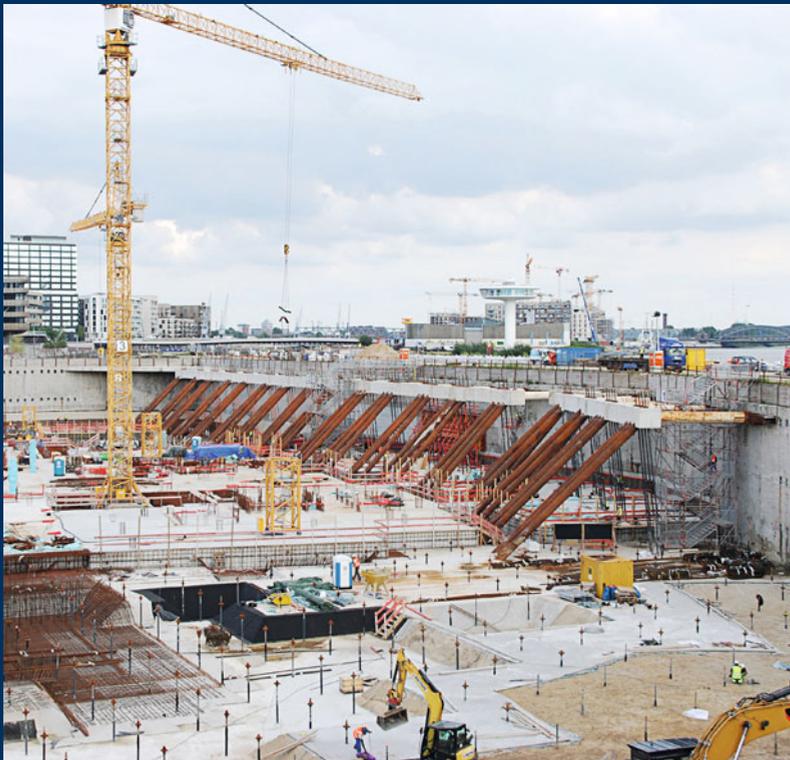


Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ EAB

6. Auflage



*Herausgegeben von der
Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V.*

**Empfehlungen des Arbeitskreises
„Baugruben“ (EAB)**

6. Auflage

*Herausgegeben von der
Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V.*

Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB)

6. Auflage

 **Ernst & Sohn**
A Wiley Brand

DGGT 
Deutsche Gesellschaft
für Geotechnik e. V.
German Geotechnical Society

Arbeitskreis AK 2.4 „Baugruben“ der
Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V.
Obmann:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Achim Hettler

Titelbild

Baugrube für das Quartier Westfield
Hamburg-Überseequartier

Planung

WTM Engineers GmbH

Ausführung

ARGE EGGERS Umwelttechnik GmbH,
EGGERS Tiefbau GmbH,
Implenia Spezialtiefbau GmbH und Stump
Spezialtiefbau GmbH,
2019 (Foto: WTM Engineers GmbH)

6. Auflage 2021

■ Alle Bücher von Ernst & Sohn werden sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag in keinem Fall, einschließlich des vorliegenden Werkes, für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler irgendeine Haftung.

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.

© 2021 Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für
Architektur und technische Wissenschaften
GmbH & Co. KG, Rotherstraße 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 Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. 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 nicht eigens als solche markiert sind.

Print ISBN 978-3-433-03332-6

ePDF ISBN 978-3-433-61064-0

ePub ISBN 978-3-433-61065-7

oBook ISBN 978-3-433-61063-3

Umschlaggestaltung Design pur GmbH, Berlin

Herstellung pp030 – Produktionsbüro

Heike Praetor, Berlin

Satz le-tex publishing services GmbH, Leipzig

Gedruckt auf säurefreiem Papier.

