

DIN 1054

ICS 93.020

Ersatz für
DIN 1054:2003-01 und
DIN 1054 Berichtigung 1:2003-10
Siehe jedoch Beginn der
Gültigkeit

**Baugrund –
Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau**

Subsoil –

Verification of the safety of earthworks and foundations

Sol –

Vérification de la sécurité des travaux de terrassement et des fondations

Gesamtumfang 118 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab 1. Januar 2005.

Daneben gilt DIN 1054:2003-01 noch bis zum 31. Dezember 2007.

Inhalt

	Seite
Vorwort	8
1 Anwendungsbereich	10
2 Normative Verweisungen.....	10
3 Begriffe und Formelzeichen	13
3.1 Begriffe	13
3.1.1 Allgemeine Begriffe	13
3.1.2 Begriffe zum Sicherheitskonzept.....	14
3.1.3 Geotechnische Begriffe	15
3.2 Formelzeichen.....	17
4 Allgemeine Regelungen für Sicherheitsnachweise	24
4.1 Grundlegende Anforderungen	24
4.2 Geotechnische Kategorien (GK)	25
4.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZ 1)	26
4.3.1 Grenzzustand GZ 1A: Grenzzustand des Verlustes der Lagesicherheit	26
4.3.2 Grenzzustand GZ 1B: Grenzzustand des Versagens von Bauwerken und Bauteilen	26
4.3.3 Grenzzustand GZ 1C: Grenzzustand des Verlustes der Gesamtstandsicherheit	27
4.3.4 Duktilität des Gesamtsystems.....	27
4.3.5 Varianten der Nachweisführung	27
4.4 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZ 2).....	27
4.5 Beobachtungsmethode.....	28
4.5.1 Anwendungsgebiete.....	28
4.5.2 Maßnahmen vor Beginn der Bauausführung.....	28
4.5.3 Maßnahmen während der Bauausführung.....	29
4.6 Einhaltung der Regelungen für Sicherheitsnachweise	29
5 Baugrund	30
5.1 Geotechnische Untersuchungen	30
5.1.1 Zweck der Untersuchungen.....	30
5.1.2 Art und Umfang der Untersuchungen	30
5.2 Arten des Baugrundes	31
5.2.1 Allgemeines.....	31
5.2.2 Nichtbindige Böden.....	31
5.2.3 Bindige Böden	31
5.2.4 Organische und organogene Böden	32
5.2.5 Geschüttete Böden	32
5.2.6 Ergänzende Angaben	32
5.3 Charakteristische Werte von Bodenkenngrößen	32
5.3.1 Festlegung charakteristischer Werte von Bodenkenngrößen	32
5.3.2 Anwendung charakteristischer Werte von Bodenkenngrößen.....	33
6 Einwirkungen, Beanspruchungen und Widerstände	34
6.1 Einwirkungen und Beanspruchungen	34
6.1.1 Allgemeines.....	34
6.1.2 Gründungslasten	34
6.1.3 Grundbauspezifische Einwirkungen	35
6.1.4 Dynamische Einwirkungen	36
6.1.5 Charakteristische Beanspruchungen	36

6.2	Widerstände von Boden und Fels	36
6.2.1	Scherfestigkeit.....	36
6.2.2	Steifigkeit.....	37
6.2.3	Sohlwiderstände.....	37
6.2.4	Erdwiderstand (passiver Erddruck).....	37
6.2.5	Eindring-, Herauszieh- und Seitenwiderstand.....	38
6.3	Bemessungssituationen bei geotechnischen Bauwerken.....	38
6.3.1	Einwirkungskombinationen.....	38
6.3.2	Sicherheitsklassen bei Widerständen	38
6.3.3	Lastfälle	39
6.4	Teilsicherheitsbeiwerte.....	40
6.4.1	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Beanspruchungen.....	40
6.4.2	Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände	41
7	Flach- und Flächengründungen.....	42
7.1	Geltungsbereich und allgemeine Anforderungen.....	42
7.2	Zuordnung zu Geotechnischen Kategorien.....	43
7.3	Einwirkungen und Beanspruchungen in der Sohlfläche	43
7.3.1	Charakteristische Beanspruchungen.....	43
7.3.2	Bemessungswerte der Beanspruchungen	44
7.4	Bodenreaktionen und Bodenwiderstände	44
7.4.1	Bodenreaktionen an der Stirnseite des Fundamentkörpers	44
7.4.2	Grundbruchwiderstand.....	45
7.4.3	Gleitwiderstand.....	45
7.5	Nachweis der Tragfähigkeit.....	46
7.5.1	Nachweis der Sicherheit gegen Kippen	46
7.5.2	Nachweis der Grundbruchsicherheit	47
7.5.3	Nachweis der Gleitsicherheit	48
7.5.4	Nachweis der Sicherheit gegen Materialversagen.....	48
7.6	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	49
7.6.1	Zulässige Lage der Sohldruckresultierenden	49
7.6.2	Verschiebungen in der Sohlfläche	49
7.6.3	Setzungen.....	49
7.6.4	Verdrehungen	50
7.7	Aufnehmbarer Sohldruck in einfachen Fällen.....	50
7.7.1	Allgemeines	50
7.7.2	Nichtbindiger Boden	51
7.7.3	Bindiger Boden.....	52
7.7.4	Fels.....	53
7.7.5	Künstlich hergestellter Baugrund	54
8	Pfahlgründungen	54
8.1	Geltungsbereich und allgemeine Anforderungen.....	54
8.2	Zuordnung zu Geotechnischen Kategorien.....	55
8.3	Einwirkungen und Beanspruchungen.....	56
8.3.1	Allgemeines	56
8.3.2	Seitendruck	56
8.3.3	Negative Mantelreibung	57
8.3.4	Bemessungswerte der Beanspruchungen	57
8.4	Widerstände	58
8.4.1	Allgemeines	58
8.4.2	Axiale Pfahlwiderstände aus Ergebnissen von statischen Pfahlprobelastungen.....	58
8.4.3	Axiale Pfahlwiderstände aus dynamischen Pfahlprobelastungen	60
8.4.4	Axiale Pfahlwiderstände aus Erfahrungswerten.....	61
8.4.5	Pfahlwiderstände quer zur Pfahlachse	61
8.4.6	Pfahlwiderstände bei zyklischen und dynamischen Einwirkungen.....	62
8.4.7	Bemessungswerte der Pfahlwiderstände	62
8.5	Nachweis der Tragfähigkeit.....	62

8.5.1	Axial belastete Pfähle	62
8.5.2	Quer zur Pfahlachse belastete Pfähle	63
8.5.3	Druckpfahlgruppen	64
8.5.4	Zugpfahlgruppen	64
8.5.5	Kombinierte Pfahl-Plattengründungen	66
8.5.6	Materialversagen von Pfählen	67
8.6	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	67
8.6.1	Grundlagen	67
8.6.2	Pfahlgruppen	68
8.6.3	Kombinierte Pfahl-Plattengründungen	69
9	Verankerungen mit Verpressankern	69
9.1	Geltungsbereich und allgemeine Anforderungen	69
9.2	Zuordnung zu Geotechnischen Kategorien	69
9.3	Einwirkungen und Beanspruchungen	70
9.4	Widerstände	70
9.4.1	Herauszieh Widerstand	70
9.4.2	Widerstand des Stahlzuggliedes	71
9.5	Nachweis der Tragfähigkeit	71
9.6	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	72
10	Stützbauwerke und im Boden eingebettete Bauwerke	72
10.1	Geltungsbereich und allgemeine Anforderungen	72
10.2	Zuordnung zu Geotechnischen Kategorien	73
10.3	Einwirkungen	73
10.3.1	Erddruck	73
10.3.2	Wasserdruck	74
10.3.3	Sonstige Einwirkungen	75
10.4	Beanspruchungen	75
10.4.1	Allgemeines	75
10.4.2	Auf Biegung beanspruchte Bauwerke	76
10.4.3	Aussteifungen	77
10.4.4	Verpressanker und Zugpfähle	77
10.4.5	Bemessungswerte der Beanspruchungen	77
10.5	Widerstände	78
10.5.1	Sohlwiderstände	78
10.5.2	Fußwiderstände vor und unter wandartigen Stützbauwerken	78
10.5.3	Herauszieh Widerstände	78
10.5.4	Bemessungswerte der Widerstände	78
10.6	Nachweis der Tragfähigkeit	78
10.6.1	Nachweise im Grenzzustand GZ 1B	78
10.6.2	Grundbruch und Gleiten	79
10.6.3	Versagen des Erdwiderlagers	79
10.6.4	Aufbruch des Verankerungsbodens vor Ankerplatten und Ankerwänden	80
10.6.5	Versagen der Lastübertragung durch Zugpfähle bzw. Ankerverpresskörper	80
10.6.6	Versinken von Bauteilen	80
10.6.7	Versagen in der tiefen Gleitfuge	81
10.6.8	Materialversagen von Bauteilen	81
10.6.9	Nachweise für die Grenzzustände GZ 1A und GZ 1C	81
10.7	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	82
10.7.1	Nachweis auf der Grundlage von Erfahrungen	82
10.7.2	Gesonderte Nachweise	82
11	Aufschwimmen und hydraulischer Grundbruch	83
11.1	Geltungsbereich und allgemeine Anforderungen	83
11.2	Zuordnung zu Geotechnischen Kategorien	83
11.3	Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen von nicht verankerten Konstruktionen	84

11.3.1	Nachweis bei alleiniger Wirkung von Bauwerkseigengewicht	84
11.3.2	Nachweis bei Mitwirkung von Scherkräften	84
11.4	Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen von verankerten Konstruktionen	85
11.4.1	Nachweis der Sicherheit gegen aufwärts gerichteten hydrostatischen Wasserdruck	85
11.4.2	Bemessung der Sohle	86
11.5	Nachweis der Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch	86
11.6	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	87
12	Gesamtstandsicherheit	87
12.1	Geltungsbereich und allgemeine Anforderungen	87
12.2	Zuordnung zu Geotechnischen Kategorien	88
12.3	Nachweis der Sicherheit gegen Böschungsbruch und Geländebruch	88
12.4	Nachweis der Tragfähigkeit von konstruktiven Böschungssicherungen	89
12.4.1	Allgemeines	89
12.4.2	Einwirkungen und Beanspruchungen	90
12.4.3	Herausziehwiderstände	90
12.4.4	Nachweis der Tragfähigkeit	91
12.5	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	92
Anhang A (normativ) Aufnehmbarer Sohldruck		93
Anhang B (informativ) Charakteristische axiale Pfahlwiderstände aus Erfahrungswerten für Bohrpfähle		98
B.1	Ermittlung der Widerstands-Setzungs-(Hebungs-)Linie	98
B.2	Pfahlspitzenwiderstand und Pfahlmantelreibung	99
B.3	Festigkeitsuntersuchungen des Bodens aus Sondierungen	102
Anhang C (informativ) Charakteristische axiale Pfahlwiderstände aus Erfahrungswerten für gerammte Verdrängungspfähle		103
C.1	Ermittlung der charakteristischen Pfahlwiderstände für den Grenzzustand GZ 1B	103
C.2	Werte für Pfahlspitzenwiderstand und Pfahlmantelreibung im Grenzzustand GZ 1B von Fertigteilpfählen aus Stahl- oder Spannbeton in nichtbindigen Böden	103
C.3	Charakteristische Pfahlwiderstände für den Grenzzustand GZ 2 von Fertigteilpfählen aus Stahl- oder Spannbeton in nichtbindigen Böden	104
C.4	Charakteristische Pfahlwiderstände für Stahl- und Spannbetonfertigpfähle in bindigen Böden sowie für Holz- und Stahlpfähle	105
Anhang D (informativ) Angaben zu charakteristischen Pfahlwiderständen aus Erfahrungswerten für verpresste Mikropfähle		107
D.1	Charakteristische axiale Pfahlwiderstände für den Grenzzustand GZ 1B	107
D.2	Anhaltswerte für charakteristische Lastspannen für verpresste Mikropfähle unter axialer Schwell- und Wechselbelastung für den Grenzzustand GZ 2	107
Anhang E (informativ) Verteilung von Einwirkungen und Widerständen für quer zur Pfahlachse belastete Pfahlgruppen		109
Anhang F (normativ) Übergangsregelungen für Normen nach dem alten Nachweiskonzept mit globalen Sicherheitsbeiwerten		113
Anhang G (informativ) Übergangsregelungen für Technische Baubestimmungen nach dem alten Nachweiskonzept mit globalen Sicherheitsbeiwerten		115
Tabellen		
Tabelle 1 — Formelzeichen		17
Tabelle 2 — Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Beanspruchungen		40
Tabelle 3 — Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände		42

