

	Baugrund Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau	DIN 1054
ICS 93.020		Ersatz für DIN 1054:1976-11, DIN 1054 Bbl:1976-11 und DIN V 1054-100:1996-04; mit DIN EN 1536:1999-06 Ersatz für DIN 4014:1990-03; mit DIN EN 1537: 2001-01 Ersatz für DIN 4125:1990-11; mit DIN EN 12699:2001-05 Ersatz für DIN 4026:1975-08 und DIN 4026 Bbl:1975-08 und teilweiser Ersatz für DIN 4128:1983-04
Subsoil — Verification of the safety of earthworks and foundations		
Sol — Vérification de la sécurité des travaux de terrassement et des fondations		
Fortsetzung Seite 2 bis 108		
Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.		

© DIN Deutsches Institut für Normung e.V. · Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, gestattet.
Alleinverkauf der Normen durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin

Ref. Nr. DIN 1054:2003-01
Preisgr. 28 Vertr.-Nr. 0028

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	13
3.1.3 Geotechnische Begriffe	15
3.2 Formelzeichen	16
4 Allgemeine Regelungen für Sicherheitsnachweise	23
4.1 Grundlegende Anforderungen	23
4.2 Geotechnische Kategorien (GK)	24
4.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZ 1)	24
4.3.1 Grenzzustand GZ 1A: Grenzzustand des Verlustes der Lagesicherheit	24
4.3.2 Grenzzustand GZ 1B: Grenzzustand des Versagens von Bauwerken und Bauteilen	24
4.3.3 Grenzzustand GZ 1C: Grenzzustand des Verlustes der Gesamtstandsicherheit	25
4.3.4 Duktilität des Gesamtsystems	25
4.3.5 Varianten der Nachweisführung	25
4.4 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZ 2)	26
4.5 Beobachtungsmethode	26
4.5.1 Anwendungsgebiete	26
4.5.2 Maßnahmen vor Beginn der Bauausführung	27
4.5.3 Maßnahmen während der Bauausführung	27
4.6 Einhaltung der Regelungen für Sicherheitsnachweise	28
5 Baugrund	28
5.1 Geotechnische Untersuchungen	28
5.1.1 Zweck der Untersuchungen	28
5.1.2 Art und Umfang der Untersuchungen	28
5.2 Arten des Baugrundes	29
5.2.1 Allgemeines	29
5.2.2 Nichtbindige Böden	29
5.2.3 Bindige Böden	29
5.2.4 Organische und organogene Böden	30
5.2.5 Geschüttete Böden	30
5.2.6 Ergänzende Angaben	30
5.3 Charakteristische Werte von Bodenkenngößen	30
5.3.1 Festlegung charakteristischer Werte von Bodenkenngößen	30
5.3.2 Anwendung charakteristischer Werte von Bodenkenngößen	31
6 Einwirkungen, Beanspruchungen und Widerstände	32
6.1 Einwirkungen und Beanspruchungen	32
6.1.1 Allgemeines	32
6.1.2 Gründungslasten	32
6.1.3 Grundbauspezifische Einwirkungen	33
6.1.4 Dynamische Einwirkungen	34
6.1.5 Charakteristische Beanspruchungen	34
6.2 Widerstände von Boden und Fels	34
6.2.1 Scherfestigkeit	34
6.2.2 Steifigkeit	34
6.2.3 Sohlwiderstände	35
6.2.4 Erdwiderstand (passiver Erddruck)	35

