


# 4H-WINKEL Winkelstützwand

## Detailinformationen






Seite überarbeitet Oktober 2023

[Kontakt](#) 
[Programmübersicht](#) 
[Bestelltext](#) 
[Handbuch](#) 
[Infos auf dieser Seite](#)
[... als pdf](#) 









### allgemeine Erläuterungen

- Allgemeines ..... 
- Bedienungsoberfläche ..... 











### System und Belastung

- Stützwandgeometrie ..... 
- Bodenparameter ..... 
- Bermen / Böschungen ..... 
- Flächenlasten ..... 
- Linienlasten ..... 





### Nachweise

- DIN-Einstellungen ..... 
- Normen / Materialien ..... 
- Erddruckermittlung ..... 
- äußere Standsicherheit ..... 
- innere Standsicherheit ..... 
- Druckeinstellungen ..... 
- Böschungsbruch ..... 
- Detailnachweispunkte ..... 

### Theorie zum Grundbau

- Regelfallbemessung ..... 
- Erddruckermittlung ..... 
- Gleiten ..... 
- Grundbruch ..... 
- Kippen ..... 
- Ersatzfläche ausmittige Bel. .... 
- klaffende Fuge ..... 
- Verschiebung Sohlfläche ..... 
- Setzungen ..... 
- Böschungsbruch ..... 

### Optionen und Theorie zur Bemessung

- allg. Bemessungsoptionen ..... 
- Bem.-Optionen EC 2 ..... 
- Bem.-Optionen DIN 1045-1 ..... 
- Bem.-Optionen DIN 1045 ..... 

## Allgemeines

Das Programm 4H-WINKEL dient zur Berechnung von Winkelstützwänden aus Stahlbeton.

Die Berechnung umfasst sowohl die grundbautechnischen Nachweise der äußeren **Standsicherheit**, als auch die innere **Bemessung** der Stahlbetonquerschnitte.



alle Ein- und Ausgaben sind so aufgebaut, dass 1 m laufende Stützwand berechnet wird.

Sämtliche Eingabedaten werden über die grafische **Bedienungsoberfläche** eingegeben.

Folgende **Normenwerke** werden unterstützt

#### • Nachweise der äußeren Standsicherheit

- DIN EN 1997-1 und DIN EN 1997-1/NA (**EC 7**)
- DIN 1054, Ausg. 01/2005
- DIN 1054, Ausg. 02/1987

#### • Nachweise der inneren Standsicherheit

- DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (**EC 2**)
- DIN 1045-1, Ausg. 08/2008
- DIN 1045, Ausg. 07/1988

#### • **Stützbauwerk**

- es können Stützwände mit senkrechter oder geneigter Rückwand erzeugt werden
- die Sporne können gerade oder gevoutet sein
- zur Erhöhung der Gleitsicherheit kann die Sohlfuge geneigt sein
- Krag- oder Schleppplatten können ersatzweise als Einzellast mit Einzelmoment an der Stützwand abgebildet werden

#### • **Bodenverhältnisse**

- der Boden kann beliebig geschichtet sein
- die Parameter zur Erddruckermittlung auf Aktiv- und Passivseite können automatisch bestimmt oder vorgegeben werden
- der Einfluss des Grundwassers kann ebenfalls berücksichtigt werden
- zur Definition einer gebrochenen Geländeoberfläche können eine konstante Neigung oder Bermen definiert werden
- der Einfluss des Erddrucks auf der Luftseite kann wahlweise berücksichtigt werden

#### • **Belastung**

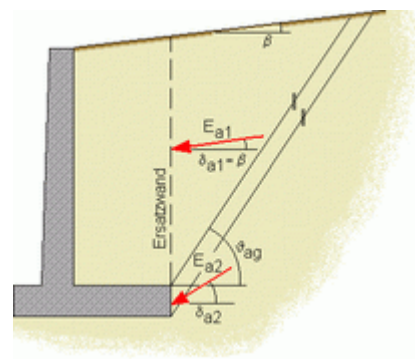
- als Lasten können Flächenlasten auf der Erdseite oder Linienlasten, die direkt an der aufgehenden Wand angreifen, vorgegeben werden
- optional können für alle Flächenlasten die Parameter zur Erddruckermittlung eingestellt werden
- die Flächenlasten müssen nicht auf der Geländeoberkante angreifen, sondern können auch in einer vorgegebenen Tiefe ansetzen. So können beispielsweise die Lasten aus angrenzenden Fundamenten erfasst werden.
- die Eingabe einer Horizontalkomponente ist ebenfalls möglich

#### • **Erddruckermittlung**

- die Berechnung des Erddrucks erfolgt nach der Theorie von Coulomb und dem Ansatz nach Müller-Breslau
- ein Mindesterdruddruck kann berücksichtigt werden
- die Bemessung kann für aktiven Erddruck, Erdruhedruck oder erhöhten aktiven Erddruck erfolgen
- eine trapezförmige Umlagerung zur Bemessung der inneren Standsicherheit entspr. DIN 4085, Ausg. 02/1987, kann ebenfalls vorgegeben werden
- die Nachweise der inneren und äußeren Standsicherheit können mit aktivem, erhöhtem aktivem oder Erdruhedruck geführt werden

#### **Nachweise der äußeren Standsicherheit**

- die Berechnung der äußeren Standsicherheitsnachweise erfolgt mit Hilfe fiktiver lotrechter Gleitflächen, die vom hinteren Spornende ausgehen
- der Wandreibungswinkel im Bereich der Auflast wird, sofern nichts anderes vorgegeben wird, zu  $\delta = \beta$ ,  
im Bereich der Spornhinterkante zu  $\delta = 2/3 \varphi$  gesetzt



Ist im Eigenschaftsblatt für die **DIN-Einstellungen** die Option **Direkte Bemessung** ausgewählt, werden bei Berechnung n. EC 7 bzw. DIN 1054:2010 entspr. den Abschnitten 6.4 und 6.5 die Nachweise zur äußeren Standsicherheit von Flächengründungen geführt.

- Tragfähigkeitsnachweise (ULS, Grenzzustand der Tragfähigkeit)

Sicherheit gegen **Kippen** (Grenzzustand EQU)

- **Grundbruchsicherheit** (Grenzzustand GEO-2)
- **Gleitsicherheit** (Grenzzustand GEO-2)
- Gebrauchstauglichkeitsnachweise (SLS, Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit)
  - Begrenzung einer **klaffenden Fuge**
  - Verschiebung in der **Sohlfläche**
  - **Setzung**

Durch Wahl der Option **nur für einfache Fälle** wird das Verfahren nach Abschnitt A 6.10 unter der Bezeichnung Vereinfachter Nachweis in **Regelfällen** im Grenzzustand (GEO-2) geführt.

Dabei handelt es sich um einen vereinfachten Nachweis auf tabellarischer Basis, der die "direkten" Nachweise Grundbruch, Gleiten und Setzungsermittlung ersetzt.

Der Kippnachweis und der Nachweis der zulässigen Lage der Sohldruckresultierenden werden auch hier geführt.

Liegen einfache und überschaubare Bodenverhältnisse vor und sind alle weiteren Voraussetzungen erfüllt, hat dies für den Anwender den Vorteil, dass auf weitere Angaben zu den Bodenkennwerten verzichtet werden kann.



Die direkte Nachweisführung liefert aber i.d.R. die wirtschaftlicheren Ergebnisse.

Bei Wahl der dritten Option **individuell** können vom Anwender gezielt nur bestimmte Nachweise oder auch vereinfachtes Verfahren und direkte Nachweise gleichzeitig geführt werden.

So könnte z.B. der Nachweis für einfache Fälle geführt werden und zusätzlich der Gleitsicherheitsnachweis.

#### • **Unterschiede bei Berechnung n. DIN 1054:2005**

Im Gegensatz zur Berechnung nach EC 7 ergeben sich folgende Unterschiede.

- der Nachweis zur Begrenzung einer klaffenden **Fuge** ist geteilt in einen Tragfähigkeitnachweis (zulässige Ausmitte der Sohldruckresultierenden unter Gesamtlast) und einen Gebrauchtauglichkeitsnachweis (zulässige Ausmitte der Sohldruckresultierenden unter ständigen Lasten)

In der Vorgehensweise gibt es aber keine Unterschiede; so wird auch der Tragfähigkeitnachweis n. DIN 1054:2005 mit charakteristischen Schnittgrößen geführt.

- der *Nachweis gegen Verschiebung in der Sohlfläche* entfällt
- der *vereinfachte Nachweis in Regelfällen* wird auf charakteristischer Basis geführt
- die Klassifikation der *Bemessungssituationen* erfolgt noch mit LF 1, LF 2 und LF 3, während n. EC 7 hierfür die Bezeichnungen BS-P, BS-T, BS-A und BS-E verwendet werden

Dabei ist der einzige Unterschied, dass mit BS-E die Erdbebensituation als separate außergewöhnliche Situation behandelt wird (n. DIN 1054:2005 als LF 3 behandelt).

#### • **Erdwiderstand**

Der Erdwiderstand wird nach DIN 4085:2011 ermittelt.

Der Erddruckbeiwert kann dabei entweder für Erdruchedruck, ebene Gleitflächen oder für gekrümmte Gleitflächen berücksichtigt werden.

Eventuell vorhandene Kohäsion wird vernachlässigt.

Unter Berücksichtigung eines vom Anwender zu bestimmenden Mobilisierungsfaktors wird der Erddruck dann als Einwirkung entgegen der Horizontalkraft bei den Nachweisen berücksichtigt, wobei sichergestellt wird, dass der Erdwiderstand nicht größer als die vorhandene charakteristische Horizontalkraft angesetzt wird.

#### • **Ersatzfläche zur Berücksichtigung außermittiger Belastung**

In den Nachweisen der Grundbruchsicherheit, des aufnehmbaren Sohldrucks in einfachen Fällen (Regelfallbemessung) und der Gleitsicherheit wird die Außermittigkeit der Last rechnerisch dadurch erfasst, dass die Gründungsfläche durch eine reduzierte Fläche ersetzt wird.

Diese Ersatzfläche entspricht der Teilfläche der Gründung, bei der die Resultierende der vertikalen, **charakteristischen** Last im Schwerpunkt liegt.

Bei einer rechteckigen Gründungsfläche ergibt sich die Ersatzfläche zu

$$A' = a' \cdot b' \quad \dots \quad \text{mit} \quad \dots \quad a' = a - 2 \cdot e_a \quad \dots \quad \text{und} \quad \dots \quad b' = b - 2 \cdot e_b$$

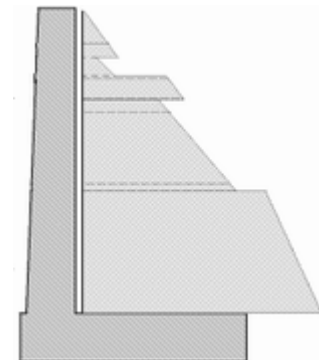
$a, b$       Abmessungen der Rechteckfläche

$b$  bzw.  $b'$  die kleinere Seitenlänge bzw. Ersatzseitenlänge

$e_a, e_b$       Lastexzentrizitäten parallel zu den entsprechenden Seiten

### Nachweise der inneren Standsicherheit - Bemessung

- zur Berechnung der inneren Standsicherheit dient ein leistungsfähiges Stabwerksprogramm, so dass auch schlanke Konstruktionen, bei denen die Systemsteifigkeit einen Einfluss hat, berechnet werden können
- die Berechnung erfolgt mittels einer elastischen Bettung des Fundamentbalkens
- die nichtlineare Berechnung mit Zugfederausschaltung ist ebenfalls möglich, so dass auch klaffende Fugen ermittelt werden
- im Berechnungsmodell wird die Erddrucklast direkt auf Wand und Fundamentbalken aufgesetzt
- die Berechnungsergebnisse werden als Linienresultate an allen Systemschnitten dargestellt
- Folgende Nachweise können geführt werden
  - Biegebemessung
  - Schubbemessung
  - Rissnachweis
  - Spannungsnachweis
  - Ermüdungsnachweis
  - die Bemessungsparameter können für Fundament und Wand getrennt eingegeben werden



### Bedienungsfläche

Das Haupteingabefenster enthält ein schematisches Bild zur Eingabe der Winkelstützwandgeometrie sowie sämtliche Elemente zur Steuerung des Programmablaufs.

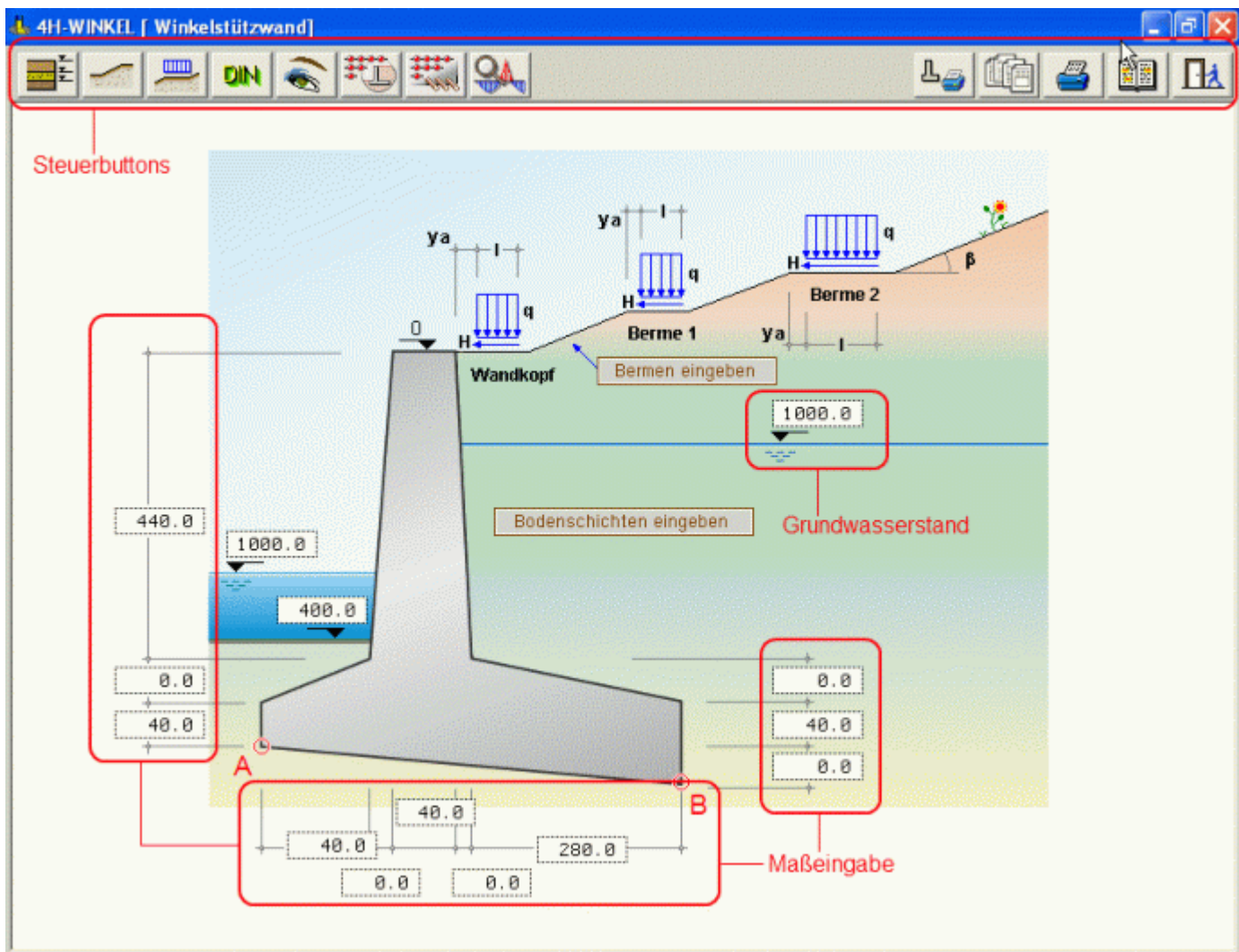


Bild vergrößern

Am oberen Bildschirmrand befinden sich die Steuerbuttons zur Eingabe der Systemparameter und zur Steuerung des Programmablaufs.

In der Bildschirmmitte werden die Abmessungen der Wand, sowie Grundwasserstand und Höhe der Anfüllung vor der Wand eingegeben.

Zusätzlich sind Buttons zum Öffnen der Eingabefenster für Bodenparameter und Bermen vorhanden, die jedoch auch gleichermaßen über die Steuerbuttons am oberen Bildschirmrand geöffnet werden können.

Im Einzelnen haben die Buttons folgende Funktionen

**Bodenschichten eingeben** öffnet das Eingabefenster zur **Definition der Bodenschichten** mit den zugehörigen Parametern

**Bermen eingeben** öffnet das Fenster zur Eingabe von **Bermen oder Böschungen**

öffnet das Fenster zur Eingabe von **Flächen- oder Linienlasten**

öffnet das Eingabefenster für alle Nachweisparameter und zu den **DIN-Einstellungen**

startet den Viewer zur Überprüfung der eingegebenen Systemdaten

startet die Berechnung der Nachweise der äußeren Standsicherheit und stellt die Ergebnisse im Viewer dar

startet die Berechnung der inneren Standsicherheitsnachweise (Bemessung) und stellt die Ergebnisse



im Viewer dar



startet den Viewer zur detaillierten Darstellung der Berechnungsergebnisse der inneren Standsicherheit



öffnet das Fenster für die Eingabe der Detailnachweispunkte (für die innere Standsicherheit)



öffnet das Fenster für die Druckeinstellungen



druckt die Ergebnislisten



öffnet das Hilfefenster



sichert das Bauteil und schließt das Programm

## Stützwandgeometrie

Die Beschreibung der Stützwandgeometrie erfolgt im grafischen Eingabemodul.

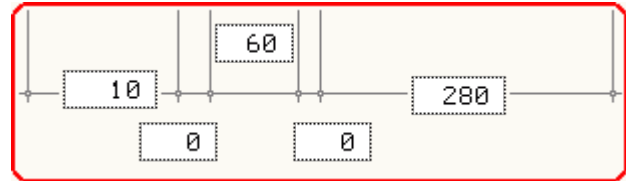
Es können Stützwände mit senkrechter oder geneigter Rückwand erzeugt werden.

Die Sporne können gerade oder gevoutet sein.

Zur Erhöhung der Gleitsicherheit kann die Sohlfuge geneigt sein.

Krag- oder Schlepplatten können ersatzweise als Einzellast mit Einzelmoment an der Stützwand abgebildet werden.

Die einzelnen Abmessungen werden im Hauptfenster direkt in die dafür vorgesehenen Eingabefelder in den Maßketten eingegeben.



Sind vorderer oder hinterer Sporn nicht vorhanden, sind die entsprechenden Maße auf Null zu setzen.



Eine Kontrolle der eingegebenen Abmessungen kann durch die grafische Systemdarstellung erfolgen.

## Bodenparameter



**Bodenschichten eingeben**

Das Fenster zur Eingabe der Bodenschichten kann alternativ über die beiden dargestellten Buttons gestartet werden.

Beschreibung der Bodenparameter										
löschen    duplizieren    neu → neue Zeile    Menü    Aktivseite										
	Name	bis z cm	h cm	$\varphi$ °	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma'$ kN/m <sup>3</sup>	c kN/m <sup>2</sup>	$\delta_a$	k <sub>ah</sub>	k <sub>ch</sub>
1:	SI	150	150	30.00	18.00	9.00	0.00	autom.	autom.	autom.
2:	TL	9999	9849	27.50	20.50	11.00	3.00	autom.	autom.	autom.
neu →										

Bild vergrößern



Die Parameter zur Eingabe der Parameter für die Berechnung der passiven Erddrücke werden durch Verschieben des horizontalen Scrollbalkens sichtbar.