Tabelle 4 — Streuungsfaktor ξ zur Berücksichtigung von Anzahl und Streuung der Ergebnisse von Pfahlprobelbelastungen	59
Tabelle A.1 — Aufnehmbarer Sohldruck σ_{zul} für Streifenfundamente auf nichtbindigem Boden auf der Grundlage einer ausreichenden Grundbruchsicherheit mit den Voraussetzungen nach Tabelle A.7	93
Tabelle A.2 — Aufnehmbarer Sohldruck σ_{zul} für Streifenfundamente auf nichtbindigem Boden auf der Grundlage einer ausreichenden Grundbruchsicherheit und einer Begrenzung der Setzungen mit den Voraussetzungen nach Tabelle A.7	93
Tabelle A.3 — Aufnehmbarer Sohldruck σ_{zul} für Streifenfundamente auf reinem Schluff (UL nach DIN 18196) mit Breiten b bzw. b' von 0,50 m bis 2,00 m bei steifer bis halbfester Konsistenz oder einer mittleren einaxialen Druckfestigkeit $q_{u,k} > 120 \text{ kN/m}^2$	94
Tabelle A.4 — Aufnehmbarer Sohldruck σ_{zul} für Streifenfundamente auf gemischtkörnigem Boden (SÜ, ST, GÜ, G$\bar{T}$ nach DIN 18196; z. B. Geschiebemergel) mit Breiten b bzw. b' von 0,50 m bis 2,00 m	94
Tabelle A.5 — Aufnehmbarer Sohldruck σ_{zul} für Streifenfundamente auf tonig schluffigem Boden (UM, TL, TM nach DIN 18196) mit Breiten b bzw. b' von 0,50 m bis 2,00 m	94
Tabelle A.6 — Aufnehmbarer Sohldruck σ_{zul} für Streifenfundamente auf Ton-Boden (TA nach DIN 18196) mit Breiten b bzw. b' von 0,50 m bis 2,00 m	95
Tabelle A.7 — Voraussetzungen für die Anwendung der Werte für den aufnehmbaren Sohldruck σ_{zul} nach den Tabellen A.1 und A.2 bei nichtbindigem Boden	97
Tabelle A.8 — Voraussetzungen für die Erhöhung der Werte für den aufnehmbaren Sohldruck σ_{zul} nach 7.7.2.2 (3) bei nichtbindigem Boden	97
Tabelle B.1 — Pfahlsitzenwiderstand $q_{b,k}$ für nichtbindige Böden	100
Tabelle B.2 — Pfahlsitzenwiderstand $q_{b,k}$ für bindige Böden	100
Tabelle B.3 — Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ für nichtbindige Böden	101
Tabelle B.4 — Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ für bindige Böden	101
Tabelle B.5 — Pfahlsitzenwiderstand $q_{b,k}$ und Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ in Fels	101
Tabelle C.1 — Pfahlsitzenwiderstand $q_{b1,k}$ für gerammte Fertigpfähle aus Stahl- oder Spannbeton in nichtbindigen Böden	104
Tabelle C.2 — Pfahlmantelreibung $q_{s1,k}$ für gerammte Fertigpfähle aus Stahl- oder Spannbeton in nichtbindigen Böden	104
Tabelle C.3 — Charakteristische Pfahlwiderstände $R_{2,k}$ von gerammten Verdrängungspfählen aus Holz in nichtbindigen und bindigen Böden	105
Tabelle C.4 — Charakteristische Pfahlwiderstände $R_{2,k}$ von gerammten Verdrängungspfählen mit quadratischem Querschnitt aus Stahlbeton und Spannbeton in bindigen Böden	106
Tabelle C.5 — Charakteristische Pfahlwiderstände $R_{2,k}$ von gerammten Verdrängungspfählen aus Stahl in nichtbindigen und bindigen Böden	106

Tabelle D.1 — Charakteristische Werte für die Pfahlmantelreibung $q_{s\ 1,k}$ bei verpressten Mikropfählen im Ausnahmefall, dass keine Pfahlprobelastungen ausgeführt werden.....	107
Tabelle D.2 — Anhaltswerte für charakteristische Lastspannen	108
Tabelle F.1 — Verknüpfungen der normativen Verweisungen mit Normen nach dem alten Nachweiskonzept	113
Tabelle F.2 — Verknüpfungen der normativen Verweisungen mit Empfehlungen nach dem alten Nachweiskonzept.....	114
Tabelle G.1 — Verknüpfungen der normativen Verweisungen mit Technischen Baubestimmungen nach dem alten Nachweiskonzept	115
Tabelle G.2 — Begriffe und Formelzeichen, Bezüge zwischen DIN 4125:1990-11 und DIN 1054	117

Bilder

Bild 1 — Grundriss eines rechteckigen Fundamentes; Bezeichnungen bei zweiachsiger Ausmittigkeit.....	47
Bild 2 — Geometrie des an einem Einzelfahl angehängten Bodens.....	66
Bild 3 — Ermittlung des charakteristischen Pfahlwiderstandes $R_{2,k}$ von Einzelfählen oder von Pfahlgruppen untereinander, abhängig von den entsprechenden Setzungen $s_{2,k}$ bzw. $\Delta s_{2,k}$	68
Bild A.1 — Aufnehmbarer Sohldruck σ_{zul} für quadratische Einzelfundamente auf Fels (informative Beispiele).....	96
Bild B.1 — Elemente der charakteristischen Widerstands-Setzungs-Linie	98
Bild E.1 — Abminderungsfaktor α_L für das Verhältnis Pfahlachsenabstand a_L in Kraftrichtung zum Pfahlschaftdurchmesser D_s	110
Bild E.2 — Abminderungsfaktoren α_{QA} und α_{QZ} für das Verhältnis Pfahlachsenabstand a_Q quer zur Kraftrichtung zu Pfahlschaftdurchmesser D_s ; für $a_Q/D_s < 2$ gelten die Bedingungen einer durchgehenden Wand (siehe z. B. E DIN 4085)	111
Bild E.3 — Abminderungsfaktoren α_i in Abhängigkeit von der Lage des Pfahls innerhalb der Gruppe.....	111

Vorwort

Diese Norm wurde im Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. vom Arbeitsausschuss 05.01.00 „Sicherheit im Erd- und Grundbau“ als Teil eines einheitlichen neuen deutschen Normenwerks für den konstruktiven Ingenieurbau auf der Grundlage des Teilsicherheitskonzepts erstellt. Maßgebend dafür waren:

DIN V 1054-100:1996-04 *Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Teil 100: Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten*;

Deutsche Stellungnahme zu DIN V ENV 1997-1:1996-04 *Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik; Teil 1: Allgemeine Regeln*;

DIN 1055-100:2001-03 *Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung – Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln*

sowie teilweise

DIN 1054:1976-11, *Baugrund; Zulässige Belastung des Baugrunds*;

DIN 4014:1990-03, *Bohrpfähle; Herstellung, Bemessung und Tragverhalten*;

DIN 4026:1975-08, *Rammpfähle; Herstellung, Bemessung und zulässige Belastung*;

DIN 4125:1990-11, *Verpressanker; Kurzzeitanker und Daueranker; Bemessung, Ausführung und Prüfung*;

DIN 4128:1983-04, *Verpresspfähle (Ortbeton- und Verbundpfähle) mit kleinem Durchmesser; Herstellung, Bemessung und zulässige Belastung*.

Diese Norm ist abgestimmt auf die harmonisierten Europäischen Normen bzw. Norm-Entwürfe

DIN EN 1536:1999-06, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Bohrpfähle; Deutsche Fassung EN 1536:1999*;

DIN EN 1537:2001-01, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Verpressanker; Deutsche Fassung EN 1537:1999 + AC:2000*;

DIN EN 1538:2000-07, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Schlitzwände; Deutsche Fassung EN 1538:2000*;

DIN EN 12063:1999-05, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Spundwandkonstruktionen; Deutsche Fassung EN 12063:1999*;

DIN EN 12699:2001-05, *Ausführung spezieller geotechnischer Arbeiten (Spezialtiefbau) – Verdrängungspfähle; Deutsche Fassung EN 12699:2000*;

DIN EN 12715:2000-10, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Injektionen; Deutsche Fassung EN 12715:2000*;

DIN EN 12716:2001-11, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Düsenstrahlverfahren; Deutsche Fassung EN 12716:2001*;

E DIN EN 14199:2001-08, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Pfähle mit kleinen Durchmessern (Minipfähle); Deutsche Fassung prEN 14199:2000*.

Weiterhin ist diese Norm Grundlage für die Überarbeitung der Vornormen:

DIN V 4017-100:1996-04, *Baugrund – Berechnung des Grundbruchwiderstands von Flachgründungen – Teil 100: Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten*;

DIN V 4019-100:1996-04, *Baugrund – Setzungsberechnungen – Teil 100: Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten*;

DIN V 4084-100:1996-04, *Baugrund – Böschungs- und Geländebruchberechnungen – Teil 100: Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten*;

DIN V 4085-100:1996-04, *Baugrund – Berechnung des Erddrucks – Teil 100: Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten*;

DIN V 4126-100:1996-04, *Baugrund – Schlitzwände – Teil 100: Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten*.

Diese Norm entspricht ferner den Rahmenbedingungen für die Anwendung des Teilsicherheitskonzepts nach den derzeit vorliegenden Europäischen Normen und Norm-Entwürfen:

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

prEN 1997-1, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln*.

Dieses Dokument nutzt allerdings die in diesen beiden Normen und in DIN 1055-100 gegebenen Freiräume und Auslegungsmöglichkeiten, um dem deutschen Standpunkt, der in der deutschen Stellungnahme zu DIN V ENV 1997-1:1996-04 beschrieben ist, möglichst nahe zu kommen.

Änderungen

Gegenüber DIN 1054:2003-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Druckfehlerberichtigungen und redaktionelle Änderungen;
- b) Korrektur des Abschnitts 2 Normative Verweisungen;
- c) Inhaltliche Änderungen und Ergänzungen;
- d) Aufnahme der Anhänge F „Übergangsregelungen für Normen nach dem alten Nachweiskonzept mit globalen Sicherheitsbeiwerten“ und G „Übergangsregelungen für Technische Baubestimmungen nach dem alten Nachweiskonzept mit globalen Sicherheitsbeiwerten“.

Frühere Ausgaben

DIN 1054:1934-08; 1940-08; 1953x-10; 1969-11; 1976-11; 2003-01

DIN 4014:1960-12; 1969-11

DIN 4014-1:1975-08

DIN 4014-2:1977-09

DIN 4026:1968-07; 1975-08

DIN 4125:1990-11

DIN 4125-1:1972-06; 1988-03

DIN 4125-2:1976-02

DIN 4128:1983-04

1 Anwendungsbereich

Diese Norm betrifft die Standsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken und Bauteilen im Erd- und Grundbau. Sie gilt für deren Herstellung und Nutzung und schließt die Änderung bestehender Bauwerke ein. Sie definiert die vom Baugrund beeinflussten Grenzzustände und enthält Grundsätze und Regeln für die zugehörigen Nachweise.

Die Norm gilt im Wesentlichen für folgende Bauwerke und Bauteile:

- a) Gründungen, z. B. Flachgründungen, Pfahlgründungen;
- b) Stützbauwerke, z. B. Gewichtsstützwände;
- c) konstruktive Böschungssicherungen, z. B. Bodenvernagelungen, Felsvernagelungen;
- d) im Baugrund eingebettete Bauwerke, z. B. Tunnel in offener Bauweise;
- e) Grundbaukonstruktionen für vorübergehende Zwecke, z. B. Baugrubenwände;
- f) Erdbauwerke, z. B. Dämme, Einschnitte.

Außerdem gilt sie für natürliche Hänge.

Die unter b) bis f) genannten Bauwerke werden zum Unterschied zu Gründungen als geotechnische Bauwerke bezeichnet. Mit dieser Unterscheidung wird Folgendes deutlich gemacht:

- bei Gründungen werden die Einwirkungen aus dem Überbau in der Regel von der Tragwerksplanung des aufliegenden Tragwerkes zur Verfügung gestellt;
- bei geotechnischen Bauwerken werden die Einwirkungen vorwiegend im Rahmen der geotechnischen Planung vorgegeben.

Braunkohletagebaue gehören nicht zum Anwendungsbereich dieser Norm, da hier durch andere geologische und geotechnische Erkundungen, Voruntersuchungen und Überwachungen andere Sicherheitsbedingungen vorliegen.

ANMERKUNG 1 Im Einzelfall kann ein geotechnisches Bauwerk zugleich auch Gründung für ein Tragwerk sein.

ANMERKUNG 2 Weitere Hinweise zum Anwendungsbereich sind jeweils zu Beginn der Abschnitte 7 bis 12 angegeben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 1045-1, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion*.

DIN 1052, *Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken – Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau*.

DIN 1055-1, *Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1: Wichten und Flächenlasten von Baustoffen, Bauteilen und Lagerstoffen*.

E DIN 1055-2, *Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Bodenkenngößen*.

- DIN 1055-3, *Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 3: Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten.*
- E DIN 1055-4, *Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 4: Windlasten.*
- E DIN 1055-5, *Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 5: Schnee- und Eislasten.*
- DIN 1055-8, *Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 8: Einwirkungen während der Bauausführung.*
- DIN 1055-9, *Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 9: Außergewöhnliche Einwirkungen.*
- DIN 1055-10, *Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 10: Einwirkungen infolge Krane und Maschinen.*
- DIN 1055-100:2001-03, *Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln.*
- E DIN 4017, *Baugrund – Berechnung des Grundbruchwiderstands von Flachgründungen.*
- DIN V 4019-100, *Baugrund – Setzungsberechnungen – Teil 100: Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten.*
- DIN 4020, *Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke.*
- DIN 4021, *Baugrund – Aufschluss durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben.*
- DIN 4022-1:1987-09, *Baugrund und Grundwasser – Benennen und Beschreiben von Boden und Fels – Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben im Boden und im Fels.*
- DIN 4023, *Baugrund- und Wasserbohrungen – Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse.*
- DIN 4030-1, *Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase; Grundlagen und Grenzwerte.*
- E DIN 4084, *Baugrund – Geländebruchberechnungen.*
- E DIN 4085, *Baugrund – Berechnung des Erddrucks.*
- DIN 4094-1, *Baugrund – Felduntersuchungen – Teil 1: Drucksondierungen.*
- DIN 4094-2, *Baugrund – Felduntersuchungen – Teil 2: Bohrlochrammsondierung.*
- DIN 4094-3, *Baugrund – Felduntersuchungen – Teil 3: Rammsondierungen.*
- DIN 4094-4, *Baugrund – Felduntersuchungen – Teil 4: Flügelscherversuche.*
- DIN 4123, *Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude.*
- DIN 4124:2002-10, *Baugruben und Gräben; Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten.*
- DIN V 4126-100, *Schlitzwände – Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten.*
- E DIN 4149, *Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten.*
- DIN 4150-1, *Erschütterungen im Bauwesen – Vorermittlung von Schwingungsgrößen.*
- DIN 4150-2, *Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden.*

DIN 4150-3, *Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf bauliche Anlagen.*

DIN 18121-1, *Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Wassergehalt – Bestimmung durch Ofentrocknung.*

DIN 18122-1, *Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) – Teil 1: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze.*

DIN 18126, *Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Dichte nichtbindiger Böden bei lockerster und dichtester Lagerung.*

DIN 18127, *Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Proctorversuch.*

DIN 18136, *Baugrund – Untersuchung von Bodenproben – Einaxialer Druckversuch.*

DIN 18196:1988-10, *Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke.*

DIN 18800-1, *Stahlbauten – Teil 1: Bemessung und Konstruktion.*

DIN 18800-1/A1, *Stahlbauten – Teil 1: Bemessung und Konstruktion; Änderung A1.*

DIN 18800-2, *Stahlbauten; Stabilitätsfälle – Teil 2: Knicken von Stäben und Stabwerken.*

DIN 18800-2/A1, *Stahlbauten – Stabilitätsfälle – Teil 2: Knicken von Stäben und Stabwerken; Änderung A1*

DIN EN 206-1, *Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität.*

DIN EN 1536, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Bohrspfähle.*

DIN EN 1537:2001-01, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Verpressanker; Deutsche Fassung EN 1537:1999 + AC:2000.*

DIN EN 1538, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Schlitzwände.*

DIN EN 12699, *Ausführung spezieller geotechnischer Arbeiten (Spezialtiefbau) – Verdrängungspfähle.*

E DIN EN 12794, *Vorgefertigte Gründungspfähle aus Beton.*

E DIN EN 14199, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Pfähle mit kleinen Durchmessern (Mikropfähle).*

DIN-Fachbericht 130, *Wechselwirkung Baugrund/Bauwerk – Flachgründungen*¹⁾.