	Seite
6.2.5 Eindring-, Herauszieh- und Seitenwiderstand	35
6.3 Bemessungssituationen bei geotechnischen Bauwerken	36
6.3.1 Einwirkungskombinationen	36
6.3.2 Sicherheitsklassen bei Widerständen	36
6.3.3 Lastfälle	36
6.4 Teilsicherheitsbeiwerte	37
6.4.1 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Beanspruchungen	37
6.4.2 Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände	39
7 Flach- und Flächengründungen	40
7.1 Abgrenzung und Schutzanforderungen	40
7.1.1 Allgemeines	40
7.1.2 Schutz der Gründung vor Frost	41
7.1.3 Schutz des Baugrundes	41
7.2 Untersuchungen	41
7.2.1 Erkundungen	41
7.2.2 Zuordnung zu Geotechnischen Kategorien	41
7.3 Einwirkungen und Beanspruchungen in der Sohlfläche	41
7.3.1 Charakteristische Beanspruchungen	41
7.3.2 Bemessungswerte der Beanspruchungen	42
7.4 Bodenreaktionen und Bodenwiderstände	42
7.4.1 Bodenreaktionen an der Stirnseite des Fundamentkörpers	42
7.4.2 Grundbruchwiderstand	43
7.4.3 Gleitwiderstand	43
7.5 Nachweis der Tragfähigkeit	44
7.5.1 Nachweis der Sicherheit gegen Kippen	44
7.5.2 Nachweis der Grundbruchsicherheit	45
7.5.3 Nachweis der Gleitsicherheit	46
7.5.4 Nachweis der Sicherheit gegen Materialversagen	46
7.6 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	47
7.6.1 Zulässige Lage der Sohldruckresultierenden	47
7.6.2 Verschiebungen in der Sohlfläche	47
7.6.3 Setzungen	47
7.6.4 Verdrehungen	48
7.7 Aufnehmbarer Sohldruck in einfachen Fällen	48
7.7.1 Allgemeines	48
7.7.2 Nichtbindiger Boden	49
7.7.3 Bindiger Boden	50
7.7.4 Fels	51
7.7.5 Künstlich hergestellter Baugrund	52
8 Pfahlgründungen	52
8.1 Abgrenzung und Schutzanforderungen	52
8.1.1 Allgemeines	52
8.1.2 Schutzanforderungen	52
8.2 Untersuchungen	53
8.2.1 Erkundungen und Unterlagen	53
8.2.2 Zuordnung zu Geotechnischen Kategorien	53
8.3 Einwirkungen und Beanspruchungen	54
8.3.1 Allgemeines	54
8.3.2 Seitendruck	54
8.3.3 Negative Mantelreibung	55
8.3.4 Bemessungswerte der Beanspruchungen	55
8.4 Widerstände	56
8.4.1 Allgemeines	56
8.4.2 Axiale Pfahlwiderstände aus Ergebnissen von statischen Pfahlprobebelastungen	56
8.4.3 Axiale Pfahlwiderstände aus dynamischen Pfahlprobebelastungen	58
8.4.4 Axiale Pfahlwiderstände aus Erfahrungswerten	59

	Seite
8.4.5 Pfahlwiderstände quer zur Pfahlachse	59
8.4.6 Pfahlwiderstände bei zyklischen und dynamischen Einwirkungen	60
8.4.7 Bemessungswerte der Pfahlwiderstände	60
8.5 Nachweis der Tragfähigkeit	60
8.5.1 Axial belastete Pfähle	60
8.5.2 Quer zur Pfahlachse belastete Pfähle	61
8.5.3 Druckpfahlgruppen	61
8.5.4 Zugpfahlgruppen	62
8.5.5 Kombinierte Pfahl-Plattengründungen	63
8.5.6 Materialversagen von Pfählen	64
8.6 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	64
8.6.1 Grundlagen	64
8.6.2 Pfahlgruppen	65
8.6.3 Kombinierte Pfahl-Plattengründungen	66
9 Verankerungen mit Verpressankern	66
9.1 Abgrenzung und Schutzanforderungen	66
9.1.1 Allgemeines	66
9.1.2 Schutzanforderungen	66
9.2 Untersuchungen	66
9.2.1 Erkundungen und Unterlagen	66
9.2.2 Zuordnung zu Geotechnischen Kategorien	66
9.3 Einwirkungen und Beanspruchungen	67
9.4 Widerstände	67
9.4.1 Herausziehwiderstand	67
9.4.2 Widerstand des Stahlzuggliedes	68
9.5 Nachweis der Tragfähigkeit	68
9.6 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	69
10 Stützbauwerke und im Boden eingebettete Bauwerke	69
10.1 Abgrenzung und Schutzanforderungen	69
10.1.1 Allgemeines	69
10.1.2 Schutzanforderungen	69
10.2 Untersuchungen	69
10.2.1 Erkundungen und Unterlagen	69
10.2.2 Zuordnung zu Geotechnischen Kategorien	70
10.3 Einwirkungen	70
10.3.1 Erddruck	70
10.3.2 Wasserdruck	71
10.3.3 Sonstige Einwirkungen	72
10.4 Beanspruchungen	72
10.4.1 Allgemeines	72
10.4.2 Auf Biegung beanspruchte Bauwerke	72
10.4.3 Aussteifungen	73
10.4.4 Verpressanker und Zugpfähle	73
10.4.5 Bemessungswerte der Beanspruchungen	73
10.5 Widerstände	74
10.5.1 Sohlwiderstände	74
10.5.2 Fußwiderstände vor und unter wandartigen Stützbauwerken	74
10.5.3 Herausziehwiderstände	74
10.5.4 Bemessungswerte der Widerstände	74
10.6 Nachweis der Tragfähigkeit	75
10.6.1 Nachweise im Grenzzustand GZ 1B	75
10.6.2 Grundbruch und Gleiten	75
10.6.3 Versagen des Erdwiderlagers	75
10.6.4 Aufbruch des Verankerungsbodens vor Ankerplatten und Ankerwänden	76
10.6.5 Versagen der Lastübertragung durch Zugpfähle bzw. Ankerverpresskörper	76
10.6.6 Versinken von Bauteilen	77