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

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
 Dr.-Ing. P. Becker, Hamburg
 Prof. Dr.-Ing. K.-M. Borchert, Berlin
 Dipl.-Ing. Th. Brand, Berlin
 Dipl.-Ing. M. Braun, Mannheim
 Dipl.-Ing. F. Friese, Berlin
 Dipl.-Ing. W. Hackenbroch, Duisburg
 Dipl.-Ing. R. Haussmann, Schrobenhausen
 Dipl.-Ing. I. Hecht, Berlin
 Dr.-Ing. M. Herten, Karlsruhe
 Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. R. Hofmann, Innsbruck
 Dipl.-Ing. H.-U. Kalle, Hagen
 Univ.-Prof. (em.) Dr.-Ing. H. G. Kempfert, Hamburg
 Dr.-Ing. St. Kinzler, Hamburg (stv. Obmann)
 Prof. Dr.-Ing. F. Könemann, Dortmund
 Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ch. Moormann, Stuttgart
 Univ.-Prof. Dr.-Ing. E. Perau

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. P. Gollub, Essen
 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
Dipl.-Ing. Ch. Sängler, Stuttgart
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
Dipl.-Ing. W. Vogel, München
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 Ort betonwänden 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. Die Änderungen in der 2012 veröffentlichten 5. Auflage waren verhältnismäßig gering. Die meisten der seit Jahren bewährten Regelungen konnten erhalten bleiben, weil sich die Sicherheitsphilosophie gegenüber der 4. Auflage vom Grundsatz her nicht geändert hatte. Wesentlich überarbeitet wurde dagegen Kap. 10 „Baugruben im Wasser“ mit Ergänzungen zu den Themen Risiken aus Erosionsvorgängen, Anisotropie in der Durchlässigkeit und hydraulischem Grundbruch. Aufgrund der fortgeschrittenen Entwicklung in der Messtechnik und den gestiegenen Anforderungen wurde Kap. 14 „Messtechnische Überprüfung und Überwachung von Baugrubenkonstruktionen“ völlig neu formuliert.

Für die vorliegende 6. Auflage wurden alle Empfehlungen gründlich überprüft, soweit erforderlich überarbeitet und an neue Erkenntnisse angepasst. Wesentlich

geändert wurden die Erfahrungswerte für Mantelreibung und Spitzendruck von Spundwänden und Trägerbohlwänden. Das Kap. 12 „Baugruben in weichen Böden“ konnte erheblich gestrafft werden, weil seit der Veröffentlichung erster Empfehlungen im Jahre 2002 viele Erläuterungen inzwischen als bekannt vorausgesetzt werden können. Einem dringenden Bedürfnis der Praxis folgend wurde ein neues Kapitel „Unterfangungen“ erarbeitet, das als Entwurf im Jahresbericht 2019 in der „Bautechnik“ erstmals vorgestellt und nach mehreren Zuschriften in überarbeiteter Form in die 6. Auflage aufgenommen wurde.

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.

Achim 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 durch langjährige praktische Anwendung 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 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) 3
 - 1.4 Grenzzustände (EB 78) 5
 - 1.5 Stützung von Baugrubenwänden (EB 67) 8
 - 1.6 Planung und Prüfung von Baugruben (EB 106) 9

- 2 Grundlagen für die Berechnung** 11
 - 2.1 Einwirkungen (EB 24) 11
 - 2.2 Bodenkenngrößen (EB 2) 13
 - 2.3 Erddruckneigungswinkel (EB 89) 15
 - 2.4 Teilsicherheitsbeiwerte (EB 79) 17
 - 2.5 Allgemeine Festlegungen für den Ansatz von Nutzlasten (EB 3) 18
 - 2.6 Nutzlasten aus Straßen- und Schienenverkehr (EB 55) 20
 - 2.7 Nutzlasten aus Baustellenverkehr und Baubetrieb (EB 56) 22
 - 2.8 Nutzlasten aus Baggern und Hebezeugen (EB 57) 24

