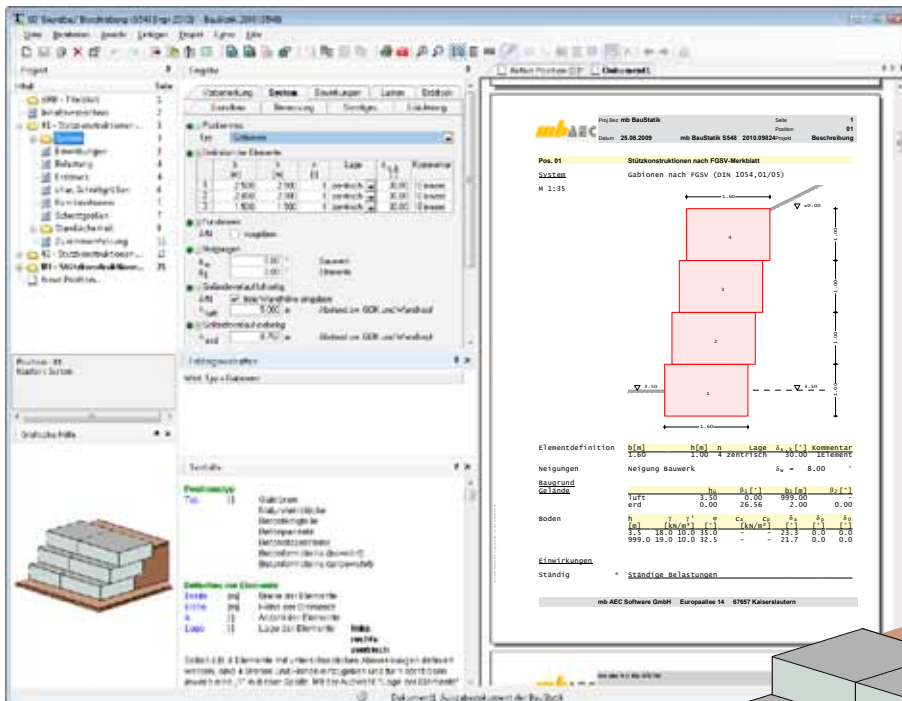


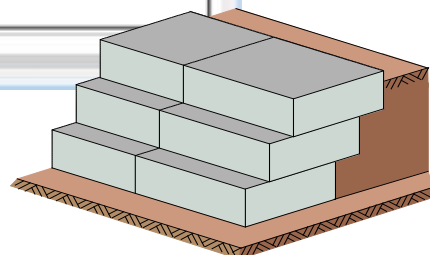
# S548 Stützkonstruktionen (Gabionen und Elemente), unbewehrte Hinterfüllung, DIN 1054 (01/05), FGSV

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls S548  
von Dipl.-Ing. (FH) Yilmaz Gökalp



Das Modul S548 dient zur Berechnung von Stützkonstruktionen, die aus übereinander gestapelten Einzelelementen aufgebaut sind. Die einzelnen Bauelemente bestehen z.B. aus Gabionen (Drahtschotterbehältern), kastenförmigen Betonelementen, Blöcken aus Naturgestein oder Beton. Konstruktionen dieser Art dienen z.B. zur Herstellung von Stütz- und Futtermauern sowie Lärmschutzwällen.

Grundlage der Berechnung und der Bemessung der Stützkonstruktionen sind die DIN 1054, das FGSV-Merkblatt sowie die DIN 1045-1.



## System

Das Modul S548 unterscheidet folgende Arten von Elementen für die Konstruktion einer Stützmauer mit unbewehrter Hinterfüllung:

- Gabionenelemente
- Natursteinblöcke
- Betonfertigteile
- Betonpaneele
- Betonstapelsteine
- Betonformsteine (bewehrt)
- Betonformsteine (unbewehrt)

Nach der Auswahl der Art des Konstruktionselements sind die Geometrie sowie die Anzahl dieser Elemente zu definieren. Dabei ermöglicht das Modul die Definition von Gruppen gleicher Elemente, die aufeinander gestapelt werden. Außerdem können auch einzelne Elemente mit unterschiedlichen Abmessungen definiert werden. Um den Gleitnachweis in den Lagerfugen (innere Standsicherheit) zu führen, ist zudem noch der Sohlreibungsbeiwert  $\eta$  einzugeben.

