

Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ EAB

5. Auflage



Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ EAB

Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ **EAB**

5. Auflage

Herausgegeben von der
Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V.

Arbeitskreis AK 2.4 „Baugruben“ der
Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V.
Obmann: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Achim Hettler
Lehrstuhl Baugrund-Grundbau
Technische Universität Dortmund
August-Schmidt-Straße 8, 44227 Dortmund

Titelbild: Baugrube für das Projekt Desy XFEL Injektorkomplex
in Hamburg, ausgeführt von der Züblin Spezialtiefbau GmbH, 2009 bis 2010 (Foto: Meyerfoto)

Bibliografische Information Der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in
der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

© 2012 Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften
GmbH & Co. KG, Rotherstr. 21, 10245 Berlin, Germany

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden.

All rights reserved (including those of translation into other languages). No part of this book may be reproduced in any form – by photoprinting, microfilm, or any other means – nor transmitted or translated into a machine language without written permission from the publisher.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie als solche nicht eigens markiert sind.

Umschlaggestaltung: Design Pur GmbH
Herstellung: pp030 – Produktionsbüro Heike Praetor, Berlin
Satz: Beltz, Bad Langensalza GmbH, Bad Langensalza
Druck und Bindung: Strauss GmbH, Mörlenbach

Printed in the Federal Republic of Germany.
Gedruckt auf säurefreiem Papier.

5. ergänzte und erweiterte Auflage
Print ISBN: 978-3-433-02970-1
ePDF ISBN: 978-3-433-60244-7
ePub ISBN: 978-3-433-60245-X
mobi ISBN: 978-3-433-60246-8
oBook ISBN: 978-3-433-60247-6

Mitglieder des Arbeitskreises „Baugruben“

Zum Zeitpunkt der Herausgabe der vorliegenden Sammelveröffentlichung setzte sich der Arbeitskreis „Baugruben“ wie folgt zusammen:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. A. Hettler, Dortmund (Obmann)
Dipl.-Ing. U. Barth, Mannheim
Prof. Dr.-Ing. K.-M. Borchert, Berlin
Dipl.-Ing. Th. Brand, Berlin
Dipl.-Ing. P. Gollub, Essen
Dipl.-Ing. W. Hackenbroch, Duisburg
Dipl.-Ing. R. Haussmann, Schrobenhausen
Dr.-Ing. M. Herten, Karlsruhe
Dipl.-Ing. H.-U. Kalle, Hagen
Univ.-Prof. (em.) Dr.-Ing. H. G. Kempfert, Hamburg
Dr.-Ing. St. Kinzler, Hamburg
Dr.-Ing. F. Könemann, Dortmund
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ch. Moormann, Stuttgart
Dipl.-Ing. Ch. Sänger, Stuttgart
Dipl.-Ing. W. Vogel, München

Weitere Mitglieder des Arbeitskreises waren:

o. Prof. em. Dr.-Ing. H. Breth, Darmstadt
Dipl.-Ing. R. Briske (†), Horrem
Dipl.-Ing. H. Bülow, Berlin
Dipl.-Ing. G. Ehl, Essen
Dipl.-Ing. E. Erler (†), Essen
Dipl.-Ing. I. Feddersen, Karlsruhe
Dipl.-Ing. H. Friesecke, Hamburg
Dipl.-Ing. F. Gantke, Dortmund
Dipl.-Ing. E. Hanke, Eckental
Dipl.-Ing. Th. Jahnke (†), Köln
o. Prof. Dr.-Ing. H. L. Jessberger (†), Bochum
Dipl.-Ing. K. Kast (†), München
Dr.-Ing. H. Krimmer, Frankfurt
o. Prof. em. Dr.-Ing. E. h. E. Lackner (†), Bremen
Dr.-Ing. K. Langhagen, Dietzenbach
Dipl.-Ing. K. Martinek, München
Dipl.-Ing. H. Ch. Müller-Haude (†), Frankfurt/Main
o. Prof. Dr.-Ing. H. Nendza (†), Essen
Prof. Dr.-Ing. E. h. M. Nußbaumer, Stuttgart
Dipl.-Ing. E. Pirlet (†), Köln

Dr.-Ing. H. Schmidt-Schleicher, Bochum
Prof. Dr.-Ing. H. Schulz, Karlsruhe
Dipl.-Ing. E. Schultz, Bad Vilbel
o. Prof. Dr.-Ing. H. Simons (†), Braunschweig
Dipl.-Ing. H. H. Sonder, Berlin
Dr.-Ing. J. Spang (†), München
Dr.-Ing. D. Stroh, Essen
Prof. Dr.-Ing. K. R. Ulrichs (†), Essen
Dipl.-Ing. U. Timm, Mannheim
Univ.-Prof. Dr.-Ing. B. Walz (†), Wuppertal
Dipl.-Ing. K. Wedekind, Stuttgart
Prof. Dipl.-Ing. H. Wind (†), Frankfurt/Main
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E. h. A. Weißenbach, Norderstedt
(Obmann bis 2006)

Vorwort

Um einem erkennbar gewordenen dringenden Erfordernis Rechnung zu tragen, rief die Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau e. V. – heute Deutsche Gesellschaft für Geotechnik – im Jahr 1965 den Arbeitskreis „Tunnelbau“ ins Leben und übertrug dessen Leitung dem allseits geschätzten, allzu früh verstorbenen Prof. Dr.-Ing. *J. Schmidbauer*. Die umfangreichen Aufgaben dieses Arbeitskreises wurden auf die drei Arbeitsgruppen „Allgemeines“, „Offene Bauweise“ und „Geschlossene Bauweise“ aufgeteilt. Die Arbeitsgruppe „Offene Bauweise“ beschäftigte sich unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E. h. *Anton Weißenbach* zunächst nur mit den vordringlichen Fragen der Berechnung, Bemessung und Konstruktion von Baugrubenumschließungen. Als erstes Zwischenergebnis dieser Arbeitsgruppe veröffentlichte die Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau e. V. die „Empfehlungen zur Berechnung ausgesteifter oder verankerter, im Boden frei aufgelagerter Trägerbohlwände für Baugruben, Entwurf März 1968“.