Die Tabelle enthält folgende Eingabefelder

Name	<input type="text" value="SI"/>	der Name darf 10 Zeichen enthalten und dient zur Identifizierung der Schicht
z	<input type="text" value="150"/>	untere z-Koordinate der Bodenschicht in cm Der Nullpunkt liegt auf dem Wandkopf; die positive Koordinate zeigt nach unten. Durch einen Klick auf den <input type="checkbox"/> -Button wird das Eingabefeld inaktiv und stattdessen das h-Eingabefeld aktiv. So kann alternativ die Schichtdicke eingegeben werden; die untere z-Koordinate wird vom Programm errechnet.
h	<input type="text" value="200"/>	Dicke der Bodenschicht in cm Durch einen Klick auf den <input type="checkbox"/> -Button wird das Eingabefeld inaktiv und stattdessen das z-Eingabefeld aktiv; so kann alternativ die untere z-Koordinate eingegeben werden; die Schichtdicke wird vom Programm errechnet.
$\varphi$	<input type="text" value="27.50"/>	Rechenwert des inneren Reibungswinkels der Bodenschicht in Grad
$\gamma$	<input type="text" value="18.00"/>	Wichte der Bodenschicht in $\text{kN/m}^3$
$\gamma'$	<input type="text" value="9.00"/>	Wichte der Bodenschicht unter Auftrieb in $\text{kN/m}^3$
c	<input type="text" value="3.00"/>	Rechenwert der Kohäsion der Bodenschicht in $\text{kN/m}^2$
$\delta_a$	<input type="checkbox"/> autom. <input type="text" value="20.00"/>	Wandreibungswinkel auf der Aktivseite Durch einen Klick auf den <input type="checkbox"/> -Button wird das Eingabefeld freigegeben und es kann ein Wert gewählt werden. Ein Klick auf den <input type="checkbox"/> -Button stellt das Feld in den Automatikmodus. Der Wandreibungswinkel wird nun vom Programm automatisch zu $2/3 \varphi$ berechnet.
$k_{ah}$	<input type="checkbox"/> autom. <input type="text" value="0.300"/>	horizontaler Erddruckbeiwert der Bodenschicht auf der Aktivseite Durch einen Klick auf den <input type="checkbox"/> -Button wird das Eingabefeld freigegeben und es kann ein Wert gewählt werden. Ein Klick auf den <input type="checkbox"/> -Button stellt das Feld in den Automatikmodus. Der Erddruckbeiwert wird nun vom Programm berechnet.
$k_{ch}$	<input type="checkbox"/> autom. <input type="text" value="1.200"/>	horizontaler Beiwert für den Kohäsionsanteil der Bodenschicht auf der Aktivseite Durch einen Klick auf den <input type="checkbox"/> -Button wird das Eingabefeld freigegeben und es kann ein Wert gewählt werden. Ein Klick auf den <input type="checkbox"/> -Button stellt das Feld in den Automatikmodus. Der Beiwert wird nun vom Programm berechnet.
$\delta_p$	<input type="checkbox"/> autom. <input type="text" value="20.00"/>	Wandreibungswinkel auf der Passivseite Durch einen Klick auf den <input type="checkbox"/> -Button wird das Eingabefeld freigegeben und es kann ein Wert gewählt werden. Ein Klick auf den <input type="checkbox"/> -Button stellt das Feld in den Automatikmodus. Der Wandreibungswinkel wird nun vom Programm automatisch zu $-2/3 \varphi$ berechnet.
$k_{ph}$	<input type="checkbox"/> autom. <input type="text" value="0.300"/>	horizontaler Erddruckbeiwert der Bodenschicht auf der Passivseite Durch einen Klick auf den <input type="checkbox"/> -Button wird das Eingabefeld freigegeben und es kann ein Wert gewählt werden. Ein Klick auf den <input type="checkbox"/> -Button stellt das Feld in den Automatikmodus. Der Erddruckbeiwert wird nun vom Programm berechnet.
$E_m$	<input type="text" value="10.00"/>	mittlerer Zusammendrückungsmodul der Bodenschicht. Der Zusammendrückungsmodul wird für die Setzungsberechnung benötigt.

## Bermen und Böschungen

Zur Beschreibung einer gebrochenen Geländeroberfläche können Bermen oder Böschungen definiert werden.



**Bermen eingeben**

Der Aufruf des entsprechenden Eingabefensters kann über die beiden dargestellten Buttons erfolgen.

**Beschreibung der Bermen**

Berme	y cm	l cm	h cm	γ kN/m <sup>3</sup>
1:	60	100	80	19,00
2:	100	100	80	19,00
<b>neu</b> →				

**Geländeabschluss**

β: 30 °

γ<sub>β</sub>: 70 cm

γ<sub>β</sub>: 18,00 kN/m<sup>3</sup>

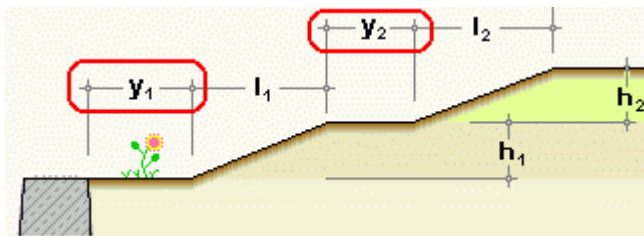


Im Normalfall können Böschungen nicht steiler als der Winkel der inneren Reibung  $\varphi$  sein. Das Programm erlaubt trotzdem die Eingabe steilerer Winkel, da die Böschung auch befestigt sein kann. In diesem Falle erfolgt die Berechnung gemäß *Spundwandhandbuch, Hoesch Spundwand und Profil*.

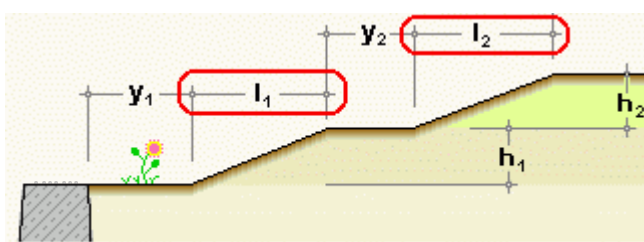
In dem oben gezeigten Fenster können maximal zehn Bermen eingegeben werden.

Die Tabelle enthält folgende Eingabefelder

**y**  horizontaler Abstand von der Innenseite des Wandkopfs oder der vorhergehenden Böschung in cm



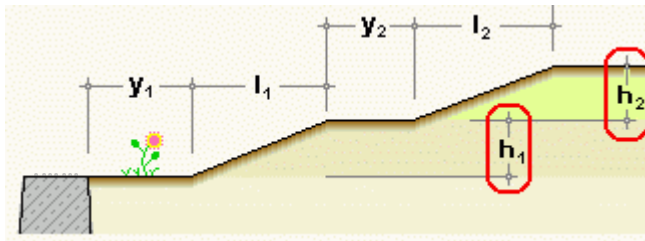
**l**  Länge der Berme in cm



**h** Höhe der Berme in cm

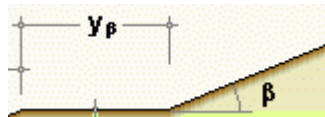


150



$\gamma$  18.00 Wichte der Bodenschicht in  $\text{KN/m}^3$

Zusätzlich kann eine konstante Neigung am Ende des Geländes vorgegeben werden.



**Geländeabschluss**

$\beta$  30 °  
 $y_\beta$  100 cm  
 $\gamma_\beta$  18.00  $\text{kN/m}^3$

Die Parameter haben folgende Bedeutungen

$\beta$  30 ° konstante Neigung am Ende des Geländes in Grad

$y_\beta$  100 cm Fuß der Neigung, gemessen vom Wandkopf oder dem Ende der letzten Berme in cm

$\gamma_\beta$  18.00  $\text{kN/m}^3$  Wichte der Bodenschicht in  $\text{KN/m}^3$

**Flächenlasten**

Das Eingabefenster zur Lasteingabe kann alternativ über die nebenstehend dargestellten Symbole gestartet werden.

Das Fenster enthält zwei Registerblätter zur Auswahl der Flächen- und **Linienlasteingabe**.

Das erste Registerblatt enthält die Eingabe der Flächenlasten.

Bezeichnung	Lasttyp	BS	P	T	A	E	Ort	$y_a$	$l$	$q$	Optionen
---	---	P	T	A	E	---	---	[cm]	[cm]	[ $\text{kN/m}^2$ ]	---
p	veränd.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Wandkopf	0	$\infty$	20.00	

Bild vergrößern

In diesem Fenster können maximal fünf Flächenlasten eingegeben werden.

Die Flächenlasten können eine Horizontalkomponente enthalten.



Durch Anklicken der **optischen Kontrolle** wird der Viewer zur Überprüfung der eingegebenen Daten aufgerufen.

Die Tabelle der Flächenlasten enthält folgende Eingabespalten

**Bezeichnung**  Name der Last

**Lasttyp**      jede Last hat bezüglich ihre Auftretens einen Typ: ständig, veränderlich, Sonderlast oder Verdichtungserddruck

veränd.	<input checked="" type="checkbox"/>
ständig	<input type="checkbox"/>
veränd. Sonderl.	<input type="checkbox"/>
Verdicht	<input type="checkbox"/>



Bei Auswahl des Verdichtungserddrucks ist als Lastwert  $q$  der entspr. DIN 4085, Bbl. 1, 5.3.4, maßgebende Wert  $e_v$  einzugeben.

**Bemessungssituation** **BS** je nach Bemessungssituation werden bei den einzelnen Nachweisen unterschiedliche Anforderungen an die Sicherheit gestellt

P	T	A	E
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

EC 7 unterscheidet folgende Situationen

- BS-P ständige Bemessungssituation
- BS-T vorübergehende Bemessungssituation (Bauzustand)
- BS-A außergewöhnliche Situation
- BS-E Erdbeben

Die einzelnen Optionsschalter legen fest, in welchen Lastfällen das Lastbild berücksichtigt wird.

Lasten vom Typ **Verdichtungserddruck** werden automatisch in BS-T eingeordnet.

**Sonderlasten** erhalten automatisch den BS-A.

Das Programm führt dann die Nachweise für jedes Lastkollektiv mit den jeweils erforderlichen Sicherheiten.

**Ort**   Die Auswahlliste legt fest, wo die Last anzuodnen ist.

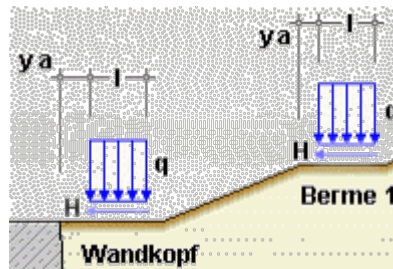
Wandkopf	<input checked="" type="checkbox"/>
v. Sporn	<input type="checkbox"/>
Wandkopf	<input type="checkbox"/>
Berme 1	<input type="checkbox"/>
Berme 2	<input type="checkbox"/>

Wird die Option **v. Sporn** gewählt, liegt die Last luftseitig auf dem vorderen Sporn.

Diese Last wird jedoch nur dann berücksichtigt, wenn die Option **Passiven Erddruck berücksichtigen** unter den **DIN-Einstellungen** aktiviert ist.

Alle übrigen Lasten liegen auf der Erdseite.

**ya**  horizontaler Abstand der Last vom gewählten Ort (Wandkopf oder Berme) in cm



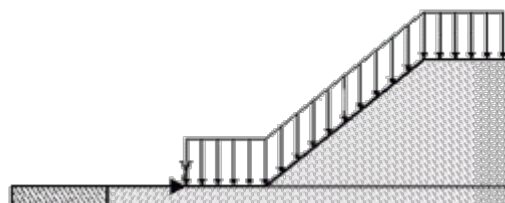
**l**  Länge der Last in cm

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text" value="200"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="∞"/>

Ist die gewählte Tiefe  $z = 0$  (Einstellung erreichbar über die Zusatzoptionen), schmiegt sich die Last an die Geländeoberkante an.

D.h. die Last setzt sich u.U. auch auf den Böschungen fort.

Soll die Last unendlich ausgedehnt sein, ist der  -Button anzuklicken und im Eingabefeld erscheint das Unendlichsymbol.



**q**  Größe der Last in  $\text{kN/m}^2$

**Optionen**     Schalter zum Aufruf des Fensters mit den Zusatzoptionen.

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-------------------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

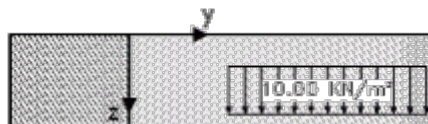
Die nachfolgenden Einstellungen sind über dieses Optionsfenster erreichbar.

Tiefe z .....

Ist die gewählte z-Ordinate Null, liegt die Last auf der Geländeoberkante.

Wird eine Tiefe  $z > 0$  (in cm) eingegeben, liegt der Angriffspunkt der Last unter der Geländeoberkante.

Auf diese Weise lassen sich z.B. Fundamentlasten angrenzender Bebauungen berücksichtigen.



Blocklast b

horizontale Ausdehnung der Last in der Draufsicht in cm

Standardmäßig ist eine unendliche Ausdehnung voreingestellt.

Hat die Last eine endliche Breite, wird das Eingabefeld durch einen Klick auf den  - Button freigegeben.

Ein Klick auf den  - Button schaltet zurück in den "Unendlichmodus".

Horizontal-  
last H


jede Flächenlast kann eine Horizontalkomponente H in kN/m enthalten, die luftseitig senkrecht zur Wand gerichtet ist

Lastbild teilen, wenn ungünstig

über diese Option wird bei Nachweisen der äußeren Standsicherheit sichergestellt, dass Lasten, die die fiktive lotrechte Gleitfläche an der hinteren Spornkante schneiden, geteilt werden

Auf diese Weise wird nur der ungünstig wirkende Anteil angesetzt.

Diese Option ist inaktiv, wenn eine ständige Last gewählt wurde.

 Im Regelfall kann für alle Nachweise, mit Ausnahme der Sicherheit gegen Grundbruch, vorab vom Programm entschieden werden, welcher Lastanteil ungünstig wirkt, so dass auch nur der maßgebende Anteil berechnet wird.

Falls diese Option aktiv ist, sollte daher, um sicher zu gehen, dass für den Grundbruchnachweis auch die ungünstigste Kombination gefunden wurde, in einem weiteren Rechenlauf die Option deaktiviert und kontrolliert werden, ob die geforderten Sicherheiten immer noch erfüllt sind.

Alternativ kann die Last in zwei Lastbilder unterteilt werden. Dies kann jedoch zu unterschiedlichen Erddrücken führen, da unendlich ausgedehnte und begrenzte Auflasten unterschiedliche Erddruckbeiwerte erhalten können.

**Erddruckansatz**

Trapez (Standardeinstellung)

Rechteck (gemäß Ril 804, Abs 23, nur in Verbindung mit H-Lastenteil)

über diese Option können Lastbilder entspr. Ril 804,



Abs. 23, erzeugt werden, die einen H-Lastanteil z.B. aus Fliehkräften oder Seitenstoß enthalten

bei Aktivierung der Option **über Schichtgrenzen mitteln** werden die

- schichtweise (Standardeinstellung)
- über Schichtgrenzen mitteln

Erddrucksprünge an Schichtgrenzen "verschmiert" (flächengleiche Umwandlung)

## Linienlasten

  Das Eingabefenster zur Lasteingabe kann alternativ über die nebenstehend dargestellten Symbole gestartet werden.

Das Fenster enthält zwei Registerblätter zur Auswahl der Linien- und **Flächenlasteingabe**.

Das zweite Registerblatt enthält die Eingabe der Linienlasten.

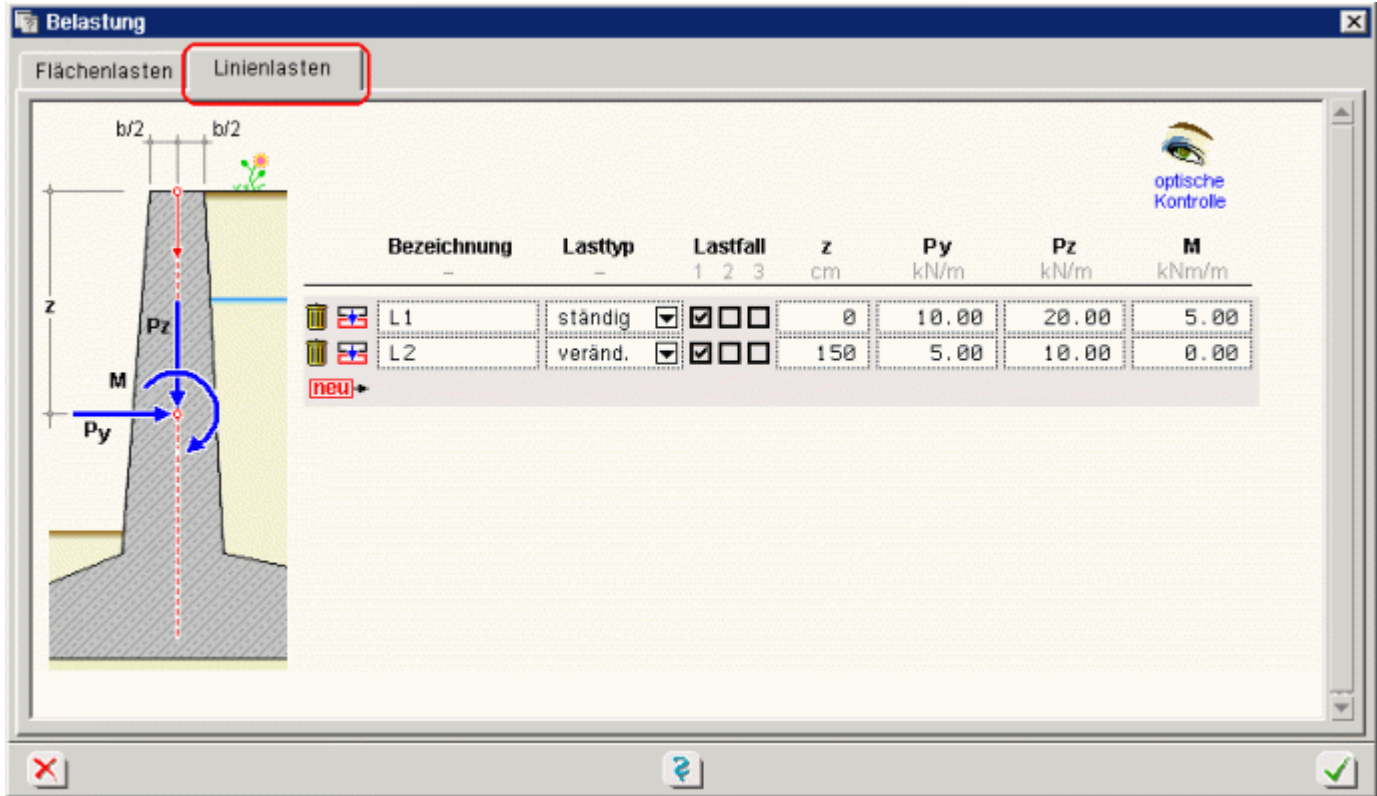


Bild vergrößern 

In diesem Fenster können maximal fünf Linienlasten eingegeben werden, die direkt an der Wand angreifen. Zur Verfügung stehen Lasten in y- und z-Richtung und Momente.



Durch Anklicken der **optischen Kontrolle** wird der Viewer zur Überprüfung der eingegebenen Daten aufgerufen.

Die Tabelle der Linienlasten enthält folgende Eingabespalten

**Bezeichnung**  Name der Last

**Lasttyp** .....  ständig  veränd.  Sonderl.  
 jede Last hat bezüglich ihres Auftretens den Typ: ständig, veränderlich oder Sonderlast

**Bemessungssituation** BS  
 P T A E je nach Bemessungssituation werden bei den einzelnen Nachweisen unterschiedliche Anforderungen an die Sicherheit gestellt

Der EC 7 unterscheidet folgende Situationen

- BS-P ständige Bemessungssituation
- BS-T vorübergehende Bemessungssituation (Bauzustand)
- BS-A außergewöhnliche Situation

## BS-E Erdbeben

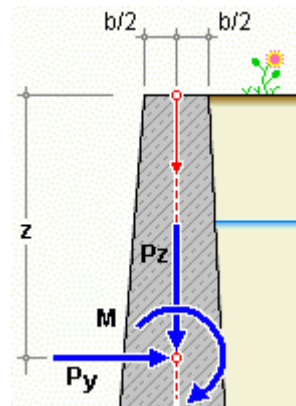
Die einzelnen Optionsschalter legen fest, in welchen Lastfällen das Lastbild berücksichtigt wird.

**Sonderlasten** erhalten automatisch BS-A.

Das Programm führt dann die Nachweise für jedes Lastkollektiv mit den jeweils erforderlichen Sicherheiten.

**z** .....

vertikaler Abstand der Last vom Wandkopf in cm



**Py** .....

y-Komponente der Kraft in kN

**Pz** .....

z-Komponente der Kraft in kN

**M** .....

Momentenanteil der Last in kNm

### DIN-Einstellungen

Unter diesem Menüpunkt werden alle Einstellungen bezüglich der verwendeten Normen und Materialien sowie der Nachweisparameter getroffen.



das Eingabefenster wird über den **DIN-Button** geöffnet

**BEMESSUNGSOPTIONEN**

Normen/Material | Erdruckermittlung | Innere Standsicherheit | Äußere Standsicherheit | Böschungsbruch

**Bemessungsnorm**

DIN 1045 1988-07  
 DIN 1045-1 2008-08  
 DIN EN 1992-1

**Baugrundnorm**

DIN 1054 1976-11  
 DIN 1054 2005-01  
 DIN EN 1997-1

**Erdruckberechnung**

Wandbeschaffenheit  $\delta$

verzahnt 2/3  $\varphi$   
 rau 2/3  $\varphi$   
 weniger rau 1/3  $\varphi$   
 glatt 0

Passiven Erddruck berücksichtigen

in BS-P  
 in BS-T  
 in BS-A  
 in BS-E

nach Caquot/Kerisel  
 nach Sokolovsky/Pregl

Ausbreitungswinkel für Blocklasten:  °

Mindesterdrukbeiwert vorgeben:  -  
 gemäß DIN 4085 berechnen


Strömungsdruck nicht berücksichtigen  
 Strömungsdruck nach Bent Hansen

**Parameter Wand und Sohle**

Beton   
 Betonstahl   
 Materialwichte  kN/m<sup>3</sup>  
 Bettungsmodul der Sohle  MN/m<sup>3</sup>

vorgeben:  
 berechnen aus Setzung

Parameter

Bild vergrößern 

Das Fenster enthält fünf Karteireiter.

- im ersten Registerblatt befinden sich die Einstellungen zu den **Normen und Materialien**
- das zweite Blatt enthält die Einstellungen zur Berechnung des **Erdrucks** für innere und äußere Standsicherheit
- im dritten Registerblatt werden die Einstellungen zu den Berechnungen und Nachweisen der **inneren Standsicherheit** (Bemessung) vorgenommen
- das vierte Register enthält die Einstellungen zu den Nachweisen der **äußeren Standsicherheit**
- im fünften Register befinden sich die Einstellungen für den Nachweis des **Böschungsbruchs**

### Normen und Materialien

 Das Eingabefenster wird über den **DIN-Button** geöffnet und befindet sich dort im ersten Registerblatt.