E EAB, *Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“, herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT), 4. Auflage*²⁾.

E EAU, *Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen, herausgegeben vom Arbeitsausschuss „Ufereinfassungen“, der Hafenbautechnischen Gesellschaft e.V. (HTG) und der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT), 10. Auflage*²⁾.

EBGEO, *Empfehlungen für Bewehrungen aus Geokunststoffen, herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT)*²⁾.

E EVB, *Empfehlungen „Verformungen des Baugrundes bei baulichen Anlagen“, herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT)*²⁾.

1) Zu beziehen bei: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.

2) Zu beziehen bei: Verlag Ernst und Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin

ZTV-Tunnel Teil 2: *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Straßentunneln – Teil 2: Offene Bauweise, herausgegeben vom Bundesminister für Verkehr* ³⁾.

[1] *Arbeitskreis 2.1 „Pfähle“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V.: Empfehlungen für statische und dynamische Probelastungen von Pfählen, 1998*

[2] *Merkblatt über den Einfluss der Hinterfüllung auf Bauwerke, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, 1994*

[3] *Richtlinie für den Entwurf, die Bemessung und den Bau von Kombinierten Pfahl-Plattengründungen (KPP), DIBt, DGGT, DAfSB*

[4] *Bedingungen für die Anwendung des Bauverfahrens „Bewehrte Erde“, Bundesministerium für Verkehr (BMV ARS 4/85), Abteilung Straßenbau, Bonn, 1985*

3 Begriffe und Formelzeichen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1 Allgemeine Begriffe

3.1.1.1

Baugrund

gewachsener, geschütteter oder künstlich hergestellter Boden oder Fels, auf dem eine bauliche Anlage gegründet bzw. in dem eine bauliche Anlage eingebettet wird

3.1.1.2

Bauwerk

bauliche Anlage, d. h. Ergebnis von Bauarbeiten, das aus tragenden und nichttragenden Bauteilen besteht und fest mit dem Baugrund verbunden ist (Bauwerke des Hoch- und Tiefbaus, z. B. Wohnhaus, Brücke, Turm) [DIN 1055-100:2001-03]

ANMERKUNG Ein Bauwerk, bei dem grundbauspezifische Einwirkungen überwiegen, wird als geotechnisches Bauwerk bezeichnet.

3.1.1.3

Beanspruchung

Folge der gleichzeitig zu betrachtenden Einwirkungen bzw. einer Einwirkungskombination auf das Tragwerk oder seine Teile oder einem betrachteten Ort (Querschnitt) des Tragwerkes [DIN 1055-100:2001-03]

3.1.1.4

Einwirkung

auf das Tragwerk einwirkende Kraft- oder Verformungsgrößen [DIN 1055-100:2001-03]

ANMERKUNG 1 Einwirkung sind auch auf den Baugrund einwirkende Kraft- oder Verformungsgrößen.

ANMERKUNG 2 Die Begriffe „direkte Einwirkung“, „indirekte Einwirkung“, „statische Einwirkung“, „vorwiegend ruhende Einwirkung“, „quasi-statische Einwirkung“, „dynamische Einwirkung“, „zeitliche unveränderliche“, „zeitliche veränderliche Einwirkung“, „ständige Einwirkung“, „veränderliche Einwirkung“, „außergewöhnliche Einwirkung“, „seismische Einwirkung“, „örtlich veränderliche Einwirkung“, „ortsfeste Einwirkung“, „örtlich unveränderliche Einwirkung“ und „freie Einwirkung“ sind in DIN 1055-100:2001-03 definiert.

3) Nachgewiesen in der DITR-Datenbank der DIN-Software GmbH, zu beziehen bei: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Konrad-Adenauer-Straße 13, 50996 Köln.

3.1.1.5

Tragwerk

planmäßige Anordnung miteinander verbundener tragender und aussteifender Bauteile, die so entworfen sind, dass sie ein bestimmtes Maß an Tragwiderstand (z. B. Fundament, Stützen, Riegel, Decken, Trennwände) aufweisen [DIN 1055-100:2001-03]

ANMERKUNG In dieser Norm bezieht sich der Begriff „Tragwerk“ vorrangig auf den Teil des Bauwerkes, der auf einer Gründungskonstruktion aufliegt.

3.1.1.6

Widerstand

Schnittgröße bzw. Spannung im oder am Tragwerk oder im Baugrund infolge Festigkeit bzw. Steifigkeit der Baustoffe oder des Baugrundes

3.1.2 Begriffe zum Sicherheitskonzept

3.1.2.1

Bemessungswert

Wert einer Einwirkung, einer Beanspruchung oder eines Widerstandes, der für den Nachweis eines Grenzzustandes zugrunde gelegt wird; gekennzeichnet durch den Index „d“

3.1.2.2

Charakteristischer Wert

Wert einer Einwirkung oder eines Widerstandes, von dem angenommen wird, dass er mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit im Bezugszeitraum unter Berücksichtigung der Nutzungsdauer des Bauwerkes und der entsprechenden Bemessungssituation nicht überschritten oder unterschritten wird; gekennzeichnet durch den Index „k“

ANMERKUNG Nach DIN 1055-100:2001-03 ist der charakteristische Wert der wichtigste repräsentative Wert für Einwirkungen. Für veränderliche Einwirkungen werden folgende zusätzliche repräsentative Werte dort definiert: Kombinationswert, nicht-häufiger Wert, häufiger Wert, quasiständiger Wert. In dieser Norm wird die Schreibweise „charakteristischer Wert einer Größe“ nur bei Einwirkungen und Widerständen verwendet, bei denen die o.g. Definition uneingeschränkt gilt. Dagegen wird die vereinfachte Schreibweise „charakteristische Größe“ für alle abgeleiteten Größen verwendet, die entweder das Ergebnis einer statischen Berechnung mit charakteristischen bzw. repräsentativen Eingangswerten der Einwirkungen bzw. charakteristischen Eingangswerten der Widerstände oder Ergebnis einer Korrelation mit charakteristischen Werten der Bodenkenngrößen sind.

3.1.2.3

Einwirkungskombination

Festlegung der gleichzeitig auftretenden Einwirkungen, die für den betrachteten Nachweis zu berücksichtigen sind

3.1.2.4

Grenzzustandsbedingung

Gegenüberstellung von Bemessungswerten in Form einer Ungleichung zum Nachweis eines Grenzzustandes

ANMERKUNG Die Grenzzustandsbedingung ist erfüllt, bzw. der Nachweis der Sicherheit gegen Eintritt eines Grenzzustandes ist erbracht, wenn die Summe von Bemessungswerten der maßgebenden Einwirkungen bzw. Beanspruchungen kleiner oder gleich den Bemessungswerten der maßgebenden Widerstände ist.

3.1.2.5

Grenzzustand des Verlustes der Lagesicherheit GZ 1A

Versagen des Bauwerkes durch Gleichgewichtsverlust ohne Bruch, z. B. Aufschwimmen oder hydraulischer Grundbruch

3.1.2.6

Grenzzustand des Versagens von Bauwerken und Bauteilen GZ 1B

Versagen von Bauteilen bzw. eines Bauwerkes durch Bruch im Bauwerk oder durch Bruch des stützenden Baugrundes, z. B. Materialversagen von Bauteilen, Grundbruch, Gleiten, Versagen des Erdwiderlagers

3.1.2.7**Grenzzustand des Verlustes der Gesamtstandsicherheit GZ 1C**

Versagen des Baugrundes, ggf. einschließlich auf oder in ihm befindlicher Bauwerke, durch Bruch im Boden oder Fels, ggf. auch zusätzlich durch Bruch in mittragenden Bauteilen, z. B. Böschungsbruch, Geländebruch

3.1.2.8**Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit GZ 2**

Zustand des Tragwerkes, bei dessen Überschreitung die für die Nutzung festgelegten Bedingungen nicht mehr erfüllt sind. Es wird dabei unterschieden zwischen

- einem umkehrbaren Grenzzustand (keine bleibende Überschreitung des Grenzzustandes nach Entfernen der maßgebenden Einwirkung) und
- einem nicht umkehrbaren Grenzzustand (bleibende Überschreitung des Grenzzustandes nach dem Entfernen der maßgebenden Einwirkung)

[DIN 1055-100:2001-03]

3.1.2.9**Lastfall**

Festlegung untereinander verträglicher Lastanordnungen, Verformungen und Imperfektionen, die bei einem bestimmten Nachweis gleichzeitig zu berücksichtigen sind [DIN 1055-100:2001-03]

ANMERKUNG In dieser Norm wird darüber hinaus eine Verbindung mit Sicherheitsklassen, d.h. einer Einstufung der Widerstände in Abhängigkeit vom Sicherheitsanspruch hergestellt.

3.1.2.10**Nennwert**

Wert, der nicht über Teilsicherheitsbeiwerte oder sonstige Sicherheitselemente, sondern unmittelbar als Bemessungswert festgelegt wird (z. B. Bemessungsquerschnitt)

3.1.2.11**Sicherheitsklasse**

Einstufung der bodenmechanischen Widerstände in Abhängigkeit vom Sicherheitsanspruch

3.1.2.12**Teilsicherheitsbeiwert**

Beiwert zur Bestimmung des Bemessungswertes von Einwirkungen, von Beanspruchungen oder von Tragwiderständen aus den repräsentativen bzw. charakteristischen Werten [DIN 1055-100:2001-03]

3.1.3 Geotechnische Begriffe**3.1.3.1****Flachgründung**

Gründungskörper mit geringer Einbindetiefe, bei dem die Lasten überwiegend in der Gründungssohle in den Baugrund übertragen werden

3.1.3.2**Flächengründung**

Gründungskörper mit beliebiger Einbindetiefe, bei dem die Lasten in einer Gründungssohle auf großer Fläche, in der Regel auf der gesamten Bauwerksfläche, in den Baugrund übertragen werden

3.1.3.3**Kombinierte Pfahl-Plattengründung KPP**

geotechnische Verbundkonstruktion mit gemeinsamer Tragwirkung von Fundamentplatten und Pfählen bei der Übertragung von Bauwerkslasten in den Baugrund

3.1.3.4

Konstruktive Böschungssicherung

Konstruktion zur dauernden oder vorübergehenden Sicherung einer Böschung oder eines Hanges, bestehend aus Sicherungselementen und einer Oberflächensicherung, die nicht in der Lage ist, außer ihrem Eigengewicht weitere waagerechte oder senkrechte Kräfte in den Baugrund zu übertragen

3.1.3.5

Sohldruck

Kontaktdruckspannung in der Gründungssohle, über die Kräfte vom Gründungskörper in den Baugrund übertragen werden

3.1.3.6

Stützbauwerk

Gewichtsstützwand oder ausgesteifte bzw. verankerte Wand mit Fußeinbindung, die in der Lage ist, waagerechte und senkrechte Lasten aufzunehmen und in den Baugrund zu übertragen

3.1.3.7

Stützkonstruktion

bauliche Anlage zur vorübergehenden oder dauernden Sicherung eines Geländesprungs, einer Böschung oder eines Hanges

ANMERKUNG „Stützkonstruktion“ ist der Oberbegriff für „Stützbauwerke“ und „konstruktive Böschungssicherungen“.