Die Bearbeitung der Fragen, die mit der Berechnung, Bemessung und Konstruktion von Baugrubenumschließungen zusammenhängen, erwies sich im Laufe der Bearbeitungszeit als so umfangreich, dass sich die Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau e. V. entschloss, diesen Aufgabenbereich aus dem Arbeitsgebiet des Arbeitskreises „Tunnelbau“ herauszunehmen und einem eigenen Arbeitskreis „Baugruben“ zu übertragen, dessen personelle Besetzung mit derjenigen der früheren Arbeitsgruppe „Offene Bauweise“ weitgehend identisch war. Die erste Veröffentlichung mit dem Titel „Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben“ erschien in der Zeitschrift „Die Bautechnik“, Jahrgang 1970. Sie beruhte auf einer grundlegenden Umarbeitung, Neugliederung und Ergänzung der im Jahr 1968 veröffentlichten Vorschläge und umfasste 24 durchnummerierte Empfehlungen, die sich im Wesentlichen mit den Grundlagen der Berechnung von Baugrubenumschließungen, mit der Berechnung von Trägerbohlwänden, Baugrubenspundwänden und Ortbetonwänden sowie mit dem Einfluss einer Bebauung neben der Baugrube beschäftigten.

In der Folgezeit veröffentlichte der Arbeitskreis „Baugruben“ in zweijährigen Abständen neue und überarbeitete Empfehlungen. Als sich ein Bearbeitungsstand abzeichnete, der vorerst weitere Änderungen nicht mehr erwarten ließ, entschloss sich die Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau e. V., die in den Jahrgängen 1970, 1972, 1974, 1976, 1978 und 1980 der Zeitschrift „Die Bautechnik“ verstreuten 57 Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ zusammenzufassen und im Jahr 1980 der Fachwelt in geschlossener Form zur Verfügung zu stellen.

In der im Jahr 1988 vorgelegten 2. Auflage sind diese Empfehlungen zum Teil überarbeitet und darüber hinaus um weitere neun Empfehlungen zum Thema

„Baugruben im Wasser“ ergänzt worden, die in der „Bautechnik“, Jahrgang 1984 im Entwurf veröffentlicht wurden, und um weitere zwei Empfehlungen zum Thema „Lastfiguren für gestützte Baugrubenwände“, die in der „Bautechnik“, Jahrgang 1987 veröffentlicht wurden. Weitere vier Empfehlungen ergaben sich durch die teilweise Neugliederung und durch das Bemühen um bessere Verständlichkeit. Die vorgenommenen Änderungen und Ergänzungen wurden in einem Aufsatz in der „Bautechnik“, Jahrgang 1989, erläutert.

In der 3. Auflage aus dem Jahr 1994 sind einige Empfehlungen überarbeitet und drei neue Empfehlungen zum Thema „Baugruben mit besonderem Grundriss“ aufgenommen worden. Die Änderungen an den bereits bestehenden Empfehlungen sind in der „Bautechnik“, Jahrgang 1995, erläutert. Im gleichen Heft wurden auch die drei neuen Empfehlungen als Entwurf der Öffentlichkeit vorgestellt. Darüber hinaus ist in die 3. Auflage ein Anhang aufgenommen worden, in dem die wichtigsten Bestimmungen aus bauaufsichtlich eingeführten Normen enthalten sind, die für Standsicherheitsnachweise benötigt werden.

Gleichzeitig mit der Erarbeitung der 3. Auflage der EAB beteiligte sich der Arbeitskreis „Baugruben“ auch intensiv an der Umsetzung des neuen Teilsicherheitskonzeptes im Erd- und Grundbau. Dies lag zum einen daran, dass mehrere Mitglieder des Arbeitskreises „Baugruben“ auch im Arbeitsausschuss „Sicherheit im Erd- und Grundbau“, der die DIN V 1054-100 zu erarbeiten hatte, vertreten waren. Zum anderen wurde immer deutlicher erkennbar, dass die Baugrubenkonstruktionen weit mehr als andere Konstruktionen des Grundbaues von den neuen Regelungen betroffen waren. Insbesondere die Festlegung in dem europäischen Normentwurf EN 1997-1, wonach zwei Berechnungen durchzuführen waren – zum einen mit Anwendung der Teilsicherheitsbeiwerte auf die Scherfestigkeit, zum anderen mit Anwendung der Teilsicherheitsbeiwerte auf die Einwirkungen – war nicht hinnehmbar. Sie führte im Vergleich mit der bisherigen bewährten Praxis zu Ergebnissen, die teilweise deutlich größere Abmessungen zur Folge hatten, teilweise aber auch zu Ergebnissen, die auf der unsicheren Seite lagen. Demgegenüber stand als Gegenmodell der Entwurf der neuen DIN 1054, in dem die Teilsicherheitsbeiwerte in gleicher Weise auf die äußeren Einwirkungen sowie auf den Erddruck und auf die Bodenwiderstände anzuwenden waren, die mit der herkömmlichen Scherfestigkeit ermittelt worden sind. In der EAB-100, die ebenso wie die ENV 1997-1 und die DIN 1054-100 im Jahr 1996 erschienen ist, wurden die beiden Konzepte in der praktischen Anwendung vorgestellt und die Unterschiede deutlich gemacht. Damit sollte der Fachwelt die noch offenstehende Entscheidung zugunsten der deutschen Vorschläge erleichtert werden.

In der Folgezeit wurden zwei wichtige Entscheidungen getroffen: Zum einen wurde die EN 1997-1 in einer Form veröffentlicht, welche die Vorschläge der neuen DIN 1054 als eine von drei zulässigen Varianten enthält. Zum anderen wurde das Konzept der DIN 1054-100 insofern geändert, als die ursprünglich

vorgesehene Überlagerung von Bemessungswerten des Erddruckes mit Bemessungswerten des Erdwiderstandes nicht mehr zugelassen wird, weil sich dieser Weg nicht mit dem Grundsatz der strikten Trennung von Einwirkungen und Widerständen vereinbaren lässt. Außerdem erhält man jetzt mit Ansatz von charakteristischen Einwirkungen am vorgegebenen System charakteristische Schnittgrößen und charakteristische Verformungen, mit der Folge, dass für den Nachweis der Tragfähigkeit und für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit in der Regel nur eine einzige Durchrechnung erforderlich ist. Die 4. Auflage der EAB aus dem Jahre 2009 stützte sich voll und ganz auf diese Festlegungen, erweiterte sie aber wie schon in der Vergangenheit um ergänzende Regelungen. Darüber hinaus wurden sämtliche Empfehlungen aus der 3. Auflage einer gründlichen Überarbeitung unterzogen. Neu hinzugefügt wurden Empfehlungen über die Anwendung des Bettungsmodulverfahrens und der Finite-Elemente-Methode (FEM) sowie ein neues Kapitel über Baugruben in weichen Böden. Diese waren bereits auf der Grundlage des Globalsicherheitskonzeptes in der „Bautechnik“, Jahrgang 2002 und 2003, der Fachwelt zur Stellungnahme vorgelegt worden. Mehrere, teils sehr umfangreiche Zuschriften wurden in der 4. Auflage berücksichtigt.