- 3 Größe und Verteilung des Erddrucks** 27
 - 3.1 Abhängigkeit der Erddrucklast von der gewählten Bauweise (EB 8) 27
 - 3.2 Größe des aktiven Erddrucks bei unbelasteter Geländeoberfläche (EB 4) 28
 - 3.3 Verteilung des aktiven Erddrucks bei unbelasteter Geländeoberfläche (EB 5) 31
 - 3.4 Größe des aktiven Erddrucks aus Nutzlasten (EB 6) 35
 - 3.5 Verteilung des aktiven Erddrucks aus Nutzlasten (EB 7) 37

- 3.6 Überlagerung von Erddruckanteilen bei belasteter Geländeoberfläche (EB 71) 39
- 3.7 Ermittlung des Erdruhedrucks (EB 18) 42
- 3.8 Erddruckansatz in Rückbauzuständen (EB 68) 44

- 4 Allgemeine Festlegungen für die Berechnung 47**
- 4.1 Nachweis der Standsicherheit (EB 81) 47
- 4.2 Allgemeines zu den Berechnungsverfahren (EB 11) 49
- 4.3 Ermittlung und Nachweis der Einbindetiefe (EB 80) 53
- 4.4 Ermittlung der Schnittgrößen (EB 82) 56
- 4.5 Anwendung des Bettungsmodulverfahrens (EB 102) 58
- 4.6 Anwendung der Finite-Elemente-Methode (EB 103) 64
- 4.7 Nachweis der Vertikalkomponente des mobilisierten Erdwiderstands (EB 9) 69
- 4.8 Nachweis der Abtragung von Vertikalkräften in den Untergrund (EB 84) 71
- 4.9 Standsicherheitsnachweise für ausgesteifte Baugruben in Sonderfällen (EB 10) 73
- 4.10 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (EB 83) 75
- 4.11 Zulässige Vereinfachungen im Grenzzustand GEO-2 bzw. STR (EB 104) 79

- 5 Berechnungsansätze für Trägerbohlwände 81**
- 5.1 Lastbildermittlung für Trägerbohlwände (EB 12) 81
- 5.2 Lastfiguren für gestützte Trägerbohlwände (EB 69) 83
- 5.3 Bodenreaktionen und Erdwiderstand bei im Boden frei aufgelagerten Trägerbohlwänden (EB 14) 85
- 5.4 Fuß einspannung bei Trägerbohlwänden (EB 25) 87
- 5.5 Gleichgewicht der Horizontalkräfte bei Trägerbohlwänden (EB 15) 90

- 6 Berechnungsansätze für Spundwände und Ort betonwände 95**
- 6.1 Lastbildermittlung für Spundwände und Ort betonwände (EB 16) 95
- 6.2 Lastfiguren für gestützte Spundwände und Ort betonwände (EB 70) 97
- 6.3 Bodenreaktionen und Erdwiderstand bei im Boden frei aufgelagerten Spundwänden und Ort betonwänden (EB 19) 99
- 6.4 Fuß einspannung bei Spundwänden und Ort betonwänden (EB 26) 101

- 7 Verankerte Baugrubenwände 107**
- 7.1 Verankerungen (EB 107) 107
- 7.2 Größe und Verteilung des Erddrucks bei verankerten Baugrubenwänden (EB 42) 107
- 7.3 Nachweis der Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge (EB 44) 109
- 7.4 Nachweis der Geländebruchsicherheit (EB 45) 115
- 7.5 Maßnahmen gegen mögliche Bewegungen von verankerten Baugrubenwänden (EB 46) 118

- 8 Baugruben mit besonderem Grundriss 121**
 - 8.1 Baugruben mit kreisförmigem Grundriss (EB 73) 121
 - 8.2 Baugruben mit ovalem Grundriss (EB 74) 126
 - 8.3 Baugruben mit rechteckigem Grundriss (EB 75) 132