3.2 Formelzeichen

Tabelle 1 — Formelzeichen

Nr	Formelzeichen	Benennung	Einheit	Abschnitt/ Gleichung
1	A	Sohlfläche des Gründungskörpers	m^2	7.4.3, (13)
2	A'	Reduzierte Sohlfläche des Gründungskörpers	m^2	7.7.1
3	A_k	Charakteristische hydrostatische Auftriebskraft	kN	11.3.1, (55)
4	A_s	Querschnittsfläche eines Stahlzuggliedes	m^2	9.4.2, (44)
5	a_s	Seitenlänge eines Pfahles mit quadratischem Querschnitt	m	8.4.5
6	$B_{h,d}$	Bemessungswert der Horizontalkomponente der resultierenden Auflagerkraft/Bodenreaktion	kN/m	10.6.3, (49)
7	$B_{h,k}$	Horizontalkomponente der resultierenden charakteristischen Auflagerkraft/Bodenreaktion	kN/m	10.4.2
8	B_k	Resultierende charakteristische Auflagerkraft/Bodenreaktion	kN/m	7.4.2
9	$B_{v,k}$	Vertikalkomponente der resultierenden charakteristischen Auflagerkraft/Bodenreaktion	kN/m	10.6.3, (51)
10	b	Breite des Streifenfundamentes	m	7.7.2.1
11	b'	Reduzierte Breite des Streifenfundamentes	m	7.7.2.1
12	b_x	Breite des Gründungskörpers in x-Richtung	m	7.5.1, (17)
13	b_y	Breite des Gründungskörpers in y-Richtung	m	7.5.1, (17)
14	b'_x	Reduzierte Breite des Gründungskörpers in x-Richtung	m	7.7.1, (21)
15	b'_y	Reduzierte Breite des Gründungskörpers in y-Richtung	m	7.7.1, (21)
16	c'	Kohäsion des dränierten Bodens (effektive Kohäsion) allgemein	kN/m^2	5.3.2
17	c'_d	Bemessungswert der Kohäsion des dränierten Bodens (der effektiven Kohäsion)	kN/m^2	6.4.2, (5b)
18	c'_k	Charakteristischer Wert der Kohäsion des dränierten Bodens (der effektiven Kohäsion)	kN/m^2	6.4.2, (5b)
19	c_d	Bemessungswert der Kohäsion allgemein	kN/m^2	6.2.1
20	c_k	Charakteristischer Wert der Kohäsion allgemein	kN/m^2	6.2.1
21	c_u	Scherfestigkeit (Kohäsion) des undränierten Bodens allgemein	kN/m^2	5.3.2
22	$c_{u,d}$	Bemessungswert der Scherfestigkeit (Kohäsion) des undränierten Bodens	kN/m^2	6.4.2, (5c)
23	$c_{u,k}$	Charakteristischer Wert der Scherfestigkeit (Kohäsion) des undränierten Bodens	kN/m^2	6.4.2, (5c)
24	D	Lagerungsdichte	–	7.7.2.1
25	D_s	Pfahlschaftdurchmesser	m	8.4.5
26	D_b	Pfahlfußdurchmesser	m	8.4.2, (29)

Tabelle 1 — Formelzeichen (fortgesetzt)

Nr	Formelzeichen	Benennung	Einheit	Abschnitt/ Gleichung
27	D_{Pr}	Verdichtungsgrad	—	5.3.2
28	D	Einbindetiefe	m	7.7.1
29	$E_{1,d}$	Bemessungswert der Beanspruchung eines Einzelpfahls im Grenzzustand der Tragfähigkeit allgemein		8.3.4
30	$E_{1,k}$	Charakteristische Beanspruchung eines Einzelpfahls im Grenzzustand der Tragfähigkeit allgemein		8.3.4
31	$E_{2,d}$	Bemessungswert der Beanspruchung eines Einzelpfahls im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit allgemein		8.3.4
32	$E_{2,k}$	Charakteristische Beanspruchung eines Einzelpfahls im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit allgemein		8.3.4
33	$E_{G,d}$	Bemessungswert der Beanspruchung infolge ständiger Einwirkungen allgemein		6.1.2
34	$E_{G,k}$	Charakteristische Beanspruchung infolge ständiger Einwirkungen allgemein		6.1.2
35	$E_{Q,k}$	Charakteristische Beanspruchung infolge veränderlicher Einwirkungen allgemein		6.1.2
36	$E_{Q,d}$	Bemessungswert der Beanspruchung infolge veränderlicher Einwirkungen allgemein		6.1.2
37	$E_{ah,k}$	Horizontalkomponente der charakteristischen aktiven Erddruckkraft	kN/m	11.3.2
38	$E_{av,k}$	Vertikalkomponente der charakteristischen aktiven Erddruckkraft	kN/m	11.3.2
39	E_d	Bemessungswert der Beanspruchung allgemein		6.1.5
40	$E_{d,i}$	Bemessungswert der i -ten Beanspruchung		4.3.2
41	E_k	Charakteristische Beanspruchung allgemein		6.4.1
42	$E_{k,i}$	i -te charakteristische Beanspruchung		4.3.2
43	$E_{p,d}$	Bemessungswert des Erdwiderstandes (der passiven Erddruckkraft)	kN/m	7.4.1
44	$E_{ph,d}$	Bemessungswert der Horizontalkomponente des Erdwiderstandes (der passiven Erddruckkraft)	kN/m	10.6.3, (49)
45	$E_{ph,k}$	Horizontalkomponente des charakteristischen Erdwiderstandes (der passiven Erddruckkraft)	kN/m	10.6.3, (50)
46	$E_{p,k}$	Charakteristischer Erdwiderstand (passive Erddruckkraft)	kN/m	7.4.1
47	E_{rep}	Repräsentative Beanspruchung infolge von Einwirkungen allgemein		6.1.2
48	$E_{s,k}$	Charakteristischer Wert des Steifemoduls	MN/m ²	8.4.5, (31)
49	$e_{p,k}$	Charakteristische(r) Erdwiderstandsspannung (passiver Erddruck)	kN/m ²	7.4.1, (10)

Tabelle 1 — Formelzeichen (fortgesetzt)

Nr	Formelzeichen	Benennung	Einheit	Abschnitt/ Gleichung
50	$e_{ph,k}$	Horizontalkomponente der charakteristischen Erdwiderstandsspannung (des charakteristischen passiven Erddruckes)	kN/m ²	8.5.2
51	$e_{p\,mob,k}$	Mobilisierter Anteil der charakteristischen Erdwiderstandsspannung (des charakteristischen passiven Erddruckes)	kN/m ²	7.4.1, (10)
52	e_x	Ausmittigkeit der maßgebenden Sohldruckresultierenden in x-Richtung	m	7.5.1, (18)
53	e_y	Ausmittigkeit der maßgebenden Sohldruckresultierenden in y-Richtung	m	7.5.1, (18)
54	$F_{S,k}$	Zusätzliche einwirkende charakteristische Scherkraft im Grenzzustand GZ 1A		11.3.2, (56)
55	$F_{k,i}$	Charakteristischer Wert der i -ten Einwirkung allgemein		4.3.2
56	F_d	Bemessungswert der Einwirkung allgemein		6.4.1
57	F_k	Charakteristischer Wert der Einwirkung allgemein		6.4.1
58	$f_{t,k}$	Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Stahlzuggliedes	kN	9.5
59	$f_{t,0.1,k}$	Charakteristischer Wert der Spannung bei 0,1 % bleibender Dehnung	kN	9.4.2, (44)
60	$G_{E,k}$	Charakteristische Eigenlast des von der Zugelementengruppe erfassten Bodenvolumens unter Auftrieb	kN	8.5.4, (34)
61	G'_k	Charakteristische Eigenlast unter Auftrieb des durchströmten Bodenkörpers	kN	11.5, (62)
62	$G_{k,dst}$	Charakteristischer Wert ungünstiger ständiger Einwirkungen im Grenzzustand GZ 1A	kN	8.5.4, (34)
63	$G_{k,stb}$	Charakteristischer Wert günstiger ständiger Einwirkungen im Grenzzustand GZ 1A	kN	8.5.4, (34)
64	H_k	Horizontalkomponente der charakteristischen Sohldruckbeanspruchung	kN	7.7.1
65	K_0	Erdruhedruckbeiwert	–	8.3.3, (25)
66	k_s	Kriechmaß	mm	9.4.1
67	$k_{s,k}$	Charakteristischer Wert des Bettungsmoduls	kN/m ³	8.4.5
68	L	Länge der Zugelemente	m	8.5.4, (35)
69	L_a	Größeres Rastermaß	m	8.5.4, (35)
70	L_b	Kleineres Rastermaß	m	8.5.4, (35)
71	N	Anzahl der Pfahlprobelastungen	–	8.4.2, (28)
72	$N_{G,k}$	Ständiger Anteil der charakteristischen Beanspruchung rechtwinklig zur Fundamentsohlfäche	kN	7.3.2

Tabelle 1 — Formelzeichen (fortgesetzt)

Nr	Formelzeichen	Benennung	Einheit	Abschnitt/ Gleichung
73	N_d	Bemessungswert der Beanspruchung rechtwinklig zur Fundamentsohlfläche	kN	7.3.2
74	N_k	Charakteristische Beanspruchung rechtwinklig zur Fundamentsohlfläche	kN	7.4.3, (14)
75	$N_{Q,k}$	Veränderlicher Anteil der charakteristischen Beanspruchung rechtwinklig zur Fundamentsohlfläche	kN	7.3.2
76	n	Anzahl gleicher Zuelemente	–	8.5.4 (35)
77	P_P	Anker-Prüfkraft	kN	9.4.1
78	Q_k	Charakteristischer Wert ungünstiger veränderlicher Einwirkungen	kN	8.5.4 (34)
79	q_c	Spitzenwiderstand der Drucksonde nach DIN 4094-1	kN/m ²	7.7.2.1
80	$q_{s,k}$	Charakteristischer Wert der positiven Mantelreibung	kN/m ²	8.3.3
81	q_u	Einaxiale Druckfestigkeit	kN/m ²	7.7.3.1
82	$q_{u,k}$	Charakteristische einaxiale Druckfestigkeit	kN/m ²	7.7.3.1, (23)
83	R	Widerstand eines Einzelpfahls	kN	8.4.1
84	R_1	Pfahlwiderstand im Grenzzustand der Tragfähigkeit	kN	8.4.1
85	$R_{1,d}$	Bemessungswert des Pfahlwiderstandes im Grenzzustand der Tragfähigkeit	kN	8.5.1, (32)
86	$R_{1,k}$	Charakteristischer Pfahlwiderstand im Grenzzustand der Tragfähigkeit	kN	8.4.2
87	$R_{1m,i}$	i -ter Pfahlwiderstand aus Probelastungsergebnissen	kN	8.4.2
88	$R_{1m,min}$	Kleinsten Pfahlwiderstand aus Probelastungsergebnissen	kN	8.4.2
89	$\bar{R}_{1m}$	Mittelwert der Pfahlwiderstände aus Probelastungsergebnissen	kN	8.4.2
90	R_2	Pfahlwiderstand im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	kN	8.4.1
91	$R_{2,d}$	Bemessungswert des Pfahlwiderstandes im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	kN	8.6.1, (39)
92	$R_{2,k}$	Charakteristischer Pfahlwiderstand im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	kN	8.4.6
93	$R_{a,d}$	Bemessungswert des Herausziehwiderstandes	kN	9.4.1
94	$R_{a,k}$	Charakteristischer Herausziehwiderstand	kN	9.4.1
95	R_b	Pfahlfußwiderstand eines Einzelpfahls	kN	8.4.1
96	R_d	Bemessungswert des Widerstandes allgemein		6.4.2
97	$R_{d,i}$	Bemessungswert des i -ten Widerstandes allgemein		4.3.2
98	$R_{i,d}$	Bemessungswert des Widerstandes des Stahlzuggliedes	kN	9.4.2
99	$R_{i,k}$	Charakteristischer Widerstand des Stahlzuggliedes	kN	9.4.2

Tabelle 1 — Formelzeichen (fortgesetzt)

Nr.	Formelzeichen	Benennung	Einheit	Abschnitt/ Gleichung
100	R_k	Charakteristischer Widerstand allgemein		6.4.2
101	$R_{k,i}$	i -ter charakteristischer Widerstand allgemein		4.3.2
102	$R_{M,d}$	Bemessungswert des Bauteilwiderstandes allgemein		8.5.6, (38)
103	$R_{m,i}$	i -ter Einzelwert aus Probelastungsergebnissen	kN	8.4.2, (30)
104	$R_{n,d}$	Bemessungswert des Grundbruchwiderstandes	kN	7.4.2
105	$R_{n,k}$	Charakteristischer Grundbruchwiderstand	kN	7.4.2
106	R_s	Pfahlmantelwiderstand eines Einzelpfahls	kN	8.4.1
107	$R_{t,d}$	Bemessungswert des Gleitwiderstandes	kN	7.4.3
108	$R_{t,k}$	Charakteristischer Gleitwiderstand	kN	7.4.3
109	r	Radius eines kreisförmigen Gründungskörpers	m	7.5.1, (18)
110	r_e	Zulässige Ausmittigkeit der resultierenden charakteristischen Beanspruchung eines kreisförmigen Gründungskörpers	m	7.5.1, (18)
111	S'_k	Charakteristische Strömungskraft im durchströmten Bodenkörper	kN	11.5, (62)
112	s	Pfahlkopfsetzung	m	8.4.1
113	s_1	Pfahlkopfsetzung im Grenzzustand der Tragfähigkeit	m	8.4.2, (29)
114	$s_{2,k}$	Aufnehmbare charakteristische Pfahlkopfsetzung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	m	8.6.1
115	$s_{2,k \max}$	Oberer Grenzwert der aufnehmbaren charakteristischen Pfahlkopfsetzung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	m	8.6.1, Bild 3
116	$s_{2,k \min}$	Unterer Grenzwert der aufnehmbaren charakteristischen Pfahlkopfsetzung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	m	8.6.1, Bild 3
117	s_a	Setzung zum Zeitpunkt a	mm	9.4.1
118	s_b	Setzung zum Zeitpunkt b	mm	9.4.1
119	s_h	Waagerechte Verschiebung	m	10.4.2, (48)
120	s_N	Standardabweichung von Pfahlprobelastungsergebnissen	kN	8.4.2
121	T_d	Bemessungswert der Beanspruchung parallel zur Fundamentsohlfläche	kN	7.3.2
122	$T_{d,x}$	Bemessungswert der Beanspruchung parallel zur Fundamentsohlfläche in Richtung x	kN	7.3.2, (8)
123	$T_{d,y}$	Bemessungswert der Beanspruchung parallel zur Fundamentsohlfläche in Richtung y	kN	7.3.2, (8)
124	$T_{G,k}$	Ständiger Anteil der charakteristischen Beanspruchung parallel zur Fundamentsohlfläche	kN	7.3.2

Tabelle 1 — Formelzeichen (fortgesetzt)