	Seite
10.6.7 Versagen in der tiefen Gleitfuge.....	77
10.6.8 Materialversagen von Bauteilen.....	77
10.6.9 Nachweise für die Grenzzustände GZ 1A und GZ 1C	78
10.7 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit.....	78
10.7.1 Nachweis auf der Grundlage von Erfahrungen	78
10.7.2 Gesonderte Nachweise	79
11 Aufschwimmen und hydraulischer Grundbruch	79
11.1 Allgemeines.....	79
11.2 Zuordnung zu Geotechnischen Kategorien	80
11.3 Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen von nicht verankerten Konstruktionen	80
11.3.1 Nachweis bei alleiniger Wirkung von Bauwerkseigengewicht	80
11.3.2 Nachweis bei Mitwirkung von Scherkräften.....	80
11.4 Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen von verankerten Konstruktionen	81
11.4.1 Nachweis der Sicherheit gegen aufwärts gerichteten hydrostatischen Wasserdruck	81
11.4.2 Nachweis der Tragfähigkeit der Zuelemente	81
11.4.3 Bemessung der Sohle	82
11.5 Nachweis der Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch	82
11.6 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit.....	83
12 Gesamtstandsicherheit	83
12.1 Abgrenzung und Schutzanforderungen	83
12.1.1 Allgemeines.....	83
12.1.2 Schutzanforderungen.....	84
12.2 Untersuchungen	84
12.2.1 Unterlagen	84
12.2.2 Zuordnung der in 12.1.1 genannten Konstruktionen zu Geotechnischen Kategorien.....	84
12.3 Nachweis der Sicherheit gegen Böschungsbruch und Geländebruch.....	85
12.4 Nachweis der Tragfähigkeit von konstruktiven Böschungssicherungen.....	86
12.4.1 Allgemeines.....	86
12.4.2 Einwirkungen und Beanspruchungen.....	86
12.4.3 Herausziehwiderstände.....	87
12.4.4 Nachweis der Tragfähigkeit	87
12.5 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit.....	88
Anhang A (normativ) Aufnehmbarer Sohldruck	89
Anhang B (informativ) Charakteristische axiale Pfahlwiderstände aus Erfahrungswerten für Bohrpfähle	94
B.1 Ermittlung der Widerstands-Setzungs-(Hebungs-)Linie.....	94
B.2 Pfahlspitzenwiderstand und Pfahlmantelreibung	95
B.3 Festigkeitsuntersuchungen des Bodens aus Sondierungen.....	98
Anhang C (informativ) Charakteristische axiale Pfahlwiderstände aus Erfahrungswerten für gerammte Verdrängungspfähle.....	99
C.1 Ermittlung der charakteristischen Pfahlwiderstände für den Grenzzustand GZ 1B	99
C.2 Werte für Pfahlspitzenwiderstand und Pfahlmantelreibung im Grenzzustand GZ 1B von Fertigteilpfählen aus Stahl- oder Spannbeton in nichtbindigen Böden	99
C.3 Charakteristische Pfahlwiderstände für den Grenzzustand GZ 2 von Fertigteilpfählen aus Stahl- oder Spannbeton in nichtbindigen Böden.....	100
C.4 Charakteristische Pfahlwiderstände für Stahl- und Spannbetonfertigpfähle in bindigen Böden sowie für Holz- und Stahlpfähle.....	101
Anhang D (informativ) Angaben zu charakteristischen Pfahlwiderständen aus Erfahrungswerten für verpresste Mikropfähle.....	103
D.1 Charakteristische axiale Pfahlwiderstände für den Grenzzustand GZ 1B.....	103
D.2 Anhaltswerte für charakteristische Lastspannen für verpresste Mikropfähle unter axialer Schwell- und Wechselbelastung für den Grenzzustand GZ 2	103

Anhang E (informativ) Verteilung von Einwirkungen und Widerständen für quer zur Pfahlachse belastete Pfahlgruppen	105
Tabellen	
Tabelle 1 — Formelzeichen	16
Tabelle 2 — Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Beanspruchungen	38
Tabelle 3 — Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände	40
Tabelle 4 — Streuungsfaktor ξ zur Berücksichtigung von Anzahl und Streuung der Ergebnisse von Pfahlprobebelastungen	57
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	89
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	89
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 $q_{s,k} > 120 \text{ kN/m}^2$	90
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	90
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	90
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	91
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	93
Tabelle A.8 — Voraussetzungen für die Erhöhung der Werte für den aufnehmbaren Sohldruck σ_{zul} nach 7.7.2.2 (3) bei nichtbindigem Boden	93
Tabelle B.1 — Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ für nichtbindige Böden	96
Tabelle B.2 — Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ für bindige Böden	96
Tabelle B.3 — Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ für nichtbindige Böden	97
Tabelle B.4 — Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ für bindige Böden	97
Tabelle B.5 — Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ und Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ in Fels	97
Tabelle C.1 — Pfahlspitzenwiderstand $q_{bl,k}$ für gerammte Fertigteile aus Stahl- oder Spannbeton in nichtbindigen Böden	100

