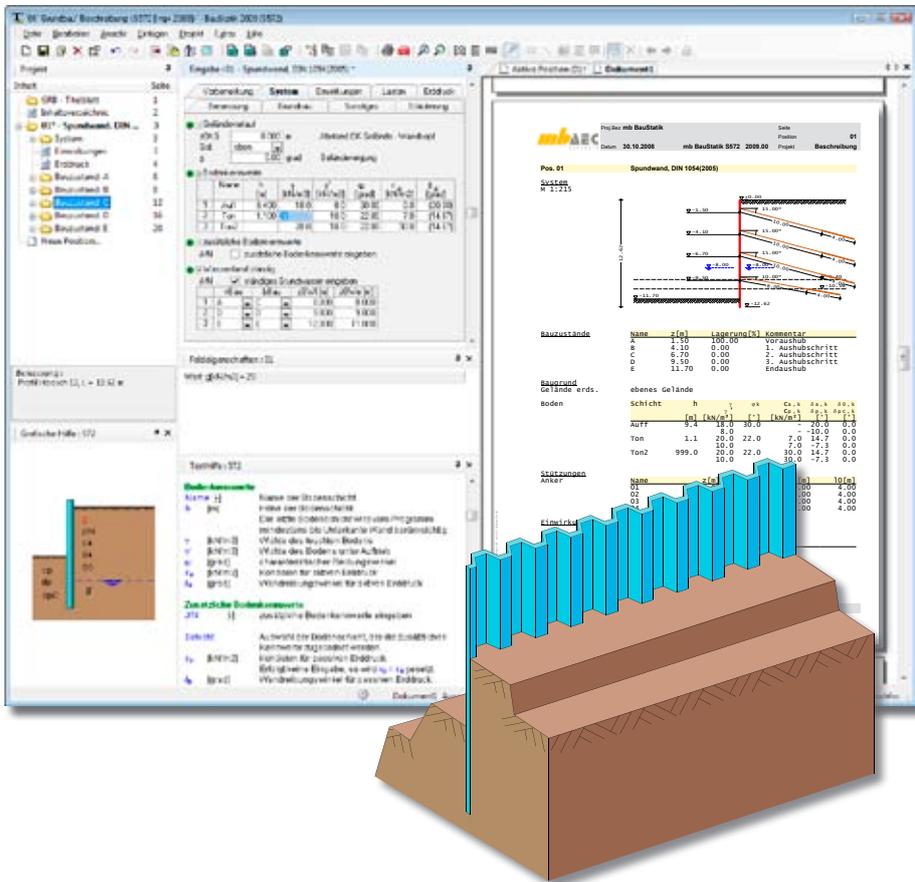


S572 Spundwand DIN 1054 (EAB, EAU)

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls S572 von
Dipl.-Ing. (FH) Markus Öhlenschläger



Spundwandkonstruktionen dienen zur Sicherung von Geländesprüngen und zur Übertragung von Belastungen in den Baugrund. Häufige Anwendungen sind Baugrubensicherungen, Stützwände, Bestandteile von Bauwerken wie z.B. Unterführungen oder Sicherung von wasserbaulichen Anlagen. Die grundlegende Norm für die Berechnung und die Nachweisführung von im Boden eingebetteten Stützbauwerken stellt die DIN 1054 (01/05) dar.

Darüber hinaus sind bei Baugruben die Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB), der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V.. Bei Wänden, die an wasserbaulichen Anlagen als dauerhafte Bauwerke Anwendung finden, sind die Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Uferbefestigungen“ (EAU) der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. zu beachten.

System

Grundlegend für die Berechnung ist, dass die Spundwand von der rechten Seite durch Erddruck belastet und von der linken durch Erdwiderstand gestützt ist.

Bei der Erddruckermittlung kann das Gelände in ebener, geneigter oder auch abgeboachter Ausführung berücksichtigt werden.