Nr	Formelzeichen	Benennung	Einheit	Abschnitt/ Gleichung
125	$T_{Q,k}$	Veränderlicher Anteil der charakteristischen Beanspruchung parallel zur Fundamentsohlfläche	kN	7.3.2
126	T_k	Charakteristische Beanspruchung parallel zur Fundamentsohlfläche	kN	7.5.2
127	t_a	Zeitpunkt a	s	9.4.1
128	t_b	Zeitpunkt b	s	9.4.1
129	V	Vertikalkraftkomponente allgemein	kN	6.2.4
130	V_G	Variationskoeffizient	—	5.3.1
131	V_d	Bemessungswert der lotrechten Beanspruchung am Wand- oder Bohrträgerfuß	kN	10.6.6, (53)
132	$V_{d,i}$	Bemessungswert der i -ten lotrechten Beanspruchung am Wand- oder Bohrträgerfuß	kN	10.6.6, (53)
133	V_k	Vertikalkomponente der charakteristischen Sohldruckbeanspruchung bzw. Einwirkung an einem wandartigen Stützbauwerk	kN	10.6.3, (51)
134	$V_{k,i}$	Vertikalkomponente der i -ten charakteristischen Einwirkung an einem wandartigen Stützbauwerk	kN	10.6.3, (51)
135	x	Achse des Gründungskörpers in x -Richtung	m	7.3.2
136	x_e	Zulässige Ausmittigkeit der resultierenden charakteristischen Beanspruchung in x -Richtung	m	7.5.1, (17)
137	y	Achse des Gründungskörpers in y -Richtung	m	7.3.2
138	y_e	Zulässige Ausmittigkeit der resultierenden charakteristischen Beanspruchung in y -Richtung	m	7.5.1, (17)
139	Z_d	Bemessungswert der Ankerkraft	kN	10.6.4, (52)
140	$Z_{d,i}$	Bemessungswert der i -ten Ankerkraft	kN	10.6.4, (52)
141	γ	Wichte des Baustoffs	kN/m ³	11.1
142	γ'	Wichte unter Auftrieb	kN/m ³	8.5.4, (35)
143	γ_A	Teilsicherheitsbeiwert für den Verpresskörperwiderstand bzw. Verpressanker	—	6.4.2, Tabelle 3
144	γ_B	Teilsicherheitsbeiwert für den Herausziehwiderstand von flexiblen Bewehrungselementen	—	6.4.2, Tabelle 3
145	γ_{E0g}	Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen aus Erdruhedruck	—	6.4.1, Tabelle 2
146	γ_{Ep}	Teilsicherheitsbeiwert für den Erdwiderstand	—	6.4.2
147	γ_F	Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen allgemein	—	6.3.3
148	γ_G	Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen allgemein	—	6.4.1, Tabelle 2

Tabelle 1 — Formelzeichen (fortgesetzt)

Nr	Formelzeichen	Benennung	Einheit	Abschnitt/ Gleichung
149	γ_{Gdst}	Teilsicherheitsbeiwert für ungünstige ständige Einwirkungen im Grenzzustand GZ 1A	—	6.4.1, Tabelle 2
150	γ_{Gstb}	Teilsicherheitsbeiwert für günstige ständige Einwirkungen im Grenzzustand GZ 1A	—	6.4.1, Tabelle 2
151	γ_{Gl}	Teilsicherheitsbeiwert für den Gleitwiderstand	—	6.4.2, Tabelle 3
152	γ_{Gr}	Teilsicherheitsbeiwert für den Grundbruchwiderstand	—	6.4.2, Tabelle 3
153	γ_{H}	Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkung aus Strömungskraft	—	6.4.1, Tabelle 2
154	γ_{M}	Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand des Stahlzugliedes eines Verpressankers	—	6.4.2, Tabelle 3
155	γ_{N}	Teilsicherheitsbeiwert für den Herauszieh Widerstand von Bodennägeln	—	6.4.2, Tabelle 3
156	γ_{P}	Teilsicherheitsbeiwert für den Pfahlwiderstand auf Druck und Zug aufgrund von Erfahrungswerten	—	6.4.2
157	γ_{Pc}	Teilsicherheitsbeiwert für den Pfahldruckwiderstand bei Pfahlprobelastung	—	6.4.2, Tabelle 3
158	γ_{Pt}	Teilsicherheitsbeiwert für den Pfahlzugwiderstand bei Pfahlprobelastung	—	6.4.2, Tabelle 3
159	γ_{Q}	Teilsicherheitsbeiwert für ungünstige veränderliche Einwirkungen	—	6.4.1, Tabelle 2
160	γ_{Qdst}	Teilsicherheitsbeiwert für ungünstige veränderliche Einwirkungen im Grenzzustand GZ 1A	—	6.4.1, Tabelle 2
161	γ_{R}	Teilsicherheitsbeiwert allgemein für Widerstände	—	6.3.3
162	γ_{Z}	Teilsicherheitsbeiwert für Zugpfähle	—	6.4.2, Tabelle 3
163	γ_{c}	Teilsicherheitsbeiwert für die Kohäsion	—	6.4.2
164	γ_{cu}	Teilsicherheitsbeiwert für die Scherfestigkeit (Kohäsion) des undränierten Bodens	—	6.4.2
165	γ_{φ}	Teilsicherheitsbeiwert für den Reibungsbeiwert $\tan \varphi$	—	6.4.2
166	γ_{w}	Wichte des Wassers	kN/m ³	6.1.3
167	δ_{a}	Winkel zwischen der Erddruckkraft und der Normalen zur Wand	°	10.3.1
168	δ_{p}	Winkel zwischen der Erdwiderstandskraft und der Normalen zur Wand	°	6.2.4
169	δ_{E}	Neigung der resultierenden Beanspruchung	°	7.7.1
170	$\delta_{\text{S,k}}$	Charakteristischer Wert des Sohlreibungswinkels	°	7.4.3, (14)
171	η	Anpassungsfaktor	—	4.4
172	η_{k}	Faktor zur Festlegung der Anker-Prüfkraft	—	9.4.1, (41)

Tabelle 1 — Formelzeichen (fortgesetzt)

Nr	Formelzeichen	Benennung	Einheit	Abschnitt/ Gleichung
173	κ	Faktor zur Festlegung oberer und unterer Grenzwerte für die aufnehmbare Setzung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit von Pfählen	—	8.6.1, (40)
174	ξ	Streuungsfaktor für die Bewertung der Einzelwerte von Pfahlprobelastungsergebnissen	—	8.4.2
175	$\tau_{n,k}$	Charakteristischer Wert der negativen Mantelreibung	kN/m ²	8.3.3
176	$\sigma_{h,k}$	Charakteristische Horizontalspannung im Boden	kN/m ²	8.5.2
177	σ'_v	Effektive Vertikalspannung im Boden	kN/m ²	8.3.3, (25)
178	σ_{vorh}	Resultierende charakteristische Sohldruckbeanspruchung	kN/m ²	7.7.1, (22)
179	σ_{zul}	Aufnehmbarer Sohldruck	kN/m ²	7.7.1, (22)
180	φ_d	Bemessungswert des Reibungswinkels des Bodens allgemein	°	6.2.1
181	φ_k	Charakteristischer Wert des Reibungswinkels des Bodens allgemein	°	6.2.1
182	φ'	Reibungswinkel des dränierten Bodens (effektiver Reibungswinkel) allgemein	°	5.3.2
183	φ'_d	Bemessungswert des Reibungswinkels des dränierten Bodens (des effektiven Reibungswinkels)	°	6.4.2, (5a)
184	φ'_k	Charakteristischer Wert des Reibungswinkels des dränierten Bodens (des effektiven Reibungswinkels)	°	6.2.4
185	φ_u	Reibungswinkel des undränierten Bodens allgemein	°	5.3.2

ANMERKUNG Weitere Formelzeichen sind in den Anhängen erklärt.

4 Allgemeine Regelungen für Sicherheitsnachweise

4.1 Grundlegende Anforderungen

(1) Die Herstellung von Gründungen und geotechnischen Bauwerken erfordert eine gründliche Planung und Vorbereitung. Hierzu müssen der verantwortliche Entwurfsverfasser bzw. die zuständigen Fachplaner über die zur Bewältigung ihres Aufgabenbereichs erforderliche Sachkunde und Erfahrung verfügen. Der Entwurfsverfasser entscheidet nach Maßgabe der fachlichen Kompetenz, hierzu siehe 4.2 (1) b) und c), und ggf. im Einvernehmen mit dem Bauherrn über die Einschaltung eines Fachplaners für Geotechnik.

ANMERKUNG Nach § 54 Musterbauordnung, MBO (2002) gilt:

Abs. (1) „Der Entwurfsverfasser muss nach Sachkunde und Erfahrung zur Vorbereitung des jeweiligen Bauvorhabens geeignet sein. Er ist für die Vollständigkeit und Brauchbarkeit seines Entwurfs verantwortlich. Der Entwurfsverfasser hat dafür zu sorgen, dass die für die Ausführung notwendigen Einzelzeichnungen, Einzelberechnungen und Anweisungen den öffentlich-rechtlichen Vorschriften entsprechen.“

Abs. (2) „Hat der Entwurfsverfasser auf einzelnen Fachgebieten nicht die erforderliche Sachkunde und Erfahrung, so sind geeignete Fachplaner heranzuziehen. Diese sind für die von ihnen gefertigten Unterlagen, die sie zu unterzeichnen haben, verantwortlich. Für das ordnungsgemäße Ineinandergreifen aller Fachplanungen bleibt der Entwurfsverfasser verantwortlich.“

(2) Es ist nachzuweisen, dass Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZ 1) und der Gebrauchstauglichkeit (GZ 2) mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen sind. Die Nachweise sind nach (3) zu erbringen, sofern nicht von den in (4) genannten Möglichkeiten Gebrauch gemacht wird.

(3) Die Sicherheit ist rechnerisch nachgewiesen, wenn die Grenzzustandsbedingungen nicht verletzt sind. Dazu sind die jeweils ungünstigsten Mechanismen, Kombinationen und hydraulischen Bedingungen zu untersuchen. Bei der Aufstellung der Grenzzustandsbedingungen sind die Gleichgewichtsbedingungen einzuhalten. Wenn ein unterer und ein oberer charakteristischer Wert ausgewiesen sind, ist jeweils der ungünstigere in der Berechnung zu verwenden.

(4) In einfachen Fällen, insbesondere bei Flachgründungen nach 7.7 sowie bei Böschungen und beim Verbau von Baugruben und Gräben nach DIN 4124, darf auf Tabellenwerte zurückgegriffen werden. In schwierigen Fällen kann die Anwendung der Beobachtungsmethode nach 4.5 zweckmäßig sein.

(5) Zufällige Abweichungen von streuenden Einwirkungen, von Beanspruchungen infolge von Einwirkungen (z. B. Schnittgrößen, Spannungen und Dehnungen) und von Widerständen sind durch Teilsicherheitsbeiwerte und sonstige Sicherheitselemente (z. B. Bemessungswasserstände) abzudecken, um das geforderte Sicherheitsniveau zu erreichen.

4.2 Geotechnische Kategorien (GK)

(1) Die Mindestanforderungen an Umfang und Qualität geotechnischer Untersuchungen, Berechnungen und Überwachungsmaßnahmen richten sich nach den drei Geotechnischen Kategorien (GK). Die Anforderungen an den Geotechnischen Bericht zur Baugrunduntersuchung (geotechnischer Untersuchungsbericht) sind in DIN 4020 beschrieben. Ebenfalls in DIN 4020 sind die Geotechnischen Kategorien definiert als Gruppen, in die bautechnische Maßnahmen nach dem Schwierigkeitsgrad der Konstruktion des Bauwerkes, der Baugrundverhältnisse sowie der zwischen Bauwerk, Baugrund und deren Umgebung bestehenden Wechselwirkungen folgendermaßen eingestuft werden:

- a) Die Geotechnische Kategorie GK 1 umfasst Baumaßnahmen mit geringem Schwierigkeitsgrad im Hinblick auf Bauwerke und Baugrund. Bei Bauwerken der Geotechnischen Kategorie GK 1 können Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit mit vereinfachten Verfahren aufgrund von Erfahrungen nachgewiesen werden.
- b) Die Geotechnische Kategorie GK 2 umfasst Baumaßnahmen mit mittlerem Schwierigkeitsgrad im Hinblick auf Bauwerke und Baugrund. Bauwerke der Geotechnischen Kategorie GK 2 erfordern eine ingenieurmäßige Bearbeitung und einen rechnerischen Nachweis der Standsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit auf der Grundlage von geotechnischen Kenntnissen und Erfahrungen. Außerdem ist ein geotechnischer Entwurfsbericht (siehe 4.6) zu erstellen.
- c) Die Geotechnische Kategorie GK 3 umfasst Baumaßnahmen mit hohem Schwierigkeitsgrad und somit Baumaßnahmen, die nicht in die Geotechnischen Kategorien GK 1 oder GK 2 eingeordnet werden können. Bauwerke oder Baumaßnahmen, bei denen die Beobachtungsmethode angewendet werden soll, sind, abgesehen von begründeten Ausnahmen, in die Geotechnische Kategorie GK 3 einzustufen. Bauwerke der Geotechnischen Kategorie GK 3 erfordern eine ingenieurmäßige Bearbeitung und einen rechnerischen Nachweis der Standsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit auf der Grundlage von zusätzlichen Untersuchungen und von vertieften geotechnischen Kenntnissen und Erfahrungen in dem jeweiligen Spezialgebiet. Außerdem ist ein geotechnischer Entwurfsbericht (siehe 4.6) zu erstellen.

ANMERKUNG Die Erstellung des geotechnischen Untersuchungsberichtes und die Erstellung des geotechnischen Entwurfsberichtes können in einer Hand liegen, sofern die dafür erforderliche Sachkunde und Erfahrung vorliegen. Liegen sie in verschiedenen Händen, sollte der Bauherr die Zuständigkeitsbereiche abgrenzen.

(2) Die Baumaßnahme ist zu Beginn der Planung in eine Geotechnische Kategorie einzuordnen. Die Einordnung in eine höhere Geotechnische Kategorie ist vorzunehmen, wenn spätere Befunde dies erfordern. Die Einordnung in eine niedrigere Geotechnische Kategorie darf vorgenommen werden, wenn spätere Befunde dies nahe legen.

(3) Es ist nicht notwendig, eine gesamte Baumaßnahme in ein und dieselbe Geotechnische Kategorie einzuordnen. Abstufungen zu einer niedrigeren Geotechnischen Kategorie dürfen für einzelne Bauphasen oder Bauabschnitte vorgenommen werden.