- 9 Baugruben neben Bauwerken 139**
 - 9.1 Bautechnische Voraussetzungen und Maßnahmen (EB 20) 139
 - 9.2 Berechnung der Baugrubenwand mit aktivem Erddruck bei Baugruben neben Bauwerken (EB 21) 141
 - 9.3 Ansatz des aktiven Erddrucks bei großem Abstand der Baugrubenwand zum Bauwerk (EB 28) 143
 - 9.4 Ansatz des aktiven Erddrucks bei kleinem Abstand der Baugrubenwand zum Bauwerk (EB 29) 145
 - 9.5 Berechnung der Baugrubenwand mit erhöhtem aktivem Erddruck (EB 22) 147
 - 9.6 Berechnung der Baugrubenwand mit Erdruhedruck (EB 23) 151
 - 9.7 Gegenseitige Beeinflussung gegeneinander ausgesteifter Baugrubenwände bei Baugruben neben Bauwerken (EB 30) 155

- 10 Baugruben im Wasser 159**
 - 10.1 Allgemeines zu Baugruben im Wasser (EB 58) 159
 - 10.2 Strömungskräfte (EB 59) 161
 - 10.3 Baugruben mit abgesenktem Grundwasser (EB 60) 162
 - 10.4 Nachweis der Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch (EB 61) 164
 - 10.5 Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen (EB 62) 168
 - 10.6 Standsicherheitsnachweis für Baugrubenwände im Wasser (EB 63) 175
 - 10.7 Konstruktion und Bauausführung bei Baugruben im Wasser (EB 64) 179
 - 10.8 Wasserhaltung (EB 65) 182
 - 10.9 Überwachungsmaßnahmen bei Baugruben im Wasser (EB 66) 184

- 11 Baugruben in nicht standfestem Gebirge 185**
 - 11.1 Allgemeine Festlegungen für Baugruben in nicht standfestem Gebirge (EB 38) 185
 - 11.2 Größe des Gebirgsdrucks (EB 39) 188
 - 11.3 Verteilung des Gebirgsdrucks (EB 40) 191
 - 11.4 Belastbarkeit des Gebirges durch Auflagerkräfte am Wandfuß (EB 41) 191

- 12 Baugruben in weichen Böden 193**
 - 12.1 Anwendungsbereich der Empfehlungen EB 91 bis EB 101 (EB 90) 193
 - 12.2 Baugrunduntersuchungen bei weichen Böden (EB 94) 194
 - 12.3 Böschungen in weichen Böden (EB 91) 194
 - 12.4 Verbaukonstruktionen in weichen Böden (EB 92) 195
 - 12.5 Bauvorgang bei weichen Böden (EB 93) 196

- 12.6 Erddruck auf Baugrubenwände in weichen Böden (EB 95) 199
- 12.7 Bodenreaktionen bei Baugrubenwänden in weichen Böden (EB 96) 201
- 12.8 Berücksichtigung des Wasserdrucks bei weichen Böden (EB 97) 205
- 12.9 Berücksichtigung der Bauzustände bei Baugruben in weichen Böden (EB 98) 206
- 12.10 Weitere Standsicherheitsnachweise bei Baugruben in weichen Böden (EB 99) 206
- 12.11 Wasserabsenkungen bei Baugruben in weichen Böden (EB 100) 209
- 12.12 Gebrauchstauglichkeit von Baugrubenkonstruktionen in weichen Böden (EB 101) 210

- 13 Unterfangungen 213**
- 13.1 Bautechnische Voraussetzungen und Maßnahmen bei Unterfangungen (EB 108) 213
- 13.2 Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit von Unterfangungen (EB 109) 214
- 13.3 Erddruck bei Unterfangungen (EB 110) 217
- 13.4 Hinweise zur Bauausführung bei Unterfangungen (EB 111) 218