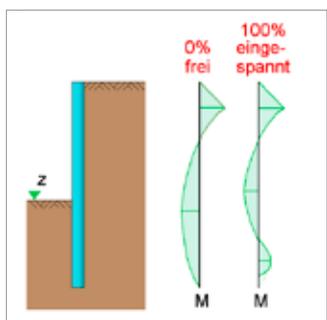


Bild 1. Momenten-Verlauf je Fußlagerung

Für die Bestimmung des Erdwiderstandes wird eine ebene Baugrubensohle unterstellt, wobei wahlweise eine Stützböschung definiert werden kann. Die Beschreibung des anstehenden Baugrundes ist schichtenweise über die üblichen Parameter wie Wichte, Wichte unter Auftrieb, Reibungswinkel, Kohäsion sowie Wandreibungswinkel möglich. Somit können beliebig wechselnde Bodeneigenschaften simuliert werden. Der Verlauf der Schichtgrenzen ist hierbei horizontal.

Bauzustände

Besonders bei rückverankerten Spundwänden, die als Baugrubensicherung eingesetzt werden, sind herstellungsbedingt Bauzustände notwendig und somit zu untersuchen. Die Stahl-Spundwandbohlen werden in den Baugrund eingebracht. Anschließend wird in einzelnen Bauzuständen das Bodenmaterial vor der Spundwand abgetragen (Aushub der Baugrube) und Stützungen erzeugt. Der erste Bauzustand, der sog. Voraushub, erfolgt häufig als auskragende Wand. Ist die Aushubtiefe erreicht erfolgt die Herstellung einer Stützung wie z.B. Rückverankerung oder Steifen. Anschließend wird der Baugrund bis zur Aushubtiefe des folgenden Bauzustandes abgetragen und die nächste Stützung hergestellt. Für jeden Aushub wiederholen sich die Abläufe bis die Endaushubtiefe erreicht wird.

Somit weist das System je Bauzustand unterschiedliche Ausprägungen auf. Besonders bei der Spundwand-Profilwahl sind diese unterschiedlichen Systeme entscheidend, denn das gewählte Profil muss die Beanspruchungen aller Bauzustände abdecken.

Mit dem Programm S572 können für die Berechnung Bauzustände definiert und somit die Herstellungsgeschichte abgebildet werden. Die folgenden Eingabeoptionen stehen hierbei aushubphasenbezogen zur Wahl:

- Lagerung am Wandfuß (frei aufgelagert bis eingespannt)
- Stützungen als Anker oder Steifen
- Ständige Wasserstände für Luft- und Erdseite
- Veränderliche Wasserstände für Luft- und Erdseite
- Stützböschung in der Baugrube

Weiterhin ist für die Nachweise gemäß DIN 1054 (01/05) Abs. 6.3.2 die Sicherheitsklasse für Widerstände festzulegen. Dieser Sicherheitsanspruch kann ebenfalls in den Bauzuständen unterschieden werden. So ist es möglich alle Bauzustände als Herstellung oder Reparatur und den Endaushub als Funktionszeit des Bauwerks zu deklarieren. Nach DIN 1054 stehen die folgenden drei Klassen zur Wahl:

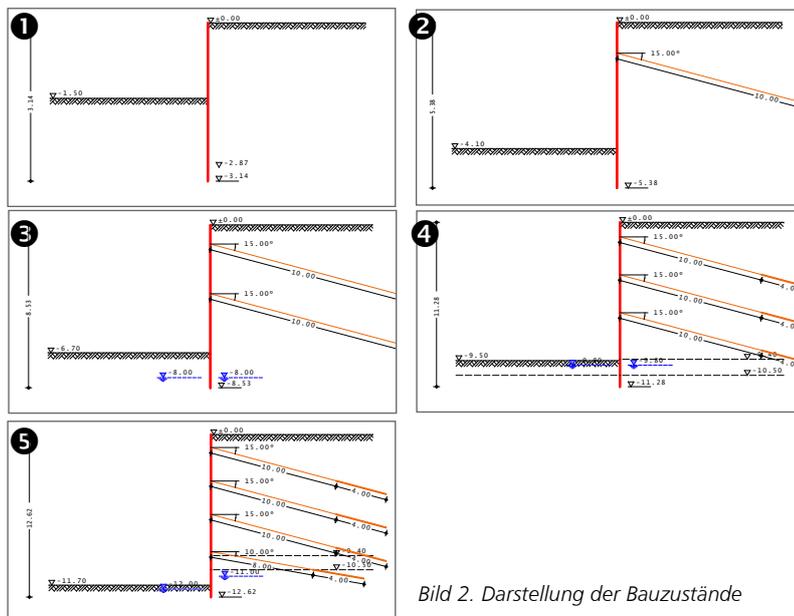


Bild 2. Darstellung der Bauzustände

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

Erddruckermittlung

Der belastende Erddruck wird gem. E DIN 4085 (12/02) bestimmt. Hier kann zwischen dem aktiven Erddruck oder Erdruhedruck gewählt werden. Nach EAB EB 8 ist die Größe des Erddrucks maßgeblich von der horizontalen Bewegung der Spundwand abhängig. Um dies bei der Ermittlung berücksichtigen zu können, steht zusätzlich als Zwischenwert ein erhöht aktiver Erddruck zur Wahl.

Der Erddruck wird auf Grundlage von charakteristischen Scherfestigkeiten aus den Anteilen Kohäsion, vertikaler Gleichflächenlast sowie Bodeneigenlast aufsummiert. Bei bindigen Schichten wird darüber hinaus der Ersatzreibungswinkel ermittelt um negative oder zu geringe Erddrücke zu verhindern. Als Mindesterdruk wird dann der ungünstigere Verlauf auf die Spundwand angesetzt.

Für gestützte Spundwände wird sich abweichend von der klassischen Erddruckverteilung eine Verteilung einstellen, bei der sich mehr Last an den Stützungen der Wand konzentriert. Um dies zu berücksichtigen gibt es sowohl von EAB als auch EAU Empfehlungen für Erddruckumlagerungen für rückverankerte Baugruben sowie für abgegrabene oder hinterfüllte Ufersicherungen. Für die einzelnen Bauzustände stehen in Abhängigkeit der gewählten Vorschrift (EAU oder EAB) und der Anzahl der Stützungen alle möglichen Umlagerungsfiguren zu Auswahl.

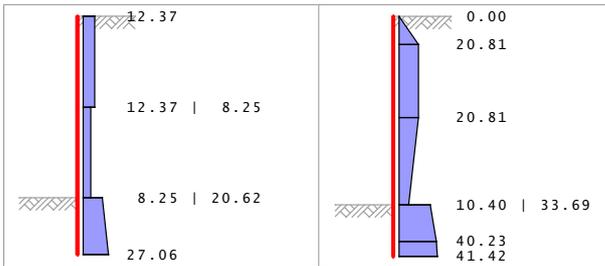


Bild 3. Belastungsfiguren nach EAB

Belastungen

Neben dem Erddruck infolge Bodeneigenlast können auch Erddruckanteile infolge vertikaler oder horizontaler Linienlasten, vertikaler Block- und Streifenlasten sowie großflächiger Auflasten, bestimmt und bei den Nachweisen und Bemessungen berücksichtigt werden. Diese Belastungen greifen entweder an Geländeoberkante oder unterhalb als Gründungslasten benachbarter Bauwerke. Darüber hinaus können weitere Belastungen wie Vertikal- oder Horizontalkräfte sowie Momente oder horizontale Spannungen direkt auf die Spundwand einwirken.

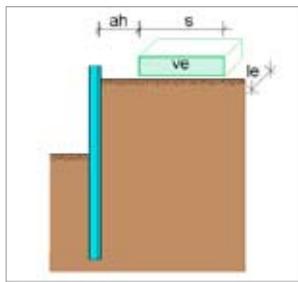


Bild 4. Beispiel Blocklasten

Wasserstände

Für die Ermittlung des Erddrucks können zwei im Boden vorherrschende Wasserstände eingetragen und berücksichtigt werden. Dabei wird der niedrigste Wasserstand als ständige Einwirkung behandelt, der höhere Wasserdruck gemäß DIN 1054 Abs. 10.3.2 (5) als außergewöhnliche Einwirkung.

Bei der automatischen Überlagerung bzw. Kombinationsbildung wird dann der jeweils ungünstigere Wasserstand berücksichtigt.