Tabelle C.2 — Pfahlmantelreibung $q_{s1,k}$ für gerammte Fertigteile aus Stahl- oder Spannbeton in nichtbindigen Böden.....	100
Tabelle C.3 — Charakteristische Pfahlwiderstände $R_{2,k}$ von gerammten Verdrängungspfählen aus Holz in nichtbindigen und bindigen Böden	101
Tabelle C.4 — Charakteristische Pfahlwiderstände $R_{2,k}$ von gerammten Verdrängungspfählen mit quadratischem Querschnitt aus Stahlbeton und Spannbeton in bindigen Böden	102
Tabelle C.5 — Charakteristische Pfahlwiderstände $R_{2,k}$ von gerammten Verdrängungspfählen aus Stahl in nichtbindigen und bindigen Böden.....	102
Tabelle D.1 — Charakteristische Werte für die Pfahlmantelreibung $q_{1,k}$ bei verpressten Mikropfählen im Ausnahmefall, dass keine Pfahlprobelastungen ausgeführt werden.	103
Tabelle D.2 — Anhaltswerte für charakteristische Lastspannen.....	104

Bilder

Bild 1 — Grundriss eines rechteckigen Fundamentes; Bezeichnungen bei zweiachsiger Ausmittigkeit	45
Bild 2 — Geometrie des an einem Einzelpfahl angehängten Bodens	63
Bild 3 — Ermittlung des charakteristischen Pfahlwiderstandes $R_{2,k}$ von Einzelpfählen oder von Pfahlgruppen untereinander, abhängig von den entsprechenden Setzungen $s_{2,k}$ bzw. $\Delta s_{2,k}$	65
Bild A.1 — Aufnehmbarer Sohldruck σ_{zul} für quadratische Einzelfundamente auf Fels	92
Bild B.1 — Elemente der charakteristischen Widerstands-Setzungs-Linie.....	94
Bild E.1 — Abminderungsfaktor α_L für das Verhältnis Pfahlachsenabstand a_L in Krafrichtung zum Pfahlschaftdurchmesser D_i.....	106
Bild E.2 — Abminderungsfaktoren α_{QA} und α_{QZ} für das Verhältnis Pfahlachsenabstand a_Q quer zur Krafrichtung zu Pfahlschaftdurchmesser D_i; für $a_Q/D_i < 2$ gelten die Bedingungen einer durchgehenden Wand (siehe z. B. DIN 4085).....	107
Bild E.3 — Abminderungsfaktoren α in Abhängigkeit von der Lage des Pfahls innerhalb der Gruppe	107

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 12699:2001;

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 14199:2001.

Weiterhin ist diese Norm ihrerseits 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.

Sie 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 1054:1976-11, DIN 1054 Bbl 1:1976-11, DIN V 1054-100:1996-04, DIN 4014:1990-03, DIN 4125:1990-11, DIN 4026:1975-08, DIN 4026 Bbl:1975-08 und DIN 4128:1983-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Das Sicherheitskonzept wurde im Sinne von DIN EN 1990 und DIN V ENV 1997-1 auf das Teilsicherheitskonzept umgestellt;
- b) der Inhalt wurde im Sinne einer Grundnorm für den Erd- und Grundbau vollständig überarbeitet und erweitert;
- c) die Bemessung von Bohrpfählen betreffende Teile von DIN 4014:1990-03 wurden neu aufgenommen;
- d) die Bemessung von Verdrängungs- bzw. Rammpfählen betreffende Teile von DIN 4026:1975-08 wurden neu aufgenommen;
- e) die Bemessung von Verpressankern betreffende Teile von DIN 4125:1990-11 wurden neu aufgenommen;
- f) die Bemessung von Pfählen mit kleinen Durchmessern betreffende Teile von DIN 4128:1983-04 wurden neu aufgenommen.

Frühere Ausgaben

DIN 1054: 1934-08; 1940-08; 1953-10; 1969-11; 1976-11;
 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 die 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.

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

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

2 Normative Verweisungen

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

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

DIN 1052-1, *Holzbauwerke – Teil 1: Berechnung und Ausführung.*

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

DIN 1055-2, *Lastannahmen für Bauten; Bodenkenngößen, Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Wandreibungswinkel.*

DIN 1055-3, *Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 3: Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten.*

- DIN 1055-4, *Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 4: Windlasten.*
- DIN 1055-5, *Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 5: Schnee- und Eislasten.*
- DIN 1055-8, *Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 8: Ausführungsbedingte Lasten und Verformungen.*
- DIN 1055-9, *Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 9: Außergewöhnliche Einwirkungen.*
- DIN 1055-10, *Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 10: Einwirkungen aus Kranen und Maschinenbetrieb.*
- DIN 1055-100:2001-03, *Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln.*
- DIN 4017, *Berechnung des Grundbruchwiderstands von Flachgründungen.*
- DIN 4019, *Baugrund – Setzungsberechnungen.*
- DIN 4020:1990-10, *Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke.*
- DIN 4021, *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 gekerkerten Proben im Boden und im Fels.*
- DIN 4023, *Baugrund- und Wasserbohrungen – Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse.*
- DIN 4084:1981-07, *Baugrund – Gelände- und Böschungsbruchberechnungen.*
- DIN 4085, *Baugrund – Berechnung des Erddrucks.*
- DIN 4094, *Baugrund – Erkundung durch Sondierungen.*
- 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.*
- DIN 4149-1, *Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Teil 1: Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten.*
- DIN 4150-1, *Erschütterungen im Bauwesen – Grundsätze, Vorermittlung und Messung 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) – Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze.*
- DIN 18126, *Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte – Bestimmung der Dichte nichtbindiger Böden bei lockerster und dichtester Lagerung.*