(4) Detaillierte Zuordnungen finden sich in den Abschnitten 7 bis 12. Die Verwendung dieser Kategorien wird empfohlen.

4.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZ 1)

4.3.1 Grenzzustand GZ 1A: Grenzzustand des Verlustes der Lagesicherheit

Es ist der Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen, der Nachweis der Sicherheit gegen Abheben und der Nachweis der Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch zu führen. Dazu werden in den Grenzzustandsbedingungen die Bemessungswerte von günstigen und ungünstigen Einwirkungen einander gegenübergestellt. Widerstände treten im Grenzzustand GZ 1A nicht auf. Siehe Abschnitte 8 und 11.

ANMERKUNG Zum Nachweis gegen Kippen siehe 7.5.1.

4.3.2 Grenzzustand GZ 1B: Grenzzustand des Versagens von Bauwerken und Bauteilen

(1) Es ist der Nachweis ausreichender Abmessungen von Bauwerken und Bauteilen zu führen. Dazu werden in den Grenzzustandsbedingungen die Bemessungswerte der Beanspruchungen den Bemessungswerten der Widerstände gegenübergestellt, unabhängig davon, ob der Grenzzustand der Tragfähigkeit im Bauwerk oder im Baugrund auftritt. Siehe Abschnitte 7 bis 10.

(2) Die Norm geht bei der Bemessung eines Bauwerkes oder einzelner Bauteile im Grenzzustand GZ 1B von folgender Vorgehensweise aus, sofern nicht im Einzelfall etwas anderes zweckmäßig ist oder, z. B. in 8.5.2 (1), verlangt wird.

1. Entwurf des Bauwerkes und Festlegung des statischen Systems;
2. Ermittlung der charakteristischen Werte $F_{k,i}$ der Einwirkungen, z. B. aus Eigengewicht, Erddruck, Wasserdruck oder Verkehr, sowie ggf. Vorgabe von charakteristischen Werten oder anderen repräsentativen Werten der Gründungslasten nach 6.1.2;
3. Ermittlung der charakteristischen Beanspruchungen $E_{k,i}$ in Form von Schnittgrößen (z. B. Querkräfte, Auflagerkräfte, Biegemomente) oder Spannungen (z. B. Normalspannungen, Schubspannungen, Vergleichsspannungen) in maßgebenden Schnitten durch das Bauwerk und in Berührungsflächen zwischen Bauwerk und Baugrund, getrennt nach Ursachen;
4. Ermittlung der charakteristischen Widerstände $R_{k,i}$ des Baugrundes, z. B. Erdwiderstand, Grundbruchwiderstand, Pfahlwiderstand oder Herausziehwiderstand von Ankern, durch Berechnung, Probelastung oder aufgrund von Erfahrungswerten;
5. Ermittlung der Bemessungswerte $E_{d,i}$ der Beanspruchungen durch Multiplikation der charakteristischen Beanspruchungen $E_{k,i}$ mit den Teilsicherheitsbeiwerten für Einwirkungen;
6. Ermittlung der Bemessungswerte $R_{d,i}$ der Widerstände des Baugrundes durch Division der charakteristischen Widerstände $R_{k,i}$ mit den Teilsicherheitsbeiwerten für Bodenwiderstände sowie Ermittlung der Bemessungswiderstände $R_{d,i}$ der Bauteile, z. B. widerstehende Druck-, Zug-, Querkräfte, Biegemomente oder Spannungen nach den Regeln der jeweiligen Bauartnormen, insbesondere nach DIN 1045-1, DIN 18800-1, DIN 18800-2 und E DIN 1052.
7. Nachweis der Einhaltung der Grenzzustandsbedingung

$$\sum E_{d,i} \leq \sum R_{d,i} \quad (1)$$

mit den Bemessungswerten $E_{d,i}$ der Beanspruchungen und den Bemessungswiderständen $R_{d,i}$.

(3) Bei nichtlinearen Problemen dürfen näherungsweise die im Schritt 3 aus der ungünstigsten Kombination von ständigen und veränderlichen Einwirkungen ermittelten charakteristischen Beanspruchungen aufgrund eines ausreichend genauen Kriteriums in jeweils einen Anteil aus ständigen Einwirkungen und einen Anteil aus veränderlichen Einwirkungen aufgeteilt werden.

4.3.3 Grenzzustand GZ 1C: Grenzzustand des Verlustes der Gesamtstandsicherheit

Es ist der Nachweis der Gesamtstandsicherheit zu führen. Dazu werden die Grenzzustandsbedingungen mit Bemessungseinwirkungen, Bemessungswerten für die Scherfestigkeit und ggf. Bemessungswiderständen von mittragenden Bauteilen aufgestellt. Der Grenzzustand tritt immer im Baugrund auf, gegebenenfalls auch zusätzlich in mittragenden Bauteilen (siehe Abschnitt 12).

4.3.4 Duktilität des Gesamtsystems

Beim Nachweis der Grenzzustände GZ 1B und GZ 1C wird eine ausreichende Duktilität des aus Baugrund und Bauwerk bestehenden Gesamtsystems vorausgesetzt, d.h. eine Möglichkeit für eine unschädliche Umlagerung von Kräften im Baugrund und im Bauwerk. Hierzu siehe auch 5.3.2 (7) sowie die baustoffspezifischen Normen.

4.3.5 Varianten der Nachweisführung

Die Nachweise dürfen auch geführt werden:

- durch Wahl der Abmessungen aufgrund normativer Festlegungen für einfache Fälle, z. B. nach DIN 4124;
- durch Verwendung aufnehmbarer Sohldrücke für Flachgründungen, siehe Abschnitt 7;
- durch Anwendung der Beobachtungsmethode, siehe 4.5.

4.4 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZ 2)

(1) Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit beziehen sich im Regelfall auf einzuhaltende Verformungen bzw. Verschiebungen. Im Einzelfall können auch weitere Kriterien maßgebend sein. Siehe DIN 1055-100:2001-03.

ANMERKUNG Die Einhaltung der Gebrauchstauglichkeit durch Qualitätssicherung, z. B. der Nachweis der Einhaltung ausreichender Dichtigkeit von Trogbauwerken, Verbaukonstruktionen oder Baugrubensohlen, sind nicht Gegenstand dieser Norm. Maßgebend sind die übrigen Bauartnormen und die Normen, die vom Technischen Komitee CEN/TC 288 „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau)“ erarbeitet worden sind.

(2) Bei Nachweisen der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit sind Größe, Dauer und Häufigkeit der Einwirkungen zu berücksichtigen. Näheres siehe Abschnitte 7, 8 und 10.

(3) Nachweise der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit sind mit charakteristischen Werten der Einwirkungen zu führen, siehe Tabelle 2.

(4) Sofern für die Aufstellung der Grenzzustandsbedingungen für den Grenzzustand GZ 1B Verformungen zusammen mit den charakteristischen Schnittgrößen ermittelt werden, kann für die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit auf die Berechnungsschritte 2. bis 4. in 4.3.2 zurückgegriffen werden.

(5) Die Nachweise dürfen auch geführt werden:

- durch Hinweis auf belegbare Erfahrung;
- durch Verwendung aufnehmbarer Sohldrücke für Flachgründungen, siehe 7.7;

- durch Einführung von zusätzlichen Anpassungsfaktoren $\eta < 1$ für Bodenwiderstände mit dem Ziel, die zu erwartenden Verschiebungen zu verringern;
 - durch Anwendung der Beobachtungsmethode nach 4.5.
- (6) Nähere Angaben hierzu siehe Abschnitte 7 bis 12.

4.5 Beobachtungsmethode

4.5.1 Anwendungsgebiete

(1) Die Beobachtungsmethode ist eine Kombination der üblichen geotechnischen Untersuchungen und Berechnungen (Prognosen) mit der laufenden messtechnischen Kontrolle des Bauwerkes und des Baugrundes während dessen Herstellung und gegebenenfalls auch während dessen Nutzung, wobei kritische Situationen durch die Anwendung geeigneter technischer Maßnahmen beherrscht werden müssen.

(2) Die Beobachtungsmethode sollte angewendet werden in Fällen, in denen eine Vorhersage des Baugrundverhaltens allein aufgrund von vorab durchgeführten Baugrunduntersuchungen und von rechnerischen Nachweisen nicht mit ausreichender Zuverlässigkeit möglich ist. Hierzu zählen insbesondere:

- Baumaßnahmen mit hohem Schwierigkeitsgrad nach 4.2;
- Baumaßnahmen mit ausgeprägter Bauwerk-Baugrund-Wechselwirkung, z. B. Mischgründungen, Gründungsplatten, nachgiebige verankerte Stützwände;
- Baumaßnahmen mit erheblicher und veränderlicher Wasserdruckeinwirkung, z. B. Trogbauwerke oder Ufereinfassungen im Tidegebiet;
- komplexe Wechselwirkungssysteme bestehend aus Baugrund, Baugrubenkonstruktion und angrenzender Bebauung;
- Baumaßnahmen, bei denen Porenwasserdrücke die Standsicherheit herabsetzen können;
- Baumaßnahmen an Hängen.

(3) Wenn das Versagen vorab nicht erkennbar ist bzw. sich nicht rechtzeitig ankündigt, dann ist die Beobachtungsmethode als Sicherheitsnachweis nicht ausreichend.

(4) Wenn die Messungen günstigere Verhältnisse als erwartet anzeigen, darf die Beobachtungsmethode auch zur Optimierung der Bemessung und des weiteren Bauablaufs verwendet werden.

4.5.2 Maßnahmen vor Beginn der Bauausführung

(1) Vor Beginn der Bauausführung sind die zur Schadensverhinderung einzuhaltenden Grenzen des Bauwerks- und Baugrundverhaltens festzulegen. Wird die Gebrauchstauglichkeit nach der Beobachtungsmethode nachgewiesen, dann sind die grundlegenden Gebrauchstauglichkeitsanforderungen zu vereinbaren und einzuhaltende Gebrauchstauglichkeitskriterien zu definieren und für den Einzelfall projektspezifisch festzulegen. Es wird empfohlen, Bauherrschaft, geotechnische Beratung, Tragwerksplanung, Bauausführung und Bauaufsicht zu beteiligen. Für jeden möglichen Fall, in dem die vorgesehenen Messungen die Überschreitung einzuhaltender Grenzen anzeigen können, sind Gegenmaßnahmen zu entwickeln und in die Ausführungsplanung aufzunehmen.

(2) Der Bereich, in dem das Bauwerksverhalten voraussichtlich liegen wird, ist aufgrund der vorliegenden Erkundungsergebnisse rechnerisch zu ermitteln. Zum Nachweis der Gebrauchstauglichkeit ist eine rechnerische Prognose insbesondere mit den Zielen zu erstellen,

- das Baugrund- und Bauwerksverhalten in den Hauptmerkmalen zu verstehen,
- das Messprogramm angemessen planen zu können,
- die Wirkungsweise von bautechnischen Maßnahmen, die im Falle einer Überschreitung von Gebrauchstauglichkeitskriterien vorgesehen sind, beurteilen zu können,
- die Möglichkeiten der Einhaltung vorab festgelegter Gebrauchstauglichkeitsanforderungen für maßgebende Bauzustände zu überprüfen.

Die rechnerische Prognose sollte durch Erfahrungen mit vergleichbaren Baumaßnahmen verbessert werden.

(3) Es ist ein Messprogramm aufzustellen, durch das anhand wichtiger Messgrößen überprüft werden kann, ob das tatsächliche Systemverhalten innerhalb der einzuhaltenden Grenzen liegt. Die Messintervalle sowie die Zeit zwischen Messung und Ergebnis-Analyse sind in Abhängigkeit vom Baufortschritt und den möglichen Entwicklungen des Bauwerksverhaltens so zu wählen, dass gegebenenfalls erforderliche Gegenmaßnahmen rechtzeitig durchgeführt werden können. Es wird empfohlen, ein Alarmsystem zu installieren. Robuste Messverfahren mit ausreichender Genauigkeit und Zuverlässigkeit sind zu bevorzugen.

4.5.3 Maßnahmen während der Bauausführung

(1) Vor und während der Bauausführung sind die Messsysteme plangemäß einzubauen, die geplanten Messungen durchzuführen und die Messergebnisse rechtzeitig auszuwerten. Die geplanten Gegenmaßnahmen müssen jederzeit bei Bedarf ausgeführt werden können. Abweichungen vom Plan sind zu dokumentieren.

(2) Bei maßgebenden Bauzuständen sind die Messergebnisse und die Ergebnisse der rechnerischen Prognose miteinander zu vergleichen. Dabei ist zu überprüfen, inwieweit die in der Prognose verwendeten geometrischen Vorgaben, Bodenkenngrößen und sonstige Berechnungsannahmen noch zutreffen. Ergeben sich aufgrund der während des Baufortschrittes erlangten Erkenntnisse über das Bauwerk, den Baugrund sowie über die hydrogeologischen Verhältnisse Abweichungen von den ursprünglichen Annahmen, dann ist die rechnerische Prognose zu überarbeiten. Die jeweils neuesten Berechnungen sind als Prognose für die weitere Beurteilung zu verwenden.

(3) Anhand der Messergebnisse ist planmäßig zu überprüfen, inwieweit sich das Verhalten von Baugrund und Bauwerk wie erwartet einstellen und ob die vorgegebenen Gebrauchstauglichkeitskriterien eingehalten werden. Im Falle unerwartet ungünstigeren Verhaltens bzw. einer Überschreitung sind die unter (1) geplanten Gegenmaßnahmen einzuleiten. Bei der Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit sind die Ergebnisse der aktuellen rechnerischen Prognose ebenfalls zu beachten. Bei starken Abweichungen zu den Messergebnissen sind deren Ursachen zu untersuchen.

4.6 Einhaltung der Regelungen für Sicherheitsnachweise

(1) Im Rahmen der Entwurfserstellung ist zu überprüfen, ob die im Zusammenhang mit der Baugrunduntersuchung getroffene Einstufung der Baumaßnahme in eine Geotechnische Kategorie zutrifft. Sofern die Einstufung geändert wird, ist dies zu begründen.