Einwirkungen

Auf Grundlage von eigen definierten Einwirkungen werden durch das Programm alle möglichen Kombinationen automatisch erzeugt. Die Einwirkungen werden einem Typ gemäß DIN 1055-100 zugeordnet. Dabei stehen neben ständigen Einwirkungen auch die veränderlichen Einwirkungen nach Tabelle A.2 der DIN 1055-100 sowie eigen definierte Einwirkungen zur Verfügung.

Alle Belastungen werden jetzt als charakteristische Werte eingetragen und einer Einwirkung zugeordnet. Durch Gruppenzuweisung können auch Einwirkungen erzeugt werden, die sich gegenseitig ausschließen und somit nicht gleichzeitig in derselben Kombination enthalten sind.

Für die geotechnischen Nachweise werden gemäß DIN 1054 Abs. 6.3.1 drei Einwirkungskombinationstypen unterschieden:

- Regel Kombination EK1: Ständige sowie während der Funktionszeit regelmäßig auftretende Veränderliche Einwirkung
- Seltene Kombination EK2: Außer den Einwirkungen der Regel-Kombination seltene oder einmalige planmäßige Einwirkungen.
- Außergewöhnliche Kombination EK3: Außer den Einwirkungen der Regel-Kombination eine gleichzeitig mögliche außergewöhnliche Einwirkung, insbesondere bei Erdbeben, Katastrophen oder Unfällen.

Jede automatisch gebildete Kombination wird automatisch entsprechend der beinhalteten Einwirkungen typisiert. Somit bilden alle Kombinationen, bei denen keine außergewöhnliche Einwirkung enthalten ist, eine Regel-Kombination (EK1). Ist eine außergewöhnliche Einwirkung enthalten, so wird diese als außergewöhnliche Kombination (EK3) behandelt.

Lastfälle der DIN 1054

In der DIN 1054 (01/05) werden drei Lastfälle beschrieben, welche sich aus den Einwirkungskombinationen in Verbindung mit den Sicherheitsklassen ergeben. Es wird unterschieden in:

- Lastfall LF 1: ständige Bemessungssituation
- Lastfall LF 2: vorübergehende Bemessungssituation
- Lastfall LF 3: außergewöhnliche Bemessungssituation

Durch die Auswahl der Sicherheitsklasse und Typisierung der gebildeten Einwirkungskombinationen wird für jeden Nachweis automatisch vom Programm der maßgebende Lastfall bestimmt. Für definierte Kombinationstypen mit Bemessungswerten der Belastung kann der zu untersuchende Lastfall manuell vorgegeben werden. In der Regel wird für Spundwände, die als Baugrubensicherungen eingesetzt werden, über die Sicherheitsklasse 2 der Lastfall 2 maßgebend.

Geotechnische Nachweise

Das Programm führt die erforderlichen geotechnischen Nachweise gemäß DIN 1054, die sich in die Nachweise Verlust der Lagesicherheit (GZ 1A) und Versagen von Bauwerken und Bauteilen aufgliedern.

Die folgenden Nachweise werden vom Programm geführt:

Versagen des Erdwiderlagers in Grenzzustand 1B

Ein Spundwandbauwerk erreicht seine Standsicherheit indem die horizontale Belastung komplett oder teilweise über die horizontale Erdwiderstandskraft vor der Wand abgetragen wird.

Für jeden Bauzustand ist somit nachzuweisen, dass die Spundwand über eine ausreichende Einbindetiefe verfügt, um die vorherrschende Belastung abzutragen.

$$B_{h,d} \leq E_{ph,d} \text{ mit } E_{ph,d} = \eta \cdot \frac{E_{ph,k}}{\gamma_{Ep}}$$

- $B_{h,d}$ Bemessungswert des Horizontalanteils der Auflagerkraft für das Erdwiderlager
- $E_{ph,d}$ Bemessungswert des Horizontalanteils des Erdwiderstandes
- γ_{Ep} Teilsicherheitsbeiwert für den Erdwiderstand
- η Abminderungsfaktor zur Reduktion der Fußverschiebung nach DIN 1054 Abs. 10.6.3 (4)

Über die Nachweisführung „Versagen des Erdwiderlagers“ wird die erforderliche Einbindetiefe je Bauzustand, bzw. Aushubphase unter Berücksichtigung von DIN 1054 Abs. 10.6.3 sowie EAB (EB 80) ermittelt.