DIN 18127, *Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte – Proctorversuch.*

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

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

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

DIN EN 206, *Beton – Eigenschaften, Herstellung, Verarbeitung und Gütenachweis; Deutsche Fassung EN 206:1997.*

DIN EN 1536, *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, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Schlitzwände; Deutsche Fassung EN 1538:2000.*

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

E DIN EN 12794, *Vorgefertigte Gründungspfähle aus Beton; Deutsche Fassung prEN 12794:1997.*

E DIN EN 14199, *Pfähle mit kleinen Durchmessern (Minipfähle); Deutsche Fassung prEN 14199:2001.*

EAB, *Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“, herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT), Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 4. Auflage, in Vorbereitung*

EAU, *Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen, herausgegeben vom Arbeitsausschuss „Ufereinfassungen“, der Hafenbautechnischen Gesellschaft e.V. und der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V., Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 10. Auflage, in Vorbereitung*

EBGEO, *Empfehlungen für Bewehrungen aus Geokunststoffen, Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT)¹⁾*

EVb, *Empfehlungen „Verformungen des Baugrundes bei baulichen Anlagen“, in Vorbereitung*

EWB, *Empfehlungen „Wechselwirkung Baugrund/Bauwerk, Teil 1: Flachgründungen“, in Vorbereitung*

[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*

¹⁾ Zu beziehen durch: Verlag Ernst und Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH, Berlin

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.

3.1.1.5

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 Bodenkenngößen 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 Einzelfahls im Grenzzustand der Tragfähigkeit allgemein		8.3.4
30	$E_{1,k}$	Charakteristische Beanspruchung eines Einzelfahls im Grenzzustand der Tragfähigkeit allgemein		8.3.4
31	$E_{2,d}$	Bemessungswert der Beanspruchung eines Einzelfahls im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit allgemein		8.3.4
32	$E_{2,k}$	Charakteristische Beanspruchung eines Einzelfahls 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	$F_{Z,k}$	Charakteristische Einwirkung auf einen Zugpfahl bzw. ein Zugelement im Grenzzustand GZ 1A		8.5.4, (33)
56	$F_{k,i}$	Charakteristischer Wert der i -ten Einwirkung allgemein		4.3.2
57	F_d	Bemessungswert der Einwirkung allgemein		6.4.1
58	F_k	Charakteristischer Wert der Einwirkung allgemein		6.4.1
59	$f_{t,k}$	Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Stahlzugliedes	KN	9.5
60	$f_{t0,1,k}$	Charakteristischer Wert der Spannung bei 0,1 % bleibender Dehnung	KN	9.4.2, (44)
61	$G_{E,k}$	Charakteristische Eigenlast des von der Zugelementengruppe erfassten Bodenvolumens unter Auftrieb	KN	8.5.4, (34)
62	G'_k	Charakteristische Eigenlast unter Auftrieb des durchströmten Bodenkörpers	KN	11.5, (61)
63	$G_{k,det}$	Charakteristischer Wert ungünstiger ständiger Einwirkungen im Grenzzustand GZ 1A	KN	8.5.4, (33)
64	$G_{k,stb}$	Charakteristischer Wert günstiger ständiger Einwirkungen im Grenzzustand GZ 1A	KN	8.5.4, (33)
65	H_k	Horizontalkomponente der charakteristischen Sohldruckbeanspruchung	KN	7.7.1
66	K_0	Erdruhedruckbeiwert	–	8.3.3, (25)
67	k_s	Kriechmaß	Mm	9.4.1
68	$k_{s,k}$	Charakteristischer Wert des Bettungsmoduls	kN/m ³	8.4.5
69	L	Länge der Zugelemente	m	8.5.4, (35)
70	L_a	Größeres Rastermaß	m	8.5.4, (35)
71	L_b	Kleineres Rastermaß	m	8.5.4, (35)
72	N	Anzahl der Pfahlprobebelastungen	–	8.4.2, (28)
73	$N_{G,k}$	Ständiger Anteil der charakteristischen Beanspruchung rechtwinklig zur Fundamentsohlfäche	KN	7.3.2

Tabelle 1 — Formelzeichen (fortgesetzt)