Nach Abschluss der 4. Auflage 2006 beendete *Anton Weißenbach* nach über 40 Jahren seine Tätigkeit als Obmann und schied zusammen mit weiteren langjährigen Mitgliedern aus dem Arbeitskreis aus.

In der Folgezeit war ein Schwerpunkt des Arbeitskreises Baugruben – nun unter Leitung des Unterzeichners – die Empfehlung EB 102 „Bettungsmodulverfahren“, die völlig überarbeitet 2011 in der Zeitschrift „Bautechnik“ der Fachöffentlichkeit als Entwurf vorgestellt wurde. Mit der sich abzeichnenden bauaufsichtlichen Einführung der Eurocodes wurde eine Anpassung der 4. Auflage der Empfehlungen an die Vorgaben der DIN EN 1997-1:2009 in Verbindung mit dem Nationalen Anhang DIN 1997-1/NA:2010-12 und den ergänzenden Regelungen der DIN 1054:2010-12 erforderlich. Alle Empfehlungen wurden gründlich überprüft, soweit erforderlich überarbeitet und an neue Erkenntnisse angepasst. Der erfahrene Anwender wird feststellen, dass die Änderungen in der vorliegenden 5. Auflage verhältnismäßig gering sind. Die meisten der seit Jahren bewährten Regelungen konnten erhalten bleiben, weil sich die Sicherheitsphilosophie gegenüber der 4. Auflage vom Grundsatz her nicht geändert hat.

Wesentlich überarbeitet wurde dagegen Kapitel 10 „Baugruben im Wasser“. Der Planer muss zukünftig ausführlicher als bisher z. B. auf Risiken aus Erosionsvorgängen, Anisotropie in der Durchlässigkeit und hydraulischem Grundbruch eingehen. Aufgrund der fortgeschrittenen Entwicklung in der Messtechnik und den gestiegenen Anforderungen wurde Kapitel 14 „Messtechnische Überprüfung und Überwachung von Baugrubenkonstruktionen“ völlig neu formuliert.

Ziel des Arbeitskreises „Baugruben“ ist es weiterhin, durch Bearbeitung vorliegender und durch Herausgabe weiterer Empfehlungen

- a) Entwurf und Berechnung von Baugrubenumschließungen zu erleichtern,
- b) Lastansätze und Berechnungsverfahren zu vereinheitlichen,
- c) die Standsicherheit der Baugrubenkonstruktionen und ihrer Einzelteile sicherzustellen und
- d) die Wirtschaftlichkeit der Baugrubenkonstruktionen zu verbessern.

Der Arbeitskreis „Baugruben“ dankt allen, die in der Vergangenheit durch Zuschriften oder auf andere Weise die Ausschussarbeit gefördert haben, und bittet auch für die Zukunft um diese Unterstützung.

A. Hettler

Benutzerhinweise

1. Die Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ sind Regeln der Technik. Sie sind als Ergebnis ehrenamtlicher technisch-wissenschaftlicher Gemeinschaftsarbeit aufgrund ihres Zustandekommens nach hierfür geltenden Grundsätzen fachgerecht und haben sich als „Allgemein anerkannte Regeln der Technik“ bewährt.
2. Die Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ stehen jedermann zur Anwendung frei. Sie bilden einen Maßstab für einwandfreies technisches Verhalten; dieser Maßstab ist auch im Rahmen der Rechtsordnung von Bedeutung. Eine Anwendungspflicht kann sich aus Rechts- oder Verwaltungsvorschriften, Verträgen oder aus sonstigen Rechtsgrundlagen ergeben.
3. Die Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ sind in aller Regel eine wichtige Erkenntnisquelle für fachgerechtes Verhalten im Normalfall. Sie können nicht alle möglichen Sonderfälle erfassen, in denen weitergehende oder einschränkende Maßnahmen geboten sein können. Es ist auch zu berücksichtigen, dass sie nur den zum Zeitpunkt der jeweiligen Ausgabe herrschenden Stand der Technik wiedergeben können.
4. Abweichungen von den vorgeschlagenen Berechnungsansätzen können im Einzelfall zweckmäßig sein, sofern sie durch entsprechende Nachweise, Messungen oder Erfahrungen begründet werden.
5. Durch das Anwenden der Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln. Jeder handelt insoweit auf eigene Gefahr.

Inhaltsverzeichnis

Mitglieder des Arbeitskreises „Baugruben“	V
Vorwort	VII
Benutzerhinweise	XI
1 Allgemeines	1
1.1 Bautechnische Voraussetzungen für die Anwendung der Empfehlungen (EB 1)	1
1.2 Maßgebende Vorschriften (EB 76)	2
1.3 Sicherheitskonzept (EB 77)	4
1.4 Grenzzustände (EB 78)	6
1.5 Stützung von Baugrubenwänden (EB 67)	10
1.6 Planung und Prüfung von Baugruben (EB 106)	11
2 Grundlagen für die Berechnung	13
2.1 Einwirkungen (EB 24)	13
2.2 Bodenkenngrößen (EB 2)	15
2.3 Erddruckneigungswinkel (EB 89)	17
2.4 Teilsicherheitsbeiwerte (EB 79)	20
2.5 Allgemeine Festlegungen für den Ansatz von Nutzlasten (EB 3)	21
2.6 Nutzlasten aus Straßen- und Schienenverkehr (EB 55)	23
2.7 Nutzlasten aus Baustellenverkehr und Baubetrieb (EB 56)	25
2.8 Nutzlasten aus Baggern und Hebezeugen (EB 57)	27
3 Größe und Verteilung des Erddruckes	31
3.1 Abhängigkeit der Erddrucklast von der gewählten Bauweise (EB 8)	31
3.2 Größe der Gesamtlast des aktiven Erddruckes bei unbelasteter Geländeoberfläche (EB 4)	32
3.3 Verteilung des aktiven Erddruckes bei unbelasteter Geländeoberfläche (EB 5)	36
3.4 Größe der Gesamtlast des aktiven Erddruckes aus Nutzlasten (EB 6)	40
3.5 Verteilung des aktiven Erddruckes aus Nutzlasten (EB 7)	42
3.6 Überlagerung von Erddruckanteilen bei belasteter Gelände- oberfläche (EB 71)	44
3.7 Ermittlung des Erdruhedruckes (EB 18)	47
3.8 Erddruckansatz in Rückbauzuständen (EB 68)	49

