

- mit Holz, 1997, H. 1, S. 20–29, und H. 2, S. 89–96; s. a. Bauen mit Holz 1997, H. 5, S. 320 und S. 324–325.
- [18] *Schänzlin, J.*: Zum Langzeitverhalten von Brettstapel-Beton-Verbunddecken. Institut für Konstruktion und Entwurf, Universität Stuttgart, Dissertation, 2003.
- [19] *Schmidt, J., Schrank, R., Thiele, R.*: Verbesserung der Trag- und Gebrauchseigenschaften von Holzbalkendecken durch Einsatz von calcium-sulfat-gebundenen Estrichschichten im nachträglichen Verbund. Forschungsvorhaben Universität Leipzig 2002.
- [20] *Schmidt, J., Schneider, W., Thiele, R.*: Zum Kriechen von Holz/Beton-Verbundkonstruktionen. Beton- und Stahlbetonbau 98 (2003), H. 7, S. 399–407.
- [21] *Toratti, T.*: Creep of timber beams in variable environment. Helsinki University of Technology, Laboratory of Structural Engineering and Building Physics, Dissertation, 1992.
- [22] DIN 1052, Holzbauwerke. Teil 1: Berechnung und Ausführung (04/88), Änderung 1 (10/96).
- [23] DIN V ENV 1995, Eurocode 5 – Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken. Teil 1.1: Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau (06/94).
- [24] DIN V ENV 1992, Eurocode 2 – Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken. Teil 1.1: Grundlagen und Anwendungsregeln für den Hochbau (06/92).

Zulassungen

- Z – 9.1 – 233, BVD-Ankerdübel-Verbindung, zu beziehen z. B. durch: Dipl.-Ing. *P. Bertsche*, Pracktenbach
- Z – 9.1 – 331, EW-Holz-Beton-Verbundelement, Hedareds Sand & Beton
- Z – 9.1 – 342, SFS-Verbundschrauben VB-48-7,5 × 100 als Verbindungsmittel für das SFS Holz-Beton-Verbundsystem, Vertrieb: Fa. Merk, Aichach
- Z – 9.1 – 445, Timco II Schrauben als Verbindungsmittel für das Timco Spezialschraube Holz-Beton-Verbundsystem, Weiland Engineering AG
- Z – 9.1 – 473, Brettstapel-Beton-Verbunddecken mit Flachstahlschlössern, Dipl.-Ing. *W. Bauer*
- Z – 9.1 – 274, Dennert Holz-Beton-Verbundelemente, Veit Dennert KG
- Z – 9.1 – 557, Holz-Beton-Verbundsystem mit eingeklebten Schubverbindern, Bathon & Bahmer GbR

Autoren dieses Beitrages:

Dipl.-Ing. Matthias Gerold, Beratender Ingenieur, Lehrbeauftragter für Holzbaukonstruktionen an der Universität Stuttgart, c/o Harrer Ingenieure, Reinhold-Frank-Straße 48b, 76133 Karlsruhe

Dr.-Ing. Jörg Schänzlin, Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann, Institut für Konstruktion und Entwurf, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 7, 70569 Stuttgart

Berechnung von Baugrubenwänden mit Teilsicherheitsbeiwerten

Axel Christmann
Armin Doster

Im Januar 2003 ist die DIN 1054 als Weißdruck erschienen. Danach sind für geotechnische Berechnungen (wie bisher bereits im Stahlbetonbau nach EC 2 bzw. DIN 1045-1 und im Stahlbau nach EC 3 bzw. DIN 18800) Teilsicherheitsbeiwerte anzusetzen. Im Zuge dieser Einführung auf der Basis der Euro-Normen verändert sich die Normenwelt gewaltig, von der globalen Sicherheitsdefinition hin zu den Teilsicherheitsbeiwerten für Einwirkungen und Widerstände.