Nr.	Formelzeichen	Benennung	Einheit	Abschnitt/ Gleichung
74	N_d	Bemessungswert der Beanspruchung rechtwinklig zur Fundamentsohlfläche	KN	7.3.2
75	N_k	Charakteristische Beanspruchung rechtwinklig zur Fundamentsohlfläche	KN	7.4.3, (14)
76	$N_{Q,k}$	Veränderlicher Anteil der charakteristischen Beanspruchung rechtwinklig zur Fundamentsohlfläche	KN	7.3.2
77	n	Anzahl gleicher Zuelemente	—	8.5.4, (33)
78	P_P	Anker-Prüfkraft	KN	9.4.1
79	Q_k	Charakteristischer Wert ungünstiger veränderlicher Einwirkungen	KN	8.5.4 (33)
80	q_c	Spitzenwiderstand der Drucksonde nach DIN 4094	KN/m ²	7.7.2.1
81	$q_{s,k}$	Charakteristischer Wert der positiven Mantelreibung	KN/m ²	8.3.3
82	q_u	Einaxiale Druckfestigkeit	KN/m ²	7.7.3.1
83	$q_{u,k}$	Charakteristische einaxiale Druckfestigkeit	KN/m ²	7.7.3.1, (23)
84	R	Widerstand eines Einzelpfahls	KN	8.4.1
85	R_1	Pfahlwiderstand im Grenzzustand der Tragfähigkeit	KN	8.4.1
86	$R_{1,d}$	Bemessungswert des Pfahlwiderstandes im Grenzzustand der Tragfähigkeit	KN	8.5.1, (32)
87	$R_{1,k}$	Charakteristischer Pfahlwiderstand im Grenzzustand der Tragfähigkeit	KN	8.4.2
88	$R_{1m,i}$	i -ter Pfahlwiderstand aus Probelastungsergebnissen	KN	8.4.2
89	$R_{1m,min}$	Kleinsten Pfahlwiderstand aus Probelastungsergebnissen	KN	8.4.2
90	$\bar{R}_{1m}$	Mittelwert der Pfahlwiderstände aus Probelastungsergebnissen	KN	8.4.2
91	R_2	Pfahlwiderstand im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	KN	8.4.1
92	$R_{2,d}$	Bemessungswert des Pfahlwiderstandes im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	KN	8.6.1, (39)
93	$R_{2,k}$	Charakteristischer Pfahlwiderstand im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	KN	8.4.6
94	$R_{a,d}$	Bemessungswert des Herausziehwerstandes	KN	9.4.1
95	$R_{a,k}$	Charakteristischer Herausziehwerstand	KN	9.4.1
96	R_b	Pfahlfußwiderstand eines Einzelpfahls	KN	8.4.1
97	R_d	Bemessungswert des Widerstandes allgemein		6.4.2
98	$R_{d,i}$	Bemessungswert des i -ten Widerstandes allgemein		4.3.2
99	$R_{i,d}$	Bemessungswert des Widerstandes des Stahzuggliedes	KN	9.4.2
100	$R_{i,k}$	Charakteristischer Widerstand des Stahzuggliedes	KN	9.4.2

Tabelle 1 — Formelzeichen (fortgesetzt)

Nr.	Formelzeichen	Benennung	Einheit	Abschnitt/ Gleichung
101	R_k	Charakteristischer Widerstand allgemein		6.4.2
102	$R_{k,i}$	i -ter charakteristischer Widerstand allgemein		4.3.2
103	$R_{M,d}$	Bemessungswert des Bauteilwiderstandes allgemein		8.5.6, (38)
104	$R_{m,i}$	i -ter Einzelwert aus Probelastungsergebnissen	kN	8.4.2, (30)
105	$R_{n,d}$	Bemessungswert des Grundbruchwiderstandes	kN	7.4.2
106	$R_{n,k}$	Charakteristischer Grundbruchwiderstand	kN	7.4.2
107	R_s	Pfahlmantelwiderstand eines Einzelpfahls	kN	8.4.1
108	$R_{t,d}$	Bemessungswert des Gleitwiderstandes	kN	7.4.3
109	$R_{t,k}$	Charakteristischer Gleitwiderstand	kN	7.4.3
110	r	Radius eines kreisförmigen Gründungskörpers	m	7.5.1, (18)
111	r_e	Zulässige Ausmittigkeit der resultierenden charakteristischen Beanspruchung eines kreisförmigen Gründungskörpers	m	7.5.1, (18)
112	S'_k	Charakteristische Strömungskraft im durchströmten Bodenkörper	kN	11.5, (61)
113	s	Pfahlkopfsetzung	m	8.4.1
114	s_1	Pfahlkopfsetzung im Grenzzustand der Tragfähigkeit	m	8.4.2, (29)
115	$s_{2,k}$	Aufnehmbare charakteristische Pfahlkopfsetzung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	m	8.6.1
116	$s_{2,k \max}$	Oberer Grenzwert der aufnehmbaren charakteristischen Pfahlkopfsetzung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	m	8.6.1, Bild 3
117	$s_{2,k \min}$	Unterer Grenzwert der aufnehmbaren charakteristischen Pfahlkopfsetzung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	m	8.6.1, Bild 3
118	s_a	Setzung zum Zeitpunkt a	mm	9.4.1
119	s_b	Setzung zum Zeitpunkt b	mm	9.4.1
120	s_h	Waagerechte Verschiebung	m	10.4.2, (48)
121	s_N	Standardabweichung von Pfahlprobelastungsergebnissen	kN	8.4.2
122	T_d	Bemessungswert der Beanspruchung parallel zur Fundamentsohlfläche	kN	7.3.2
123	$T_{d,x}$	Bemessungswert der Beanspruchung parallel zur Fundamentsohlfläche in Richtung x	kN	7.3.2, (8)
124	$T_{d,y}$	Bemessungswert der Beanspruchung parallel zur Fundamentsohlfläche in Richtung y	kN	7.3.2, (8)
125	$T_{G,k}$	Ständiger Anteil der charakteristischen Beanspruchung parallel zur Fundamentsohlfläche	kN	7.3.2