- 14 Nachweis der Tragfähigkeit der Einzelteile 221**
- 14.1 Materialkenngrößen und Teilsicherheitsbeiwerte für Bauteilwiderstände (EB 88) 221
- 14.2 Tragfähigkeit der Ausfachung von Trägerbohlwänden (EB 47) 222
- 14.3 Tragfähigkeit von Bohlträgern (EB 48) 225
- 14.4 Tragfähigkeit von Spundbohlen (EB 49) 228
- 14.5 Tragfähigkeit von Ortbetonwänden (EB 50) 230
- 14.6 Tragfähigkeit von Gurten (EB 51) 231
- 14.7 Tragfähigkeit von Steifen (EB 52) 233
- 14.8 Tragfähigkeit des Grabenverbaus (EB 53) 235
- 14.9 Tragfähigkeit von Hilfsbrücken und Baugrubenabdeckungen (EB 54) 236
- 14.10 Äußere Tragfähigkeit von Bohlträgern, Spundwänden und Ortbetonwänden (EB 85) 238
- 14.11 Tragfähigkeit von Zugpfählen und Verpressankern (EB 86) 239
- 14.12 Nachweis der Kraftübertragung von der Verankerung auf das Erdreich (EB 43) 241
- 14.13 Bemessung von Bodenverfestigungen für Unterfangungskörper (EB 112) 242

- 15 Messtechnische Überprüfung und Überwachung von Baugrubenkonstruktionen 245**
- 15.1 Erfordernis und Zweck von Messungen und Überprüfungen (EB 31) 245
- 15.2 Messgrößen und Messverfahren (EB 32) 246
- 15.3 Planung von Messungen (EB 33) 248
- 15.4 Anordnung der Messstellen (EB 34) 250

15.5	Durchführung der Messungen und Weitergabe der Mess- ergebnisse (EB 35)	251
15.6	Auswertung und Dokumentation der Messergebnisse (EB 36)	252
Anhang 255		
A 1	Lagerungsdichte nichtbindiger Böden	255
A 2	Konsistenz bindiger Böden	256
A 3	Bodenkenngrößen nichtbindiger Böden	258
A 4	Bodenkenngrößen bindiger Böden	260
A 5	Geotechnische Kategorien für Baugruben	262
A 6	Teilsicherheitsbeiwerte für geotechnische Größen	263
A 7	Materialkennwerte und Teilsicherheitsbeiwerte für Bauteile aus Beton und Stahlbeton	265
A 8	Materialkennwerte und Teilsicherheitsbeiwerte für Bauteile aus Stahl	267
A 9	Materialkennwerte und Teilsicherheitsbeiwerte für Bauteile aus Holz	268
A 10	Erfahrungswerte für Mantelreibung und Spitzendruck von Spundwänden und Bohlträgern	269
A 11	Verankerungen	271
A 12	Scherfestigkeit weicher Böden	272
Literatur 277		
Kurzzeichen und Benennungen 289		
	Geometrische Größen	289
	Baugrund- und Bodenparameter	289
	Erddruck	290
	Sonstige Lasten, Kräfte und Schnittgrößen	290
	Nachweise nach dem Teilsicherheitskonzept	291
	Verschiedenes	291
Empfehlungen nach Nummern geordnet 293		

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.
7. Bei Baugruben unmittelbar neben bestehenden Bauwerken, deren Gründungssohlen über der Baugrubensohle angeordnet sind, sind Unterfangungen oder

Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“, 6. Auflage. DGGT e. V. (Hrsg.)

Die Empfehlungen sind ein zusammenhängendes Werk. Eine kapitelweise Anwendung kann zu falschen Schlussfolgerungen führen.

©2021 Ernst & Sohn GmbH & Co. KG. Published 2021 by Ernst & Sohn GmbH & Co. KG

verformungsarme Baugrubenwände vorzusehen. Unterfangungen sind damit ebenfalls ein Element der Baugrubenkonstruktion, siehe Kap. 13.

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. Die DIN EN 1997-1: Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln (EC 7-1) regelt in Deutschland die Berechnung und Bemessung in der Geotechnik in Verbindung mit:

- 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.

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

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. 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. Für die Erkundung, Untersuchung und Beschreibung des Baugrunds sind folgende Normen maßgebend:

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

Diese drei aufeinander abgestimmten Normen sind textlich zusammengefasst im Handbuch Eurocode 7, Band 2.