- (1) Bei Bauvorhaben der Geotechnischen Kategorien GK 2 und GK 3 ist im Rahmen der Entwurfserstellung
 - a) darauf zu achten, dass die allgemeinen Regelungen für Sicherheitsnachweise nach 4.1 erfüllt sind;
 - b) auf die Angemessenheit und Hinlänglichkeit der bei den Nachweisen untersuchten Grenzzustände der Tragfähigkeit nach 4.3 zu achten;

- c) auf die Angemessenheit und Hinlänglichkeit der bei den Nachweisen der Gebrauchstauglichkeit untersuchten Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit nach 4.4 zu achten;
- d) die Annahmen, Daten und Ergebnisse der Nachweise der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit zusammenzufassen;
- e) Annahmen, die auf Grundlage von Auswahl- und Entscheidungsspielräumen der vorliegenden Norm getroffen werden, darzustellen und zu begründen. Hierzu gehören insbesondere
 - gegebenenfalls Korrektur der Bodenkenngößen, z.B. Auswahl von Parametern, Übertragung von örtlicher Erfahrung;
 - Festlegung von Lastfällen und Sicherheiten, z.B. nach 6.3.3 (3), 6.4.1 (7), 6.4.2 (6);
 - Beurteilung der Berechnungsverfahren, z.B. Auswahl von Methode und statischem System;
 - Durchführung und Bewertung von Bauteilversuchen, z.B. Verzicht auf Pfahlprobelastungen;
- a) gegebenenfalls Notwendigkeit, Angemessenheit und Hinlänglichkeit der Beobachtungsmethode nach 4.5, Grundsätze der Methode und zur Bewertung ihrer Ergebnisse, Empfehlungen für Messungen am Bauwerk und im Baugrund zu begründen.

(2) Die Ergebnisse und die Vorgehensweise nach (1) und (2) sind in einem geotechnischen Entwurfsbericht mit Angaben zu Entwurf, Berechnung und Bemessung zusammenzufassen und zu dokumentieren. Weitere geotechnische Berichte können im Laufe der Bauausführung erforderlich werden. Zur Erstellung des geotechnischen Entwurfsberichtes ist Sachkunde und Erfahrung auf dem Gebiet der Geotechnik erforderlich, siehe 4.1 (1).

5 Baugrund

5.1 Geotechnische Untersuchungen

5.1.1 Zweck der Untersuchungen

Zur Durchführung der in dieser Norm behandelten Sicherheitsnachweise sind geotechnische Untersuchungen erforderlich, die in einem Geotechnischen Bericht zur Baugrunduntersuchung nach DIN 4020 (geotechnischer Untersuchungsbericht) darzustellen sind und Aussagen

- zum Baugrundaufbau mit Schichten, Verwerfungen, Störungen und Einschlüssen;
- zu den Grundwasserverhältnissen;
- zu den boden- und felsmechanischen Eigenschaften und Kenngrößen;
- zu den Rändern der untersuchten Baugrundbereiche und Randbedingungen an diesen enthalten müssen.

5.1.2 Art und Umfang der Untersuchungen

(1) Art und Umfang der geotechnischen Untersuchungen richten sich nach der Art des Bauwerks, den in Betracht kommenden Bauverfahren und den Baugrundverhältnissen. Einzelheiten hierzu sind in DIN 4020 geregelt.

(2) Da die Untersuchungsergebnisse zunächst nur vermutet werden können, ist eine Anpassung der Untersuchungen an den jeweils erreichten Kenntnis- und Planungsstand unabdingbar.

5.2 Arten des Baugrundes

5.2.1 Allgemeines

- (1) Entsprechend DIN 4022-1 werden alle Festgesteine mit dem Sammelbegriff „Fels“ benannt, alle Lockergesteine mit dem Sammelbegriff „Boden“.
- (2) Ein Boden wird als gewachsen bezeichnet, wenn er durch einen abgeklungenen, erdgeschichtlichen Vorgang entstanden ist.
- (3) Ein Boden wird als geschüttet bezeichnet, wenn er durch Aufschütten oder Aufspülen entstanden ist.
- (4) Die nachfolgend verwendete Einteilung der Lockergesteine in nichtbindige, bindige und organische bzw. organogene Böden dient der einfachen Unterscheidung in der Baupraxis, z. B. auch bei den Tabellen in den Anhängen A, B und C. Soweit eine genauere Einteilung erforderlich ist, z. B. bei der Festlegung von Bodenkenngößen, ist die Bodenklassifikation nach DIN 18196 in Verbindung mit den Angaben in DIN 4022-1 maßgebend.

5.2.2 Nichtbindige Böden

- (1) Böden wie Sand, Kies, Steine und ihre Mischungen werden in dieser Norm als nichtbindig bezeichnet, wenn der Massenanteil der Bestandteile mit Korngrößen $< 0,06$ mm weniger als 5 % beträgt. Dem entsprechen die grobkörnigen Böden der Bodengruppen GE, GW, GI, SE, SW und SI nach DIN 18196:1988-10, Tabelle 5.
- (2) Zu den nichtbindigen Böden zählen in der Regel auch gemischtkörnige Böden mit einem Massenanteil der Bestandteile mit Korngrößen $< 0,06$ mm von 5 % bis 15 %. Dem entsprechen die Böden der Bodengruppen GU, GT, SU und ST nach DIN 18196:1988-10, Tabelle 5. In Zweifelsfällen siehe (4).
- (3) In Ausnahmefällen kann es angebracht sein, auch einen gemischtkörnigen Boden der Bodengruppen GU*, GT*, SU* und ST* nach DIN 18196:1988-10, Tabelle 5 den nichtbindigen Böden zuzuordnen. Hierzu siehe (4).
- (4) Die gemischtkörnigen Böden nach (2) bzw. nach (3) werden in Anlehnung an DIN 4022-1:1987-09, 6.2.2.2 den nichtbindigen Böden zugeordnet, wenn der Feinkorn-Massenanteil das plastische Verhalten des Bodens nicht bestimmt. Hierzu siehe jedoch 5.2.6.

ANMERKUNG Nach DIN 4022-1:1987-09, 6.2.2.2 bestimmt der Feinkorn-Massenanteil dann nicht das Verhalten eines gemischtkörnigen Bodens, wenn dieser im Trockenfestigkeitsversuch nach DIN 4022-1:1987-09, 8.5 keine oder nur eine niedrige Trockenfestigkeit aufweist oder wenn er bei sinngemäßer Anwendung des Knetversuches nach DIN 4022-1:1987-09, 8.7 keine Knetfähigkeit zeigt.

5.2.3 Bindige Böden

- (1) Tone, tonige Schluffe und Schluffe sowie ihre Mischungen mit nichtbindigen Böden werden in dieser Norm als bindig bezeichnet, wenn der Massenanteil der Bestandteile mit Korngrößen $< 0,06$ mm größer als 40 %. Dem entsprechen die feinkörnigen Böden der Bodengruppen UL, UM und UA sowie TL, TM und TA nach DIN 18196:1988-10, Tabelle 5.
- (2) Zu den bindigen Böden zählen in der Regel auch gemischtkörnige Böden mit einem Massenanteil der Bestandteile mit Korngrößen unter $0,06$ mm von 15 % bis 40 %. Dem entsprechen die Böden der Bodengruppen GU*, GT*, SU* und ST* nach DIN 18196:1988-10, Tabelle 5. Hierzu siehe (4).
- (3) In Ausnahmefällen kann es angebracht sein, auch einen gemischtkörnigen Boden der Bodengruppen GU, GT, SU und ST nach DIN 18196:1988-10, Tabelle 5 den bindigen Böden zuzuordnen. In Zweifelsfällen siehe (4).

(4) Die gemischtkörnigen Böden nach (2) bzw. nach (3) werden in Anlehnung an DIN 4022-1:1987-09, 6.2.2.3 den bindigen Böden zugeordnet, wenn der Feinkorn-Massenanteil das plastische Verhalten des Bodens bestimmt. Hierzu siehe jedoch 5.2.6.

ANMERKUNG Nach DIN 4022-1:1987-09, 6.2.2.3 bestimmt der Feinkorn-Massenanteil dann das Verhalten eines gemischtkörnigen Bodens, wenn dieser im Trockenfestigkeitsversuch nach DIN 4022-1:1987-09, 8.5 mindestens eine mittlere Trockenfestigkeit aufweist oder sich im Knetversuch nach DIN 4022-1:1987-09, 8.7 als knetfähig erweist.

5.2.4 Organische und organogene Böden

(1) Böden wie Torf und Faulschlamm werden als organische Böden bezeichnet. Dem entsprechen die Böden der Bodengruppen HN, HZ und F nach DIN 18196:1988-10, Tabelle 5.

(2) Nichtbindige Böden nach 5.2.2 bzw. bindige Böden nach 5.2.3 werden in dieser Norm als organogen bezeichnet, wenn der Massenanteil der organischen Beimengungen tierischer oder pflanzlicher Herkunft bei nichtbindigen Böden mehr als 3 %, bei bindigen mehr als 5 % beträgt. Dem entsprechen die Böden der Bodengruppen OU, OT, OH und OK nach DIN 18196:1988-10, Tabelle 5.

5.2.5 Geschüttete Böden

Bei den geschütteten Böden ist zu unterscheiden zwischen

- unverdichteten Schüttungen beliebiger Zusammensetzung und
- verdichteten Schüttungen aus nichtbindigen oder bindigen Bodenarten oder aus anorganischen Schüttgütern, z. B. Bauschutt, Schlacke oder Erzurückstände, wenn die Schüttungen ausreichend verdichtet worden sind.

5.2.6 Ergänzende Angaben

Gemischtkörnige Böden, an denen die Grenzen der Lagerungsdichte wegen Art und Menge der Feinbestandteile nach DIN 18126 nicht bestimmbar sind und bei denen die Art des Feinkorns und der große Anteil an Korn > 0,4 mm eine Zustandszahl nach DIN 18122-1 zuverlässig nicht beschreiben lassen, können nicht den nichtbindigen Böden nach 5.2.2 (4) bzw. den bindigen Böden nach 5.2.3 (4) zugeordnet werden. Im Zusammenhang mit den Bestimmungen in dieser Norm ist eine Beurteilung dieser Böden vorzunehmen. Hierzu ist Sachkunde und Erfahrung auf dem Gebiet der Geotechnik erforderlich, siehe 4.1 (1).

5.3 Charakteristische Werte von Bodenkenngrößen

5.3.1 Festlegung charakteristischer Werte von Bodenkenngrößen

(1) Im Grundsatz sind charakteristische Werte von Bodenkenngrößen nach DIN 4020 auf der Grundlage von Bodenaufschlüssen nach DIN 4021, von Labor- und Feldversuchen sowie aufgrund weiterer Informationen für jede angetroffene Bodenart so festzulegen, dass die Ergebnisse der damit durchgeführten Berechnungen auf der sicheren Seite liegen.

(2) Bei raumbezogenen Größen, z. B. Wichte und Steifemodul, ist der charakteristische Wert ein vorsichtiger Schätzwert des Mittelwertes in dem Bodenbereich, für welchen die Bodenkenngröße festgelegt werden soll. Bei flächenbezogenen Bodenkenngrößen, insbesondere bei der Scherfestigkeit, ist ein vorsichtiger Schätzwert des Mittelwertes im Bereich der voraussichtlich maßgebenden Gleitflächen zugrunde zu legen. In beiden Fällen ist dabei zu berücksichtigen, inwieweit von einzelnen Bauwerken oder Bauwerksteilen nur Teilbereiche dieses Bodenbereichs beansprucht werden. Hiervon abweichende Regelungen siehe (3) bis (5).

(3) Sofern sich bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse von Labor- oder Feldversuchen der Variationskoeffizient zu $V_G > 0,1$ ergibt, sind obere und untere charakteristischen Werte der Bodenkenngrößen festzulegen. Es ist dann für die Berechnung jeweils die ungünstigste Kombination von oberen und unteren

Werten für voneinander unabhängige Parameter anzunehmen. Obere und untere charakteristische Werte sind auch dann anzuwenden, wenn die jeweilige Problemstellung dies erfordert, z. B. im Hinblick auf die Steifigkeit bei Bauwerken, die gegen unterschiedliche Setzungen empfindlich sind.

(4) Die charakteristischen Werte der Wichte dürfen als Mittelwerte festgelegt werden, wenn das Tragwerk wenig empfindlich gegen Änderungen der ständigen Einwirkungen ist. Ist das Tragwerk gegen solche Änderungen empfindlich, insbesondere beim Nachweis des Grenzzustandes GZ 1 A nach 4.3.1 in Form von Aufschwimmen, Abheben und hydraulischem Grundbruch, dann sind obere und untere charakteristische Werte der Wichte festzulegen.

(5) Soweit aus örtlicher Erfahrung ausreichend bekannt ist, dass gleichartige Untergrundverhältnisse vorliegen, dürfen die Bodenkenngößen von früheren Bodenuntersuchungen übernommen werden.

(6) Um charakteristische Werte der Bodenkenngößen zur Ermittlung von Einwirkungen infolge von Eigenlasten des Bodens oder von Erddruck festzulegen, darf auf Erfahrungswerte nach E DIN 1055-2 zurückgegriffen werden.

5.3.2 Anwendung charakteristischer Werte von Bodenkenngößen

(1) Die Kapillarkohäsion eines nichtbindigen Bodens darf nur dann berücksichtigt werden, wenn sie nicht durch vollständiges Austrocknen oder durch Überfluten des Baugrundes, z. B. infolge Ansteigens des Grundwassers oder infolge Wasserezulaufs von oben, verloren gehen kann.

(2) Die Kohäsion eines bindigen Bodens darf nur dann berücksichtigt werden, wenn der Boden eine mindestens weiche Konsistenz aufweist und wenn verhindert wird, dass er seine Zustandsform, z. B. durch Verwitterung, durch Aufweichen oder beim Auftauen nach einer Frostperiode, gegenüber dem ursprünglichen Zustand ändert. Aufgefüllter Boden muss mindestens einen Verdichtungsgrad nach DIN 18127 von $D_{Pr} = 0,97$ aufweisen. Sind diese Forderungen nicht oder nur teilweise erfüllt, dann darf die Kohäsion nur aufgrund besonderer Untersuchungen angesetzt werden.

