der Versuchsergebnisse müssen folgende Punkte berücksichtigt werden:

- die Details des Verfahrens;
- ob eine standardisierte Flügelanordnung verwendet wurde;
- ob Messungen in mehreren Tiefen ausgeführt wurden, um ein Festigkeitsprofil der Schichtenfolge zu bekommen;
- die Mantelreibung an der Führungsstange.

(2) Flügelsondierungen können zur Ermittlung der undränierten Scherfestigkeit c_u bindiger Böden angewendet werden.

ANMERKUNG Die Flügelsondierung ist eine einfache und billige Art, zu prüfen, ob ein weicher Untergrund mit schwerem Gerät und Fahrzeugen befahrbar ist.

(3) Um abgeleitete Werte von c_u zu bekommen, sollten sie mit einem Faktor berichtigt werden, der auf örtlicher Erfahrung beruht und z. B. von der Fließgrenze, der Konsistenzzahl und der wirksamen Vertikalspannung abhängt.

3.3.10.4 Gewichtssondierung

(1)P Bei der Bewertung der Versuchsergebnisse müssen folgende Punkte berücksichtigt werden:

- eine genaue Beschreibung des Verfahrens;
- die Grundwasserverhältnisse;
- der Überlagerungsdruck;
- die Art des Untergrundes, insbesondere ob Steine oder Grobkies diese beeinflussen.

(2) Fallkegelsondierungen können zur Ermittlung von Schichtgrenzen und der Lagerungsdichte nichtbindiger Böden angewendet werden.

3.3.10.5 Pressiometer-Versuch

(1)P Bei der Feststellung des Grenzdrucks und des Pressiometermoduls müssen folgende Punkte berücksichtigt werden:

- der Gerätetyp;
- das Verfahren, wie das Gerät im Untergrund installiert wird.

(2) Versuchskurven, die auf einen mehr als nur mäßigen Grad an Störung hindeuten, sollten nicht verwendet werden. Wenn der Grenzdruck im Versuch nicht erreicht wird, ist eine vorsichtige und nach gängigen Regeln vorzunehmende Extrapolation der Kurve möglich. Bei Versuchen, in denen nur der Anfangsast der Pressiometer-Kurve bestimmt wird, dürfen allgemeine Korrelationen oder, vorzugsweise, auf demselben Grundstück gewonnene örtliche Korrelationen nach gängigen Regeln angewendet werden, um den Grenzdruck mit Hilfe des Pressiometermoduls vorsichtig abzuschätzen.

3.3.10.6 Dilatometer-Versuch

(1)P Bei der Bewertung der Ergebnisse von Dilatometer-Versuchen muss das Einbringverfahren berücksichtigt werden.

(2)P Die Schichtenfolge und vor allem einige grundlegende Kenngrößen wie die Korngrößenverteilung und der Sättigungsgrad müssen vor dem Versuch ermittelt werden.

(3) Falls Festigkeitswerte bestimmt werden sollen, sollte der Eindringwiderstand berücksichtigt werden.

(4) Dilatometer-Werte sollten als Indexwerte zur Ermittlung abgeleiteter Werte für die Steifemodulen der Schichtenfolge verwendet werden.

3.3.10.7 Verdichtungsversuch

(1)P Bei der Bewertung der Verdichtbarkeit eines Schüttmaterials müssen folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Boden- oder Felsart;
- Kornverteilung;
- Kornform;
- Heterogenität des Materials;
- Sättigungsgrad oder Wassergehalt;
- vorgesehener Gerätetyp.

(2) Wenn zur Kontrolle des Verdichtungserfolges Feldversuche (z. B. Sondierungen, dynamische Verdichtungsversuche, Plattendruckversuche, Setzungsmessungen) durchgeführt werden, sollten die Ergebnisse, die mit der Verdichtung auf Versuchsfeldern gewonnen wurden (siehe 5.3.3(4)), in Bezug gesetzt werden zu Versuchswerten der genormten Verdichtungsversuche im Labor, um die Verdichtbarkeit einer Auffüllung von Locker- oder Festgestein festzulegen.

3.4 Geotechnischer Untersuchungsbericht

3.4.1 Anforderungen

(1)P Die Ergebnisse der Baugrunderkundung müssen in einem Geotechnischen Untersuchungsbericht zusammengefasst werden, der Teil des in 2.8 beschriebenen Geotechnischen Entwurfsberichtes sein soll.

(2)P Wegen der Handhabung der Labor- und Feldversuche zur Bestimmung geotechnischer Kenngrößen ist auf EN 1997-2 Bezug zu nehmen.

(3) Der Geotechnische Untersuchungsbericht sollte in der Regel bestehen aus:

- einer Darstellung aller verfügbaren geotechnischen Befunde einschließlich geologischer Eigenschaften und relevanter Daten;
- einer geotechnischen Bewertung der Befunde mit Angabe der Annahmen, die bei der Auswertung der Versuchsergebnisse getroffen wurden.

Die Befunde können entweder innerhalb eines Berichtes oder in Anlagen zum Bericht dargestellt werden.