4	Allgemeine Festlegungen für die Berechnung	53
4.1	Nachweis der Standsicherheit (EB 81)	53
4.2	Allgemeines zu den Berechnungsverfahren (EB 11)	55
4.3	Ermittlung und Nachweis der Einbindetiefe (EB 80)	59
4.4	Ermittlung der Schnittgrößen (EB 82)	63
4.5	Anwendung des Bettungsmodulverfahrens (EB 102)	66
4.6	Anwendung der Finite-Elemente-Methode (EB 103)	72
4.7	Nachweis der Vertikalkomponente des mobilisierten Erdwiderstandes (EB 9)	77
4.8	Nachweis der Abtragung von Vertikalkräften in den Untergrund (EB 84)	80
4.9	Standsicherheitsnachweise für ausgesteifte Baugruben in Sonderfällen (EB 10)	82
4.10	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (EB 83)	84
4.11	Zulässige Vereinfachungen im Grenzzustand GEO-2 bzw. STR (EB 104)	89
5	Berechnungsansätze für Trägerbohlwände	93
5.1	Lastbildermittlung für Trägerbohlwände (EB 12)	93
5.2	Lastfiguren für gestützte Trägerbohlwände (EB 69)	95
5.3	Bodenreaktionen und Erdwiderstand bei im Boden frei aufgelagerten Trägerbohlwänden (EB 14)	97
5.4	Fußspannung bei Trägerbohlwänden (EB 25)	99
5.5	Gleichgewicht der Horizontalkräfte bei Trägerbohlwänden (EB 15)	103
6	Berechnungsansätze für Spundwände und Ortbetonwände . .	107
6.1	Lastbildermittlung für Spundwände und Ortbetonwände (EB 16)	107
6.2	Lastfiguren für gestützte Spundwände und Ortbetonwände (EB 70)	109
6.3	Bodenreaktionen und Erdwiderstand bei im Boden frei aufgelagerten Spundwänden und Ortbetonwänden (EB 19)	111
6.4	Fußspannung bei Spundwänden und Ortbetonwänden (EB 26)	114
7	Verankerte Baugrubenwände	119
7.1	Größe und Verteilung des Erddruckes bei verankerten Baugrubenwänden (EB 42)	119
7.2	Nachweis der Kraftübertragung von der Verankerung auf das Erdreich (EB 43)	120

7.3	Nachweis der Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge (EB 44) . . .	121
7.4	Nachweis der Geländebruchsicherheit (EB 45)	128
7.5	Maßnahmen gegen mögliche Bewegungen von verankerten Baugrubenwänden (EB 46)	131
8	Baugruben mit besonderem Grundriss	135
8.1	Baugruben mit kreisförmigem Grundriss (EB 73)	135
8.2	Baugruben mit ovalem Grundriss (EB 74)	141
8.3	Baugruben mit rechteckigem Grundriss (EB 75)	147
9	Baugruben neben Bauwerken	153
9.1	Bautechnische Maßnahmen bei Baugruben neben bestehenden Bauwerken (EB 20)	153
9.2	Berechnung der Baugrubenumschließung mit aktivem Erddruck bei Baugruben neben Bauwerken (EB 21)	155
9.3	Ansatz des aktiven Erddruckes bei großem Abstand der Bebauung (EB 28)	157
9.4	Ansatz des aktiven Erddruckes bei kleinem Abstand der Bebauung (EB 29)	159
9.5	Berechnung der Baugrubenumschließung mit erhöhtem aktivem Erddruck (EB 22)	161
9.6	Berechnung der Baugrubenumschließung mit Erdruhedruck (EB 23)	166
9.7	Gegenseitige Beeinflussung gegeneinander ausgesteifter Baugrubenwände bei Baugruben neben Bauwerken (EB 30)	170
10	Baugruben im Wasser	173
10.1	Allgemeines zu Baugruben im Wasser (EB 58)	173
10.2	Strömungskräfte (EB 59)	175
10.3	Baugruben mit abgesenktem Grundwasser (EB 60)	176
10.4	Nachweis der Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch (EB 61)	179
10.5	Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen (EB 62)	183
10.6	Standsicherheitsnachweis für Baugrubenwände im Wasser (EB 63)	190
10.7	Konstruktion und Bauausführung bei Baugruben im Wasser (EB 64)	195
10.8	Wasserhaltung (EB 65)	198
10.9	Überwachungsmaßnahmen bei Baugruben im Wasser (EB 66) . .	200

11	Baugruben in nicht standfestem Gebirge	203
11.1	Allgemeine Festlegungen für Baugruben in nicht standfestem Gebirge (EB 38)	203
11.2	Größe des Gebirgsdruckes (EB 39)	206
11.3	Verteilung des Gebirgsdruckes (EB 40)	209
11.4	Belastbarkeit des Gebirges durch Auflagerkräfte am Wandfuß (EB 41)	210
12	Baugruben in weichen Böden	213
12.1	Anwendungsbereich der Empfehlungen EB 91 bis EB 101 (EB 90)	213
12.2	Böschungen in weichen Böden (EB 91)	214
12.3	Verbaukonstruktionen in weichen Böden (EB 92)	216
12.4	Bauvorgang bei weichen Böden (EB 93)	221
12.5	Scherfestigkeit weicher Böden (EB 94)	225
12.6	Erddruck auf Baugrubenwände in weichen Böden (EB 95)	231
12.7	Bodenreaktionen bei Baugrubenwänden in weichen Böden (EB 96)	235
12.8	Berücksichtigung des Wasserdruckes bei weichen Böden (EB 97)	241
12.9	Ermittlung von Einbindetiefe und Schnittgrößen bei Baugruben in weichen Böden (EB 98)	246
12.10	Weitere Standsicherheitsnachweise bei Baugruben in weichen Böden (EB 99)	249
12.11	Wasserhaltungsmaßnahmen bei Baugruben in weichen Böden (EB 100)	254
12.12	Gebrauchstauglichkeit von Baugrubenkonstruktionen in weichen Böden (EB 101)	255
13	Nachweis der Tragfähigkeit der Einzelteile	259
13.1	Materialkenngrößen und Teilsicherheitsbeiwerte für Bauteilwiderstände (EB 88)	259
13.2	Tragfähigkeit der Ausfachung von Trägerbohlwänden (EB 47)	260
13.3	Tragfähigkeit von Bohlträgern (EB 48)	264
13.4	Tragfähigkeit von Spundbohlen (EB 49)	267
13.5	Tragfähigkeit von Ortbetonwänden (EB 50)	268
13.6	Tragfähigkeit von Gurten (EB 51)	270
13.7	Tragfähigkeit von Steifen (EB 52)	272
13.8	Tragfähigkeit des Grabenverbaues (EB 53)	274
13.9	Tragfähigkeit von Hilfsbrücken und Baugrubenabdeckungen (EB 54)	275