Ein modernes und zukunftssicheres Baugrubenprogramm sollte deshalb die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Berechnung und Bemessung wahlweise nach globaler Sicherheitsdefinition (DIN 1054-1976) sowie mit Partialsicherheiten (DIN 1054-2003)
- Berücksichtigung verschiedener Normen europäischer Nachbarn (ÖNORM, Swisscode, British Standard) mit Einstellungsmöglichkeiten für weitere Normen
- Option der Ein- und Ausgabe in verschiedenen Sprachen, zumindest in deutsch und englisch.

Nur eine Software, die die o. g. Anforderungen erfüllt und dem Bearbeiter die Möglichkeit gibt, Vergleichsrechnungen mit globaler Sicherheitsdefinition und alter/neuer Bemessung sowie mit Teilsicherheitsbeiwerten durchzuführen, gewährleistet eine reibungslose, streßfreie Einführung in die neue Normenwelt.

Am Beispiel der Programme DC-Baugrube und DC-Böschung wird die Umsetzung der neuen Normung für die Berechnung von Baugrubenwänden gezeigt.

Die DIN 1054-2003 unterscheidet vier verschiedene Grenzzustände ([1], Abs. 4.3 und 4.4):

- GZ 1A: Grenzzustand des Verlusts der Lagesicherheit
- GZ 1B: Grenzzustand des Versagens von Bauwerken und Bauteilen
- GZ 1C: Grenzzustand des Verlusts der Gesamtstandsicherheit
- GZ 2: Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Für den Ansatz bei Baugrubenberechnungen sind diese Grenzzustände für unterschiedliche Nachweise maßgebend:

- Der Grenzzustand GZ 1A ist beim Nachweis gegen hydraulischen Grundbruch anzusetzen. Für diesen Grenzzustand sind keine Widerstände definiert. Unterschiedliche Sicherheitsbeiwerte sind für günstig wirkende und für ungünstig wirkende ständige Einwirkungen, für ungünstige veränderliche Einwirkungen sowie für die Strömungskraft anzusetzen.
- Der Grenzzustand GZ 1B ist maßgebend für die Berechnung der erforderlichen Wandlänge, die Bestimmung der Schnittgrößen für die Bemessung der Bauteile sowie für den Nachweis in der tiefen Gleitfuge zur Berechnung der Ankerlängen. Gemäß der kommenden EAB ist hier bei erhöhtem

aktivem Erddruck sowie bei Erdruhrdruck ein neues Verfahren für den Nachweis zu verwenden (s. a. [2], Anhang H). Im Grenzzustand 1B sind die Sicherheitsbeiwerte für die Widerstände auf den Erdwiderstand, im Nachweis in der tiefen Gleitfuge auf den Gleitwiderstand anzusetzen. Für die unterschiedlichen Arten von Einwirkungen gelten eigene Sicherheitsbeiwerte.

– Im Gegensatz dazu sind im Grenzzustand GZ 1C, der für den Nachweis gegen Geländebruch, d. h. für die Gesamtstandsicherheit, anzusetzen ist, die Sicherheitsbeiwerte für die Widerstände in die Scherfestigkeiten $\tan\phi$ und c einzurechnen. Die Einwirkungen werden hier zum größten Teil mit einem Sicherheitsfaktor von 1.0 angesetzt (Ausnahme: ungünstig wirkende veränderliche Einwirkungen).

– Für die Bestimmung der Verformungen ist der Grenzzustand GZ 2 (Gebrauchstauglichkeit) mit charakteristischen Werten, d. h. ohne Ansatz von Sicherheitsfaktoren, zu verwenden.

Nach Schweizer Norm SIA 267 sind die Grenzzustände mit Typ 1, Typ 2, Typ 3 und Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit anstatt GZ 1A, 1B, 1C und 2 bezeichnet.