Als Tragschicht zwischen Untergrund und Stützmauersohle werden in der Regel Kornabgestufte Gemische aus gebrochenem Material oder Kies-Sand-Gemische verwendet. Die Stützkonstruktion kann davon abweichend auch mit einem Fundament hergestellt werden, wobei hier über die Länge des Fundaments Sporne definiert werden können. Über die Eingabe der Exzentrizität kann das Fundament in eine beliebige Lage verschoben werden.

Um die Gleitsicherheit auf das zulässige Niveau anzuheben, ist zusätzlich die Eingabe einer Sohlneigung möglich.

### Einwirkungen

Alle Einwirkungen können einem Typ gemäß DIN 1055-100 [5] zugeordnet werden. Dabei stehen neben ständigen Einwirkungen auch die veränderlichen Einwirkungen nach DIN 1055-100 [5], Tabelle A.2 zur Verfügung. Alle Kombinationen, die infolge der Lastdefinition möglich sind, werden im Modul S548 automatisch erzeugt. Entsprechend den Kombinationsvorschriften werden günstig wirkende veränderliche Einwirkungen für die Nachweisführung nicht berücksichtigt.

Alle Belastungen werden als charakteristische Werte eingetragen und einer Einwirkung zugeordnet. Durch Gruppenzuweisung können auch Einwirkungen erzeugt werden, die sich gegenseitig ausschließen.

Für die geotechnischen Nachweise werden gemäß DIN 1054 [1], Abschnitt 6.3.1 drei Einwirkungskombinationstypen unterschieden:

- Regel-Kombination EK 1: ständige sowie während der Funktionszeit regelmäßig auftretende veränderliche Einwirkungen
- Seltene Kombination EK 2: außer den Einwirkungen der Regel-Kombination seltene oder einmalige planmäßige Einwirkungen
- Außergewöhnliche Kombination EK 3: außer den Einwirkungen der Regel-Kombination eine gleichzeitig mögliche außergewöhnliche Einwirkung, insbesondere bei Erdbeben, Katastrophen oder Unfällen

Jede automatisch gebildete Kombination wird entsprechend der beinhalteten Einwirkungen typisiert. Somit bilden alle Kombinationen, bei denen keine außergewöhnliche Einwirkung enthalten ist, eine Regel-Kombination (EK 1). Ist hingegen eine außergewöhnliche Einwirkung enthalten, dann wird diese als außergewöhnliche Kombination (EK 3) behandelt.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, neben der Definition von Einwirkungen, auch Kombinationstypen zu definieren. Im Vergleich zu Einwirkungen werden den Kombinationstypen Belastungen als Bemessungswerte zugeordnet, d. h. die Lastwerte liegen bereits mit Teilsicherheits- und ggf. mit Kombinationsbeiwerten faktorisiert vor. Für Kombinationstypen erfolgt deshalb keine automatische Kombinationsbildung mehr.

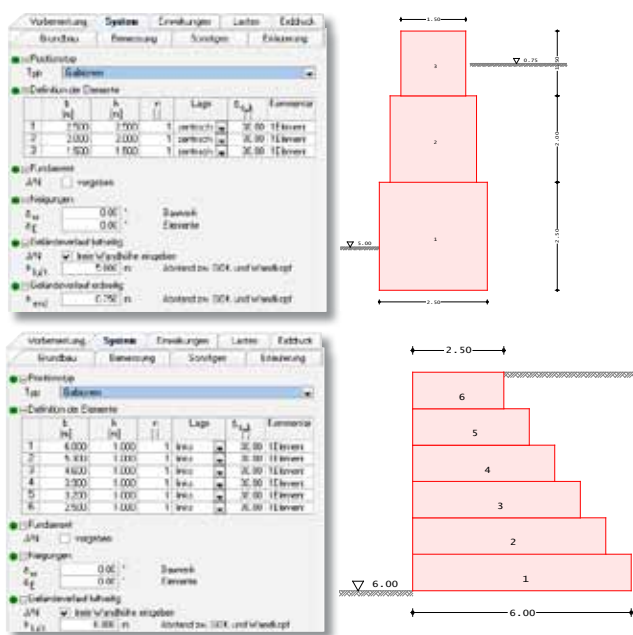


Bild 1a und 1b. Eingabe und Darstellung des Systems

Mit der Eingabe einer Neigung des Bauwerks kann für die Elemente ein Versatz definiert werden. Zudem besteht die Möglichkeit über die Neigung der Elemente, die gesamte Wand geneigt zu definieren.

Das Gelände kann sowohl erdseitig als auch luftseitig in einer beliebigen Höhe angesetzt werden, wobei das Gelände erdseitig eine geneigte oder geböschte Form annehmen kann. Für jede Schicht werden die notwendigen Bodenparameter wie Wichte, Wichte unter Auftrieb, Reibungswinkel, Kohäsion sowie Wandreibungswinkel abgefragt. Erdseitig und luftseitig können unterschiedliche Grundwasserstände berücksichtigt werden.