13.10	Äußere Tragfähigkeit von Bohlträgern, Spundwänden und Ort betonwänden (EB 85)	277
13.11	Tragfähigkeit von Zugpfählen und Verpressankern (EB 86)	280
14	Messtechnische Überprüfung und Überwachung von Baugrubenkonstruktionen	283
14.1	Erfordernis und Zweck von Messungen und Überprüfungen (EB 31)	283
14.2	Messgrößen und Messverfahren (EB 32)	284
14.3	Planung von Messungen (EB 33)	286
14.4	Anordnung der Messstellen (EB 34)	289
14.5	Durchführung der Messungen und Weitergabe der Messergebnisse (EB 35)	290
14.6	Auswertung und Dokumentation der Messergebnisse (EB 36)	291
	Anhang	293
A 1:	Lagerungsdichte nichtbindiger Böden	293
A 2:	Konsistenz bindiger Böden	294
A 3:	Bodenkenngrößen nichtbindiger Böden	295
A 4:	Bodenkenngrößen bindiger Böden.	297
A 5:	Geotechnische Kategorien für Baugruben	300
A 6:	Teilsicherheitsbeiwerte für geotechnische Größen	302
A 7:	Materialkennwerte und Teilsicherheitsbeiwerte für Bauteile aus Beton und Stahlbeton	304
A 8:	Materialkennwerte und Teilsicherheitsbeiwerte für Bauteile aus Stahl	307
A 9:	Materialkennwerte und Teilsicherheitsbeiwerte für Bauteile aus Holz	308
A 10:	Erfahrungswerte für Mantelreibung und Spitzendruck von Spundwänden	309
	Literatur	311
	Kurzzeichen und Benennungen	323
	Geometrische Größen.	323
	Baugrund- und Bodenparameter	323
	Erddruck und Erdwiderstand	324
	Sonstige Lasten, Kräfte und Schnittgrößen	324
	Nachweise nach dem Teilsicherheitskonzept.	325
	Verschiedenes	326
	Empfehlungen nach Nummern geordnet.	327

1 Allgemeines

1.1 Bautechnische Voraussetzungen für die Anwendung der Empfehlungen (EB 1)

Soweit in den einzelnen Empfehlungen nicht ausdrücklich andere Festlegungen getroffen werden, gelten sie unter folgenden bautechnischen Voraussetzungen:

1. Die Baugrubenwände sind auf ganzer Höhe verkleidet.
2. Die Bohlträger von Trägerbohlwänden sind so in den Boden eingebracht, dass ein dichter Anschluss an das Erdreich sichergestellt ist. Die Verkleidung bzw. Ausfachung kann aus Holz, Beton, Stahl, erhärteter Zement-Bentonit-Suspension oder verfestigtem Boden bestehen. Sie ist so eingebaut, dass ein möglichst gleichmäßiges Anliegen am Erdreich sichergestellt ist. Der Bodenaushub darf dem Einbohlen nicht in unzuträglichem Maße vorausseilen. Hierzu siehe DIN 4124.
3. Spundwände und Kanaldielen sind so in den Boden eingebracht, dass ein dichter Anschluss an das Erdreich sichergestellt ist. Eine Fußverstärkung der Bohlen ist zulässig.
4. Ortbetonwände sind als Schlitzwände oder als Bohrpfehlwände hergestellt. Ein unbeabsichtigter oder planmäßiger Abstand zwischen den Pfählen ist im Allgemeinen entsprechend Absatz 2 ausgefacht.
5. Steifen bzw. Anker sind im Grundriss rechtwinklig zur Baugrubenwand angeordnet. Sie sind so verkeilt oder vorgespannt, dass eine kraftschlüssige Verbindung mit der Baugrubenwand sichergestellt ist.
6. Ausgesteifte Baugruben sind auf beiden Seiten in gleicher Weise mit senkrechten Trägerbohlwänden, Spundwänden oder Ortbetonwänden verkleidet. Die Steifen sind waagrecht angeordnet. Das Gelände auf den beiden gegenüberliegenden Seiten einer ausgesteiften Baugrube weist etwa die gleiche Höhe, eine ähnliche Oberflächengestaltung und ähnliche Untergrundverhältnisse auf.

Treffen diese oder die in einzelnen Empfehlungen genannten Voraussetzungen nicht zu und liegen für solche Sonderfälle keine Empfehlungen vor, so schließt dies die Anwendung der übrigen Empfehlungen nicht aus. Es sind jedoch in diesen Fällen die sich aus den Abweichungen ergebenden Folgerungen zu untersuchen und zu berücksichtigen.

1.2 Maßgebende Vorschriften (EB 76)

1. Mit der bauaufsichtlichen Einführung von DIN EN 1997-1: Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln (EC 7-1) wird in Deutschland die Berechnung und Bemessung in der Geotechnik in Verbindung mit dem zugehörigen Nationalen Anhang

- DIN EN 1997-1/NA: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln und
- DIN 1054: Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1

geregelt. Diese drei aufeinander abgestimmten Normen sind textlich zusammengefasst im Handbuch Eurocode 7, Band 1.

Dabei ist der Nationale Anhang ein formales Bindeglied zwischen dem Eurocode EC 7-1 und dem nationalen Normenwerk. In diesem Nationalen Anhang wird angegeben, welches der zur Auswahl gestellten Nachweisverfahren und welche Teilsicherheitsbeiwerte im nationalen Bereich maßgebend sind. Nicht zulässig sind Anmerkungen, Erklärungen oder Ergänzungen zum Eurocode EC 7-1. Es darf aber angegeben werden, welche nationalen Regelwerke ergänzend anzuwenden sind. Die ergänzenden nationalen Regelungen dürfen dem Eurocode EC 7-1 nicht widersprechen. Darüber hinaus soll der Nationale Anhang keine Angaben wiederholen, die bereits im Eurocode EC 7-1 enthalten sind.