In den Programmen wird für die Wahl der gewünschten Normansätze eine größtmögliche Flexibilität geboten. Zum einen wird eine Reihe von Normen mit vordefinierten Einstellun-

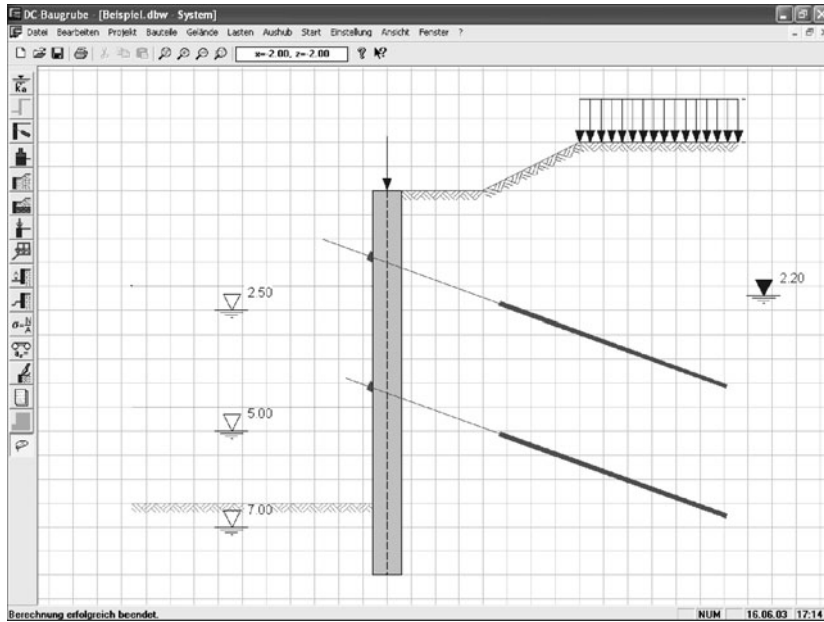


Bild 1. Eingabeoberfläche Programm DC-Baugrube

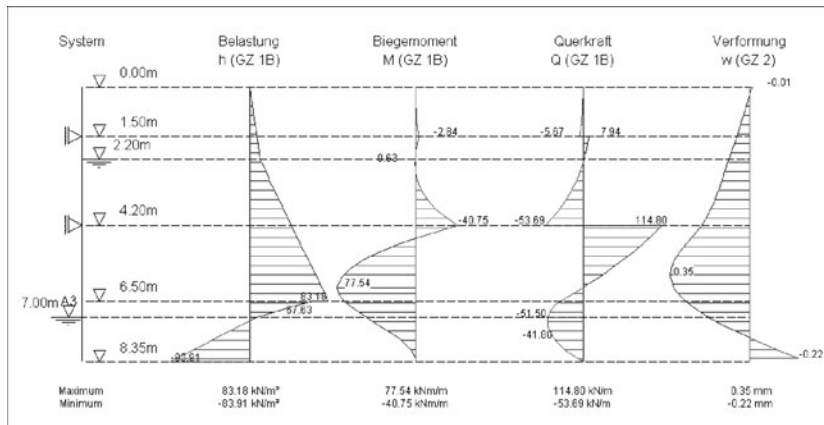


Bild 2. Darstellung von Belastung, Schnittgrößen und Verformungen

Norm Berechnung/Bemessung

Berechnungsnorm: **DIN 1054 (1976)** | DIN 1054 (2003) | SIA 267 | BS 8002 | Beispiel | Frei | Frei

Ansatz der Sicherheiten:

- Wandlänge:**
 - Teilsicherheitsbeiwerte
 - Schichtpar. Widerstand
 - Erdruck Widerstand
 - Einwirkungen
 - Gamma global
 - Gamma = 1
- Schnittgrößen:**
 - Teilsicherheitsbeiwerte
 - Schichtpar. Widerstand
 - Erdruck Widerstand
 - Einwirkungen
 - Gamma global
 - Gamma = 1
- Verformung:**
 - Teilsicherheitsbeiwerte
 - Schichtpar. Widerstand
 - Erdruck Widerstand
 - Einwirkungen
 - Gamma global
 - Gamma = 1
- Ankerlängen:**
 - Teilsicherheitsbeiwerte
 - Schichtpar. Widerstand
 - Erdruck Widerstand
 - Einwirkungen
 - Gamma global
 - Gamma = 1