Somit können Bemessungslasten gezielt für Grenzzustandsbedingungen, d. h. einzelne geotechnische Nachweise, vorgegeben werden.

**Lasten**

Erdseitig bzw. luftseitig können folgende zusätzliche Lasten definiert und einer Einwirkung zugewiesen werden:

- vertikale Gleichlast erdseitig + luftseitig
- vertikale Streifenlast
- vertikale Blocklast
- vertikale Linienlast
- horizontale Linienlast
- horizontale Punktlast
- Streifenfundamentlast
- Blockfundamentlast

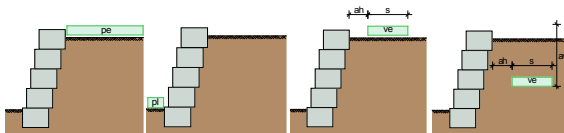


Bild 2. Grafik der Lastarten (Auszug) Gabionenwand

Darüber hinaus können weitere Belastungen wie Vertikal- oder Horizontalkräfte sowie Momente oder horizontale Spannungen direkt auf die Stützwand definiert werden. Gemäß den Kombinationsvorschriften werden ständige Lasten immer berücksichtigt, während Verkehrslasten nur dann berücksichtigt werden, wenn sie ungünstig wirken.

**Erddruck**

Sowohl der belastende als auch der stützende Erddruck wird gemäß E DIN 4085 [4] bestimmt. Dabei kann für den belastenden Erddruck zwischen dem aktiven und dem erhöht aktiven Erddruck gewählt werden. Der Anteil des Erdruhedrucks ist dabei frei wählbar. Der Ansatz des Erddrucks auf die Wand kann sowohl für den passiven als auch für den aktiven Erddruck zwischen der fiktiven Wand (vertikaler Schnitt, ausgehend vom erdseitigen Ende des 1. Elements bzw. des Fundaments) und der Neigung der Elemente bzw. der 1. Gleitfläche gewählt werden. Soll der Erddruck auf die Neigung der Elemente angesetzt werden, wird untersucht, ob die Neigung der Elemente größer ist als die Neigung der 1. Gleitfläche. Ist dies der Fall, wird zur Berechnung des Erddrucks die 1. Gleitfläche angenommen. Wird jedoch die Neigung der 1. Gleitfläche größer als die Neigung der Elemente, wird zur Berechnung des Erddrucks die Neigung der Elemente herangezogen.

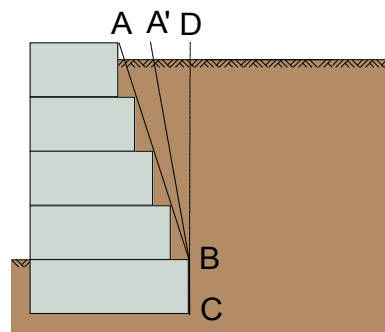


Bild 3. Darstellung des Erddrucks: fiktive Ersatzwand DC; 1. Gleitfläche A'BC; Neigung der Elemente ABC

Der Winkel Theta wird programmseitig mit  $\Theta = 45 + \varphi / 2$  berechnet. Der Neigungswinkel der 1. Gleitfläche  $\alpha_{max}$  ist der Winkel zwischen der Gegengleitfläche und der Vertikalen. Dieser berechnet sich mit  $\alpha_{max} = \Theta - \varphi$ .

Nach FGSV-Merkblatt [2] darf der Erdwiderstand nur dann in Ansatz gebracht werden, wenn seine Wirkung dauerhaft sichergestellt werden kann. Diese Bedingung kann für verschiedene Stand sicherheitsnachweise getrennt im Programm gesteuert werden.

Sowohl der Erddruck infolge begrenzter Lasten als auch infolge Bodeneigengewicht kann in folgende Lastfiguren umgelagert werden:

- dreiecksförmig
- rechteckförmig

Dem Erddruck aus Bodeneigengewicht steht zur Umlagerung noch zusätzlich die trapezförmige Lastfigur zur Verfügung.

**Berechnungsgrundlagen / Geotechnische Nachweise**

Das Modul S548 führt die erforderlichen geotechnischen Nachweise nach DIN 1054 [1] mit den jeweiligen Teilsicherheitsbeiwerten. Nachgewiesen werden die Grenzzustände der Tragfähigkeit und die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit.