Nachweis der Vertikalkomponente der Auflagerkraft

Neben der Nachweisführung der Abtragung der horizontalen Auflagerkraft in den Baugrund ist auch die Vertikalkomponente der Auflagerkraft B zu beurteilen. Hierfür ist nachzuweisen, dass bei gewähltem negativem Neigungswinkel $\delta_{p,m,k}$

die von unten nach oben gerichtete vertikale Auflagerkraft $B_{v,k}$ kleiner ist als die Summe der von oben nach unten gerichteten Anteile je Einwirkung.

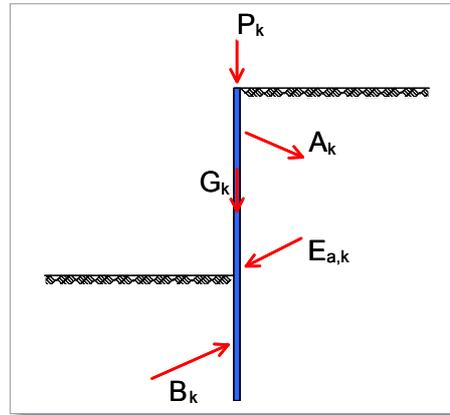


Bild 5. Darstellung Vertikalkräfte

$$B_{v,k} = B_{h,k} \cdot \tan(\delta_{p,m,k})$$

$$V_k \geq B_{v,k}$$

$$V_k = G_k + E_{av,k} + A_{v,k} + C_{v,k}$$

- V_k Charakteristische Summe aller von oben nach unten gerichteter Einwirkungen
- $B_{v,k}$ Charakteristische Vertikalkomponente der Auflagerkraft B am Erdwiderlager
- $A_{v,k}$ Charakteristische Vertikalkomponente der Auflagerkraft A
- $E_{av,k}$ Charakteristische Vertikalkomponente des Erddrucks
- $C_{v,k}$ Charakteristische Vertikalkomponente der Ersatzkraft C
- $\delta_{p,m,k}$ gemittelter Wandreibungswinkel zur Ermittlung der Erdwiderstandskraft

Dem Nachweis der vertikalen Auflagerkraft ist kein Grenzzustand zugeordnet. Nach DIN 1054 Abs. 10.6.3 wird der Nachweis auf charakteristischem Lastniveau geführt. Falls der Nachweis nicht erfüllt ist und die Vertikalkomponente der Bodenaullagerkraft größer ist als die Summe der minimalen vertikalen Gesamtbeanspruchung der Wand, so ist der negative Wandreibungswinkel $\delta_{p,m,k}$ und somit auch der maximale Erdwiderstand überschätzt. Der Wandreibungswinkel ist dann zu reduzieren. Besonders bei frei auskragenden oder einfach rückverankerten Baugruben mit flacher Ankerneigung beeinflusst die Nachweisführung die Ermittlung der Einbindetiefe. Die Anpassung des Wandreibungswinkels für die Ermittlung des Erdwiderstandes kann vom Programm automatisch erfolgen.

Nachweis der Ersatzkraft C im Grenzzustand 1B

Für im Erdwiderlager eingespannte oder teilweise eingespannte Spundwände ist die Einbindetiefe um einen Tiefenzuschlag Δt_1 („Rammtiefenzuschlag“) über die theoretische Einbindetiefe t_1

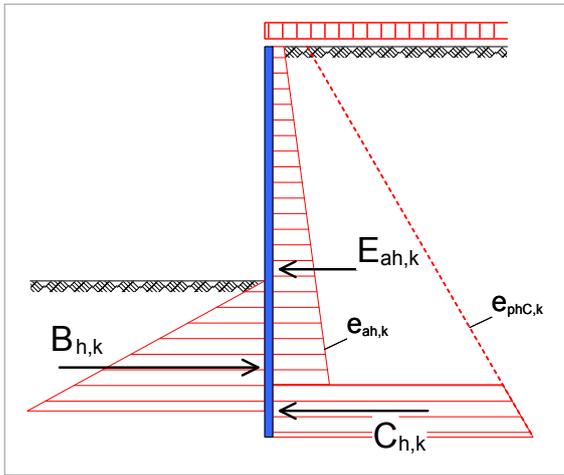


Bild 6. Darstellung Ersatzkraft C

hinaus, zur Aufnahme der statisch erforderlichen Ersatzkraft C, zu verlängern. Vereinfacht, ohne weiteren Nachweis, kann der Tiefenzuschlag mit 20% der theoretischen Einbindetiefe angenommen werden. Bei genauerer Nachweisführung sind auch geringere Zuschläge, jedoch mindestens 10%, möglich.