Bild vergrößern

Die Eingabefelder haben die folgenden Bedeutungen.

#### Bemessungsnorm

- DIN 1045 1988-07  
 DIN 1045-1 2008-08  
 DIN EN 1992-1  
 Deutschland

Für die Nachweise der inneren Standsicherheit können DIN EN 1992-1 (EC 2), DIN 1045-1 2008-08 oder auch die alte DIN 1045 1988-07 gewählt werden.

Bei Wahl der DIN EN 1992-1 (EC 2) wird das Flaggensymbol aktiv. Durch einen Klick auf das Symbol kann der nationale Anhang gewechselt werden.

Die entsprechenden Beiwerte für die Überlagerungsregel werden automatisch vom Programm gewählt.

#### Baugrundnorm

- DIN 1054 1976-11  
 DIN 1054 2005-01  
 DIN EN 1997-1

Für die Nachweise der äußeren Standsicherheit können DIN EN 1997-1 (EC 7), DIN 1054 2005-01 oder die alte DIN 1054 1976-11 gewählt werden.

Bei Wahl der DIN EN 1997-1 oder der DIN 1054 können zusätzlich die verwendeten Sicherheitsbeiwerte verändert werden.

Der Aufruf der entsprechenden Eingabemaske erfolgt über die Buttons [Einwirkungen](#) bzw. [Widerstände](#).

Einwirkung bzw. Beanspruchung	Formelzeichen	Lastfall		
		LF 1	LF 2	LF 3
<b>GZ 1A: Grenzzustand des Verlustes der Lagesicherheit</b>				
Günstige ständige Einwirkungen	$\gamma_{G,stab}$	0.900	0.900	0.950
Ungünstige ständige Einwirkungen	$\gamma_{G,dst}$	1.000	1.000	1.000
Strömungskraft bei günstigem Untergrund	$\gamma_H$	1.100	1.300	1.200
Strömungskraft bei ungünstigem Untergrund	$\gamma_H$	1.800	1.600	1.350
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	$\gamma_{Q,dst}$	1.000	1.000	1.000
<b>GZ 1B: Grenzzustand des Versagens von Bauwerken und Bauteilen</b>				
Beanspruchungen aus ständige Einwirkungen allgemein	$\gamma_G$	1.350	1.200	1.000
Beanspruchungen aus ständige Einwirkungen aus Erdruchdruck	$\gamma_{E0g}$	1.200	1.100	1.000
Beanspruchungen aus ungünstigen veränderlichen Einwirkungen	$\gamma_Q$	1.500	1.300	1.000
<b>GZ 1C: Grenzzustand des Verlustes der Gesamtstandsicherheit</b>				
Ständige Einwirkungen	$\gamma_G$	1.000	1.000	1.000
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	$\gamma_Q$	1.300	1.200	1.000
<b>GZ 2: Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit</b>				
$\gamma_G =$	1.000	für ständige Einwirkungen bzw. Beanspruchungen		
$\gamma_Q =$	1.000	für veränderliche Einwirkungen bzw. Beanspruchungen		


Werte, die nicht denen der DIN 1054 2005-01 entsprechen, erscheinen in roter Farbe.

Die Standardwerte können durch Klicken des **Standardwerte**-Buttons wieder hergestellt werden.

#### Betongüte

die Betongüte wird über die Listbox eingestellt


Bei Auswahl der **frei**-Einstellung kann das Materialgesetz frei definiert werden.

Das Fenster zum Einstellen der Materialparameter wird durch Anklicken des  - Buttons geöffnet.

#### Betonstahl

die Betonstahlsorte wird über die Listbox eingestellt

Bei Auswahl der **frei**-Einstellung kann das Materialgesetz frei definiert werden.

Das Fenster zum Einstellen der Materialparameter wird durch Anklicken des  - Buttons geöffnet.

#### Materialwichte

KN/m<sup>3</sup>

mit der hier eingegebenen Materialwichte werden alle Eigengewichtslasten ermittelt

#### Bettungsmodul der Sohle

vorgeben:  MN/m<sup>3</sup>  
 berechnen aus Setzung

Die Berechnung der Schnittgrößen für die innere Standsicherheit erfolgt auf einem elastisch gebetteten Fundamentbalken mit dem hier eingegebenen Bettungsmodul.

Der Wert kann wahlweise direkt vorgegeben oder aus einer Setzungsberechnung vom Programm ermittelt werden.

Zur Orientierung sind hier ein paar grobe Anhaltswerte nach

Lang, Huder, Amann: Das Verhalten von Böden und Fels und die wichtigsten grundbaulichen Konzepte, 6. Auflage, angegeben.

Bodenart	Bettungsmodul $k_s$ in $\text{MN/m}^3$ ca.
Torf, Humus	5 - 20
Ton, weich	20 - 10
Ton, plastisch	30 - 60
Ton, steif	50 - 90
Ton, sehr steif	100 - 120
Ton, sandig	80 - 100
Sand, locker gelagert	10 - 30
Sand, dicht gelagert	80 - 100
Kies, fein mit Sand	100 - 120
Kies, mittel mit Sand	120 - 150
Kies, grob mit Sand	180 - 240
Kies, sehr dicht gelagert	200 - 300

Wandbeschaffenheit	$\delta$ ebene	gekrümmte Gleitfl.
<input checked="" type="radio"/> verzahnt	$2/3 \varphi$	$\varphi$
<input type="radio"/> rauh	$2/3 \varphi$	$\min(27.5, \varphi - 2.5)$
<input type="radio"/> weniger rauh	$1/3 \varphi$	$1/2 \varphi$
<input type="radio"/> glatt	0	0

Sofern bei der Eingabe der **Bodenschichten** die betreffenden Eingabefelder für die Wandreibungswinkel auf **automatisch** gestellt sind, ermittelt das Programm die Wandreibungswinkel auf der Aktiv- und Passivseite in Abhängigkeit der gewählten Wandbeschaffenheit automatisch.

Die Wandreibungswinkel werden in der Tabelle neben den Optionen dargestellt.

Wird auf der Passivseite der Ansatz mit gekrümmten Gleitflächen nach Caquot/Kerisel gewählt, werden für den passiven Erddruck in Anlehnung an die Vorgaben der DIN 4085 die entsprechenden Werte eingesetzt.

- Passiven Erddruck berücksichtigen
  - in BS-P
  - in BS-T
  - in BS-A
  - in BS-E
  - nach Caquot/Kerisel
  - nach Sokolovsky/Pregl

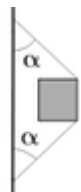
Soll der Erdwiderstand auf der Luftseite der Stützwand berücksichtigt werden, ist der entsprechende Optionsknopf zu aktivieren.

Optional kann zusätzlich definiert werden, in welchen Nachweislastfällen der Erdwiderstand angesetzt wird.

So kann beispielsweise erreicht werden, dass im Bauzustand (BS-T) aufgrund der noch nicht vorhandenen Auffüllung der passive Erddruck noch nicht wirkt.

Ausbreitungswinkel für Blocklasten  °

horizontaler Ausbreitungswinkel einer vierseitig begrenzten Flächenlast



Mindesterdruddruckbeiwert vorgeben:

bei Berücksichtigung der Kohäsion können im Bereich der Geländeoberfläche kleine oder gar rechnerisch negative Erddruckwerte auftreten

Um Unsicherheiten infolge örtlicher Schwachstellen des Bodens zu begegnen, sehen die Normen daher Mindesterdruddrucke vor.

Diese Option entspricht den Vorgaben der DIN 4085 1987-02, 5.2.2.2, wonach ein Mindesterdruddruckbeiwert  $k_{agh} = 0.2$  anzusetzen ist.

gemäß E DIN 4085:2002, 6.3.1.4 berechnen

diese Option entspricht den Bestimmungen der Entwurfsnorm E DIN 4085 2002-01, wonach ein Mindesterdruddruck anzusetzen ist, der von den geometrischen Größen des Systems abhängig ist

sind vor und hinter der Wand unterschiedliche Wasserstände

**Strömungsdruck nicht berücksichtigen**

vorhanden, wirkt ein aus der Druckhöhendifferenz resultierender Wasserüberdruck

Bei Aktivierung dieser Option wird der Einfluss des Strömungsdrucks, der sich aus der Sickerströmung entlang der Wand ergibt, nicht berücksichtigt.

Es wird lediglich der Wasserüberdruck angesetzt.

**Strömungsdruck nach Bent Hansen**

bei Aktivierung dieser Option wird der Einfluss des Strömungsdrucks mit dem Näherungsverfahren n. Bent Hansen (s. Spundwandhandbuch) ermittelt.

Bei diesem Ansatz wird der Einfluss der Sickerströmung mittels modifizierter Wichten von Boden und Wasser erfasst.

Dieser Ansatz entspricht einer einfachen Näherung, deren Zulässigkeit im Einzelfall zu prüfen ist.

## Erddruckermittlung



das Eingabefenster zur Erddruckermittlung wird über den **DIN**-Button geöffnet und befindet sich im zweiten Register

**BEMESSUNGSOPTIONEN**

Normen/Material | **Erddruckermittlung** | Innere Standsicherheit | Äußere Standsicherheit | Böschungsbruch

**Erddruckansatz für innere Standsicherheit (Wandbemessung)**

- Aktiver Erddruck  $E_a$
- Erhöhter aktiver Erddruck  $0,75 E_a + 0,25 E_s$
- Erhöhter aktiver Erddruck  $0,50 E_a + 0,50 E_s$
- Erhöhter aktiver Erddruck  $0,25 E_a + 0,75 E_s$
- Erdruhedruck  $E_0$
- Erhöhter aktiver Erddruck  $F \times E_a + (1 - F) \times E_0$   
mit  $F = 1,000$
- Trapezförmige Erddruckumlagerung nach DIN 4085:1987-02

Abminderungsfaktor für passiven Erddruck  
 $f_{red}$  Bemessung:

**Position des Lagers zur Aufnahme der Horizontalkräfte**

- Anfang vorderer Sporn
- unter dem Wandfußpunkt
- Ende hinterer Sporn

**Erddruckansatz für äußere Standsicherheit**

- Aktiver Erddruck  $E_a$
- Erhöhter aktiver Erddruck  $0,75 E_a + 0,25 E_s$
- Erhöhter aktiver Erddruck  $0,50 E_a + 0,50 E_s$
- Erhöhter aktiver Erddruck  $0,25 E_a + 0,75 E_s$
- Erdruhedruck  $E_0$
- Erhöhter aktiver Erddruck  $F \times E_a + (1 - F) \times E_0$   
mit  $F = 1,000$

- Erddruckberechnung mit geneigten Gleitflächen**  
Rutschkeilverfahren
- Erddruckberechnung mit lotrechten Gleitflächen**  
Ersatzwandverfahren (Näherung, gilt nur für Sonderfälle)

Abminderungsfaktoren für passiven Erddruck

$f_{red}$  Regelfallbemessung:

$f_{red}$  Ausmitte:

$f_{red}$  Kippen:

$f_{red}$  Gleiten:

$f_{red}$  Grundbruch:

$f_{red}$  Setzung:

Bild vergrößern

Die Eingabefelder haben folgende Bedeutungen.

• **Erddruckansatz für innere Standsicherheit (Wandbemessung)**

Der zu wählende Erddruckansatz (aktiver oder Erdruhedruck) ist abhängig von den Verformungseigenschaften der Stützkonstruktion und evtl. von bauvertraglichen Vorgaben.

So sollen nach ZTV-Ing massive Bauteile für Erdruhedruck bemessen werden.

Über die zur Auswahl stehenden Optionen können hier die zutreffenden Einstellungen bzgl. des Erddruckansatzes vorgegeben werden.

Gemäß DIN 4085:1987-02 ist für Stützwände der Erddruckanteil aus Bodeneigengewicht in ein flächengleiches Trapez umzuwandeln, bei dem die untere Ordinate doppelt so groß ist wie die obere.

Diese Umlagerung kann über die nebenstehende Option angesetzt werden.

Ist die Option zur Berücksichtigung des passiven Erddrucks aktiviert, kann hier ein Mobilisierungsfaktor für die Nachweise der inneren Standsicherheit eingegeben werden.

Das statische Ersatzsystem entspricht einem auf dem Kopf stehenden T.

Die Vertikalkräfte werden von der elastischen Bettung in der Sohle aufgenommen.

Die Position des Lagers zur Aufnahme der horizontalen Auflagerkräfte kann entsprechend der nebenstehenden alternativen Optionen gewählt werden.

#### • Erddruckansatz für äußere Standsicherheit

Analog zur inneren Standsicherheit kann auch für die Nachweise der äußeren Standsicherheit der anzusetzende Erddruck gewählt werden.

Über die zur Auswahl stehenden Optionen können hier die zutreffenden Einstellungen bzgl. des Ansatzes für die äußere Standsicherheit vorgegeben werden.

Der Erddruck kann nach zwei verschiedenen Verfahren berechnet werden.

Das realitätsnähere Verfahren ist das *Rutschkeilverfahren*, bei dem von einem keilförmigen Bruchkörper hinter der Wand ausgegangen wird.

Das *Ersatzwandverfahren* hingegen ist ein Näherungsverfahren und somit an verschiedene Bedingungen geknüpft (z.B. kein geböschtes Gelände).

Ist die Option zur Berücksichtigung des passiven Erddrucks aktiviert, kann hier für jeden Nachweis ein Mobilisierungsfaktor eingegeben werden.

#### Erddruckansatz für innere Standsicherheit (Wandbemessung)

- Aktiver Erddruck  $E_a$
- Erhöhter aktiver Erddruck  $0,75 E_a + 0,25 E_0$
- Erhöhter aktiver Erddruck  $0,50 E_a + 0,50 E_0$
- Erhöhter aktiver Erddruck  $0,25 E_a + 0,75 E_0$
- Erdruhedruck  $E_0$
- Erhöhter aktiver Erddruck  $F \times E_a + (1 - F) \times E_0$

- Trapezförmige Erddruckumlagerung nach DIN 4085:1987-02

#### Abminderungsfaktor für passiven Erddruck

$f_{red}$  Bemessung:

#### Position des Lagers zur Aufnahme der Horizontalkräfte

- Anfang vorderer Sporn
- unter dem Wandfußpunkt
- Ende hinterer Sporn

#### Erddruckansatz für äußere Standsicherheit

- Aktiver Erddruck  $E_a$
- Erhöhter aktiver Erddruck  $0,75 E_a + 0,25 E_0$
- Erhöhter aktiver Erddruck  $0,50 E_a + 0,50 E_0$
- Erhöhter aktiver Erddruck  $0,25 E_a + 0,75 E_0$
- Erdruhedruck  $E_0$
- Erhöhter aktiver Erddruck  $F \times E_a + (1 - F) \times E_0$

#### Erddruckberechnung mit geneigten Gleitflächen

Rutschkeilverfahren

#### Erddruckberechnung mit lotrechten Gleitflächen

Ersatzwandverfahren (Näherung, gilt nur für Sonderfälle)

#### Abminderungsfaktoren für passiven Erddruck

$f_{red}$ Regelfallbemessung:	<input type="text" value="0.500"/>
$f_{red}$ Ausmitte:	<input type="text" value="0.000"/>
$f_{red}$ Kippen:	<input type="text" value="0.000"/>
$f_{red}$ Gleiten:	<input type="text" value="1.000"/>
$f_{red}$ Grundbruch:	<input type="text" value="0.500"/>
$f_{red}$ Setzung:	<input type="text" value="0.000"/>



## Nachweise der äußeren Standsicherheit

Bei der Auswahl der zu führenden Nachweise gibt es zwei Grundeinstellungen, durch die die zu führenden Nachweise vorgegeben werden; entweder die Nachweisführung **für einfache Fälle** (Regelfallbemessung) oder die genauere **direkte Bemessung**.

Zusätzlich ist es aber auch möglich durch die Option **individuell** die Nachweise direkt an- oder abzuwählen.

### • Eurocode 7 bzw. DIN 1054:2010

Bei Nachweisführung n. Eurocode bzw. DIN 1054:2010 gehören zur direkten Bemessung die Tragfähigkeitsnachweise

- Nachweis der Sicherheit gegen **Kippen**
- ... gegen **Gleiten**
- ... gegen **Grundbruch**

sowie die Gebrauchstauglichkeitsnachweise

- Begrenzung einer **klaffenden Fuge**
- Verschiebung in der **Sohlfläche**
- Nachweis der zulässigen **Setzung**

Für den Nachweis der Gleitsicherheit kann der Sohlreibungswinkel  $\delta_{s,k}$  direkt vorgegeben oder über Angabe zur Beschaffenheit der Sohlfläche (glatt oder rau) vom Programm automatisch ermittelt werden.

Welche Setzung bzw. Schiefstellung zulässig ist, ist ebenfalls vom Anwender festzulegen.

Wenn durch die Verhältnisse im Untergrund eindeutig klar ist, bis zu welcher Tiefe die setzungserzeugenden Spannungen berücksichtigt werden müssen, kann die Grenztiefe vorgegeben werden.

Bild vergrößern

### • DIN 1054:2005

Bei Nachweisführung n. DIN 1054:2005 sind statt des Gebrauchstauglichkeitsnachweises Begrenzung einer **klaffenden Fuge** der Tragfähigkeitsnachweis

- zulässige Ausmitte der Sohldruckresultierenden unter Gesamtlast

und der Gebrauchstauglichkeitsnachweis

- zulässige Ausmitte der Sohldruckresultierenden unter ständigen Lasten

Teil der direkten Bemessung.

Diese beiden Nachweise entsprechen genau dem Nachweis *Begrenzung einer klaffenden Fuge* nach Eurocode, zumal auch der Tragfähigkeitsteil des Nachweises unter 1.0-fachen Lasten zu führen ist.

Wenn die Voraussetzungen von Bauwerksabmessungen, Bodenbeschaffenheit und Belastung gewährleistet sind, kann als Nachweis der Standsicherheit auch der **vereinfachte Nachweis in Regelfällen** angewandt werden.

Ob die Voraussetzungen bzgl. Abmessungen und Belastung vorliegen, wird vom Programm überprüft.



Der Nachweis beschränkt sich i.W. auf den Nachweis des aufnehmbaren Sohldrucks, der, wenn durch ein Bodengutachten ermittelt, direkt vorgeben werden kann; aAndernfalls wird er auf einem Tabellenverfahren basierend bestimmt.



### Vorsicht Verwechslungsgefahr!

Während der vereinfachte Nachweis bisher (bis DIN 1054:2005) auf charakteristischer Basis geführt wurde, ist der Nachweis für Eurocode im Grenzzustand GEO-2 zu führen.

D.h., dass auch der zulässige Sohldruck als Bemessungswert ermittelt wird bzw. als solcher vorzugeben ist.

Die Baugrundart ist entsprechend den Klassifikationen der DIN festzulegen.

Die mittlere Wichte oberhalb der Plattenoberkante dient nur zur Ermittlung der Erdauflast.

Die Nachweise gegen *Kippen* und zur *Begrenzung einer klaffenden Fuge* gehören dabei zu den Voraussetzungen für den vereinfachten Nachweis.

The screenshot shows a software interface with the following elements:

- Navigation tabs: Normen/Material, Erdruckermittlung, Innere Standsicherheit, Äußere Standsicherheit, Böschungsbruch.
- Section: **Nachweisführung**
  - nur für einfache Fälle
  - direkte Bemessung
  - individuell
- Left column: **Nachweis der Tragfähigkeit (ULS)**
  - Sicherheit gegen Kippen
  - Grundbruchsicherheit
  - Gleitsicherheit
- Right column: **Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (SLS)**
  - Begrenzung einer klaffenden Fuge
    - zugehörigen Sohldruck ausweisen
  - Verschiebung in der Sohlfläche
  - Setzungen

Below the columns, there is a section for simplified design:

**Vereinfachter Nachweis in Regelfällen**  
Bei einheitlichen und überschaubaren Bodenverhältnissen als Alternative für Grundbruch-, Gleitsicherheit und Nachw. der zul. Setzung.

- Aufnehmbarer Sohldruck (zulässige Bodenpressung)**
  - aus Bodengutachten übernehmen
  - entsprechend DIN 1054 ermitteln (Tabellenverfahren)**
    - Der vorhandene Baugrund ist:
    - Das Bauwerk ist setzungsempfindlich (bzw. statisch unbestimmt)**
    - Der Boden weist eine hohe Festigkeit auf

Bild vergrößern

## Nachweise der inneren Standsicherheit (Bemessung)

das Eingabefenster wird über den **DIN**-Button geöffnet und befindet sich dort im dritten Registerblatt



Bild vergrößern

Das Programm ermöglicht die Bemessung der massiven Bauteile.

Das statische Ersatzsystem entspricht einem auf dem Kopf stehenden T, wobei die Fundamentsohle auf einer elastischen Bettung gelagert ist.

Das Programm kann die entspr. DIN EN 1992-1, DIN 1045-1 bzw. DIN 1045 geforderten Nachweise führen.