Tabelle 1 — Formelzeichen (fortgesetzt)

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

Tabelle 1 — Formelzeichen (fortgesetzt)

Nr.	Formelzeichen	Benennung	Einheit	Abschnitt/ Gleichung
152	γ_{Gdst}	Teilsicherheitsbeiwert für ungünstige ständige Einwirkungen im Grenzzustand GZ 1A	—	6.4.1, Tabelle 2
153	γ_{Gstb}	Teilsicherheitsbeiwert für günstige ständige Einwirkungen im Grenzzustand GZ 1A	—	6.4.1, Tabelle 2
154	γ_{Gi}	Teilsicherheitsbeiwert für den Gleitwiderstand	—	6.4.2, Tabelle 3
155	γ_{Gr}	Teilsicherheitsbeiwert für den Grundbruchwiderstand	—	6.4.2, Tabelle 3
156	γ_{H}	Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkung aus Strömungskraft	—	6.4.1, Tabelle 2
157	γ_{M}	Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand des Stahlzuggliedes eines Verpressankers	—	6.4.2, Tabelle 3
158	γ_{N}	Teilsicherheitsbeiwert für den Herausziehwiderstand von Bodennägeln	—	6.4.2, Tabelle 3
159	γ_{P}	Teilsicherheitsbeiwert für den Pfahlwiderstand auf Druck und Zug aufgrund von Erfahrungswerten	—	6.4.2
160	γ_{Pc}	Teilsicherheitsbeiwert für den Pfahldruckwiderstand bei Pfahlprobebelastung	—	6.4.2, Tabelle 3
161	γ_{Pt}	Teilsicherheitsbeiwert für den Pfahlzugwiderstand bei Pfahlprobebelastung	—	6.4.2, Tabelle 3
162	γ_{Q}	Teilsicherheitsbeiwert für ungünstige veränderliche Einwirkungen	—	6.4.1, Tabelle 2
163	γ_{Qdst}	Teilsicherheitsbeiwert für ungünstige veränderliche Einwirkungen im Grenzzustand GZ 1A	—	6.4.1, Tabelle 2
164	γ_{R}	Teilsicherheitsbeiwert allgemein für Widerstände	—	6.3.3
165	γ_{Z}	Teilsicherheitsbeiwert für Zugpfähle	—	6.4.2, Tabelle 3
166	γ_{c}	Teilsicherheitsbeiwert für die Kohäsion	—	6.4.2
167	γ_{cu}	Teilsicherheitsbeiwert für die Scherfestigkeit (Kohäsion) des undränierten Bodens	—	6.4.2
168	γ_{φ}	Teilsicherheitsbeiwert für den Reibungsbeiwert $\tan \varphi$	—	6.4.2
169	γ_{w}	Wichte des Wassers	kN/m ³	6.1.3
170	δ_{a}	Winkel zwischen der Erddruckkraft und der Normalen zur Wand	°	10.3.1
171	δ_{p}	Winkel zwischen der Erdwiderstandskraft und der Normalen zur Wand	°	6.2.4
172	δ_{E}	Neigung der resultierenden Beanspruchung	°	7.7.1
173	$\delta_{\text{s,k}}$	Charakteristischer Wert des Sohlreibungswinkels	°	7.4.3, (14)
174	η	Anpassungsfaktor	—	4.4
175	η_{k}	Faktor zur Festlegung der Anker-Prüfkraft	—	9.4.1, (41)

Tabelle 1 — Formelzeichen (fortgesetzt)