2. Darüber hinaus sind für Baugrubenkonstruktionen folgende Normen des Eurocode-Programms maßgebend:

DIN EN 1990 Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung

DIN EN 1991 Eurocode 1: Einwirkung auf Tragwerke

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

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

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

DIN EN 1998: Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben

3. Das Handbuch Eurocode 7, Band 1 regelt nur grundsätzliche Fragen der Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau. Es wird ergänzt durch die Berechnungsnormen, die, soweit erforderlich, auf das Teilsicherheitskonzept umgestellt worden sind. Für Baugrubenkonstruktionen sind insbesondere auch folgende Normen maßgebend:

DIN 4084: Geländebruchberechnungen
DIN 4085: Berechnung des Erddrucks
DIN 4126: Schlitzwände – Nachweis der Standsicherheit
DIN 4093: Bemessung von Abdichtungs- und Verfestigungskörpern

4. Die Normen für die Erkundung, Untersuchung und Beschreibung des Baugrundes sind von der Umstellung auf das Teilsicherheitskonzept nicht betroffen und somit weiterhin gültig in ihrer jeweils neuesten Fassung bzw. ersetzt durch Eurocode 7 sowie durch EN ISO Normen:

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

DIN EN 1997-2/NA: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 7 Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds

DIN 4020: Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2

DIN 4023: Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen Aufschlüssen

DIN EN ISO 22475-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen – Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung, ersetzt DIN 4021 und DIN 4022

DIN EN ISO 14688-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung, ersetzt DIN 4022-1

DIN EN ISO 14688-2: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen, ersetzt DIN 4022-1

DIN EN ISO 14689-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels – Teil 1: Benennung und Beschreibung, ersetzt DIN 4022-1

DIN EN ISO 22476-2: Rammsondierungen

DIN EN ISO 22476-3: Standard Penetration Test

DIN 4094-2: Baugrund – Felduntersuchungen – Teil 2: Bohrlochrammsondierung

DIN 18121 bis DIN 18137: Untersuchung von Bodenproben

DIN 18196: Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke

DIN 1055-2: Bodenkenngrößen

5. Das Handbuch Eurocode 7, Band 1 ersetzt nur den Berechnungsteil der bisherigen Normen DIN 4014 „Bohrpfähle“, DIN 4026 „Ramppfähle“, DIN 4125 „Verpressanker, Kurzzeitanker und Daueranker“ und DIN 4128 „Verpresspfähle (Ortbeton- und Verbundpfähle) mit kleinem Durchmesser“. An die Stelle des Ausführungsteils dieser Normen treten die neuen europäischen Normen der Reihe „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten“:

DIN EN 1536: Bohrfähle
DIN EN 1537: Verpressanker
DIN EN 1538: Schlitzwände
DIN EN 12063: Spundwandkonstruktionen
DIN EN 12699: Verdrängungspfähle
DIN EN 12715: Injektionen
DIN EN 12716: Düsenstrahlverfahren
DIN EN 12794: Betonfertigteile – Gründungspfähle
DIN EN 14199: Mikropfähle

6. Nicht betroffen von der Umstellung auf europäische Normen und somit weiterhin für Baugrubenkonstruktionen maßgebend sind die Ausführungsnormen:

DIN 4095: Dränung zum Schutz baulicher Anlagen
DIN 4123: Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude
DIN 4124: Baugruben und Gräben

1.3 Sicherheitskonzept (EB 77)

1. Abweichend vom ursprünglichen probabilistischen Sicherheitskonzept beruht das Sicherheitskonzept, dem sowohl die neue europäische Normengeneration als auch die neue nationale Normengeneration zugrundeliegt, nicht mehr auf Untersuchungen anhand der Wahrscheinlichkeitstheorie, z. B. dem Beta-Verfahren, sondern auf einer pragmatischen Aufspaltung der bisher gebräuchlichen Globalsicherheiten in Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen bzw. Beanspruchungen und Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände.
2. Grundlage für Standsicherheitsberechnungen sind die charakteristischen bzw. repräsentativen Werte für Einwirkungen und Widerstände. Der charakteristische Wert ist ein Wert, von dem angenommen wird, dass er mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit im Bezugszeitraum unter Berücksichtigung der Nutzungsdauer des Bauwerkes oder der entsprechenden Bemessungssituation nicht über- oder unterschritten wird, gekennzeichnet durch den Index „k“. In der Regel werden charakteristische Werte aufgrund von Versuchen, Messungen, Rechnungen oder Erfahrungen festgelegt.

Veränderliche Einwirkungen können auch als repräsentative Werte angegeben werden, die berücksichtigen, dass nicht alle veränderlichen ungünstigen Einwirkungen gleichzeitig mit ihrem Maximalwert auftreten.

3. Wenn die Tragfähigkeit in einem bestimmten Querschnitt der Baugrubenwand oder in einer Berührungsfläche zwischen der Baugrubenwand und dem Baugrund nachgewiesen werden muss, dann werden die Beanspruchungen in diesen Schnitten benötigt:

- als Schnittgrößen, z. B. Normalkraft, Querkraft, Biegemoment,
- als Spannungen, z. B. Druck-, Zug-, Biegespannung, Schub- oder Vergleichsspannung.

Darüber hinaus können weitere Auswirkungen von Einwirkungen auftreten:

- als Schwingungsbeanspruchungen oder Erschütterungen,
- als Veränderungen am Bauteil, z. B. Dehnung, Verformung oder Rissbreite,
- als Lageveränderungen der Baugrubenwand, z. B. Verschiebung, Setzung, Verdrehung.

4. Beim Baugrund wird zwischen zwei Arten von Widerständen unterschieden:

a) Als Basiskenngröße des Widerstandes ist die charakteristische Scherfestigkeit des Bodens maßgebend. Bei konsolidierten bzw. im Versuch dränierten Böden sind dies die Scherparameter φ'_k und c'_k , bei nicht konsolidierten bzw. im Versuch undrinierten Böden die Scherparameter $\varphi_{u,k}$ und $c_{u,k}$. Diese Größen werden als vorsichtige Schätzwerte des Mittelwertes definiert, weil nicht die Scherfestigkeit in einem Punkt der Gleitfläche maßgebend ist, sondern die durchschnittliche Scherfestigkeit in der Gleitfläche.

b) Aus der Scherfestigkeit leiten sich die Widerstände des Bodens ab, und zwar unmittelbar

- der Gleitwiderstand,
- der Grundbruchwiderstand,
- der Erdwiderstand,

und mittelbar über Probelastungen oder über Erfahrungswerte

- der Fußwiderstand von Bohlträgern, Spundwänden und Ortbetonwänden,
- der Mantelwiderstand von Bohlträgern, Spundwänden, Ortbetonwänden sowie von Verpressankern, Boden- und Felsnägeln.

Der Begriff „Widerstand“ wird nur für den Bruchzustand des Bodens benutzt. Solange durch die Beanspruchung des Bodens der Bruchzustand des Bodens nicht erreicht wird, wird der Begriff „Bodenreaktion“ verwendet.