Lastfalltypen LF1/LF2/LF3 verwenden

Sicherheitsbeiwerte Einwirkungen	LF1	LF2	LF3
Aktiver Erdruck GZ 1B	1.35	1.20	1.00
Aktiver Erdruck GZ 1C	1.00	1.00	1.00
Erdruhdruk GZ 1B	1.20	1.10	1.00
Erdruhdruk GZ 1C	1.00	1.00	1.00
Wasserdruck Einwirk. GZ 1B	1.35	1.20	1.00
Wasserdruck Einwirk. GZ 1C	1.00	1.00	1.00
Ständ. Last aktiv GZ 1B (Std.)	1.35	1.20	1.00
Ständ. Last Ruhe GZ 1B (Std.)	1.35	1.20	1.00
Ständ. Last aktiv GZ 1C (Std.)	1.00	1.00	1.00
Ständ. Last Ruhe GZ 1C (Std.)	1.00	1.00	1.00
Strömungskraft GZ 1A	1.80	1.60	1.35

Sicherheitsbeiwerte Einwirkungen	LF1	LF2	LF3
Verkehrslasten GZ 1B (Std.)	1.50	1.30	1.00
Verkehrslasten GZ 1C (Std.)	1.30	1.20	1.00
Verkehr. Straße/Eisenb. 1B	1.50	1.30	1.00
Verkehr. Straße/Eisenb. 1C	1.50	1.20	1.00

Sicherheitsbeiwerte Widerstände	LF1	LF2	LF3
Passiver Erdruck	1.40	1.30	1.20
Wasserdruck (günst. Einwirk.)	1.35	1.20	1.00
Schichtparameter tan(phi)	1.25	1.15	1.10
Schichtparameter Kohäsion	1.25	1.15	1.10
Gleitwiderstand GZ 1B	1.10	1.10	1.10
Ankerstahl GZ 1B	1.15	1.15	1.15

Bemessung: DIN 1045 / 18800 | DIN 1045-1 / 18800 | SIA 262 / 263 | ÖNORM B 4700 | British Standard BS 8110

OK | Abbrechen | Hilfe

Bild 3. Definition des Normansatzes und der Sicherheitsbeiwerte

gen gemäß Norm zur Verfügung gestellt:

- Für die Berechnung
 - DIN 1054 (1976)
 - DIN 1054 (2003)
 - SIA 267 (Swisscode)
 - British Standard BS 8002
- sowie für die Bemessung
 - DIN 1045/18800
 - DIN 1045-1/18800
 - SIA 262/263 (Swisscode)
 - ÖNORM B 4700
 - British Standard BS 8110

Zum anderen sind freie Normdefinitionen möglich, bei denen die Behandlung der Sicherheiten und die Sicherheitsbeiwerte frei eingestellt werden können. Damit kann eine beliebige Norm (z. B. Eurocode) konfiguriert werden. Für die Baugrubenberechnung wird hier unterschieden zwischen den Berechnungsteilen

- Berechnung der Wandlänge
- Berechnung der Schnittgrößen
- Bestimmung der Verformung
- Nachweis der Ankerlängen

Für jede Teilaufgabe kann gewählt werden:

- Ansatz von Teilsicherheitsbeiwerten für die Widerstände auf die Schichtparameter
- Ansatz von Teilsicherheitsbeiwerten für die Widerstände auf den Erdruck
- zusätzlich Ansatz der Sicherheiten auf die Einwirkungen oder wahlweise
- Gamma global, d. h. Berechnung nach dem früheren globalen Sicherheitskonzept oder
- Gamma = 1, d. h. Berechnung charakteristisch ohne Sicherheiten.

Letztere Option wird meist für die Berechnung der Verformungen als Gebrauchstauglichkeitsnachweis im GZ 2 angesetzt.

Für die Lasten findet eine Unterscheidung zwischen den Lastfalltypen LF 1, LF 2 oder LF 3 nur nach deutscher Norm statt:

- LF 1 = Belastungssituation für Endzustände
- LF 2 = für Bauzustände bzw. vorübergehende Beanspruchungen
- LF 3 = für außergewöhnliche Belastungssituationen.