Nr.	Formelzeichen	Benennung	Einheit	Abschnitt/ Gleichung
176	κ	Faktor zur Festlegung oberer und unterer Grenzwerte für die aufnehmbare Setzung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit von Pfählen	—	8.6.1, (40)
177	ξ	Streuungsfaktor für die Bewertung der Einzelwerte von Pfahlprobelastungsergebnissen	—	8.4.2
178	$\tau_{n,k}$	Charakteristischer Wert der negativen Mantelreibung	kN/m ²	8.3.3
179	$\sigma_{h,k}$	Charakteristische Horizontalspannung im Boden	kN/m ²	8.5.2
180	σ'_v	Effektive Vertikalspannung im Boden	kN/m ²	8.3.3, (25)
181	$\sigma_{v,oth}$	Resultierende charakteristische Sohldruckbeanspruchung	kN/m ²	7.7.1, (22)
182	σ_{zul}	Aufnehmbarer Sohldruck	kN/m ²	7.7.1, (22)
183	φ_d	Bemessungswert des Reibungswinkels des Bodens allgemein	°	6.2.1
184	φ_k	Charakteristischer Wert des Reibungswinkels des Bodens allgemein	°	6.2.1
185	φ'	Reibungswinkel des dränierten Bodens (effektiver Reibungswinkel) allgemein	°	5.3.2
186	φ'_d	Bemessungswert des Reibungswinkels des dränierten Bodens (des effektiven Reibungswinkels)	°	6.4.2, (5a)
187	φ'_k	Charakteristischer Wert des Reibungswinkels des dränierten Bodens (des effektiven Reibungswinkels)	°	6.2.4
188	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) Es ist nachzuweisen, dass Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZ 1) und der Gebrauchstauglichkeit (GZ 2) mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen sind. Die Nachweise sind nach (2) zu erbringen, sofern nicht von den in (3) genannten Möglichkeiten Gebrauch gemacht wird.

(2) 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.

(3) 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.

(4) 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 in DIN 4020: 1990-10 beschrieben sind. Ergänzend dazu ist Folgendes zu beachten:

- a) die Geotechnische Kategorie GK 1 umfasst Baumaßnahmen mit geringem Schwierigkeitsgrad hinsichtlich Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit. Im Zweifelsfall sollte ein Sachverständiger für Geotechnik hinzugezogen werden;
- b) die Geotechnische Kategorie GK 2 umfasst Baumaßnahmen mit normalem Schwierigkeitsgrad. Durch einen Sachverständigen für Geotechnik ist ein geotechnischer Bericht nach DIN 4020:1990-10 auf der Grundlage von routinemäßigen Baugrunduntersuchungen im Feld und Labor zu erstellen;
- c) die Geotechnische Kategorie GK 3 umfasst Baumaßnahmen mit hohem Schwierigkeitsgrad bzw. Baumaßnahmen, die nicht in die Geotechnischen Kategorien GK 1 oder GK 2 eingeordnet werden können. Das Mitwirken eines Sachverständigen für Geotechnik ist erforderlich. Bauwerke oder Baumaßnahmen, bei denen die Beobachtungsmethode angewendet werden soll, sind, abgesehen von begründeten Ausnahmen, in die Geotechnische Kategorie GK 3 einzustufen.

(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, Wasserdruk 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 Herauszieh Widerstand 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 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

Ein Sachverständiger für Geotechnik hat für die Einhaltung dieser Norm zu sorgen. Insbesondere hat er

- a) festzustellen, dass die allgemeinen Regelungen für Sicherheitsnachweise nach 4.1 erfüllt sind;
- b) die Einstufung in eine der Geotechnischen Kategorien nach 4.3 vorzunehmen oder zu bestätigen;
- c) die Angemessenheit und Hinlänglichkeit der bei den Nachweisen untersuchten Grenzzustände der Tragfähigkeit nach 4.3 festzustellen;
- d) die Angemessenheit und Hinlänglichkeit der in den Nachweisen der Gebrauchstauglichkeit untersuchten Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit nach 4.4 festzustellen;
- e) die Notwendigkeit, Angemessenheit und Hinlänglichkeit der Beobachtungsmethode nach 4.5 festzustellen;
- f) die Annahmen, Daten und Ergebnisse der Nachweise der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit, bei Anwendung der Beobachtungsmethode die Empfehlungen für Messungen am Bauwerk und im Baugrund sowie die Grundsätze der Beobachtungsmethode und der Bewertung der Ergebnisse in einem Geotechnischen Bericht zu Entwurf, Berechnung und Bemessung zusammenzufassen.

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 nach DIN 4020 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 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 ist 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 nicht bestimmbar sind und bei denen die Art des Feinkorns und der große Anteil an Korn $> 0,4$ mm eine Zustandszahl zuverlässig nicht beschreiben lässt, 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 die Beurteilung dieser Böden von einem Sachverständigen für Geotechnik vorzunehmen.

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 Bodenkenngrößen von früheren Bodenuntersuchungen übernommen werden.

5.3.2 Anwendung charakteristischer Werte von Bodenkenngrößen

(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 Wasserzulaufs 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) 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.

(7) 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.

(8) 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 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 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 Einwirkungen 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.

(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 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, DIN 1055-4, 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.