DIN 18196: Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke

DIN 1055-2: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Bodenkenngrößen

5. Für die Ausführung sind folgende Normen zu berücksichtigen:

DIN EN 1536: Bohrpfähle und DIN SPEC 18140: Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 1536

DIN EN 1537: Verpressanker und DIN SPEC 18537: Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 1537

DIN EN 1538: Schlitzwände

DIN EN 12063: Spundwandkonstruktionen

DIN EN 12699: Verdrängungspfähle und DIN SPEC 18538: Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 12699

DIN EN 12715: Injektionen

DIN EN 12716: Düsenstrahlverfahren

DIN EN 12794: Betonfertigteile – Gründungspfähle

DIN EN 14199: Mikropfähle und DIN SPEC 18539: Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 14199

6. Außer den vorgenannten europäischen Normen sind für Baugrubenkonstruktionen auch folgende Ausführungsnormen zu beachten:

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. 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 Re-

gel 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.

2. 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.

3. Beim Baugrund wird zwischen zwei Arten von Widerständen unterschieden:
 - a) Als Basiskenngröße des Widerstands 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 undränierten 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.

4. Bei der Bemessung von Einzelteilen sind der Querschnitt und der innere Widerstand des Materials maßgebend. Dafür sind die einzelnen Bauartnormen zuständig.

5. 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 (Abschn. 1.4) fünf Grenzzustände unterschieden.
6. Im Hinblick auf die Nachweise der Sicherheit im Grenzzustand GEO-2 und STR 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.
7. Neben den Einwirkungen sind für die Nachweise die folgenden Bemessungssituationen zu berücksichtigen:

BS-P (Persistent situation),
 BS-T (Transient situation) und
 BS-A (Accidental situation)

Zwischengeschaltet ist die 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 ist ein Zustand des Tragwerks, bei dessen Überschreitung die der Tragwerksplanung zugrunde gelegten Anforderungen nicht mehr erfüllt sind.

2. Es werden folgende Grenzzustände unterschieden:
 - a) Der Grenzzustand der Tragfähigkeit ist ein Zustand des Tragwerks, 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 Tragwerks, 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 Baugrunds, 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 Baugrunds 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 Baugrunds 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. Der Nachweis der Standsicherheit von konstruktiven Böschungssicherungen kann je nach konstruktiver Ausbildung und Funktion entweder nach den Regeln des Grenzzustands GEO-2 oder nach den Regeln des Grenzzustands GEO-3 behandelt werden.

6. Die Grenzzustände EQU, UPL und HYD umfassen:

- 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

$$E_{\text{dst;d}} = E_{\text{dst;k}} \cdot \gamma_{\text{dst}} \leq E_{\text{stb;k}} \cdot \gamma_{\text{stb}} = E_{\text{stb;d}}$$

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

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

$$E_{\text{d}} = E_{\text{k}} \cdot \gamma_{\text{F}} \leq R_{\text{k}} / \gamma_{\text{R}} = R_{\text{d}}$$

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:

- Nachweis der Sicherheit gegen Böschungsbruch,
- der Nachweis der Sicherheit gegen Geländebruch.

Maßgebend ist immer die Grenzzustandsbedingung

$$E_{\text{d}} \leq R_{\text{d}}$$

d. h. der Bemessungswert E_{d} der Beanspruchungen darf höchstens so groß werden wie der Bemessungswert R_{d} des Widerstands. Hierbei werden die geotechnischen Einwirkungen und Widerstände mit den Bemessungswerten

$$\begin{aligned} \tan \varphi'_{\text{d}} &= \tan \varphi'_{\text{k}} / \gamma_{\varphi} & \text{und} & & c'_{\text{d}} &= c'_{\text{k}} / \gamma_{\text{c}} & \text{bzw.} \\ \tan \varphi_{\text{u,d}} &= \tan \varphi_{\text{u,k}} / \gamma_{\varphi_{\text{u}}} & \text{und} & & c_{\text{u,d}} &= c_{\text{u,k}} / \gamma_{\text{c}_{\text{u}}} \end{aligned}$$

der Scherfestigkeiten ermittelt, d. h. der Tangens des Winkels der inneren Reibung φ und die Kohäsion c werden mit den Teilsicherheitsbeiwerten γ_φ und γ_c bzw. $\gamma_{\varphi u}$ und γ_{cu} abgemindert.