Ein Baugrubenverbau ist meist als Bauzustand dem Lastfall LF 2 zuzuordnen.

Diese Unterteilung in drei unterschiedliche Sicherheitsbeiwerte je Kategorie ist deshalb standardmäßig nur für die DIN 1054-2003 eingestellt. Bei freier Normeinstellung kann gewählt werden, ob diese Unterscheidung gewünscht ist oder nicht. Für SIA und British Standard steht nur jeweils ein Sicherheitsbeiwert zur Verfügung.

Die Matrix der Teilsicherheitsbeiwerte wird bei vordefinierten Normen mit den in der Norm gegebenen Werten vorbelegt. Für spezielle Berechnungen können die Sicherheiten verändert werden:

Einwirkungen

- Aktiver Erddruck für GZ 1B und GZ 1C
- Erdruhedruck für GZ 1B und GZ 1C
- Wasserdruck für GZ 1B und GZ 1C (nach DIN gleich anzusetzen wie aktiver Erddruck als ständige Einwirkung, nach SIA unterschiedlich)
- Wasserdruck als günstige Einwirkung (nach SIA zu unterscheiden)
- Ständige Lasten bei aktivem Erddruck und Lasten auf die Baugrubenwand für GZ 1B und GZ 1C
- Ständige Lasten aus Erdruhedruck für GZ 1B und GZ 1C
- Verkehrslasten für GZ 1B und GZ 1C
- Verkehrslasten aus Straße und Eisenbahn für GZ 1B und GZ 1C (nach SIA zu unterscheiden, verwendet für Eisenbahnlasten nach DS 804)
- Strömungskraft nach GZ 1A

Widerstände

- Passiver Erddruck für GZ 1B
- Schichtparameter Reibungswinkel $\tan\varphi$ für GZ 1C
- Schichtparameter Kohäsion c für GZ 1C
- Gleitwiderstand für GZ 1B für den Nachweis in der tiefen Gleitfuge
- Ankerstahl für GZ 1B

Die Sicherheitsbeiwerte für Lasten werden bei den einzelnen Lasten

als Voreinstellung, in Abhängigkeit von der Art des jeweiligen Lastfalls (LF 1/2/3) vorgeschlagen. Für spezielle Lastsituationen können die Sicherheitsbeiwerte einzeln je Last verändert werden.

Die Bestimmung der erforderlichen Ankerlängen wird über den Nachweis in der tiefen Gleitfuge geführt. Die tiefe Gleitfuge läuft vom Wandfuß (bzw. vom Querkraftnullpunkt bei Einspannung oder bei horizontal verschiebbarer Lagerung mit Bettung) zur Mitte der Verpreßstrecke des betrachteten Ankers. Die Behandlung dieses Nachweises war im Entwurf der DIN 1054 [2] bereits im Anhang H aufgeführt. In der endgültigen Norm ist die Verfahrensweise für den Nachweis nicht mehr enthalten und wird in der neuen EAB (voraussichtlich 2004) erläutert.

Im Vergleich zum bisherigen Verfahren nach *Kranz* wurde hier ein neuer Ansatz eingeführt, bei dem für die Sicherheitsdefinition nicht mehr das Verhältnis von möglicher zu vorhandener Ankerkraft, sondern der Vergleich der Scherkräfte in der tiefen Gleitfuge (T_k und R_k) betrachtet wird. Es wird empfohlen ([3]), den Nachweis nach *Kranz* für den aktiven Erddruck, den neuen Nachweis nach E DIN 1054:2000-12 bei erhöht aktivem Erddruck und Erdruhedruck an-

zuwenden. In DC-Baugrube kann die Grenze zwischen den beiden Verfahren als Anteil des Erdruhedrucks (empfohlen: 25 %) eingestellt werden.

Für die Bemessung der Bauteile (Stahlbeton-Bohrpfähle, Schlitzwände, Träger- oder Spundwandprofile, Ausfachungen in Holz oder Spritzbeton bzw. Pfahlausfachungen, Anker und Gurtungen) werden bei Berechnung mit Teilsicherheitsbeiwerten die Bemessungsschnittgrößen (M_d , N_d , Q_d) verwendet. Bei Berechnung mit globalen Sicherheiten kann auch die Bemessung nach „alter“ Norm verwendet werden.