Im Einzelnen sind dies

- **Biege-** und Normalkraftbemessung
- **Schubbemessung**
- **Rissnachweis**
- **Spannungsnachweis** (nicht DIN 1045-88)
- **Ermüdungs-** bzw. Schwingbreitennachweis

Die Eingabefelder haben folgende Bedeutungen

<b><u>Bemessungseinstellungen</u></b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Fundamentplatte</b>	über die Option kann die Bemessung der Fundamentplatte abgestellt werden
	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Wand</b>	über die Option kann die Bemessung der Wand abgestellt werden
	<b>Optionen</b>	über diesen Button wird das Fenster zur Eingabe der <b>Bemessungsparameter</b> des betreffenden Bauteils (Wand oder Fundament) geöffnet

**allgemeine Nachweisooptionen** der Button öffnet das Fenster zur Einstellung globaler Nachweisooptionen

Der Rissnachweis kann nach den Verfahren entspr. der Norm (ohne oder mit direkter Berechnung) und darüber hinaus n. Heft 400 oder *Noakowski* geführt werden.

#### **Rissnachweis**

- nach Norm (ohne direkte Berechnung)
- nach Norm (direkte Berechnung)
- nach Schießl
- nach Noakowski

Für den Schubnachweis kann zusätzlich gewählt werden, ob der Hebelarm der inneren Kräfte aus dem Bruchsicherheitsnachweis oder aus  $z = 0.9 \cdot d$  berechnet werden soll.

#### **Schubbemessung**

- $z$  aus Biegebemessung
- $z = 0,9 \cdot d < d - 2c_{nom}$
- $z$  aus Biegebem.  $< d - 2c_{nom}$

Berechnung der Verformungen

bei Aktivierung dieser Option werden die Schnittgrößen und die Verformungen unter charakteristischen Lasten am Gesamtsystem errechnet und ausgegeben

Somit kann beispielsweise überprüft werden, ob sich die erforderlichen Verschiebungen zur Aktivierung des aktiven Erddrucks einstellen.

 Berechnung mit Zugfederausschaltung  
(rechenzeitintensiv)


bei dieser Option wird die Berechnung zur Erfassung klaffender Fugen mit einer Zugfederausschaltung durchgeführt

Da diese Einstellung die Rechenzeit erhöht, sollte sie nur gewählt werden, wenn eine klaffende Fuge zu erwarten ist.

Überlagerungsregeln

bei Eingabe vieler veränderlicher Lasten entstehen aufgrund des Teilsicherheitskonzepts viele Lastkombinationen, so dass die Bemessung rechenzeitintensiv werden kann

Daher können unter diesem Punkt verschiedene Vorgaben gemacht werden, die die Anzahl der Lastkombinationen erheblich reduzieren.

 Die hier vorgenommenen Einstellungen sind nur bei den Berechnungen der inneren Standsicherheit wirksam!

 Alle erdseitigen Flächenlasten können nur gemeinsam wirken

falls die Flächenlasten der gleichen Ursache zuzuordnen sind, können sie auch nur gemeinsam auftreten und reduzieren so die zu untersuchenden Kombinationen

 Alle erdseitigen Flächenlasten wirken ungünstig

da die erdseitigen Flächenlasten eine gleichgerichtete Last auf die Wand erzeugen, kann meistens davon ausgegangen werden, dass sie nur ungünstig wirken

 Alle Linienlasten können nur gemeinsam wirken

falls die Linienlasten der gleichen Ursache zuzuordnen sind, können sie auch nur gemeinsam auftreten und reduzieren so die zu untersuchenden Kombinationen

 Alle Linienlasten wirken ungünstig

sofern davon ausgegangen werden kann, dass die Linienlasten grundsätzlich ungünstig wirken, sollte diese Option aktiviert werden

 Alle Eigengewichtslasten wirken ungünstig

sofern davon ausgegangen werden kann, dass die Eigengewichtslasten einschließlich des Erddrucks aus Bodeneigengewicht grundsätzlich ungünstig wirken, sollte diese Option aktiviert werden

## Böschungsbruch

Das Programm generiert verschiedene Gleitkreise und errechnet die zugehörigen Sicherheiten entspr. DIN 1054:2010-12 oder DIN 4084.

Zur Durchführung ist die Eingabe zusätzlicher Parameter erforderlich.

So ist der Bereich möglicher Gleitkreismittelpunkte vom Anwender vorzugeben.

Der Radius kann zusätzlich durch Definition zweier Punkte Z1 und Z2, die auf dem Kreisbogen liegen (entweder liegt Z1 oder Z2 auf dem Bogen) zwischen diesen beiden Bögen variiert werden.

Hat der Anwender keine Vorstellung wie der maßgebende Gleitkreis aussieht, sollte in einem ersten Rechenlauf ein größerer Bereich mit Mittelpunkten und Radien, aber dafür mit grober Rasterung, eingegeben werden, um die Rechenzeit nicht unnötig zu verlängern.

Danach kann man in dem Bereich mit der kleinsten Sicherheit nochmals, aber mit einer feineren Rasterung, rechnen, um sich so an den maßgebenden Gleitkreis heranzutasten.

In den meisten Fällen ist jedoch der Endpunkt des hinteren Sporns ein maßgebender Zwangspunkt, was durch entsprechende Eingabeoption auch so gesetzt werden kann.

Das Eingabefenster wird über den **DIN**-Button geöffnet und befindet sich dort im fünften Registerblatt.

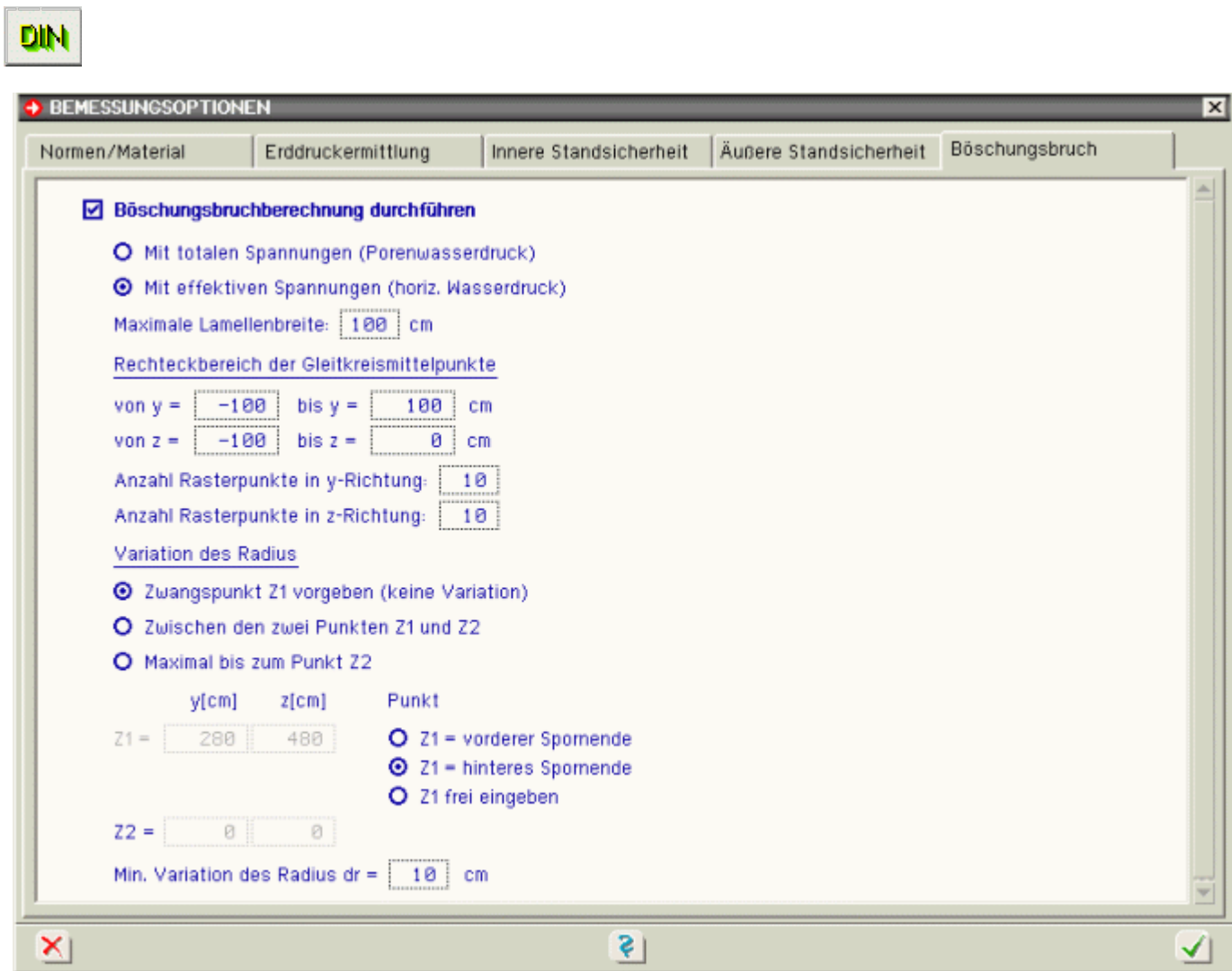


Bild vergrößern

Der Nachweis der Untersuchung des Böschungsbruchs wird durch Anschalten des Optionsknopfs aktiviert.

Die einzelnen Eingabefelder haben folgende Bedeutungen

bei aktiviertem Schalter wird der Porenwasserdruck je Lamelle angesetzt

bei aktiviertem Schalter wird das Gewicht der Lamelle unter Auftrieb angesetzt

legt die maximale Breite der automatisch vom Programm generierten Lamellen fest

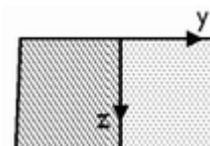
Ein kleinerer Wert bewirkt eine höhere Genauigkeit, aber auch eine längere Rechenzeit.

Ein sinnvolles Maß sind 100 cm.

das Fenster, in dem die Mittelpunkte der untersuchten Gleitkreise liegen, wird durch die hier eingegebenen Bereiche markiert

Der Ursprung des Bezugskordinatensystems liegt an der erdseitigen Ecke des Wandkopfs.

Die positive y-Koordinate zeigt nach rechts, die z-Koordinate nach unten.



#### Böschungsbruchberechnung durchführen

Mit totalen Spannungen (Porenwasserdruck)

Mit effektiven Spannungen (horiz. Wasserdruck)

Maximale Lamellenbreite: 100 cm

#### Rechteckbereich der Gleitkreismittelpunkte

von y = -200 bis y = 50 cm

von z = -100 bis z = 100 cm

legt die Anzahl der zu untersuchenden Mittelpunkte in y- bzw. z-Richtung fest

Anzahl Rasterpunkte in y-Richtung:

Anzahl Rasterpunkte in z-Richtung:

hier werden die Angaben zur Variation des Radius gemacht  
Folgende Optionen stehen zur Auswahl

der Radius wird nicht variiert. Alle Gleitkreise verlaufen durch den Punkt Zwangspunkt Z1

die Koordinaten von Z1 werden über die Eingabefelder eingegeben

die Wahl der Option **Z1 = vorderes Spornende** bewirkt, dass automatisch die Koordinaten des vorderen Fußpunkts für Z1 eingesetzt werden

Die Wahl der Option **Z1 = hinteres Spornende** bewirkt, dass automatisch die Koordinaten des hinteren Fußpunkts für Z1 eingesetzt werden. Dies ist i.d.R. die sinnvollste Einstellung.

Ist die Option **Z1 frei eingeben** aktiv, werden die Eingabefelder für die Koordinaten freigeschaltet und es kann ein freier Punkt gewählt werden.

durch Definition zweier Punkte Z1 und Z2 wird der Bereich festgelegt, zwischem dem die Radien variiert werden

die innere Grenze der Radiusvariation wird durch den Baukörper der Winkelstützwand begrenzt

Die äußere Grenze ist durch den Punkt Z2 festgelegt.

die Koordinaten von Z2 werden über die Eingabefelder eingegeben

das Eingabefeld legt die Schrittweite der Radiusvariation fest

### Variation des Radius

Zwangspunkt Z1 vorgeben (keine Variation)

	y[cm]	z[cm]
Z1 =	<input type="text" value="-80"/>	<input type="text" value="480"/>

Z1 = vorderes Spornende

Z1 = hinteres Spornende

Z1 frei eingeben

Zwischen den zwei Punkten Z1 und Z2

Maximal bis zum Punkt Z2

	y[cm]	z[cm]
Z1 =	<input type="text" value="-80"/>	<input type="text" value="480"/>
Z2 =	<input type="text" value="280"/>	<input type="text" value="700"/>

Min. Variation des Radius dr =  cm

## Druckeinstellungen

Unter diesem Menüpunkt werden alle Einstellungen bezüglich des Druckdokuments und des Umfangs der Ergebnislisten getroffen.



Das Eingabefenster wird über den nebenstehend dargestellten Button geöffnet.



Die Optionsschalter haben folgende Funktionen.

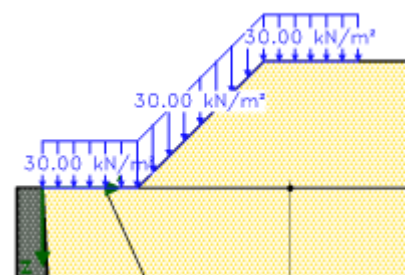
### Systemplot

Unter diesem Punkt erscheinen alle Einstellungen für den automatisch erzeugten Systemplot.

- Flächenlasten
  - mit Lastordinaten

Ist dieser Schalter aktiv, werden alle angreifenden Flächenlasten dargestellt.

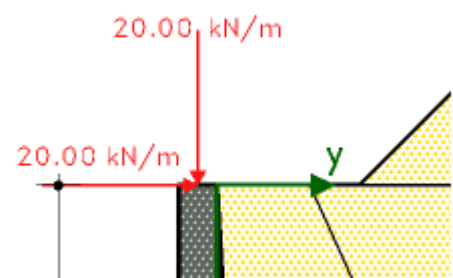
Ist der Schalter *mit Lastordinaten* aktiv, werden zusätzlich die Lastordinaten ausgedruckt



- Linienlasten
  - mit Lastordinaten

Ist dieser Schalter aktiv, werden alle angreifenden Linienlasten dargestellt.

Ist der Schalter *mit Lastordinaten* aktiv, werden zusätzlich die Lastordinaten ausgedruckt.



- Schichtnummern

Der Schalter steuert die Ausgabe der Positionskreise mit den Schichtnummern unterhalb der Schichtgrenzen.



- Höhenknoten

Der Schalter steuert die Ausgabe Höhenknoten an den Schichtgrenzen.



## Ergebnisse äußere Standsicherheit

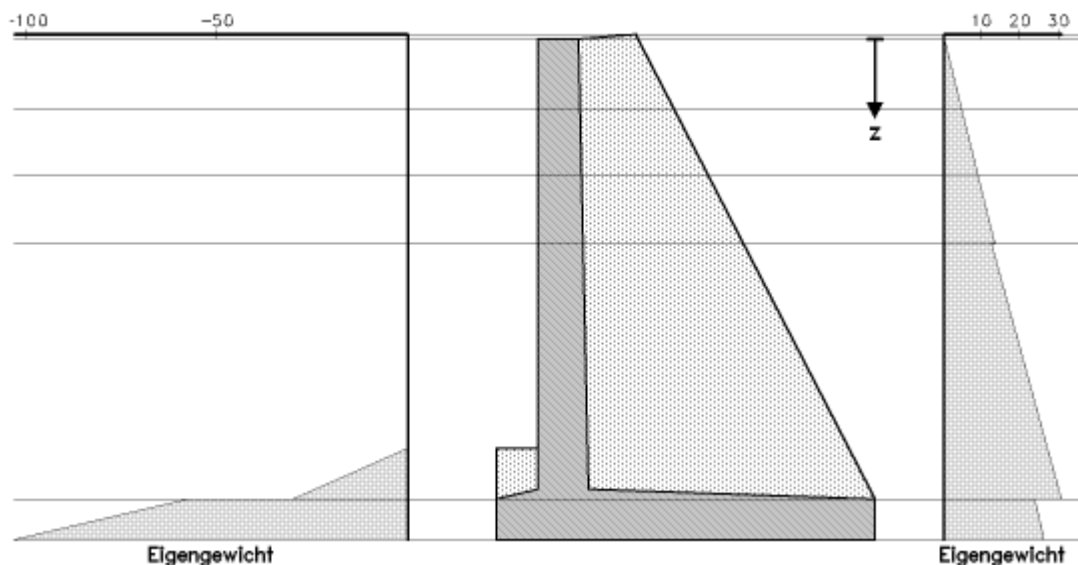
Unter diesem Punkt erscheinen alle Einstellungen für die Ergebnislisten zur äußeren Standsicherheit.

### Charakteristische Erddrucklasten

Ist dieser Knopf aktiv, werden die charakteristischen Erddrucklasten als Tabelle oder Grafik ausgegeben. Die Ausgabe erfolgt lastfallweise; zusätzlich wird die Überlagerung angegeben.

### Grafik

Durch Aktivierung dieser Option erscheint eine grafische Ausgabe der charakteristischen Erddrucklasten einschließlich der Überlagerung.



### Tabelle

... bewirkt die tabellarische Ausgabe der charakteristischen Erddrucklasten einschließlich der Überlagerung.

### 3.2.2. Erdseitige Erdrücke

Erddruck aus Eigengewicht

Nr	z cm	$k_{gh}$ -	$k_{ch}$ -	$E_h$ kN/m <sup>2</sup>	$E_v$ kN/m <sup>2</sup>	$E_{res}$ kN/m <sup>2</sup>
1	-5	0.367	0.000	0.000	0.000	0.000
2	200	0.367	0.000	13.528	21.218	25.164
3	200	0.367	0.466	12.596	19.757	23.431
4	450	0.367	0.466	<b>30.955</b>	<b>48.554</b>	<b>57.582</b>
5	450	0.297	0.922	23.982	8.729	25.521
6	490	0.297	0.922	26.361	9.595	28.053

$$E_h = -78.35, \quad z_s = 326, \quad E_v = 110.77, \quad y_s = 214, \quad E_{res} = 135.68$$

### Faktorierungen der Lastfallkombinationen

... gibt die Faktorierung der durchgerechneten Lastfallkombinationen für alle verwendeten Grenzzustände aus.

### 3.4. Protokoll der Faktorierungen der Lastfallkombinationen

#### 3.4.1. EQU

LK	BS	Faktorisierung	LK	BS	Faktorisierung
1	BS-P	$0.9 \cdot (L_{f1} + L_{f2})$	5	BS-P	$0.9 \cdot (L_{f1} + L_{f2}) + 1.5 \cdot L_{f102}$
2	BS-P	$1.1 \cdot (L_{f1} + L_{f2})$	6	BS-P	$1.1 \cdot (L_{f1} + L_{f2}) + 1.5 \cdot L_{f102}$
3	BS-P	$0.9 \cdot (L_{f1} + L_{f2}) + 1.5 \cdot L_{f101}$	7	BS-P	$0.9 \cdot (L_{f1} + L_{f2}) + 1.5 \cdot (L_{f101} + L_{f102})$
4	BS-P	$1.1 \cdot (L_{f1} + L_{f2}) + 1.5 \cdot L_{f101}$	8	BS-P	$1.1 \cdot (L_{f1} + L_{f2}) + 1.5 \cdot (L_{f101} + L_{f102})$

**Sicherheiten aller Lastfallkollektive ausgeben**

Bei aktivem Schalter werden die Sicherheiten für alle durchgerechneten Lastfallkombinationen für alle Nachweise der äußeren Standsicherheit ausgegeben.

Bei deaktiviertem Schalter erscheint nur die maßgebende Kombination.

Maßgebendes Lastkollektiv: GEO-2 LK 8

Abminderungsfaktor  $f_{red}$  für passiven (luftseitigen) Erddruck = 1.000

Alle Koordinaten beziehen sich auf den Punkt A am vorderen Sporn

Nr	Typ	Name	$y_s$ cm	$z_s$ cm	$A, l$ m <sup>2</sup> , m	$\gamma \cdot q \cdot M$ [kN, m]	$\gamma \cdot V$ kN	$\gamma \cdot H$ kN	$\Sigma \gamma \cdot M$ kNm
1	Wand	Winkelstützwand	116	-152	3.670	25.00	123.86	---	144.17
2	Boden	Geländeabschluß	195	-492	0.071	18.00	1.72	---	3.37
3	Boden	GW, erdsei.	139	-374	2.114	18.00	51.36	---	71.58
4	Boden	SU, luftseit	19	-67	0.180	20.00	4.86	---	0.94
5	Boden	SU, erdsei.	197	-156	5.300	20.00	143.10	---	282.51
6	Auflast	q	108	-499	0.559	10.00	8.39	0.00	9.06
7	Erddruck	luftseit.	0	-25	---	---	-11.92	28.26	7.18
8	Erddruck	erdseit.	283	-190	---	---	178.62	-125.00	268.52
$\Sigma$							500.00	-96.74	787.32

LK	$V_{0,k}$ kN/m	$R_{t,k}$ kN	$\gamma_{R,h}$ -	$\gamma_{R,e}$ -	$R_{t,d}$ kN/m	$e_{p,d}$ kN/m	$h_d$ kN/m	$\mu$ -
1	334.75	234.39	1.10	1.40	213.09	28.26	-78.35	0.32
2	334.75	234.39	1.10	1.40	213.09	28.26	-105.77	0.44
3	346.42	242.57	1.10	1.40	220.52	28.26	-84.17	0.34
4	346.42	242.57	1.10	1.40	220.52	28.26	-111.59	0.45
5	348.06	243.71	1.10	1.40	221.56	28.26	-91.76	0.37
6	348.06	243.71	1.10	1.40	221.56	28.26	-119.19	0.48
7	359.73	251.89	1.10	1.40	228.99	28.26	-97.58	0.38
8	359.73	251.89	1.10	1.40	228.99	28.26	-125.00	<b>0.49</b>

$\mu_{max} = 0.49 < 1.0 \Rightarrow$  Gleitwiderstand ausreichend

 **Einzelchnittgrößen für maßgebendes Lastfallkollektiv**

- Momente um Punkt A
- Momente um den Mittelpunkt der Sohlfuge
- Momente um Punkt B

... gibt eine Tabelle mit der Berechnung der Einzellasten für die maßgebende Kombination aus.