9. Der Grenzzustand SLS beschreibt den Zustand des Bauwerks, 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 Bauwerks vereinbar sind. Bei Baugruben schließt der Grenzzustand 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 bei Baugrubenwänden werden i. d. R. auf 80 % der errechneten charakteristischen Beanspruchung vorgespannt und festgelegt, siehe Kap. 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 (Abschn. 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 (Abschn. 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
- unzutragliche Fußverschiebungen verhindert werden,

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

1.6 Planung und Prüfung von Baugruben (EB 106)

1. Für die Planung der Baugruben ist ein geeigneter Fachplaner gemäß Handbuch Eurocode 7, Band 1, Absatz 1.3, A 3 einzuschalten.
2. Der in den Empfehlungen verwendete Begriff „Sachverständiger für Geotechnik“ ist in Anlehnung an das Handbuch Eurocode 7, Band 2, Absatz A 2.2.2 zu verstehen.
3. Baugruben sind in eine geotechnische Kategorie GK 1, GK 2 oder GK 3 einzustufen. In Anhang A 5 sind Kriterien in Anlehnung an das Handbuch Eurocode 7, Band 1, Absatz A 2.1.2 für die Einstufung von Baugruben aufgeführt.
4. Für Baugruben ist ein Geotechnischer Entwurfsbericht gem. Handbuch Eurocode 7, Band 1, Absatz 2.8 zu verfassen.

Der Geotechnische Entwurfsbericht für die Baugrube sollte bei einer Einstufung in die geotechnischen Kategorien GK 2 und GK 3 folgende Punkte enthalten:

- Beschreibung des Grundstücks und seiner Umgebung insbesondere Nachbarbebauung,
 - Beschreibung der Baugrundverhältnisse mit Bezug auf den Geotechnischen Bericht gemäß Handbuch Eurocode, Band 2, Absatz A 7,
 - Beschreibung der vorgesehenen Baugrubenkonstruktion,
 - Beschreibung der Einwirkungen aus benachbarten Bauwerken,
 - Beschreibung der Auswirkungen auf benachbarte Bereiche und Bauwerke,
 - charakteristische Werte für Boden- und Felseigenschaften sowie für die Wasserstände und Strömungen,
 - Vorschlag der Baugrubenkonstruktion und Feststellung der möglichen Risiken,
 - Bemessungssituation und Teilsicherheitsbeiwerte,
 - gegebenenfalls Begründung der Notwendigkeit, Angemessenheit und Hinlänglichkeit der Beobachtungsmethode,
 - Berechnungen einschl. Angabe des Berechnungsverfahrens und der Entwurfspläne,
 - Vorgaben für die Kontrollen zur Herstellung, z. B. Probebelastungen,
 - Vorgaben für messtechnische Überprüfungen und Überwachungen.
5. Bei Baugruben, die in die geotechnische Kategorie GK 3 eingestuft sind, wird empfohlen, einen Sachverständigen für Geotechnik im Zuge der bautechnischen Prüfung des Geotechnischen Entwurfsberichts und des Geotechnischen Berichts hinzuzuziehen.

6. Bei der Ausführung von Baugruben, die in die geotechnische Kategorie GK 2 oder GK 3 eingestuft sind, wird empfohlen, einen geeigneten Bauüberwacher, der über entsprechende Erfahrungen und Sachkunde mit Baugruben verfügt, einzuschalten. Bei Baugruben der geotechnischen Kategorie GK 3 wird empfohlen, den in Abschn. 5 genannten Sachverständigen für Geotechnik auch zur Prüfung der Ausführungsplanung und zur Beurteilung der Ergebnisse der messtechnischen Überwachungen und Überprüfungen hinzuziehen.