Literatur

- [1] Deutsches Institut für Normung e. V.: DIN 1054:2003-01. Beuth Verlag, Berlin 2003.
- [2] Deutsches Institut für Normung e. V.: E DIN 1054:2000-12. Beuth Verlag, Berlin 2000.
- [3] *Walz, B.*: Nachweis der Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge. In: Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e. V. DGGT, Arbeitskreis Baugruben: Aktuelle Entwicklungen bei der Berechnung von Baugruben. Universität Dortmund, Lehrstuhl Baugrund-Grundbau 2003.

Autoren dieses Beitrages:

Dipl.-Ing. Axel Christmann, Dipl.-Ing. Armin Doster, DC-Software Doster & Christmann GmbH, Hannah-Arendt-Weg 3, 80997 München

D A CH-Tagung 2003 in Zürich:**„Aktuelle Probleme der Brückendynamik“**

Die Gesellschaften für Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik in der Schweiz (SGEB), in Österreich (OGE) und in Deutschland (DGEB) mit analoger Zielstellung, nämlich der Beförderung eines interdisziplinären Austauschs zwischen Ingenieuren, Geophysikern, Geologen, Seismologen und Vertretern aus Behörden, Versicherungen und Industrie, beschlossen bald nach ihrer Gründung Anfang der 1980er Jahre eine enge Zusammenarbeit, um der nicht ganz alltäglichen Aufgabenstellung besser gerecht zu werden. Diese Zusammenarbeit schlägt sich in im zweijährigen Turnus abwechselnd in den drei Ländern stattfindenden gemeinsamen D A CH-Tagungen nieder.

Die Veranstaltung in Zürich vom 18. und 19. September 2003 wurde von der SGEB zusammen mit der Fachgruppe für Brücken- und Hochbau des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA), dem Institut für Baustatik und Konstruktion (IBK)

der ETH Zürich und dem Schweizerischen Erdbebendienst durchgeführt. Hauptthema war in diesem Jahr „Aktuelle Probleme der Brückendynamik“.

Fußgängerbrücken

Daß nicht nur Erdbeben sondern auch Fußgänger unter bestimmten Bedingungen verheerende Auswirkungen auf Brückenbauwerke haben können, zeigte der Eröffnungsvortrag von Professor *Hugo Bachmann* „Lebendige Fußgängerbrücken“, nicht nur an den spektakulären Beispielen wie die Millennium Bridge in London oder die Passerelle del Solférino in Paris. Angesichts der Entwicklung hin zu immer leichteren, schlankeren und nach dem Gestaltungswillen vor allem der beteiligten Architekten skulpturalen Konstruktionen mit geringeren Steifigkeiten und Massen rächt sich eine Vernachlässigung der Untersuchung des dynamischen Verhaltens meist bereits

bei ihrer Inbetriebnahme. Das Problem erfordert weiterhin spezielle Untersuchungen des Fußgängerverhaltens und seine Berücksichtigung beim Entwurf oder bei der dynamischen Sanierung derartiger Konstruktionen. Es war ein Hauptanliegen sowohl von Professor *Bachmann* als auch letztlich der gesamten Veranstaltung, den Fachkollegen zu vermitteln, die Schwingungsprobleme bei jeder Art von Brückenentwurf von Anfang an ernst zu nehmen und in den ersten Planungen auf dynamische Untersuchungen nicht zu verzichten. Methoden und Werkzeuge für die unterschiedlichsten Anforderungen sind ausreichend verfügbar.

Eine anspruchsvolle Konstruktion dieser Art – eine asymmetrische Schrägkabelbrücke mit zwei Decks für Besucher der Gartenschau 2004 „Les jardin des deux rives“ zwischen Kehl und Strasbourg – wurde im Vortrag von *C. Katz*, *I. Kovacs* und *G. Morgenthal* vorgestellt, die besonders