5. Bei der Bemessung von Einzelteilen sind der Querschnitt und der innere Widerstand des Materials maßgebend. Dafür sind wie bisher die einzelnen Bauartnormen zuständig.
6. Die charakteristischen Werte der Beanspruchungen werden mit Teilsicherheitsbeiwerten multipliziert, die charakteristischen Werte der Widerstände durch Teilsicherheitsbeiwerte dividiert. Gegebenenfalls sind repräsentative Werte unter Berücksichtigung von Kombinationsbeiwerten zu berücksichtigen. Die so erhaltenen Größen werden als Bemessungswerte der Beanspruchungen bzw. der Widerstände bezeichnet und durch den Index „d“ gekennzeichnet. Beim Nachweis der Standsicherheit werden nach EB 78 (Abschnitt 1.4) fünf Grenzzustände unterschieden.
7. Im Hinblick auf die Nachweise der Sicherheit im Grenzzustand GEO-2 und STR nach EB 78, Absatz 4 (Abschnitt 1.4) bietet der Eurocode EC 7-1 drei Möglichkeiten an. Die DIN 1054 stützt sich auf das Nachweisverfahren 2 in der Form, dass die Teilsicherheitsbeiwerte auf die Beanspruchungen und auf die Widerstände angewendet werden. Zur Unterscheidung zu der ebenfalls zugelassenen Variante, bei der die Teilsicherheitsbeiwerte nicht auf die Beanspruchungen, sondern auf die Einwirkungen angewendet werden, wird dieses Verfahren im Kommentar zum Eurocode EC 7-1 [134] als Nachweisverfahren 2* bezeichnet.
8. Neben den Einwirkungen sind für die Nachweise die Bemessungssituationen zu berücksichtigen. Dazu sind die bekannten Lastfälle LF 1, LF 2 und LF 3 für die Nachweise nach DIN 1054:2005-01 für die Nachweise nach Handbuch Eurocode 7, Teil 1 bzw. DIN EN 1990 durch die Bemessungssituationen
 BS-P (Persistent situation),
 BS-T (Transient situation) und
 BS-A (Accidental situation)
 ersetzt worden. Der frühere Lastfall LF 2/3 entspricht der Bemessungssituation BS-T/A. Zusätzlich gibt es die Bemessungssituation infolge Erdbeben BS-E. Weitergehende Hinweise finden sich im Handbuch Eurocode 7, Teil 1.

1.4 Grenzzustände (EB 78)

1. Der Begriff „Grenzzustand“ wird in zwei verschiedenen Bedeutungen verwendet:
 - a) Als „Grenzzustand des plastischen Fließens“ wird in der Bodenmechanik der Zustand im Boden bezeichnet, in dem in einer ganzen Bodenmasse oder zumindest im Bereich einer Bruchfuge die Verschiebungen

der einzelnen Bodenteilchen gegeneinander so groß sind, dass die mögliche Scherfestigkeit ihren Größtwert erreicht, der auch bei einer weiteren Bewegung nicht mehr größer, gegebenenfalls aber kleiner werden kann. Der Grenzzustand des plastischen Fließens kennzeichnet den aktiven Erddruck, den Erdwiderstand, den Grundbruch sowie den Böschungs- und den Geländebruch.

- b) Ein Grenzzustand im Sinne des neuen Sicherheitskonzeptes ist ein Zustand des Tragwerkes, bei dessen Überschreitung die der Tragwerksplanung zugrunde gelegten Anforderungen nicht mehr erfüllt sind.
2. In Verbindung mit dem Teilsicherheitskonzept werden folgende Grenzzustände unterschieden:
- a) Der Grenzzustand der Tragfähigkeit ist ein Zustand des Tragwerkes, dessen Überschreitung unmittelbar zu einem rechnerischen Einsturz oder anderen Formen des Versagens führt. Er wird im Handbuch Eurocode 7, Band 1 als ULS (Ultimate Limit State) bezeichnet. Beim Grenzzustand ULS werden fünf Fälle unterschieden, siehe Absätze 3, 4 und 5.
 - b) Der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist ein Zustand des Tragwerkes, bei dessen Überschreitung die für die Nutzung festgelegten Bedingungen nicht mehr erfüllt sind. Er wird im Handbuch Eurocode 7, Band 1 als SLS (Serviceability Limit State) bezeichnet.
3. Eurocode 7-1 definiert folgende Grenzzustände:
- a) EQU: Gleichgewichtsverlust des als starrer Körper angesehenen Tragwerkes ohne Mitwirkung von Bodenwiderständen. Die Bezeichnung ist abgeleitet von „equilibrium“.
 - b) STR: Inneres Versagen oder sehr große Verformung des Tragwerkes oder seiner Bauteile, wobei die Festigkeit der Baustoffe für den Widerstand entscheidend ist. Die Bezeichnung ist abgeleitet von „structure“.
 - c) GEO: Versagen oder sehr große Verformung des Baugrundes, wobei die Festigkeit des Bodens oder des Felses für den Widerstand entscheidend ist. Die Bezeichnung ist abgeleitet von „geotechnics“.
 - d) UPL: Gleichgewichtsverlust des Bauwerkes oder Baugrundes infolge von Auftrieb oder Wasserdruck. Die Bezeichnung ist abgeleitet von „uplift“.
 - e) HYD: Hydraulischer Grundbruch, innere Erosion oder Piping im Boden, verursacht durch Strömungsgradienten. Die Bezeichnung ist abgeleitet von „hydraulic“.
4. Für die Übertragung auf die Vorgaben der DIN 1054 muss der Grenzzustand GEO aufgeteilt werden in GEO-2 und GEO-3:

- a) GEO-2: Versagen oder sehr große Verformung des Baugrundes im Zusammenhang mit der Ermittlung der Schnittgrößen und der Abmessungen, d. h. bei der Inanspruchnahme der Scherfestigkeit beim Erdwiderstand, beim Gleitwiderstand, beim Grundbruchwiderstand und beim Nachweis der Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge.
 - b) GEO-3: Versagen oder sehr große Verformung des Baugrundes im Zusammenhang mit dem Nachweis der Gesamtstandfestigkeit, d. h. bei der Inanspruchnahme der Scherfestigkeit beim Nachweis der Sicherheit gegen Böschungsbruch und Geländebruch sowie, in der Regel, beim Nachweis der Standsicherheit von konstruktiven Böschungssicherungen.
5. Die bisherigen Grenzzustände werden wie folgt ersetzt:
- a) Dem bisherigen Grenzzustand GZ 1A entsprechen ohne Einschränkung die Grenzzustände EQU, UPL und HYD.
 - b) Dem bisherigen Grenzzustand GZ 1B entspricht ohne Einschränkung der Grenzzustand STR. Hinzu kommt der Grenzzustand GEO-2 im Zusammenhang mit der äußeren Bemessung, d. h. bei Inanspruchnahme der Scherfestigkeit beim Erdwiderstand, beim Gleitwiderstand, beim Grundbruchwiderstand und beim Nachweis der Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge.
 - c) Dem bisherigen Grenzzustand GZ 1C entspricht der Grenzzustand GEO-3 im Zusammenhang mit dem Nachweis der Gesamtstandsicherheit, d. h. bei Inanspruchnahme der Scherfestigkeit beim Nachweis der Sicherheit gegen Böschungsbruch und Geländebruch.