**3.10. Nachweis der Grundbruchsicherheit**

Maßgebendes Lastkollektiv: GEO-2 LK 8

Abminderungsfaktor  $f_{red}$  für passiven (luftseitigen) Erddruck = 0.500

Alle Koordinaten beziehen sich auf den Punkt A am vorderen Sporn

Nr	Typ	Name	$y_s$ cm	$z_s$ cm	$A, l$ m <sup>2</sup> , m	$\gamma \cdot q \cdot M$ [kN, m]	$\gamma \cdot V$ kN	$\gamma \cdot H$ kN	$\Sigma \gamma \cdot M$ kNm
1	Wand	Winkelstützwand	116	-152	3.670	25.00	123.86	---	144.17
2	Boden	Geländeabschluß	195	-492	0.071	18.00	1.72	---	3.37
3	Boden	GW, erdsei.	139	-374	2.114	18.00	51.36	---	71.58
4	Boden	SU, luftseit	19	-67	0.180	20.00	4.86	---	0.94
5	Boden	SU, erdsei.	197	-156	5.300	20.00	143.10	---	282.51
6	Auflast	q	108	-499	0.559	10.00	8.39	0.00	9.06
7	Erddruck	luftseit.	0	-25	---	---	-8.35	19.78	5.03
8	Erddruck	erdseit.	283	-190	---	---	178.62	-125.00	268.52
$\Sigma$							503.57	-105.22	785.17

 **Tabellarische Ausgabe aller untersuchten Gleitkreise**

Bei aktivierter Option wird eine Tabelle mit Mittelpunkts- und Radiusangaben und der errechneten Sicherheit aller berechneten Gleitkreise ausgegeben.

### 3.14. Berechnete Gleitkreise

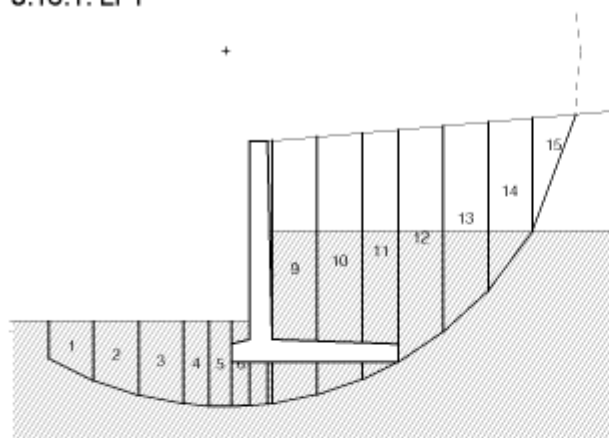
Nr	y <sub>m</sub> m	z <sub>m</sub> m	r m	μ <sub>max</sub> -
1	-2.00	-3.00	9.30	0.59
2	-1.92	-3.00	9.26	0.60
3	-1.85	-3.00	9.22	0.60
4	-1.77	-3.00	9.18	0.60
5	-1.69	-3.00	9.14	0.60
6	-1.62	-3.00	9.10	0.61
7	-1.54	-3.00	9.06	0.61
8	-1.46	-3.00	9.02	0.61
9	-1.38	-3.00	8.99	0.61

**Plot des maßgebenden Gleitkreises**

Diese Option bewirkt die Darstellung des maßgebenden Gleitkreises und einer Tabelle mit der zugehörigen Lamelleneinteilung.

### 3.16. Maßgebende Gleitkreise

#### 3.16.1. LF1



Mittelpunkt  
y<sub>m</sub> = -0.92 m  
z<sub>m</sub> = -2.00 m

Radius  
r = 7.89 m

Anfang/Ende  
y<sub>a</sub> = -4.87 m  
y<sub>e</sub> = 6.84 m

Unterster Punkt  
y<sub>u</sub> = -0.80 m  
z<sub>u</sub> = 5.89 m

#### Rechenwerte der Lamellen aus Eigenlast

$$T_G = \frac{[(G_{\text{Boden}} + G_{\text{Bk}}) \tan(\varphi) + c \cdot b]}{(\cos(\vartheta) + \mu \cdot \tan(\varphi) \cdot \sin(\vartheta))}$$

Nr.	y m	z m	h <sub>Boden</sub> m	b m	G <sub>Boden</sub> kN/m	G <sub>Bk</sub> kN/m	φ <sub>ca1</sub> °	c <sub>ca1</sub> kN/m <sup>2</sup>	ϑ °	G · sin ϑ kN/m	T <sub>G</sub> kN/m
1	-4.37	5.10	1.10	1.00	21.9	0.0	24.8	1.6	-25.9	-9.6	15.2
2	-3.37	5.50	1.50	1.00	30.0	0.0	24.8	1.6	-18.0	-9.3	18.0
3	-2.37	5.76	1.76	1.00	35.1	0.0	24.8	1.6	-10.5	-6.4	19.2
4	-1.58	5.86	1.86	0.57	21.1	0.0	24.8	1.6	-4.8	-1.8	11.0
5	-1.05	5.89	1.89	0.50	18.9	0.0	24.8	1.6	-0.9	-0.3	9.6
6	-0.60	5.88	0.98	0.40	11.5	4.5	24.8	1.6	2.3	0.7	7.9
7	-0.20	5.86	0.96	0.40	7.6	49.0	24.8	1.6	5.3	5.2	26.2
8	0.05	5.83	0.93	0.10	5.9	6.8	24.8	1.6	7.1	1.6	5.8
9	0.60	5.74	0.84	1.00	102.1	12.1	24.8	1.6	11.1	22.0	52.4
10	1.60	5.47	0.57	1.00	99.1	11.2	24.8	1.6	18.7	35.3	50.5
11	2.50	5.11	0.21	0.80	75.0	8.3	24.8	1.6	25.7	36.2	38.7
12	3.40	4.60	4.90	1.00	93.3	0.0	24.8	1.6	33.2	51.1	44.9
13	4.40	3.82	4.21	1.00	79.4	0.0	24.8	1.6	42.4	53.6	40.9
14	5.39	2.73	3.20	0.98	57.7	0.0	24.8	1.6	53.1	46.2	33.9
15	6.20	1.40	1.94	0.96	33.6	0.0	24.8	0.0	64.5	30.3	22.4
Σ				11.71	692.2	91.8				254.7	396.3

### Ergebnisse innere Standsicherheit

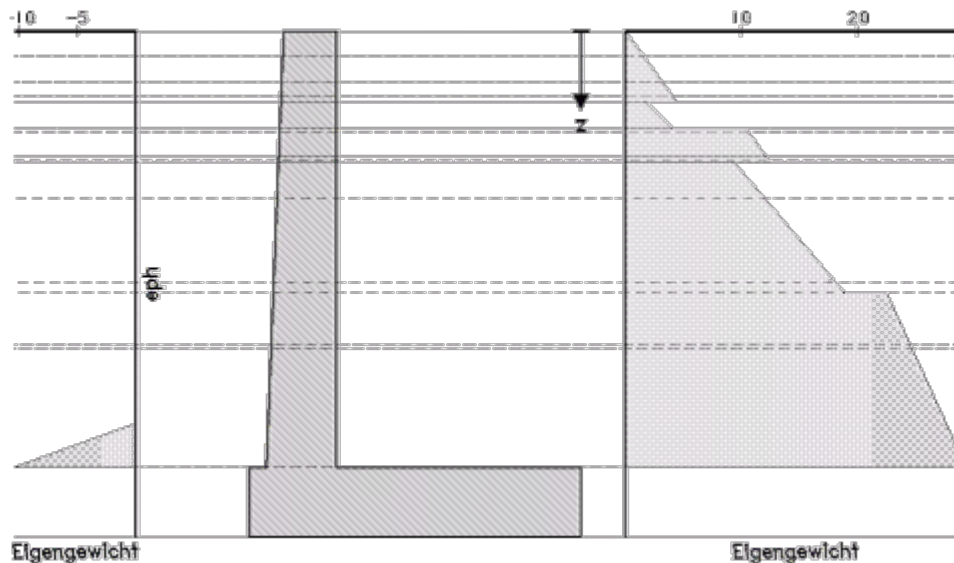
Unter diesem Punkt erscheinen alle Einstellungen für die Ergebnislisten zur inneren Standsicherheit.

**Charakteristische Erddrucklasten**

Ist dieser Knopf aktiv, werden die charakteristischen Erddrucklasten als Tabelle oder Grafik ausgegeben. Die Ausgabe erfolgt lastfallweise, zusätzlich wird die Überlagerung angegeben.

Grafik

Wird diese Option aktiviert, erscheint eine grafische Ausgabe der charakteristischen Erddrucklasten einschließlich der Überlagerung.

 Tabelle

... bewirkt die tabellarische Ausgabe der charakteristischen Erddrucklasten einschließlich der Überlagerung.

#### 4.2.2. Erdseitige Erddrücke

Erddruck aus Eigengewicht

Nr	z cm	k <sub>gh</sub> -	k <sub>ch</sub> -	E <sub>h</sub> kN/m <sup>2</sup>	E <sub>v</sub> kN/m <sup>2</sup>	E <sub>res</sub> kN/m <sup>2</sup>
1	-5	0.304	0.000	0.000	0.000	0.000
2	195	0.304	0.000	10.961	4.274	11.765
3	195	0.304	0.906	9.148	3.567	9.819
4	435	0.304	0.906	23.762	9.266	25.505

$E_h = -50.45$ ,  $z_s = 293$ ,  $E_v = 19.67$ ,  $y_s = 287$ ,  $E_{res} = 54.15$

 Faktorierungen der Lastfallkombinationen

... gibt für alle Nachweise die Faktorierung der durchgerechneten Lastfallkombinationen aus.

#### 4.3.1. DIN EN 1992-1 Bemessung

LK	LF	Faktorisierung
1	LF1	$1.35 \cdot (L_{f1} + L_{f2}) + 1.5 \cdot (L_{f101} + L_{f102})$
2	LF1	$1.35 \cdot (L_{f1} + L_{f2}) + 0.7 \cdot 1.5 \cdot (L_{f101} + L_{f102})$

 Einzelergebnisse zu den Nachweisen

... gibt für jeden Einzelnachweis (z.B. Bemessung, Rissnachweis, Spannungsnachweis ...) detaillierte Ergebnisse mit den Bemessungsschnittgrößen und der jeweils erforderlichen Bewehrung aus.

Ist dieser Schalter nicht aktiv, wird lediglich die Zusammenfassung mit der erforderlichen Bewehrung aus allen Nachweisen ausgegeben.

 Detailnachweispunkte

... gibt die Liste mit den Detailnachweispunktergebnissen aus, sofern **Detailnachweispunkte** definiert worden sind.

## DETAILNACHWEISPUNKT 1: STAB 2 BEI S = 0.30 M

### Querschnittsbeschreibung

Rechteck:  $b = 100.0 \text{ cm}$ ,  $h = 49.9 \text{ cm}$   
 Stahlrandabstände: oben =  $4.0 \text{ cm}$ , unten =  $6.0 \text{ cm}$   
 Maximaler (rechnerischer) Bewehrungsgrad:  $\max \rho = 8.0 \%$

### Nachweis 41: DIN EN 1992-1-1 Bemessung

DIN EN 1992-1-1 (EC 2, Hochbau, 1.11)  
 Material: C40/50, BSt 500 (A) (für Biegung+Schub)  
 Biegebemessung: Bewehrungstyp Z, Mindestbewehrung (Träger/Stütze)  
 Grundbewehrung:  $A_{s0o} = 0.00 \text{ cm}^2$ ,  $A_{s0u} = 0.00 \text{ cm}^2$   
 Schubbemessung: mit Mindestbewehrung, gewählter Druckstrebenwinkel  $\Theta = 0^\circ$   
 $z = 0.9 d \leq d - 2 c_{v,D}$ , Annahme:  $c_{v,D} = 3.0 \text{ cm}$  (nur NA-DE)  
 Der Mindestwert von  $V_{Rdct}$  soll eingehalten werden.

### Ergebnisse der Lastkombinationen

Typ	N kN	Q kN	M kNm	$\sigma_b$ MN/m <sup>2</sup>	Faktorisierung	Typ	N kN	Q kN	M kNm	$\sigma_b$ MN/m <sup>2</sup>	Faktorisierung
<b>Extremierung 1: standard</b>						min M	-82.8	-77.48	134.02	0.00	Lf2
min N	-85.1	-83.32	149.60	0.00	Lf1	max M	-85.1	-83.32	149.60	0.00	Lf1
max N	-82.8	-77.48	134.02	0.00	Lf2	min $\sigma_b$	-85.1	-83.32	149.60	0.00	Lf1
min Q	-85.1	-83.32	149.60	0.00	Lf1	max $\sigma_b$	-85.1	-83.32	149.60	0.00	Lf1
max Q	-82.8	-77.48	134.02	0.00	Lf2						

### Detailnachweispunkte

Detailnachweispunkte sind Orte, an denen zusätzlich zum normalen Ausgabeumfang Zwischenergebnisse ausgegeben werden, um die Berechnung der Bemessungsergebnisse (innere Standsicherheit) nachvollziehbar zu machen.


Hierzu wird eine eigenständige Druckliste vom Rechenmodul mit der Bezeichnung *Detailnachweispunkte* erzeugt.

Der Ergebnisumfang kann für alle Detailnachweispunkte (über die **standard**-Umfangseinstellungen) oder individuell eingestellt werden.

[pdf-Druckdokument](#) zur Ausgabe eines Detailnachweispunkts

### vereinfachter Nachweis in Regelfällen

Bei einfachen Verhältnissen bzgl. Baugrund und Beanspruchung kann der Nachweis der Sohldruckbeanspruchung mit Hilfe von Tabellenwerten n. DIN 1054:2010, Abs. A 6.10, geführt werden.

 Voraussetzung ist eine ausreichende Baugrunderkundung, damit die Baugrundverhältnisse unter den im Abs. A 6.10 genannten Bedingungen für die Anwendung der Tabellenwerte eingeordnet werden können.

Für die Gültigkeit des Verfahrens müssen u.A. folgende Bedingungen vorliegen

- die Belastung muss überwiegend oder regelmäßig statisch sein (nur LF 1)
- der Kippnachweis und der Nachweis der zulässigen Ausmitte müssen erfüllt sein\*
- Mindesteinbindetiefe von 0.8 m bzw. frostfreie Sohle\*
- die Abmessungen sind begrenzt\*
- der Baugrund muss aus häufig vorkommenden, typischen Bodenarten bestehen (nähere Angaben s. DIN 1054)
- der Baugrund muss bis  $z = 2 \cdot b$  annähernd gleichmäßig sein
- Begrenzung des Verhältnisses von Horizontal- zu Vertikallast\*

Die mit \* gekennzeichneten Bedingungen werden vom Programm überprüft.

Inwieweit die Regelmäßigkeit der Bodenverhältnisse gegeben ist, ist dagegen vom Anwender zu beurteilen.

In Abhängigkeit der Einbindetiefe und der Beschaffenheit des Baugrunds wird aus Tabellenwerten ein aufnehmbare Sohldruck (bzw. eine Bodenpressung) ermittelt, der ggf. nochmals in Abhängigkeit von den Plattenabmessungen und dem Grundwasserstand mit dem Faktor  $f$  erhöht oder verkleinert wird.

$$\sigma_{R,d} = f \cdot \sigma_{Tab}$$

Dieser zulässige Sohldruck wird dem vorhandenen Sohldruck gegenübergestellt.

Der vorhandene Sohldruck wird dabei im Grenzzustand GEO-2 ermittelt und ergibt sich aus

$$\sigma_{E,d} = N_{0,E,d} / A'$$

Die Ersatzfläche  $A'$  resultiert dabei aus der Abminderung der Gründungsfläche infolge einer außermittigen Belastung.

Ist die Ausnutzung

$$\mu = \sigma_{E,d} / \sigma_{R,d} < 1.0$$

ist der Nachweis erfüllt.

### Unterschiede zu DIN 1054 (11.76)

Vorgehensweise und Voraussetzungen für den Nachweis entsprechen dem bekannten Tabellenverfahren aus DIN 1054:2005, Abs. 7.7, (bzw. nach DIN 1054:1976, Abs. 4.3).



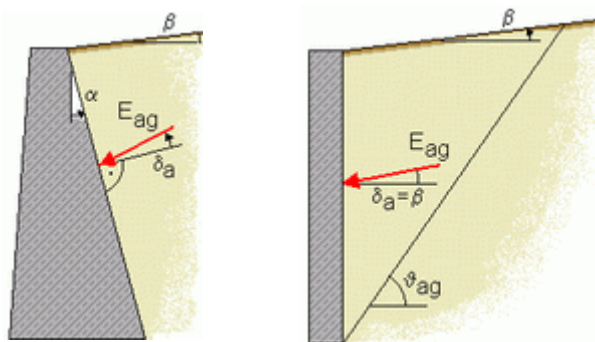
Einziger und wichtiger Unterschied ist, dass in den alten Normen der Nachweis auf Gebrauchstauglichkeitsniveau (1.0-fach) geführt wurde, während nach Eurocode die Schnittgrößen im Grenzzustand GEO 2 ermittelt werden.

Die Tabellenwerte sind daher bei **DIN 1054:2010 um den Faktor 1.4 höher** als in den alten Normen.

## Erddruckermittlung

### aktiver Erddruck (erdseitig)

Die Berechnung der Erddrücke erfolgt nach der Theorie von Coulomb und dem Ansatz nach Müller-Breslau.



Die Erddrücke werden wie folgt errechnet.

- horizontaler Erddruck aus Bodeneigengewicht

$$e_{agh} = \gamma \cdot z \cdot K_{agh} \quad \dots \text{ mit } \dots$$

$$K_{agh} = \left[ \frac{\cos(\varphi - \alpha)}{\cos \alpha \cdot \left( 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) \cdot \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta_a)}} \right)} \right]^2$$

- horizontaler Erddruck aus breiter Flächenauflast

$$e_{aph} = p \cdot K_{agh}$$

- horizontaler Erddruck aus schmaler Auflast



$$e_{\text{aph}} = \frac{2 \cdot p \cdot b \cdot K_{\text{aph}}}{h} \quad \dots \text{ mit } \dots$$

$$K_{\text{aph}} = \frac{\sin(\vartheta_a - \varphi) \cdot \cos(\alpha + \delta_a)}{\cos(\vartheta_a - \varphi - \delta_a)}$$

$$\vartheta_a = \varphi + \arccot \left[ \tan(\varphi - \alpha) + \frac{1}{\cos(\varphi - \alpha)} \cdot \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) \cdot \cos(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha - \beta) \cdot \cos(\varphi + \delta_a)}} \right]$$

#### • Erddruckanteil infolge Kohäsion

$$e_{\text{ach}} = -K_{\text{ach}} \cdot c \quad \dots \text{ mit } \dots$$

$$K_{\text{ach}} = \frac{2 \cdot \cos(\alpha - \beta) \cdot \cos \varphi \cdot \cos(\alpha + \delta_a)}{(1 + \sin(\varphi + \alpha + \delta_a - \beta)) \cdot \cos \alpha}$$

#### Erdruchdruck

$$e_{0\text{gh}} = \gamma \cdot z \cdot K_{0\text{gh}} \quad \dots \text{ mit } \dots$$

$$K_{0\text{gh}} = k_1 \cdot f \cdot \frac{1 + \tan \alpha_1 \cdot \tan \beta}{1 + \tan \alpha_1 \cdot \tan \delta_0}$$

$$k_1 = \frac{\sin \varphi - \sin^2 \varphi}{\sin \varphi - \sin^2 \beta} \cdot \cos^2 \beta$$

$$\tan \alpha_1 = \sqrt{\frac{1}{1/k_1 + \tan^2 \beta}}$$

$$f = 1 - |\tan \alpha \cdot \tan \beta|$$

#### passiver Erddruck (luftseitig)

$$e_{\text{pgh}} = \gamma \cdot z \cdot K_{\text{pgh}}$$

Die Berechnung der Erddruckbeiwerte erfolgt nach *Caquot/Kerisel* oder alternativ nach *Sokolovsky/Pregl*.

#### Strömungsdruck n. Bent Hansen

Bei diesem Ansatz wird der Einfluss der Sickerströmung mittels modifizierter Wichten von Boden und Wasser wie folgt erfasst

$$\gamma_a = \gamma' + i_a \cdot \gamma_w$$

$$\gamma_p = \gamma' + i_p \cdot \gamma_w$$

$$\gamma_{\text{wa}} = (1 - i_a) \cdot \gamma_w$$

$$\gamma_{\text{wp}} = (1 - i_p) \cdot \gamma_w$$

$$i_a = \frac{0.7 \cdot h_{\text{wü}}}{h_1 + \sqrt{h_1 \cdot t}} \quad \dots \text{ und } \dots \quad i_p = \frac{-0.7 \cdot h_{\text{wü}}}{t + \sqrt{h_1 \cdot t}}$$

$i_a$  hydraulisches Gefälle auf der aktiven Seite

$i_p$  ... auf der passiven Seite

$h_{\text{wü}}$  hydrostatische Überdrückhöhe

$h_1$  lotrechte Sickerlänge auf der aktiven Seite

$t$  ... auf der passiven Seite

$\gamma_a$  Wichte des Bodens unter Strömungseinfluss auf der aktiven Seite

$\gamma_p$  ... auf der passiven Seite

$\gamma_w$  Wichte des Wassers ohne Strömungseinfluss

$\gamma_{\text{wa}}$  ... unter Strömungseinfluss auf der aktiven Seite

$\gamma_{\text{wp}}$  ... unter Strömungseinfluss auf der passiven Seite

Der horizontale Sickerweg unter der Fundamentsohle wird in die Sickerlängen eingerechnet.