(3) Treten nichtbindige und bindige Bodenarten oder verschiedene bindige Bodenarten in geschichteter Form auf, so sind die Werte der ungünstigeren Bodenarten zugrunde zu legen, sofern keine genauere Untersuchung angestellt wird.

(4) Bei der Übertragung der im Versuch an Proben ermittelten Scherfestigkeit auf das Verhalten der gesamten Bodenmasse ist zu berücksichtigen, dass die Scherfestigkeit bindiger und felsartiger Böden durch Haarrisse oder Klüfte sowie durch Einlagerungen schwach bindiger oder nichtbindiger Böden stark herabgesetzt sein kann. Außerdem können durch Verwerfungen und geneigte Schichtfugen bestimmte Gleitflächen vorgegeben sein.

(5) Bei bindigen Bodenschichten ist zu prüfen, ob ein Porenwasserüberdruck auftreten kann. Porenwasserüberdruck kann bei Änderungen des Spannungszustandes entstehen, z. B. bei Belastung des Bodens durch Aufbringen einer zusätzlichen Auflast oder durch die Erhöhung der Eigenlast des Bodens als Folge einer Absenkung des Grundwassers. Er nimmt mit zunehmender Konsolidierung des Bodens wieder ab. Sofern keine genaueren Untersuchungen zur zeitlichen Veränderung des Porenwasserdruckes angestellt werden, sollte die Berechnung sowohl mit den Scherparametern φ_u und c_u des undränierten Bodens für den Anfangszustand als auch mit den Scherparametern φ' und c' des dränierten Bodens für den Endzustand durchgeführt werden. Bei zyklischer oder dynamischer Einwirkung ist zu berücksichtigen, dass durch Anstieg des Porenwasserdruckes eine Entfestigung oder sogar eine Verflüssigung des Bodens auftreten kann.

(6) Um charakteristische Werte der Bodenkenngößen zur Ermittlung von Einwirkungen infolge von Eigenlasten des Bodens oder von Erddruck festzulegen, darf auf Erfahrungswerte nach E DIN 1055-2 zurückgegriffen werden.

(7) Bei lotrechter oder zur Lotrechten geneigter Durchströmung nichtbindiger oder bindiger Böden kann die wirksame Wichte vergrößert oder verringert werden. Ebenso wie in diesem Fall sind besondere Untersuchungen auch dann anzustellen, wenn bei wassergesättigtem Schluff- oder Feinsandboden durch

Baugrubenaushub oder andere Maßnahmen ein örtlicher Druckhöhenunterschied entsteht und der Boden dadurch Fließeigenschaften annimmt.

(8) Der Ansatz von charakteristischen Werten als vorsichtige Schätzwerte des Mittelwertes der Scherfestigkeit nach 5.3.1 (2) setzt voraus, dass sich der Boden ausreichend duktil verhält, d. h., dass

- die angesetzte Scherfestigkeit bei ausreichender Verschiebung trotz dilatanzbedingter Auflockerung überall in den Gleitflächen voll mobilisiert wird,
- ein Bruch des Bodens sich durch erkennbare Verformungen ankündigt.

Dies ist z. B. nicht der Fall, wenn sich im Boden Risse ausbilden oder dann, wenn wassergesättigter Boden wegen eines sehr großen Hohlraumgehaltes schon bei geringer Störung flüssig werden kann, z. B. zum Setzungsfliessen neigender Sand oder Quickton.

(9) Baumaßnahmen in Böden, die sich nicht ausreichend duktil verhalten, erfüllen die Voraussetzungen für die Zuordnung zur Geotechnischen Kategorie GK 3.

6 Einwirkungen, Beanspruchungen und Widerstände

6.1 Einwirkungen und Beanspruchungen

6.1.1 Allgemeines

(1) Beim Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen und der Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch (GZ 1A), beim Nachweis sicherer Abmessungen von Bauwerken und Bauteilen (GZ 1B), beim Nachweis der Gesamtstandsicherheit (GZ 1C) sowie beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (GZ 2) wird im Folgenden unterschieden zwischen

- Einwirkungen in Form von Gründungslasten aus einem aufliegenden Tragwerk nach 6.1.2;
- grundbauspezifischen Einwirkungen nach 6.1.3;
- dynamischen Einwirkungen nach 6.1.4.

(2) Gründungslasten, grundbauspezifische Einwirkungen und dynamische Einwirkungen können gleichzeitig auftreten.

6.1.2 Gründungslasten

(1) Die Gründungslasten ergeben sich aus der statischen Berechnung des aufliegenden Tragwerkes nach den dafür geltenden Regeln und Normen. Sie sind für die weitere Berechnung und Bemessung vom Tragwerksplaner als Schnittgrößen in Höhe der Oberkante der Gründungskonstruktion für jede kritische Einwirkungskombination in den maßgebenden Bemessungssituationen

- für den Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZ 1) und
- für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZ 2)

anzugeben.

(2) Sofern die Schnittgrößen auf linear-elastischer Grundlage ermittelt wurden, sind sie als charakteristische Beanspruchungen $E_{G,k}$ und $E_{Q,k}$ oder als andere repräsentative Werte der Beanspruchungen E_{rep} nach DIN 1055-100:2001-03, Tabelle A.3 anzugeben. Bei nichtlinearen Systemen dürfen die ermittelten Bemessungsbeanspruchungen aufgrund eines am untersuchten Tragwerk orientierten Kriteriums in jeweils einen Anteil $E_{G,d}$ aus ständigen Einwirkungen und einen Anteil $E_{Q,d}$ aus veränderlichen Einwirkungen aufgeteilt und diese Anteile durch Division mit den Teilsicherheitsbeiwerten nach DIN 1055-100:2001-03, Tabelle A.3 oder anderen maßgebenden Einwirkungsnormen in charakteristische bzw. repräsentative

Beanspruchungen umgewandelt werden. In der weiteren Berechnung werden in beiden Fällen andere repräsentative Werte wie charakteristische Werte behandelt.

(3) In Ausnahmefällen kann es für eine grundbauspezifische Bewertung der Gründungslasten erforderlich sein, dass die charakteristischen Werte der Beanspruchungen ohne Berücksichtigung von Kombinationswerten, getrennt nach einzelnen Ursachen, zur Verfügung gestellt werden.

(4) Bei der Schnittgrößenermittlung von Fundamentgruppen, Pfahlrosten und Gründungsplatten, die durch das aufgehende Bauwerk ausgesteift sind, ist die Umlagerung der Gründungslasten infolge der Wechselwirkung Baugrund - Bauwerk zu berücksichtigen.

6.1.3 Grundbauspezifische Einwirkungen

(1) Eigengewicht:

Zur Ermittlung der Eigenlasten von Grundbauwerken sind die charakteristischen Werte der Wichten der Baustoffe nach DIN 1055-1 anzusetzen. Zu den charakteristischen Werten der Wichte von Böden siehe 5.3 sowie E DIN 1055-2.

(2) Erddruck:

Zum Ansatz des Erddruckes siehe 10.3.1.

(3) Flüssigkeitsdruck:

Die Wichte von Wasser darf einheitlich mit $\gamma_w = 10,0 \text{ kN/m}^3$ angenommen werden. Weitere Angaben zum Wasserdruck siehe 10.3.2. Beim Nachweis der Gesamtstandsicherheit flüssigkeitsgestützter Erdkörper ist der charakteristische Wert der Wichte der Stützflüssigkeit nach DIN V 4126-100 anzusetzen.

(4) Seitendruck und negative Mantelreibung:

Zum Seitendruck und zur negativen Mantelreibung auf Pfähle, die in weichem bindigem Boden stehen, siehe 8.3.2 bzw. 8.3.3.

(5) Veränderliche statische Einwirkungen:

Veränderliche statische Einwirkungen auf das Grundbauwerk ergeben sich z. B. durch Nutzlasten, Wind, Schnee, Eis und Wellenbewegung. Diese vorwiegend ruhenden oder quasistatischen Einwirkungen werden in der Regel durch statische Ersatzlasten erfasst. Soweit diese Lasten nicht bereits in den Gründungslasten nach 6.1.2 enthalten sind, sind sie anhand von DIN 1055-1, DIN 1055-3, E DIN 1055-4, E DIN 1055-5, DIN 1055-8, DIN 1055-9 und DIN 1055-10 oder auf andere Weise zu ermitteln. Durch Eis und Wellenbewegung verursachte Einwirkungen müssen regional festgelegt werden und empirisch abgesichert sein. Günstig wirkende veränderliche Einwirkungen dürfen nicht angesetzt werden.

(6) Verformungen des Baugrundes infolge der mit der Herstellung und Nutzung des Bauwerkes verbundenen Belastung sowie infolge der Belastung des benachbarten Bodens sind als dem Bauwerk aufgezwungene Setzungsmulden bzw. als unterschiedlich große Horizontalverschiebungen der Gründungselemente zu berücksichtigen.

(7) Die Wechselwirkung von Baugrund und Bauwerk ist zu berücksichtigen, wenn die Steifigkeit des Bauwerkes im Zusammenwirken mit der Steifigkeit des Baugrundes eine erhebliche Umlagerung der auf den Boden übertragenen Kräfte bedingt. Dafür geeignete Berechnungsverfahren sind z. B. Steifemodulverfahren, Bettungsmodulverfahren oder kontinuumsmechanische Verfahren (z. B. numerische Lösung mit der Finite-Elemente-Methode).

(8) Weiträumige Verformungen des Baugrundes, z. B. infolge von untertägigen Massenentnahmen, Tektonik oder Hangkriechen, sind wie folgt zu berücksichtigen:

- a) Wenn sich das Bauwerk im Sinne des Ausweichprinzips den Verformungen anpassen kann, sind diese während der Bauzeit und der Betriebszeit durch Messungen zu registrieren und erforderlichenfalls auszugleichen;

b) wenn sich das Bauwerk im Sinne des Widerstandsprinzips den Verformungen nicht anpassen kann, sind die entstehenden Bodenreaktionen als Einwirkungen einzustufen. Sie dürfen in begründeten Fällen wie seltene oder einmalige planmäßige Einwirkungen nach 6.3.1 behandelt werden.

(9) Ein Einfluss der Verwitterung von Fels oder felsähnlichen Böden ist durch Abminderung der Scherparameter zu berücksichtigen.

(10) Physikalisch oder chemisch verursachte Volumenänderungen, z. B. infolge von Temperaturänderungen oder Feuchtigkeitsänderungen in Bauteilen oder infolge von Quellen oder Schrumpfen des Bodens, sind als aufgezwungene Verformungen, gegebenenfalls auch als erhöhte oder verminderte Bodenreaktionen nach (8) b) zu berücksichtigen.

(11) Weitere grundbauspezifische Einwirkungen können sich aus den Randbedingungen des Einzelfalls ergeben.

6.1.4 Dynamische Einwirkungen

(1) Dynamische Einwirkungen auf den Baugrund aus Regellasten auf Verkehrsflächen, aus Baubetrieb sowie infolge dynamischer Belastung von Bauwerken dürfen als veränderliche statische Einwirkungen nach 6.1.3 (5) berücksichtigt werden. Das Gleiche gilt für quasistatische zyklische Einwirkungen.

(2) Bei erheblichen dynamischen Einwirkungen auf Bauteile infolge von Stößen durch Aufprall, Anprall nach DIN 1055-9, Druckwellen in Luft oder Wasser oder durch Schwingungen, z. B. durch Maschinen, ist zu prüfen, ob diese durch statische Ersatzlasten berücksichtigt werden dürfen oder ob besondere Untersuchungen zur Erfassung von Trägheits- und Entfestigungseffekten notwendig sind.

(3) Zur Berücksichtigung von Erdbebeneinwirkungen siehe E DIN 4149.

6.1.5 Charakteristische Beanspruchungen

Beim Nachweis der Grenzzustandsbedingung für den Grenzzustand GZ 1B werden nach 4.3.2 die Bemessungswerte E_d der Beanspruchung benötigt. Dazu werden zunächst in den maßgebenden Schnitten durch das Bauwerk sowie in den Berührungsflächen zwischen Bauwerk und Baugrund die aus den charakteristischen Werten $F_{k,i}$ der betrachteten unabhängigen Einwirkungen resultierenden charakteristischen Beanspruchungen $E_{k,i}$ in Form von Schnittgrößen (z. B. Querkräfte, Auflagerkräfte, Biegemomente), von Spannungen (z. B. Normalspannungen, Schubspannungen, Vergleichsspannungen) oder von Verformungen (z. B. Dehnungen, Verschiebungen, Durchbiegungen) ermittelt.

6.2 Widerstände von Boden und Fels

6.2.1 Scherfestigkeit

(1) Als charakteristische Werte der Scherfestigkeit dürfen die vorsichtigen Schätzwerte des Mittelwertes nach 5.3.1 (1) zugrunde gelegt werden, soweit nicht 6.2.1 a) oder 6.2.1 b) maßgebend ist. Für die Anwendung von oberen oder unteren charakteristischen Werten nach 5.3.1 (3) gilt Folgendes:

- a) Untere charakteristische Werte sind zugrunde zu legen, wenn durch eine Abminderung der Scherfestigkeit die Einwirkungen vergrößert bzw. die Bodenwiderstände vermindert werden;
- b) obere charakteristische Werte sind zugrunde zu legen, wenn eine Vergrößerung der Scherparameter einen ungünstigen Einfluss auf die Standsicherheit oder Bemessung hat, z. B. bei Zwängungen infolge von Bodenreaktionen nach 6.1.3 (8) b).

(2) Beim Nachweis der Grenzzustände GZ 1A, GZ 1B und GZ 2 sind die charakteristischen Werte φ_k und c_k der Reibung und Kohäsion nach 5.3 zugrunde zu legen, beim Nachweis der Gesamtstandsicherheit (GZ 1C) die Bemessungswerte φ_d und c_d nach 6.4.2 (3).