Die Nachweise der Tragfähigkeit sind gegliedert in:

- Grenzzustand des Verlustes der Lagesicherheit (GZ 1A) und
- Grenzzustand des Versagens von Bauwerken (GZ 1B)

Die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit sind zusammengefasst in den:

- Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (GZ 2)

**Grenzzustand der Tragfähigkeit:**

**Nachweis der 2. Kernweite (GZ 1A)**

Nach [1] 7.5.1 (3) darf die Ausmittigkeit der Sohldruckresultierenden höchstens so groß werden, dass die Gründungssohle der Gründung noch bis zu ihrem Schwerpunkt durch Druck belastet bleibt (2. Kernweite). Der Nachweis der 2. Kernweite ist erfüllt, wenn die resultierende charakteristische Beanspruchung innerhalb der Ellipse liegt.

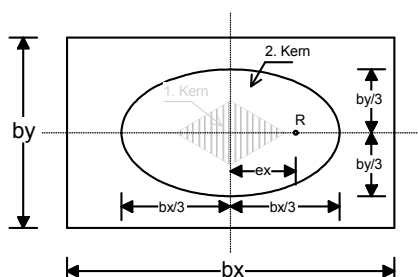


Bild 4. Grundriss eines rechteckigen Fundamentes; Begrenzung der 2. Kernweite

Die Resultierende liegt innerhalb dieser Begrenzung, wenn die folgende Bedingung eingehalten ist:

$$\left(\frac{e_x}{b_x}\right)^2 \leq \frac{1}{9}$$

mit:

- $e_x$  Ausmittigkeit der resultierenden charakteristischen Beanspruchung in der Sohlfläche in Richtung der Fundamentachse x
- $b_x$  zugehörige Fundamentbreite

**Nachweis der Gleitsicherheit (GZ 1B)**

Nach DIN 1054 [1] 7.5.3 (1) ist zur Einhaltung einer ausreichenden Sicherheit gegen Gleiten nachzuweisen, dass für den Grenzzustand GZ 1B die folgende Bedingung erfüllt ist:

$$T_d \leq R_{t,d} + E_{p,d}$$

mit:

- $T_d$  Bemessungswert der Beanspruchung parallel zur Gründungssohlfläche
- $R_{t,d}$  Bemessungswert des Gleitwiderstandes
- $E_{p,d}$  Bemessungswert des Erdwiderstandes

Der in der Sohlfläche verfügbare charakteristische Gleitwiderstand  $R_{t,k}$  ist bei vollständiger Konsolidierung des Bodens (Endzustand) wie folgt zu ermitteln:

$$R_{t,k} = N_k \cdot \tan \delta_{s,k}$$

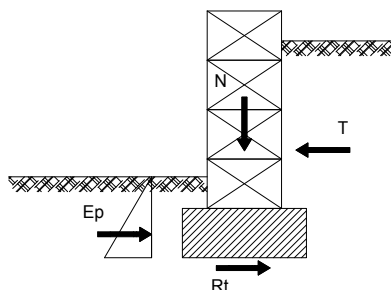


Bild 5. Beanspruchungen und Widerstände für den Nachweis der Gleitsicherheit

**Nachweis der Grundbruchsicherheit (GZ 1B)**

Ein Grundbruch tritt ein, wenn ein Gründungskörper so stark belastet wird, dass sich unter ihm im Untergrund mehr oder weniger ausgeprägte Gleitbereiche bilden, in denen der Scherwiderstand des Bodens überwunden wird. Die dabei aufgenommene Last ist die Grundbruchlast  $R_n$ .

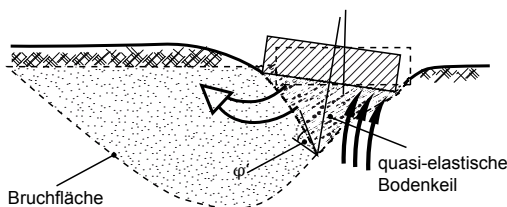


Bild 6. Darstellung des Grundbruchs unter ausmittigt belastetem Fundament

Nach DIN 1054 [1], Abschnitt 7.5.2 (1) ist zur Einhaltung einer ausreichenden Sicherheit gegen Grundbruch nachzuweisen, dass für den Grenzzustand GZ 1B die folgende Bedingung erfüllt ist:

$$N_d \leq R_{n,d}$$

mit:

- $N_d$  Bemessungswert der Beanspruchung senkrecht zur Gründungssohlfläche
- $R_{n,d}$  Bemessungswert des Grundbruchwiderstandes