Dieser Ansatz entspricht einer einfachen Näherung, deren Zulässigkeit im Einzelfall zu prüfen ist.

## Gleiten

Der Nachweis der Gleitsicherheit ist ein Tragfähigkeitsnachweis, der n. EC 7 im Grenzzustand GEO-2 und n. DIN 1054:2005 im Grenzzustand 1B geführt wird.

### Gleitwiderstand

Unter der Annahme konsolidierten Bodens berechnet sich der charakteristische Gleitwiderstand zu

$$R_{t,k} = N_{0,k} \cdot \tan \delta_s$$

$N_{0,k}$  charakteristische Normalkraft in der Bodenfuge

$\delta_s$  Sohlreibungswinkel

Der Sohlreibungswinkel ist im Eigenschaftsblatt der **Bemessungsoptionen** vom Anwender vorzugeben.

Der Quotient aus charakteristischem Gleitwiderstand und Teilsicherheitsbeiwert ergibt den Bemessungswert

$$R_{t,d} = R_{t,k} / \gamma_{R,h}$$

### Erdwiderstand

Der Erdwiderstand kann angesetzt werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind

- das Bauwerk kann ohne Gefahr eine hinreichende Verschiebung ausführen
- der beanspruchte Boden muss, wenn er nichtbindig ist, mindestens eine mitteldichte Lagerung, wenn er bindig ist, mindestens eine steife Konsistenz haben
- der Boden vor dem Bauwerk darf weder vorübergehend noch dauerhaft entfernt werden

Das Maß der für das Bauwerk verträglichen Mobilisierung muss vom Anwender im Eigenschaftsblatt für die **Erdruckermittlung** vorgegeben werden. Der Wert des mobilisierten Erdwiderstands wird zusätzlich durch den Teilsicherheitsbeiwert für den Erdwiderstand im GEO-2 abgemindert. Dies ergibt den Bemessungswert des Erdwiderstands.

$$E_{p,d} = E_{p,k,mob} / \gamma_{R,e}$$

Die Wirkungsbreite für den Erdwiderstand wird bei zweiachsiger Belastung entsprechend den Horizontallastkomponenten der beiden Lastrichtungen gewichtet.

$$b_{eff} = (H_y \cdot b_x + H_x \cdot b_y) / H_{Res}$$

$H_{Res}$  resultierende Horizontalkraft  $H_{Res} = \sqrt{(H_x)^2 + (H_y)^2}$

Vom Programm wird zusätzlich sichergestellt, dass der angesetzte charakteristische Wert des mobilisierten Erdrucks nicht höher als der charakteristische Wert der resultierenden Horizontalkraft ist.

### Ausnutzung

Um die Ergebnisse aller Lastkollektive vergleichen zu können, wird vom Programm eine Ausnutzung ermittelt.

$$\mu = (R_{t,d} + E_{p,d}) / H_{Res}$$

Damit der Nachweis erfüllt ist, müssen die Ausnutzungen aller Lastkollektive  $< 1.0$  bzw. die Sicherheiten  $> 1.0$  sein.

### Unterschiede zu DIN 1054 (11.76)

Die Vorgehensweise nach DIN 1054:1976 ist analog, nur dass dort keine Teilsicherheitsbeiwerte ( $\gamma_{G1}$  bzw.  $\gamma_{Ep}$ ) vorkommen und anstelle einer Ausnutzung die erreichte Sicherheit ermittelt wird, die wiederum je nach Bemessungssituation größer als eine geforderte Mindestsicherheit sein muss.

## Grundbruch

Der Nachweis der Grundbruchsicherheit ist ein Tragfähigkeitsnachweis, der n. EC 7 im Grenzzustand GEO-2 und n. DIN 1054:2005 im Grenzzustand 1B geführt wird.

### Grundbruchwiderstand

Der Grundbruchwiderstand wird n. DIN 4017:2006-03 ermittelt.

Er setzt sich aus einem Breiten-, einem Tiefen- und einem Kohäsionsanteil zusammen und ergibt sich zu

$$R_{n,k} = a' \cdot b' \cdot (\gamma_2 \cdot b' \cdot N_{b0} \cdot v_b \cdot i_b + \gamma_1 \cdot t \cdot N_{d0} \cdot v_d \cdot i_d + c \cdot N_{c0} \cdot v_c \cdot i_c)$$

$a', b'$  ..... Ersatzabmessungen

$c$  ..... Kohäsion des Bodens unter der Sohle

$\gamma_1, \gamma_2$  ..... Wichte ober- und unterhalb der Sohle

$N_{b0}, N_{d0}, N_{c0}$  Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte

$v_b, v_d, v_c$  ..... Formbeiwerte

$i_b, i_d, i_c$  ..... Lastneigungsbeiwerte

Die **Ersatzabmessungen** ergeben sich infolge einer außermittigen Belastung.

Der Bemessungswert des Grundbruchwiderstands wird mit dem zugehörigen Teilsicherheitsbeiwert ermittelt.

$$R_{n,d} = R_{n,k} / \gamma_{R,v}$$

### Vorgehensweise bei geschichtetem Boden

Bei geschichtetem Boden werden die Rechenwerte für  $c$ ,  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$  und  $\varphi$  über die Methode des gewogenen Mittels ermittelt.

Dabei wird der Boden nur bis zur Tiefe der Gleitscholle berücksichtigt.

### Gleitscholle

Bei lotrechter Belastung, zentrisch oder auch außermittig, wird die Tiefe der Gleitscholle, die sich bei einem Grundbruch einstellen würde, wie folgt angenommen.

$$d_s = b' \cdot \sin \alpha \cdot e^{\alpha \cdot \tan \varphi} \quad \dots \text{ und } \dots \quad \alpha = 45^\circ + \frac{\varphi_{cal}}{2}$$

$\varphi_{cal}$  Rechenwert für den Winkel der inneren Reibung

Bei schräger Belastung bzw. zusätzlicher horizontaler Last ergibt sich die rechnerische Tiefe der Gleitscholle aus

$$d_s = b' \cdot \sin \vartheta_2 \cdot e^{\alpha_1 \cdot \tan \varphi_{cal}}$$

$$\vartheta_2 = \alpha_2 - \vartheta_1 \approx \alpha_1 \quad \dots \quad \tan \alpha_2 = \alpha + \sqrt{\alpha^2 - \tan^2 \vartheta_1} \quad \dots \quad \alpha = \frac{1 - \tan^2 \vartheta_1}{2 \cdot \tan \delta_s} \quad \dots \quad \vartheta_1 = 45^\circ - \frac{\varphi_{cal}}{2}$$

$\delta_s$  Lastneigungswinkel (s. unten)

Da die Tiefe der Gleitscholle vom Rechenwert der inneren Reibung abhängig ist und dieser wiederum bei geschichtetem Boden von der Tiefe der Gleitscholle, sind diese beiden Werte iterativ zu ermitteln.

### Tragfähigkeitsbeiwerte

Die Tragfähigkeitsbeiwerte werden nach Abs. 7.2.2 ermittelt und sind ausschließlich abhängig vom Winkel der inneren Reibung  $\varphi$ .

### Formbeiwerte

Die Formbeiwerte berücksichtigen die Grundrissform und berechnen sich nach Tab. 2 der DIN 4017 für ein Rechteck wie folgt.

$$v_c (\varphi \neq 0) = \frac{v_d \cdot N_d - 1}{N_d - 1} \quad \dots \quad v_c (\varphi = 0) = 1 + 0.2 \cdot b'/a' \quad \dots \quad v_d = 1 + (b'/a') \cdot \sin \varphi_{cal} \quad \dots \quad v_b = 1 - 0.3 \cdot b'/a'$$

### Lastneigungsbeiwerte

Bei horizontaler Belastung dienen Neigungsbeiwerte zur Berücksichtigung der zusätzlichen horizontalen Belastung.

Die Neigungsbeiwerte werden nach Tab. 3 der DIN 4017:2006 ermittelt und sind i.W. abhängig vom Neigungswinkel der resultierenden **charakteristischen** Last eines Lastkollektivs.

$$\tan \delta = H_k / N_k$$

### Ausnutzung

Um die Ergebnisse aller Lastkollektive vergleichen zu können, wird vom Programm eine Ausnutzung ermittelt.

$$\mu = N_d / R_{n,d}$$

$N_d$  Bemessungswert der Normalkraft in der Bodenfuge

Damit der Nachweis erfüllt ist, müssen die Ausnutzungen aller Lastkollektive  $< 1.0$  sein.

### Unterschiede zu "ganz alter" Norm DIN 1054:1976

Nach zu DIN 1054:1976 zugehöriger "alter" DIN 4017 (8.79) kann die zulässige Belastung aus der Bruchlast wahlweise nach einem der beiden folgenden Verfahren ermittelt werden.

#### • Bezugsgröße Last

Die zulässige Belastung ergibt sich aus Division der Bruchlast durch die Globalsicherheit.

$$\text{zul } V = \frac{V_b}{\eta_p}$$

#### • Bezugsgröße Scherbeiwerte

Die zulässige Belastung wird dadurch bestimmt, dass bei Berechnung der Bruchlast die mit den Teilsicherheitsbeiwerten reduzierten Scherbeiwerte verwendet werden.

$$\tan(\text{zul } \varphi) = \frac{\tan \varphi}{\eta_r} \dots \dots \text{zul } c = \frac{c}{\eta_c} \dots \dots \text{zul } V = V_b$$

Statt einer Ausnutzung wird die vorhandene Sicherheit berechnet, die größer sein muss als die erforderliche Sicherheit des Lastkollektivs. Die erforderliche Sicherheit ist abhängig von der Bemessungssituation.

## Nachweis der Sicherheit gegen Kippen

Der Nachweis gegen Kippen ist ein Tragfähigkeitsnachweis, der nach EC 7 im Grenzzustand EQU geführt wird.

Dabei wird für jede Kante die Summe der stabilisierenden und destabilisierenden Momente ermittelt.

Bei Einhaltung der Bedingung

$$M_{,stb} > M_{,dst}$$

$M_{,stb}$  Summe der stabilisierenden Momente um die betrachtete Kante

$M_{,dst}$  Summe der destabilisierenden Momente um die betrachtete Kante

ist der Nachweis erfüllt.



Obwohl der Nachweis nicht Teil der DIN 1054:2005 ist, wird er vom Programm auch bei Berechnung nach DIN geführt. Die Schnittgrößen werden dafür im Grenzzustand 1A ermittelt.

## Ersatzfläche zur Berücksichtigung ausmittiger Belastung

Bei den meisten Nachweisen der äußeren Standsicherheit wird die Ausmittigkeit der Last rechnerisch dadurch erfasst, dass die Gründungsfläche durch eine reduzierte Fläche ersetzt wird.

Diese Ersatzfläche entspricht der Teilfläche der Gründung, bei der die Resultierende der vertikalen Lasten im Schwerpunkt liegt.

Bei einer rechteckigen Gründungsfläche ergibt sich die Ersatzfläche zu

$$A' = a' \cdot b' \dots \text{ mit } \dots a' = a - 2 \cdot e_a \dots \text{ und } \dots b' = b - 2 \cdot e_b$$

$a, b$  Abmessungen der Rechteckfläche

$b$  bzw.  $b'$  die kleinere Seitenlänge bzw. Ersatzseitenlänge

$e_a, e_b$  Lastexzentrizitäten parallel zu den entsprechenden Seiten

## Begrenzung einer klaffenden Fuge

Der Nachweis zur Begrenzung einer klaffenden Fuge ist ein Gebrauchstauglichkeitsnachweis, der nach DIN 1054:2010-12, Abs. A 6.6.5, geführt wird.

Der Nachweis besteht aus zwei Teilen. Dabei ist nachzuweisen, dass

- unter ständigen Lasten keine klaffende Fuge auftritt und
- bei ständigen und veränderlichen Lasten (Gesamtlast) in der ungünstigsten Kombination maximal ein Klaffen bis zum Schwerpunkt auftritt.

Bei rechteckigen Gründungsflächen erfolgt der Nachweis über die Einhaltung von maximalen Ausmitten.

1. unter ständigen Lasten tritt keine klaffende Fuge auf, wenn für die Lage der Sohldruckresultierenden folgende Bedingung eingehalten ist

$$\frac{e_x}{b_x} + \frac{e_y}{b_y} \leq \frac{1}{6} \approx 0.167$$

$e_x, e_y$  Lastexzentrizitäten und

$b_x, b_y$  Abmessungen in den jeweiligen Achsrichtungen

2. unter Gesamtlast darf die klaffende Fuge bis maximal zum Schwerpunkt reichen.

Dies ist nachgewiesen, wenn für die Lage der Sohldruckresultierenden folgende Bedingung eingehalten ist

$$\left(\frac{e_x}{b_x}\right)^2 + \left(\frac{e_y}{b_y}\right)^2 \leq \frac{1}{9} \approx 0.111$$

### Unterschiede bei der Berechnung nach DIN 1054:2005

In der Ausgabe der DIN 1054 von 2005 war der zweite Teil des Nachweises, der unter Gesamtlast zu führen ist, formal ein Tragfähigkeitsnachweis. Als Nachweis gegen Verlust der Lagesicherheit wurde er dort dem Grenzzustand 1A zugeordnet. Trotzdem war er ebenfalls mit 1.0-fachen Schnittgrößen zu führen.

Somit ergeben sich keine Änderungen in Last- und Sicherheitsniveau zwischen den Normgenerationen.

## Verschiebung in der Sohlfläche

Bei diesem Nachweis handelt es sich um einen Gebrauchstauglichkeitsnachweis.

Bei Berechnung n. EC 7 wird er gemäß DIN 1054:2010-12, Abs. 6.6.6, geführt. Damit soll sichergestellt werden, dass keine unzutraglichen Verschiebungen in horizontaler Richtung eintreten.

Der Nachweis gilt als erfüllt, wenn beim **Nachweis der Gleitsicherheit** auf den Ansatz des Erdwiderstands verzichtet werden kann.

## Setzungen

Der Nachweis der zulässigen Setzung ist ein Gebrauchstauglichkeitsnachweis.

Für alle der drei wählbaren Normengenerationen wird die Setzungsberechnung unter Anwendung geschlossener Formeln entspr. DIN 4019, Teil 1:1979-04, und DIN 4019, Teil 2:1981-02, ausgeführt.

### **Setzungserzeugende Spannung unter der Fundamentsohle**

Die setzungserzeugende Spannung ergibt sich aus der Differenz von Sohlspannungen  $\sigma_0$  aus Bauwerklasten und Spannungen  $\sigma_a$  infolge Aushublasten (die nun nicht mehr vorhanden sind).

$$\sigma_0' = \sigma_0 - \sigma_a$$

Für den Fall, dass  $\sigma_0$  nicht wesentlich größer als die Aushubentlastung ist,

$$2 \cdot \sigma_a > \sigma_0$$

wird jedoch der volle Wert der Bauwerkslasten als setzungserzeugend angesetzt.

$$\sigma_0^I = \sigma_0$$

### Grenztiefe

Die in der Sohlfuge beginnende Grenztiefe ist die Tiefe, bis zu der die Setzungsanteile der Bodenschichten berücksichtigt werden.

Sofern die Grenztiefe  $d_s$  nicht vom Benutzer vorgegeben wird, wird sie vom das Programm iterativ anhand der Bedingung ermittelt, dass die setzungserzeugenden Spannungen unter dem kennzeichnenden Punkt in dieser Tiefe gleich 20% der Überlagerungsspannungen aus der Eigenlast des Bodens sind.

$$\sigma_0^I(z=d_s) = 0.2 \cdot \sigma_{\bar{u}}$$

$\sigma_0^I(z=d_s)$  setzungserzeugende Spannung in der Tiefe

$$\sigma_0^I(z=d_s) = f(z=d_s) \cdot \sigma_0^I(z=0)$$

$f$  ..... Einflusswert für die lotrechte Spannung unter dem kennzeichnenden Punkt

$\sigma_{\bar{u}}$  ..... Überlagerungsspannung aus Bodeneigenlast



Eine Vorgabe der Grenztiefe durch den Anwender ist sinnvoll, wenn unterhalb der Fundamentsohle eine setzungsunempfindliche Schicht (z.B. Fels) in einer Tiefe ansteht, die geringer als die errechnete ist. Die zu berechnenden Setzungen wären dann geringer.

Unbedingt zu empfehlen ist es aber, wenn eine sehr weiche Schicht in dem Bereich ansteht, der als Grenztiefe vom Programm errechnet werden würde, die Grenztiefe manuell auf die untere Grenze dieser Schicht festzulegen.

### Setzungsbeiwerte und Setzungsanteile

Beginnend unter der Fundamentsohle bis zur Grenztiefe werden für jede Kote, an der ein Schichtwechsel ansteht, die Setzungsbeiwerte und die sich daraus zu errechnenden Setzungsanteile der darüberliegenden Schichten ermittelt.

Die Setzungsanteile aus gleichmäßiger Last und aus Momentenbeanspruchung werden dabei getrennt betrachtet.

Die Beiwerte  $f$  für die Setzung aus gleichmäßiger Last unter dem kennzeichnenden Punkt werden nach Kany, M. (Berechnung von Flächengründungen, Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, 2. Aufl., 1974, Band 2), Tab. 4, die Beiwerte  $f_x$  und  $f_y$  für die Schiefstellung aus Momentenbelastung nach Sherif, G. und König, G. (Platten und Balken auf nachgiebigem Baugrund, Springer 1975) ermittelt.

Der Setzungsanteil aus mittiger Last für den Bereich zwischen  $i$ -ter und  $i-1$ -ter Kote errechnet sich zu

$$s_{m,i} = \sigma_0^I \cdot b_y \cdot \left( f_i - \sum_{j=1}^{j=i-1} f_j \right) / E_{m,i}$$

$\sigma_0^I$  setzungserzeugende Spannung unter der Fundamentsohle

$b_y$  Fundamentbreite in  $y$ -Richtung

$\sum_{j=1}^{j=i-1} f_j$  Summe der Beiwerte bis zur  $i-1$ -ten Kote

$E_{m,i}$  mittlerer Zusammendrückungsmodul in der betroffenen Schicht

Der Setzungsanteil aus Schiefstellung um die  $y$ -Achse für den Bereich zwischen  $i$ -ter und  $i-1$ -ter Kote errechnet sich wie folgt.

$$s_{x,i} = \frac{b_x}{2} \cdot \frac{M_{0,y}}{E_{m,i} \cdot b_y \cdot b_x^2} \cdot \left( f_{x,i} - \sum_{j=1}^{j=i-1} f_{x,j} \right)$$

Analog der Anteil aus Schiefstellung um die  $x$ -Achse

$$s_{y,i} = \frac{b_y}{2} \cdot \frac{M_{0,x}}{E_{m,i} \cdot b_x \cdot b_y^2} \cdot \left( f_{y,i} - \sum_{j=1}^{j=i-1} f_{y,j} \right)$$

Durch Summierung aller Setzungsanteile können die resultierenden Setzungen in Plattenmitte und in den Eckpunkten berechnet werden.

Aus den resultierenden Setzungen in den Eckpunkten können dann wiederum die resultierenden Schiefstellungen berechnet werden.

Vom Anwender sind im Eigenschaftsblatt für den **Boden** eine zulässige maximale Setzung und jeweils eine zulässige



Schiefstellung um die beiden Achsen vorzugeben.

Werden diese Werte für alle Lastkollektive eingehalten, gilt der Nachweis der Setzungen als erbracht.



Wegen vereinfachender Annahmen, Mittelungen und vielfältigen Einflüssen können die so erzielten Ergebnisse der Setzungsberechnung um bis zu 50 % von den tatsächlich eintretenden Setzungen abweichen.

Die Ergebnisse dienen also lediglich der Abschätzung bzw. liefern nur eine Größenordnung der zu erwartenden Setzungen.

## Böschungsbruch

Das Programm generiert verschiedene Gleitkreise und errechnet die zugehörigen Sicherheiten entspr. DIN 1054:2010-12 oder DIN 4084.

Zur Durchführung ist die Eingabe zusätzlicher Parameter erforderlich.


So ist der Bereich möglicher Gleitkreismittelpunkte vom Anwender vorzugeben.

Der Radius kann zusätzlich durch Definition zweier Punkte Z1 und Z2, die auf dem Kreisbogen liegen (entweder liegt Z1 oder Z2 auf dem Bogen) zwischen diesen beiden Bögen variiert werden.

Hat der Anwender keine Vorstellung wie der maßgebende Gleitkreis aussieht, sollte in einem ersten Rechenlauf ein größerer Bereich mit Mittelpunkten und Radien, aber dafür mit grober Rasterung, eingegeben werden, um die Rechenzeit nicht unnötig zu verlängern.

Danach kann man in dem Bereich mit der kleinsten Sicherheit nochmals, aber mit einer feineren Rasterung, rechnen, um sich so an den maßgebenden Gleitkreis heranzutasten.