Das Programm ermöglicht neben dem vereinfachten Ansatz von 20% für eine wirtschaftliche Betrachtung auch den genaueren Nachweis, ob die Ersatzlast $C_{h,d}$ über die Bodenreaktion $E_{phC,d}$ über den Tiefenzuschlag Δt_1 abgetragen werden kann.

$$C_{h,d} \leq E_{phC,d} \quad \text{mit Tiefenzuschlag } \Delta t_1 = \frac{C_{h,d} \cdot \gamma_{Ep}}{e_{phC,k}}$$

- $C_{h,d}$ Bemessungswert der Ersatzkraft
- $E_{phC,d}$ Bemessungswert des Erdwiderstandes
- γ_{Ep} Teilsicherheitsbeiwert für den Erdwiderstand
- Δt_1 Tiefenzuschlag
- $e_{phC,k}$ Charakteristische Erdwiderstandsordinate

Bei der genaueren Nachweisführung wird iterativ der notwendige Tiefenzuschlag zur Aufnahme der Ersatzkraft bestimmt. Die Nachweisführung selbst erfolgt nach EAB (EB 26) oder EAU (E 56) entsprechend DIN 1054 Abs. 10.6.3.

Nachweis gegen Versinken von Bauteilen im Grenzzustand 1B

Für wandartige Stützbauwerke wie Spundwände ist es erforderlich nachzuweisen, dass das Bauteil infolge wandparalleler Beanspruchung im Boden

versinkt. Die Grenzzustandsbedingung wird in DIN 1054 Abs. 10.6.6 wie folgt beschrieben.

$$V_d \leq R_d$$

V_d Bemessungswert der vertikalen Wandbeanspruchung

R_d Bemessungswert des Widerstandes der Spundwand in axialer Richtung

Die sogenannte äußere Tragfähigkeit für Spundwände wird nach EAB (EB 85) ermittelt. Diese setzt sich zum einen aus dem Fußwiderstand und zum anderen aus dem Mantelwiderstand zusammen. Die dafür notwendige Mantelreibung und der Spitzendruck können hierfür auf Grundlage von Erfahrungswerten nach EAB A 10 bestimmt oder durch Vorgabe von Ergebnissen aus Probelastungen ermittelt werden.

Nachweis der Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge im Grenzzustand 1B

Zur Ermittlung der erforderlichen Ankerlänge ist der Nachweis in der tiefen Gleitfuge erforderlich. Hierbei wird nachgewiesen, dass der Bodenkörper, der sich über die Ankerlänge definiert, auf einer ebenen Gleitfläche abrutscht. Die an den Bodenkörper angreifenden Kräfte bilden ein Kräfteck über welches die mögliche Ankerkraft $A_{m\ddot{o}gl,k}$ bestimmt wird.

$$A_{vorh,d} \leq A_{m\ddot{o}gl,d}$$

$A_{vorh,d}$ Bemessungswert der Ankerbeanspruchung

$A_{m\ddot{o}gl,d}$ Bemessungswert des Widerstandes

Über die Vorgabe einer Schrittweite für die Ankerverlängerung kann das Programm automatisch die Ankerlänge so weit steigern, bis der Nachweis erfüllt ist. Definiert ist der Nachweis in DIN 1054 Abs. 10.6.7. Berücksichtigt wird je nach Ausführungsart die EAB (EB 44) oder EAU (E 10).