Die normal auf die Sohlfläche wirkende Komponente des Grundbruchwiderstands  $R_n$  berücksichtigt den Einfluss aus

- $\gamma_2 \cdot b' \cdot N_b$  Fundamentbreite
- $\gamma_1 \cdot d \cdot N_d$  Gründungstiefe
- $c \cdot N_c$  Kohäsion

und berechnet sich gemäß DIN 4017 [6] wie folgt:

$$R_n = a' \cdot b' \cdot (\gamma_2 \cdot b' \cdot N_b + \gamma_1 \cdot d \cdot N_d + c \cdot N_c)$$

### Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit:

#### Nachweis der Lage der Sohldruckresultierenden (1. Kernweite) (GZ 2)

Nach DIN 1054 [1], 7.6.1 darf bei Gründungen auf nichtbindigen und bindigen Böden in der Sohlfläche infolge der aus ständigen Einwirkungen resultierenden charakteristischen Beanspruchung keine klaffende Fuge auftreten. Diese Bedingung ist eingehalten, wenn die Sohldruckresultierende innerhalb der 1. Kernweite liegt (schraffierte Fläche in Bild 7). Die Resultierende liegt innerhalb der 1. Kernweite, wenn die folgende Bedingung eingehalten ist:

$$e_x \leq \frac{b}{6}$$

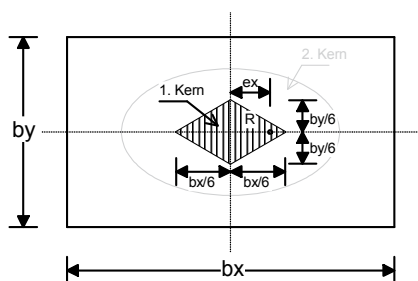


Bild 7. Grundriss eines rechteckigen Fundamentes; Begrenzung der 1. Kernweite

### Bemessung

Für die Nachweise gemäß DIN 1054 [1], Abschnitt 6.3.2 ist die Sicherheitsklasse festzulegen. Nach DIN 1054 [1] stehen die folgenden drei Klassen zur Wahl:

- Zustände der Sicherheitsklasse SK 1: Auf die Funktionszeit des Bauwerks angelegte Zustände
- Zustände der Sicherheitsklasse SK 2: Bauzustände bei der Herstellung oder Reparatur des Bauwerks
- Zustände der Sicherheitsklasse SK 3: Während der Funktionszeit einmalig oder voraussichtlich nie auftretende Zustände

### Ausgabe

Die Ausgabe der Eingabewerte, der Berechnungsgrundlagen sowie der Berechnungs- und Bemessungsergebnisse erfolgt übersichtlich in textlicher und in grafischer Form. Neben der Systemdarstellung erfolgt die Ausgabe der Stützwand mit Erd-druckbelastung, einschließlich der Darstellung auf die fiktive Wand oder der Neigung der Elemente.

Der Ausgabeumfang kann gezielt den Anwender-vorgaben angepasst werden.

Dipl.-Ing. (FH) Yilmaz Gökalp  
mb AEC Software GmbH  
mb-news@mbaec.de

### Literatur

- [1] DIN 1054 (01/05): Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, Ausgabe Januar 2005
- [2] FGSV (2003): Merkblatt über Stützkonstruktionen aus Betonelementen, Blockschichtungen und Gabionen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Ausgabe 2003
- [3] DIN 1045-1 (08/08): Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion, Ausgabe August 2008
- [4] E DIN 4085 (12/02): Baugrund – Berechnung des Erd-drucks, Ausgabe Dezember 2002
- [5] DIN 1055-100 (03/01): Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln, Ausgabe März 2001
- [6] DIN 4017 (03/06): Baugrund – Berechnung des Grundbruchwiderstands von Flachgründungen, Ausgabe März 2006



### Angebote BauStatik 2009

**S548 Stützkonstruktionen (Gabionen und Elemente), unbewehrte Hinterfüllung, DIN 1054 (01/05), FGSV**

**390,- EUR**

Leistungsbeschreibung siehe nebenstehenden Fachartikel

**BauStatik 5-er Paket**

**890,- EUR**

bestehend aus:

**5 BauStatik-Module nach freier Wahl\*\***

\*\* ausgenommen: S018, S408, S409, S481, S550-561, S755, S928

Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Preise zzgl. Versandkosten (7,50 EUR) und ges. MwSt. Hardlock für Einzelplatzlizenzen, je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Handbücher auf CD. Betriebssystem Windows 2000 / XP (32) / VISTA (32/64) – Stand: September 2009