In den meisten Fällen ist jedoch der Endpunkt des hinteren Sporns ein maßgebender Zwangspunkt, was durch entsprechende Eingabeoption auch so gesetzt werden kann.

 Das Eingabefenster wird über den **DIN**-Button geöffnet und befindet sich dort im fünften Registerblatt.

The screenshot shows the 'BEMESSUNGSOPTIONEN' dialog box with the 'Böschungsbruch' tab selected. The options are as follows:

- Böschungsbruchberechnung durchführen
  - Mit totalen Spannungen (Porenwasserdruck)
  - Mit effektiven Spannungen (horiz. Wasserdruck)
- Maximale Lamellenbreite:  cm
- Rechteckbereich der Gleitkreismittelpunkte
  - von y =  bis y =  cm
  - von z =  bis z =  cm
  - Anzahl Rasterpunkte in y-Richtung:
  - Anzahl Rasterpunkte in z-Richtung:
- Variation des Radius
  - Zwangspunkt Z1 vorgeben (keine Variation)
  - Zwischen den zwei Punkten Z1 und Z2
  - Maximal bis zum Punkt Z2
- Table for Z1 and Z2 points:
 

	y[cm]	z[cm]	Punkt
Z1 =	<input type="text" value="280"/>	<input type="text" value="480"/>	<input type="radio"/> Z1 = vorderer Spomende <input checked="" type="radio"/> Z1 = hinteres Spomende <input type="radio"/> Z1 frei eingeben
Z2 =	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	
- Min. Variation des Radius dr =  cm

Bild vergrößern 

Der Nachweis der Untersuchung des Böschungsbruchs wird durch Anschalten des Optionsknopfs aktiviert.

Die einzelnen Eingabefelder haben folgende Bedeutungen

bei aktiviertem Schalter wird der Porenwasserdruck je Lamelle angesetzt

bei aktiviertem Schalter wird das Gewicht der Lamelle unter Auftrieb angesetzt

legt die maximale Breite der automatisch vom Programm generierten Lamellen fest

Ein kleinerer Wert bewirkt eine höhere Genauigkeit, aber auch eine längere Rechenzeit.

Ein sinnvolles Maß sind 100 cm.

**Böschungsbruchberechnung durchführen**

Mit totalen Spannungen (Porenwasserdruck)

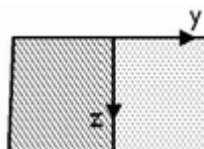
Mit effektiven Spannungen (horiz. Wasserdruck)

Maximale Lamellenbreite:  cm

das Fenster, in dem die Mittelpunkte der untersuchten Gleitkreise liegen, wird durch die hier eingegebenen Bereiche markiert

Der Ursprung des Bezugskordinatensystems liegt an der erdseitigen Ecke des Wandkopfs.

Die positive y-Koordinate zeigt nach rechts, die z-Koordinate nach unten.



legt die Anzahl der zu untersuchenden Mittelpunkte in y- bzw. z-Richtung fest

Rechteckbereich der Gleitkreismittelpunkte

von y =  bis y =  cm

von z =  bis z =  cm

Anzahl Rasterpunkte in y-Richtung:

Anzahl Rasterpunkte in z-Richtung:

hier werden die Angaben zur Variation des Radius gemacht  
Folgende Optionen stehen zur Auswahl

der Radius wird nicht variiert. Alle Gleitkreise verlaufen durch den Punkt Zwangspunkt Z1

die Koordinaten von Z1 werden über die Eingabefelder eingegeben

die Wahl der Option **Z1 = vorderes Spornende** bewirkt, dass automatisch die Koordinaten des vorderen Fußpunkts für Z1 eingesetzt werden

Die Wahl der Option **Z1 = hinteres Spornende** bewirkt, dass automatisch die Koordinaten des hinteren Fußpunkts für Z1 eingesetzt werden. Dies ist i.d.R. die sinnvollste Einstellung.

Ist die Option **Z1 frei eingeben** aktiv, werden die Eingabefelder für die Koordinaten freigeschaltet und es kann ein freier Punkt gewählt werden.

durch Definition zweier Punkte Z1 und Z2 wird der Bereich festgelegt, zwischen dem die Radien variiert werden

die innere Grenze der Radiusvariation wird durch den Baukörper der Winkelstützwand begrenzt

Die äußere Grenze ist durch den Punkt Z2 festgelegt.

die Koordinaten von Z2 werden über die Eingabefelder

Variation des Radius

Zwangspunkt Z1 vorgeben (keine Variation)

	y[cm]	z[cm]
Z1 =	<input type="text" value="-80"/>	<input type="text" value="480"/>

Z1 = vorderes Spornende

Z1 = hinteres Spornende

Z1 frei eingeben

Zwischen den zwei Punkten Z1 und Z2

Maximal bis zum Punkt Z2

eingeben

	y[cm]	z[cm]
Z1 =	-80	480
Z2 =	280	700

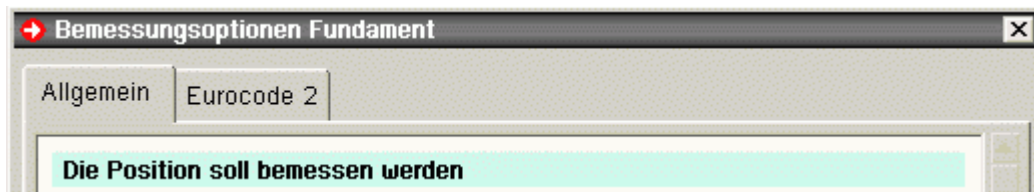
das Eingabefeld legt die Schrittweite der Radiusvariation fest

Min. Variation des Radius  $dr = 10$  cm

## Bemessungseigenschaften



Nach Anklicken des Buttons zur Festlegung der Bemessungseinstellungen für die Fundamentplatte oder die Wand erscheint das nachfolgend dargestellte Eigenschaftsblatt.



Das Eigenschaftsblatt ist in eine Anzahl Register eingeteilt.

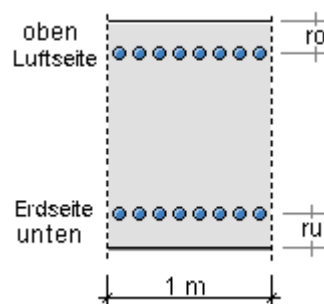
Das Register **Allgemein** gilt für alle Nachweise. Hier können Bewehrungsanordnung, Grundbewehrung etc. angegeben werden.

Das weitere Register enthält optionale Angaben für die Bemessung bzw. Nachweise nach den zur Verfügung stehenden Normen.

- [DIN EN 1992-1-1, Eurocode 2](#)
- [DIN 1045-1](#)
- [DIN 1045 \(7.88\)](#)

## allgemeine Bemessungsoptionen

Es kann folgender typisierter Stahlbetonquerschnitt einachsig bemessen werden:



Im übergeordneten Eigenschaftsblatt *Bemessungsoptionen* wurde festgelegt, dass die Position bemessen werden soll.

Hier können nun alle weiteren Bemessungsparameter bearbeitet werden.

**Die Position soll bemessen werden**maximaler Bewehrungsgrad: max  $\rho$   %

Bewehrungsanordnung

 ▼**Randabstände in cm**oben  $r_o$  unten  $r_u$  **Grundbewehrung in cm<sup>2</sup>**oben unten 

In diesem Registerblatt gehören dazu

- **Bewehrungsanordnung** aus konstruktiven Gründen kann es sinnvoll sein, oben und unten den gleichen Bewehrungsquerschnitt einzulegen.  
In diesem Fall ist die **symmetrische** Bewehrungsanordnung auszuwählen, während die **Zugbewehrung** stets die minimale Bewehrung ermittelt.
- **Randabstände** für den Rechteckquerschnitt sind die Stahlrandabstände (Abstand vom Betonrand zum Schwerpunkt der Stahleinlagen) oben und unten festzulegen.
- **Grundbewehrung** eine Grundbewehrung kann vorgegeben werden, die mit der erforderlichen Bewehrung aus den Nachweisergebnissen extremiert wird bzw. als Eingangsbewehrung in die Nachweise eingeht.

**Bemessungsoptionen Eurocode 2**

Das Registerblatt behandelt die Parameter für Bemessungen und Nachweise nach DIN EN 1992-1-1, Eurocode 2.

**Material****Nachweise nach EC 2****Betongüte**  ▼**Längsbewehrung**  ▼Die Materialgüten werden aus dem **Materialeigenschaftsblatt** übernommen.Weitere Informationen zum **Materialeinsatz**.**Biegebemessung****Biegebemessung**Mindestbewehrung  ▼ gemäß EC 2, 9.2.1.1 und 9.6.2

Bei der Berücksichtigung der Mindestbewehrung ist zu beachten, ob es sich um ein überwiegend biegebeanspruchtes Bauteil oder eine Wand (hauptsächlich auf Druck beanspruchtes stabförmiges Bauteil) handelt.

Der Anwender kann aus einer Liste auswählen, welches Kapitel zur Bestimmung der Mindestbewehrung maßgebend sein soll.

Weitere Informationen zur **Biegebemessung**.**Schubbemessung**

<input checked="" type="checkbox"/> <b>Schubbemessung</b>	
Schub- bewehrung	BSt 500
<input type="checkbox"/> OHNE Mindestbewehrung	gemäß EC 2, 9.3.2(2)
<input checked="" type="checkbox"/> Schubbewehrung vermeiden	
Druck- streben- winkel	<input type="checkbox"/> minimiert 45.00 °
Bewehrungs- winkel	90.00 °

Folgende Parameter sind optional

- mit/ohne Berücksichtigung der Schubmindestbewehrung
- Bemessung als 'Plattenstreifen': **Schubbewehrung vermeiden**: die Anordnung einer Querkraftbewehrung hängt von der Größe des  $V_{Rd,ct}$ -Wertes ab, der maßgeblich durch die Zuglängsbewehrung beeinflusst wird.

Bei Aktivierung dieses Schalters wird bei Bedarf die Längsbewehrung so sehr erhöht, dass  $V_{Ed} = V_{Rd,ct}$  und damit  $a_{sbü} = 0$ .

Es wird beachtet, dass  $\rho_l \leq 0.02$  eingehalten werden muss.



Es kann aufgrund dieser Vorgehensweise zu punktuell auftretenden großen Längsbewehrungserhöhungen kommen (z.B. bei Unstetigkeitsstellen).

Empfehlung: die Grundlängsbewehrung (s. Register **Allgemein**) auf ein sinnvolles Maß anheben.

- innerer Hebelarm -  $c_{nom}$ : Betonüberdeckung zur Längsbewehrung. Das Verfahren zur Berechnung des inneren Hebelarms wird nachweisglobal bestimmt (s. **Bemessungseinstellungen**, *allgemeine Nachweisooptionen*).
- Druckstrebenwinkel  $\theta$ : Neigungswinkel der Druckstrebe  
Minimiert ( $\theta = 0$ ): ein minimaler Druckstrebenwinkel führt zu einer minimalen Querkraftbewehrung.  
Aber: der Druckstrebenwinkel geht auch in die Berechnung der Verankerungslängen ein. I.A. ist es nicht sinnvoll, diesen Schalter zu aktivieren (z.T. lokal stark variierende Neigungswinkel).
- Bewehrungswinkel: Winkel der Querkraftbewehrung zur Längsbewehrung

Weitere Informationen zur **Schubbemessung**.

### Bemessungsergebnis

Aus der Biegebemessung erhält man

- die maximalen Bewehrungsquerschnitte  $A_{s0}$ ,  $A_{sU}$  in  $cm^2$
- den Bewehrungsgrad  $\mu_s$

sowie als Zusatzergebnisse

- die eingegebene Grundbewehrung (s. Register **Allgemein**)  $A_{s0o}$ ,  $A_{s0u}$  in  $cm^2$
- die statisch erforderliche Bewehrung  $A_{sbo}$ ,  $A_{sbu}$  in  $cm^2$
- die Differenzbewehrung zur eingegebenen Grundbewehrung (s. Register **Allgemein**)  $\Delta A_{s0}$ ,  $\Delta A_{sU}$  in  $cm^2$

Die Schubbemessung liefert für die Querkraft

- die maximale Querkraftbügelbewehrung (insgesamt)  $a_{sbQ}$  in  $cm^2/m$

sowie als Zusatzergebnisse

- den Bemessungswert der einwirkenden Querkraft  $V_{Ed}$  in kN
- den Bemessungswert der ohne Querkraftbewehrung aufnehmbaren Querkraft  $V_{Rd,ct}$  in kN
- den Bemessungswert der durch die Druckstrebenfestigkeit begrenzten aufnehmbaren Querkraft  $V_{Rd,max}$  in kN
- den Druckstrebenwinkel  $\theta$
- den Ausnutzungsbereich AB nach Tab. 31

### Rissnachweis

<input checked="" type="checkbox"/> <b>Rissnachweis</b>	
Grenz- $\varnothing$ der Längsbewehrung:	
oben	<input type="text" value="8"/> mm
unten	<input type="text" value="8"/> mm
Rissbreite $w_k$	<input type="text" value="0.30"/> mm
Verbund	<input type="text" value="gut"/> <input type="button" value="v"/>
Beiwert $k_{zt}$	<input type="text" value="1.00"/>
<p><input checked="" type="checkbox"/> Mindestbewehrung (Erstrissbildung aus unbeabsichtigtem Zwang)</p> <p>Erstrissbildung <input type="radio"/> unter zentr. Zwang  <input checked="" type="radio"/> unter Biegezwang</p> <p>Induzierung <input type="radio"/> innerhalb  <input checked="" type="radio"/> außerhalb</p> <p><input type="checkbox"/> langsam erhärtender Beton</p>	
<p><math>w_k &lt; 0.30</math> mm: häufige oder seltene Ewk  <math>w_k \geq 0.30</math> mm: quasi-ständige Ewk            Verbundeigenschaften der Bewehrung            =gut: Betonrippenstahl            zur Berücksichtigung des Betonalters            (=0.5: Beton 3 bis 5 Tage alt)</p> <p>Erm. des Beiwerts <math>k</math> zur Berücksichtigung von nichtlinear verteilten Betonzugspannungen            (außerhalb induz., z.B. Stützensenkung: <math>k=1.0</math>)            Reduktion der Mindestbewehrung</p>	

Der Nachweis ist in zwei Teile gegliedert

- Ermittlung der Mindestbewehrung, um unbeabsichtigte Zwangsbeanspruchungen zum Zeitpunkt der Erstrissbildung (vor Verkehrslastaufbringung) abzufangen
- Begrenzung der Rissbreite nach Endrissbildung

Der Nachweis erfolgt auf der Basis zur Einhaltung der Grenzdurchmesser der Längsbewehrung, deshalb ist bei allen Verfahren der Stabdurchmesser  $d_s$  der rissverteilenden Bewehrung in mm festzulegen.

Ist ein Durchmesser = 0, wird die entsprechende Bewehrungsrichtung nicht nachgewiesen.

Der Rissnachweis kann nach

- Norm (ohne direkte Berechnung der Rissbreite)
- Norm (direkte Berechnung der Rissbreite)
- Schießl
- Noakowski

erfolgen. Die Verfahrensauswahl erfolgt nachweisglobal (s. **Bemessungseinstellungen**, *allgemeine Nachweisoptionen*).

Wesentliche Eingangsgröße ist die Rissbreite  $w_k$ .

Weiterhin gehen ein

- zur Ermittlung der Mindestbewehrung
  - Art der Zwangsbeanspruchung (Zugzwang, Biegezwang)
  - Grund für die Zwangsbeanspruchung (selbst oder außerhalb induziert)
- Faktor  $k_{z,t}$  für das maßgebende Betonalter zum Zeitpunkt der Nachweisführung  
 Sind beide Teilnachweise aktiviert, wird  $k_{z,t}$  nur bei der Ermittlung der Mindestbewehrung (Erstriss) berücksichtigt.  
 Die Beanspruchung aus dem Abfließen der Hydratationswärme kann mit 'Zugzwang' und  $k_{z,t} = 0.5$  geführt werden.
- das Verbundverhalten (nur für die Nachweisverfahren von Schießl und Noakowski)

Die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung setzt sich zusammen aus der im Eigenschaftsblatt vorgegebenen Grundbewehrung (s. Register **Allgemein**), einer aus den vorher geführten Tragfähigkeitsnachweisen ermittelten Biegebewehrung (Biegebemessung) und der Kontrollbemessung der in den Nachweis eingehenden Lasten. Der Maximalwert wird übernommen.

Der Nachweisteil *Begrenzung der Rissbreite* überprüft, ob die erforderlichen Grenzdurchmesser oben und unten für die maßgebende Risslast eingehalten werden. Ist der Nachweis nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte der Anfangsbewehrung entsprechend erhöht.

Weitere Informationen zum **Rissnachweis**.

## Ermüdungsnachweis



<input checked="" type="checkbox"/> Ermüdungsnachweis	
$\Delta\sigma_{Rsk}$	195.0 N/mm <sup>2</sup>
$t_0$	28 d

Spannungsschwingbreite der Längsbewehrung  
Zeitpunkt der Erstbelastung des Betons

Der Nachweis ist in zwei Teile gegliedert

- Nachweis für die Längsbewehrung
- Nachweis für den Beton

Wesentliche Eingangsgrößen sind

- die zulässige Spannungsschwingbreite für die Längsbewehrung  $\Delta\sigma_{Rsk}$  in N/mm<sup>2</sup>, die i.A. für gerade und gebogene Stäbe (Stabstahl) 195 N/mm<sup>2</sup> und für geschweißte Stäbe (Betonstahlmatten) 58 N/mm<sup>2</sup> betragen darf
- der Zeitpunkt der Erstbelastung des Betons  $t_0$  in d

Die Parameter sind vom Anwender frei eingebbar.

Ist der Parameter für die Schwingbreite der Längsbewehrung = 0, erfolgt kein Nachweis.

Die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung setzt sich zusammen aus der im Eigenschaftsblatt vorgegebenen Grundbewehrung (s. Register **Allgemein**), einer aus den vorher geführten Tragfähigkeitsnachweisen ermittelten Biegebewehrung (Biegebemessung) und der Kontrollbemessung der in den Nachweis eingehenden Lasten. Der Maximalwert wird übernommen.

Ist der *Nachweis für die Bewehrung* nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte der Anfangsbewehrung entsprechend erhöht.

Weitere Informationen zum [Ermüdungsnachweis](#).

### Spannungsnachweis

<input checked="" type="checkbox"/> Spannungsnachweis	
Vorgabe:	<input checked="" type="radio"/> Faktor <input type="radio"/> zul $\sigma$
zul $\sigma_c$ =	0.60 * $f_{ck}$ = -24.0 N/mm <sup>2</sup>
zul $\sigma_s$ =	0.80 * $f_{yk}$ = 400.0 N/mm <sup>2</sup>

Der Nachweis erfordert die Eingabe der beiden Grenzwerte

- zul  $\sigma_c$  für den Beton und
- zul  $\sigma_s$  für die Bewehrung,

die je nach Einwirkungskombination variieren.

Ist einer der beiden Grenzwerte = 0, wird der entsprechende Nachweis ignoriert.

Als Hilfestellung für den Anwender kann der Grenzwert auch als Vielfaches von  $f_{ck}$  bzw.  $f_{yk}$ , d.h. in Abhängigkeit der definierten Materialgüten, eingegeben werden.

Die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung setzt sich zusammen aus der im Eigenschaftsblatt vorgegebenen Grundbewehrung (s. Register **Allgemein**), einer aus den vorher geführten Tragfähigkeitsnachweisen ermittelten Biegebewehrung (Biegebemessung) und der Kontrollbemessung der in den Nachweis eingehenden Lasten. Der Maximalwert wird übernommen.

Ist der *Nachweis für die Bewehrung* nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte der Anfangsbewehrung auf der Zugseite entsprechend erhöht.

Ist der *Nachweis für den Beton* nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte auf der Druckseite erhöht.

Weitere Informationen zum [Spannungsnachweis](#).

### Nachweisergebnis

Man erhält

- die maximalen Bewehrungsquerschnitte  $A_{s0}$ ,  $A_{su}$  in cm<sup>2</sup>
- den Bewehrungsgrad  $\mu_s$

sowie als Zusatzergebnisse

- die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung  $A_{s0o}$ ,  $A_{s0u}$  in  $\text{cm}^2$
- die Differenzbewehrung zur Anfangsbewehrung  $\Delta A_{s0}$ ,  $\Delta A_{su}$  in  $\text{cm}^2$

für den Rissnachweis

- die Mindestbewehrung  $A_{s0,Min}$ ,  $A_{su,Min}$  in  $\text{cm}^2$
- den zulässigen Grenzdurchmesser  $d_{sR0}$ ,  $d_{sRu}$  in mm

für den Ermüdungsnachweis

- die Schwingbreite  $\Delta\sigma_{s0}$ ,  $\Delta\sigma_{su}$  in  $\text{MN/m}^2$
- die Betonausnutzung aus Ermüdung  $U_c$
- die extremalen Stahlspannungen  $\sigma_{s0}$ ,  $\sigma_{su}$  in  $\text{MN/m}^2$
- die extremale Betonspannung  $\sigma_c$  in  $\text{MN/m}^2$

für den Spannungsnachweis

- die extremalen Stahlspannungen  $\sigma_{s0}$ ,  $\sigma_{su}$  in  $\text{MN/m}^2$
- die minimale Betonspannung  $\sigma_c$  in  $\text{MN/m}^2$

## Bemessungsoptionen DIN 1045-1

Das Registerblatt behandelt die Parameter für Bemessungen und Nachweise nach DIN 1045-1.