Der Nachweis der Standsicherheit von konstruktiven Böschungssicherungen ist in jedem Fall dem Grenzzustand GEO zugeordnet. Je nach konstruktiver Ausbildung und Funktion können sie

- entweder im Sinne des bisherigen Grenzzustandes GZ 1B nach den Regeln des Grenzzustandes GEO-2
- oder im Sinne des bisherigen Grenzzustandes GZ 1C nach den Regeln des Grenzzustandes GEO-3 behandelt werden.

6. Die Grenzzustände EQU, UPL und HYD beschreiben den Verlust der Lagesicherheit:

- Nachweis der Sicherheit gegen Kippen EQU,
- Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen UPL,
- Nachweis der Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch HYD.

Bei diesen Grenzzuständen gibt es nur Einwirkungen, keine Widerstände. Maßgebend ist die Grenzzustandsbedingung

$$F_d = F_k \cdot \gamma_{dst} \leq G_k \cdot \gamma_{stb} = G_d$$

d. h. die destabilisierende Einwirkung F_k , multipliziert mit dem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{dst} \geq 1$, darf höchstens so groß werden wie die stabilisierende Einwirkung G_k , multipliziert mit dem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{stb} < 1$.

7. Die Grenzzustände STR und GEO-2 beschreiben das Versagen von Bauwerken und Bauteilen bzw. das Versagen des Baugrundes. Dazu gehören:
- der Nachweis der Tragfähigkeit von Bauwerken und Bauteilen, die durch den Baugrund belastet bzw. durch den Baugrund gestützt werden,
 - der Nachweis, dass die Tragfähigkeit des Baugrundes, z. B. in Form von Erdwiderstand, Grundbruchwiderstand oder Gleitwiderstand, nicht überschritten wird.

Dabei wird der Nachweis, dass die Tragfähigkeit des Baugrundes nicht überschritten wird, genauso geführt wie bei jedem anderen Baumaterial. Maßgebend ist immer die Grenzzustandsbedingung

$$E_d = E_k \cdot \gamma_F \leq R_k / \gamma_R = R_d$$

d. h. die charakteristische Schnittgröße E_k , multipliziert mit dem Teilsicherheitsbeiwert γ_F für Einwirkungen bzw. γ_E für Beanspruchungen, darf höchstens so groß werden wie der charakteristische Widerstand R_k , dividiert durch den Teilsicherheitsbeiwert γ_R .

8. Der Grenzzustand GEO-3 ist eine Besonderheit des Erd- und Grundbaus. Er beschreibt den Verlust der Gesamtstandsicherheit. Dazu gehören:
- der Nachweis der Sicherheit gegen Böschungsbruch,
 - der Nachweis der Sicherheit gegen Geländebruch.

Maßgebend ist immer die Grenzzustandsbedingung

$$E_d \leq R_d$$

d. h. der Bemessungswert E_d der Beanspruchungen darf höchstens so groß werden wie der Bemessungswert R_d des Widerstandes. Hierbei werden die geotechnischen Einwirkungen und Widerstände mit den Bemessungswerten

$$\tan \phi'_d = \tan \phi'_k / \gamma_{\phi'} \quad \text{und} \quad c'_d = c'_k / \gamma_{c'} \quad \text{bzw.} \\ \tan \phi_{u,d} = \tan \phi_{u,k} / \gamma_{\phi'} \quad \text{und} \quad c_{u,d} = c'_{u,k} / \gamma_{cu}$$

der Scherfestigkeiten ermittelt, d. h. der Tangens des Winkels der inneren Reibung ϕ und die Kohäsion c werden mit den Teilsicherheitsbeiwerten $\gamma_{\phi'}$ und $\gamma_{c'}$ abgemindert.

9. Der Grenzzustand SLS beschreibt den Zustand des Bauwerkes, bei dem die für die Nutzung festgelegten Bedingungen nicht mehr erfüllt sind, ohne dass seine Tragfähigkeit verloren geht. Er liegt dem Nachweis zugrunde,

dass die zu erwartenden Verschiebungen und Verformungen mit dem Zweck des Bauwerkes vereinbar sind. Bei Baugruben schließt der Grenz-zustand SLS auch die Gebrauchstauglichkeit benachbarter Bauwerke und baulicher Anlagen mit ein.

1.5 Stützung von Baugrubenwänden (EB 67)

1. Als nicht gestützt werden Baugrubenwände bezeichnet, die weder ausgesteift noch verankert sind und deren Standsicherheit nur auf ihrer Einspannung im Boden beruht.
2. Als nachgiebig gestützt werden Baugrubenwände bezeichnet, wenn die Auflagerpunkte der Wand stark nachgeben können, z. B. bei stark geneigter Abstützung zur Baugrubensohle hin und bei nicht oder nur gering vorgespannten Ankern.
3. Als wenig nachgiebig gestützt werden Baugrubenwände in folgenden Fällen bezeichnet:
 - a) Die Steifen werden zumindest kraftschlüssig verkeilt.
 - b) Verpressanker werden auf mindestens 80 % der für den nächsten Bauzustand errechneten charakteristischen Beanspruchung vorgespannt und festgelegt, siehe Kapitel 7.
 - c) Es wird eine kraftschlüssige Verbindung mit Pfählen hergestellt, die nachweislich unter Belastung nur eine geringe Kopfbewegung erleiden.
4. Als annähernd unnachgiebig gestützt werden Baugrubenwände bezeichnet, wenn der Bemessung entsprechend EB 22, Absatz 1 (Abschnitt 9.5) ein erhöhter aktiver Erddruck zugrunde gelegt wird und die Steifen bzw. Anker entsprechend EB 22, Absatz 10 vorgespannt und festgelegt werden.
5. Als unnachgiebig gestützt werden Baugrubenwände nur dann bezeichnet, wenn sie nach EB 23 (Abschnitt 9.6) für einen abgeminderten oder für den vollen Erdruchdruck bemessen und die Stützungen entsprechend vorgespannt werden. Bei verankerten Baugrubenwänden müssen die Anker darüber hinaus in einer unnachgiebigen Felsschicht verankert oder wesentlich länger sein als rechnerisch erforderlich.

Wenn die Anforderungen nach Absatz 4 oder Absatz 5 erfüllt werden und darüber hinaus

- eine biegesteife Baugrubenwand angeordnet wird und
- unzuträgliche Fußverschiebungen verhindert werden,

dann darf eine Baugrubenkonstruktion als verschiebungs- und verformungsarm angesehen werden.