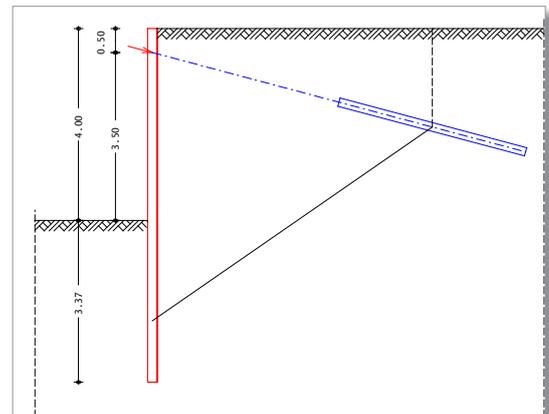


Bild 7. Bruchkörper für Nachweis Tiefe Gleitfuge

Tragfähigkeit der Spundwandbohlen

Nach DIN 1054 Abs. 10.6.8 ist für Bauteile die Tragfähigkeit nachzuweisen. Für die Spundwandbohlen erfolgt die Nachweisführung der Querschnittstragfähigkeit gem. DIN 18800-1 nach dem Verfahren elastisch-elastisch.

$$E_d \leq R_{M,d}$$

E_d Bemessungswert der Beanspruchung
 $R_{M,d}$ Bemessungswert des Bauteilwiderstandes

Zur Berechnung der Spundwand wird als statisches System ein unnachgiebig gelagerter Träger angenommen. Bei einer frei aufgelagerten Wand stellt jeder Anker oder Steife sowie das Widerlager im Schwerpunkt des mobilisierten Erdwiderstandes ein Lager des Trägers dar. Für frei auskragende oder eingespannte Wände wird zur Bestimmung der Ersatzkraft C ein weiteres horizontales Lager am theoretischen Fußpunkt der Wand erzeugt. Über den theoretischen Fußpunkt hinaus wird die Wand um den Tiefenzuschlag Δt zur Aufnahme der Ersatzkraft verlängert.

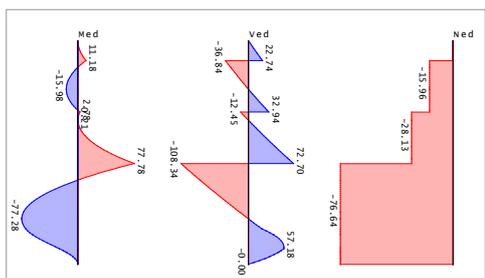


Bild 8. Bemessungsschnittgrößen

Die Auflager am Wandfuß als Punktlager abzubilden, erzeugt durch das so entstehende Stützmoment infolge Auskragung zwangsläufig eine fehlerhafte Momenten-Verteilung sowie Auflagerkräfte. Für realistischere Schnittgrößenverteilungen wird bei der Berechnung die resultierende Auflagerreaktion in Form einer Spannungsverteilung als Einwirkung auf die Wand angesetzt.

Ausgabe

Die Ausgabe der Eingabewerte, der Berechnungsgrundlagen sowie der Berechnungs- und Bemessungsergebnisse erfolgt übersichtlich in textlicher und teilweise in grafischer Form für jeden Bauzustand.

Darüber hinaus wird im Anschluss an den letzten Bauzustand eine Übersicht in tabellarischer Form angeboten. Dies erleichtert deutlich die Bearbeitung der Spundwandberechnung.

Der Umfang kann gezielt angepasst und auch reduziert werden.

Dipl.-Ing. (FH) Markus Öhlenschläger
 mb AEC Software GmbH
 mb-news@mbaec.de

*Aktionspreise befristet bis 15.01.09

Angebote BauStatik 2009

S572 Spundwand, DIN 1054 (01/05), (EAB, EAU)

Leistungsbeschreibung siehe nebenstehenden Fachartikel

149,-EUR*
statt 390,- EUR

S572 Spundwand, DIN 1054 (01/05), (EAB, EAU)

Für Kunden mit S570 (alte DIN) und Servicevertrag**

0,-EUR

Bestellformular: Seite 45

Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen.
 Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Preise zzgl. Versandkosten (7,50 EUR) und ges. MwSt.
 Hardlock für Einzelplatzlizenzen, je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Handbücher auf DVD.
 Betriebssysteme Windows 2000 / XP (32) / Vista (32/64) – Stand: November 2008

**Gilt nicht für Module nach alter Norm, die im Rahmen von Sonderaktionen z.B. für 19,- EUR erworben wurden.