### Material

Nachweise nach DIN 1045-1	
Betongüte	C40/50
$\alpha$	0.850
Längsbewehrung	BSt 500

Abminderungsbeiwert

Die Materialgüten werden aus dem [Materialeigenschaftsblatt](#) übernommen.

Der Abminderungsbeiwert  $\alpha_c$  zur Berücksichtigung von Langzeitauswirkungen auf die Druckfestigkeit sowie zur Umrechnung zwischen Zylinderdruckfestigkeit und einaxialer Druckfestigkeit des Betons ist hier zu belegen (i.A. DIN 1045-1: Normalbeton:  $\alpha_c = 0.85$ , Leichtbeton:  $\alpha_c = 0.75$ ).

Weitere Informationen zum [Materialeinsatz](#).

### Biegebemessung

Biegebemessung	
Mindestbewehrung	Platte/Wand

gemäß DIN 1045-1, 13.1.1/13.7.1

Bei der Berücksichtigung der Mindestbewehrung ist zu beachten, ob es sich um ein überwiegend biegebeanspruchtes Bauteil oder eine Wand (hauptsächlich auf Druck beanspruchtes stabförmiges Bauteil) handelt.

Der Anwender kann aus einer Liste auswählen, welches Kapitel zur Bestimmung der Mindestbewehrung maßgebend sein soll.

Weitere Informationen zur [Biegebemessung](#).

### Schubbemessung

<input checked="" type="checkbox"/> <b>Schubbemessung</b>	
Schub- bewehrung	BSt 500
<input type="checkbox"/> OHNE Mindestbewehrung	gemäß DIN 1045-1, 13.3.3(2)
<input checked="" type="checkbox"/> Schubbewehrung vermeiden	
Druck- streben- winkel	<input type="checkbox"/> minimiert 45.00 °
Bewehrungs- winkel	90.00 °

Folgende Parameter sind optional

- mit/ohne Berücksichtigung der Schubmindestbewehrung
- Bemessung als 'Plattenstreifen': **Schubbewehrung vermeiden**: die Anordnung einer Querkraftbewehrung hängt von der Größe des  $V_{Rd,ct}$ -Wertes ab. Dieser Wert wird maßgeblich durch die Zuglängsbewehrung beeinflusst. Bei Aktivierung dieses Schalters wird bei Bedarf die Längsbewehrung so weit erhöht, dass  $V_{Ed} = V_{Rd,ct}$  und damit  $a_{sbü} = 0$ . Es wird beachtet, dass  $\rho_l \leq 0.02$  eingehalten werden muss.



Es kann aufgrund dieser Vorgehensweise zu punktuell auftretenden großen Längsbewehrungserhöhungen kommen (z.B. bei Unstetigkeitsstellen).

Empfehlung: die Grundlängsbewehrung (s. Register **Allgemein**) auf ein sinnvolles Maß anheben.

- innerer Hebelarm -  $c_{nom}$ : Betonüberdeckung zur Längsbewehrung. Das Verfahren zur Berechnung des inneren Hebelarms wird nachweisglobal bestimmt (s. **Bemessungseinstellungen**, *allgemeine Nachweisoptionen*).
- Druckstrebenwinkel  $\theta$ : Neigungswinkel der Druckstrebe  
Minimiert ( $\theta = 0$ ): ein minimaler Druckstrebenwinkel führt zu einer minimalen Querkraftbewehrung.  
Aber: der Druckstrebenwinkel geht auch in die Berechnung der Verankerungslängen ein. I.A. ist es nicht sinnvoll, diesen Schalter zu aktivieren (z.T. lokal stark variierende Neigungswinkel).
- Bewehrungswinkel: Winkel der Querkraftbewehrung zur Längsbewehrung

Weitere Informationen zur **Schubbemessung**.

### Bemessungsergebnis

Aus der Biegebemessung erhält man

- die maximalen Bewehrungsquerschnitte  $A_{s0}$ ,  $A_{sU}$  in  $\text{cm}^2$
- den Bewehrungsgrad  $\mu_s$

sowie als Zusatzergebnisse

- die eingegebene Grundbewehrung (s. Register **Allgemein**)  $A_{s0o}$ ,  $A_{s0u}$  in  $\text{cm}^2$
- die statisch erforderliche Bewehrung  $A_{sbo}$ ,  $A_{sbu}$  in  $\text{cm}^2$
- die Differenzbewehrung zur eingegebenen Grundbewehrung (s. Register **Allgemein**)  $\Delta A_{s0}$ ,  $\Delta A_{sU}$  in  $\text{cm}^2$

Die Schubemessung liefert für die Querkraft

- die maximale Querkraftbügelbewehrung (insgesamt)  $a_{sbQ}$  in  $\text{cm}^2/\text{m}$

sowie als Zusatzergebnisse

- den Bemessungswert der einwirkenden Querkraft  $V_{Ed}$  in kN
- den Bemessungswert der ohne Querkraftbewehrung aufnehmbaren Querkraft  $V_{Rd,ct}$  in kN
- den Bemessungswert der durch die Druckstrebenfestigkeit begrenzten aufnehmbaren Querkraft  $V_{Rd,max}$  in kN
- den Druckstrebenwinkel  $\theta$
- den Ausnutzungsbereich AB nach Tab. 31

### Rissnachweis

<input checked="" type="checkbox"/> <b>Rissnachweis</b>	
Grenz- $\varnothing$ der Längsbewehrung:	
oben	<input type="text" value="8"/> mm
unten	<input type="text" value="8"/> mm
Rissbreite $w_k$	<input type="text" value="0.30"/> mm
Verbund	<input type="text" value="gut"/> <input type="button" value="v"/>
Beiwert $k_{zt}$	<input type="text" value="1.00"/>
<p><input checked="" type="checkbox"/> Mindestbewehrung (Erstrissbildung aus unbeabsichtigtem Zwang)</p> <p>Erstrissbildung <input type="radio"/> unter zentr. Zwang  <input checked="" type="radio"/> unter Biegezwang</p> <p>Induzierung <input type="radio"/> innerhalb  <input checked="" type="radio"/> außerhalb</p> <p><input type="checkbox"/> langsam erhärtender Beton</p>	
<p><math>w_k &lt; 0.30</math> mm: häufige oder seltene Ewk  <math>w_k \geq 0.30</math> mm: quasi-ständige Ewk  zur Berücksichtigung der Verbundeigenschaften der Bewehrung  zur Berücksichtigung des Betonalters  (=0.5: Beton 3 bis 5 Tage alt)</p> <p>Erm. des Beiwerts <math>k</math> zur Berücksichtigung von nichtlinear verteilten Betonzugspannungen  (außerhalb induz., z.B. Stützensenkung: <math>k=1.0</math>)</p> <p>Reduktion der Mindestbewehrung</p>	

Der Nachweis ist in zwei Teile gegliedert

- Ermittlung der Mindestbewehrung, um unbeabsichtigte Zwangsbeanspruchungen zum Zeitpunkt der Erstrissbildung (vor Verkehrslastaufbringung) abzufangen
- Begrenzung der Rissbreite nach Endrissbildung

Der Nachweis erfolgt auf der Basis zur Einhaltung der Grenzdurchmesser der Längsbewehrung, deshalb ist bei allen Verfahren der Stabdurchmesser  $d_s$  der rissverteilenden Bewehrung in mm festzulegen.

Ist ein Durchmesser = 0, wird die entsprechende Bewehrungsrichtung nicht nachgewiesen.

Der Rissnachweis kann nach

- Norm (ohne direkte Berechnung der Rissbreite)
- Norm (direkte Berechnung der Rissbreite)
- Schießl
- Noakowski

erfolgen. Die Verfahrensauswahl erfolgt nachweisglobal (s. [Bemessungseinstellungen](#), *allgemeine Nachweisoptionen*).

Wesentliche Eingangsgröße ist die Rissbreite  $w_k$ .

Weiterhin gehen ein

- zur Ermittlung der Mindestbewehrung
  - Art der Zwangsbeanspruchung (Zugzwang, Biegezwang)
  - Grund für die Zwangsbeanspruchung (selbst oder außerhalb induziert)
- Faktor  $k_{z,t}$  für das maßgebende Betonalter zum Zeitpunkt der Nachweisführung.  
Sind beide Teilnachweise aktiviert, wird  $k_{z,t}$  nur bei der Ermittlung der Mindestbewehrung (Erstriss) berücksichtigt.  
Die Beanspruchung aus dem Abfließen der Hydratationswärme kann mit 'Zugzwang' und  $k_{z,t} = 0.5$  geführt werden.
- das Verbundverhalten (nur für die Nachweisverfahren von Schießl und Noakowski)

Die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung setzt sich zusammen aus der im Eigenschaftsblatt vorgegebenen Grundbewehrung (s. Register [Allgemein](#)), einer aus den vorher geführten Tragfähigkeitsnachweisen ermittelten Biegebewehrung (Biegebemessung) und der Kontrollbemessung der in den Nachweis eingehenden Lasten. Der Maximalwert wird übernommen.

Der Nachweisteil *Begrenzung der Rissbreite* überprüft, ob die erforderlichen Grenzdurchmesser oben und unten für die maßgebende Risslast eingehalten werden. Ist der Nachweis nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte der Anfangsbewehrung entsprechend erhöht.

Weitere Informationen zum [Rissnachweis](#).

## Ermüdungsnachweis

Ermüdungsnachweis $\Delta\sigma_{Rsk}$  195.0 N/mm<sup>2</sup> $t_0$  28 dSpannungsschwingbreite der Längsbewehrung  
Zeitpunkt der Erstbelastung des Betons

Der Nachweis ist in zwei Teile gegliedert

- Nachweis für die Längsbewehrung
- Nachweis für den Beton

Wesentliche Eingangsgrößen sind

- die zulässige Spannungsschwingbreite für die Längsbewehrung  $\Delta\sigma_{Rsk}$  in N/mm<sup>2</sup>, die i.A. für gerade und gebogene Stäbe (Stabstahl) 195 N/mm<sup>2</sup> und für geschweißte Stäbe (Betonstahlmatten) 58 N/mm<sup>2</sup> betragen darf
- der Zeitpunkt der Erstbelastung des Betons  $t_0$  in d

Die Parameter sind vom Anwender frei eingebbar.

Ist der Parameter für die Schwingbreite der Längsbewehrung = 0, erfolgt kein Nachweis.

Die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung setzt sich zusammen aus der im Eigenschaftsblatt vorgegebenen Grundbewehrung (s. Register **Allgemein**), einer aus den vorher geführten Tragfähigkeitsnachweisen ermittelten Biegebewehrung (Biegebemessung) und der Kontrollbemessung der in den Nachweis eingehenden Lasten. Der Maximalwert wird übernommen.

Ist der *Nachweis für die Bewehrung* nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte der Anfangsbewehrung entsprechend erhöht.

Weitere Informationen zum [Ermüdungsnachweis](#).

**Spannungsnachweis** SpannungsnachweisVorgabe:  Faktor  zul  $\sigma$ zul  $\alpha_c$  = 0.60 \*  $f_{ck}$  = -24.0 N/mm<sup>2</sup>zul  $\alpha_s$  = 0.80 \*  $f_{yk}$  = 400.0 N/mm<sup>2</sup>

Der Nachweis erfordert die Eingabe der beiden Grenzwerte

- zul  $\sigma_c$  für den Beton und
- zul  $\sigma_s$  für die Bewehrung,

die je nach Einwirkungskombination variieren.

Ist einer der beiden Grenzwerte = 0, wird der entsprechende Nachweis ignoriert.

Als Hilfestellung für den Anwender kann der Grenzwert auch als Vielfaches von  $f_{ck}$  bzw.  $f_{yk}$ , d.h. in Abhängigkeit der definierten Materialgütern, eingegeben werden.

Die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung setzt sich zusammen aus der im Eigenschaftsblatt vorgegebenen Grundbewehrung (s. Register **Allgemein**), einer aus den vorher geführten Tragfähigkeitsnachweisen ermittelten Biegebewehrung (Biegebemessung) und der Kontrollbemessung der in den Nachweis eingehenden Lasten. Der Maximalwert wird übernommen.

Ist der *Nachweis für die Bewehrung* nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte der Anfangsbewehrung auf der Zugseite entsprechend erhöht.

Ist der *Nachweis für den Beton* nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte auf der Druckseite erhöht.

Weitere Informationen zum [Spannungsnachweis](#).

**Nachweisergebnis**

Man erhält

- die maximalen Bewehrungsquerschnitte  $A_{s0}$ ,  $A_{su}$  in cm<sup>2</sup>
- den Bewehrungsgrad  $\mu_s$

sowie als Zusatzergebnisse

- die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung  $A_{s0o}$ ,  $A_{s0u}$  in  $\text{cm}^2$
- die Differenzbewehrung zur Anfangsbewehrung  $\Delta A_{s0}$ ,  $\Delta A_{sU}$  in  $\text{cm}^2$

für den Rissnachweis

- die Mindestbewehrung  $A_{s0,Min}$ ,  $A_{sU,Min}$  in  $\text{cm}^2$
- den zulässigen Grenzdurchmesser  $d_{sRo}$ ,  $d_{sRu}$  in mm

für den Ermüdungsnachweis

- die Schwingbreite  $\Delta\sigma_{s0}$ ,  $\Delta\sigma_{sU}$  in  $\text{MN/m}^2$
- die Betonausnutzung aus Ermüdung  $U_c$
- die extremalen Stahlspannungen  $\sigma_{s0}$ ,  $\sigma_{sU}$  in  $\text{MN/m}^2$
- die extreme Betonspannung  $\sigma_c$  in  $\text{MN/m}^2$

für den Spannungsnachweis

- die extremalen Stahlspannungen  $\sigma_{s0}$ ,  $\sigma_{sU}$  in  $\text{MN/m}^2$
- die minimale Betonspannung  $\sigma_c$  in  $\text{MN/m}^2$

### Bemessungsoptionen DIN 1045

Das Registerblatt behandelt die Parameter für Bemessungen und Nachweise nach DIN 1045.

#### Material

Nachweise nach DIN 1045 (7.88)	
Betongüte	B25
Längsbewehrung	BSt 420

Die Materialgüten werden aus dem [Materialeigenschaftsblatt](#) übernommen.

Weitere Informationen zum [Materialeinsatz](#).

#### Biegebemessung

Biegebemessung		
Mindestbewehrung	<input checked="" type="radio"/> Biegeglied	(min $\mu=0$ )
	<input type="radio"/> Druckglied	(min $\mu_{st.erf.}=0.8\%$ )

Eine Mindestbewehrung ist nur für Druckglieder zu berücksichtigen.

Weitere Informationen zur [Biegebemessung](#).

#### Schubbemessung

<input checked="" type="checkbox"/> Schubbemessung	
Schubbewehrung	BSt 420
<input checked="" type="checkbox"/> volle Schubdeckung	
<input type="radio"/> Schubbereich 2	
<input checked="" type="radio"/> alle Schubbereiche	
<input type="checkbox"/> Fertigteil mit Ortbetonergänzung	

Folgende Parameter können eingestellt werden

- volle Schubdeckung auch im Schubbereich 2: keine verminderte Schubdeckung nach Gl. (17)
- volle Schubdeckung in allen Schubbereichen:  $\tau = \tau_0$
- Fertigteil mit Ortbetonergänzung: Abminderung von  $\tau_{zul}$  nach 19.7.2



Weitere Informationen zur [Schubbemessung](#).

### Bemessungsergebnis

Aus der Biegebemessung erhält man

- die maximalen Bewehrungsquerschnitte  $A_{sO}$ ,  $A_{sU}$  in  $\text{cm}^2$
- den Bewehrungsgrad  $\mu_s$

sowie als Zusatzergebnisse zum besseren Nachvollziehen des Nachweises

- die statisch erforderliche Bewehrung  $A_{sbo}$ ,  $A_{sbu}$  in  $\text{cm}^2$
- die Differenzbewehrung zur eingegebenen Grundbewehrung (s. Register [Allgemein](#))  $\Delta A_{sO}$ ,  $\Delta A_{sU}$  in  $\text{cm}^2$

Die Schubbemessung liefert

- die maximale Querkraftbügelbewehrung (insgesamt)  $a_{sbQ}$  in  $\text{cm}^2/\text{m}$

sowie als Zusatzergebnisse

- den Grundwert der Schubspannungen aus Querkraft  $\tau_0$  in  $\text{N}/\text{mm}^2$
- den Schubbereich SB
- die Bemessungsschubspannung aus Querkraft  $\tau_Q$  in  $\text{N}/\text{mm}^2$

### Rissnachweis

**Rissnachweis**

Grenz- $\varnothing$  der Längsbewehrung:

oben	8	mm
unten	8	mm

**nur für Nachweise nach 'DIN':**

Umweltbedingung nach Tabelle 10

Zeile	2	▼	Bauteile, zu denen die Außenluft häufig oder ständig Zugang hat; Bauteile unter Wasser oder im Boden, $w_{cal} = 0.25$ mm
-------	---	---	---

**nur für Nachweise nach 'Schießl' und 'Noakowski':**

Rissbreite $w_k$	0.25	mm	zur Berücksichtigung der Verbundeigenschaften der Bewehrung zur Berücksichtigung des Betonalters (=0.5: Beton 3 bis 5 Tage alt)
Verbund	gut	▼	
Beiwert $k_{zt}$	1.00		

**Mindestbewehrung (Erstrissbildung aus unbeabsichtigtem Zwang)**

Erstrissbildung	<input checked="" type="radio"/>	unter zentr. Zwang
	<input type="radio"/>	unter Biegezwang

Der Nachweis ist in zwei Teile gegliedert

- Ermittlung der Mindestbewehrung, um unbeabsichtigte Zwangsbeanspruchungen zum Zeitpunkt der Erstrissbildung (vor Verkehrslastaufbringung) abzufangen
- Regeln für die statisch erforderliche Bewehrung nach Endrissbildung

Der Nachweis erfolgt auf der Basis zur Einhaltung der Grenzdurchmesser der Längsbewehrung, deshalb sind bei allen Verfahren die Stabdurchmesser  $d_s$  der rissverteilenden Bewehrung (Grenzdurchmesser der Längsbewehrung) in mm festzulegen.

Ist ein Durchmesser = 0, wird die entsprechende Bewehrungsrichtung nicht nachgewiesen.

Der Rissnachweis kann nach

- DIN 1045
- Schießl
- Noakowski

erfolgen. Die Verfahrensauswahl erfolgt nachweisglobal (s. [Bemessungseinstellungen](#), *allg. Nachweisoptionen*).

Wesentliche Eingangsgröße ist die Rissbreite, die bei Anwendung des Verfahrens nach DIN 1045 über die Umweltbedingungen und bei Schießl/Noakowski direkt über  $w_{cal}$  einzugeben ist.

Weiterhin gehen ein

- Art der Zwangsbeanspruchung (Zugzwang, Biegezwang)
- Faktor  $k_{z,t}$  zur Berücksichtigung des Betonalters zum Zeitpunkt der Ermittlung der Mindestbewehrung.  
Die Beanspruchung aus dem Abfließen der Hydratationswärme ist mit ‚Zugzwang‘ und  $k_{z,t} = 0.5$  zu führen.
- das Verbundverhalten (nur für die Nachweisverfahren von Schießl und Noakowski)

Der Nachweisteil *Regeln für die statisch erforderliche Bewehrung* überprüft, ob die erforderlichen Grenzdurchmesser oben und unten für die maßgebende Risslast eingehalten werden.

Ist der Nachweis nicht erfüllt, werden die Bewehrungsquerschnitte der Eingangsbewehrung entsprechend erhöht.

Weitere Informationen zum [Rissnachweis](#).

### Schwingbreitennachweis

Schwingbreitennachweis

Schwingbreite  N/mm<sup>2</sup>

Der Schwingbreitennachweis wird für die Längsbewehrung geführt, ein Nachweis der Querkraftbewehrung erfolgt nicht.

Wesentliche Eingangsgröße ist die zulässige Schwingbreite zu  $\Delta\sigma$ , die i.A. in geraden Stababschnitten III S und IV S (Balken) 180 N/mm<sup>2</sup> und bei Betonstahlmatten IV M (Platten) 80 N/mm<sup>2</sup> betragen darf.

Der Parameter ist vom Anwender frei definierbar.

Weitere Informationen zum [Schwingbreitennachweis](#).

### Nachweisergebnis

Aus den Gebrauchstauglichkeitsnachweisen erhält man

- die maximalen Bewehrungsquerschnitte  $A_{s0}$ ,  $A_{su}$  in cm<sup>2</sup>
- den Bewehrungsgrad  $\mu_s$

sowie als Zusatzergebnisse

- die in den Nachweis eingehende Anfangsbewehrung  $A_{s0o}$ ,  $A_{s0u}$  in cm<sup>2</sup>
- die Differenzbewehrung zur Anfangsbewehrung  $\Delta A_{s0}$ ,  $\Delta A_{su}$  in cm<sup>2</sup>

für den Rissnachweis

- die Mindestbewehrung  $A_{s0,Min}$ ,  $A_{su,Min}$  in cm<sup>2</sup>

für den Schwingbreitennachweis

- die Schwingbreite  $\Delta\sigma_{s0}$ ,  $\Delta\sigma_{su}$  in MN/m<sup>2</sup>

zur Hauptseite [4H-WINKEL](#), [Winkelstützwand](#)

