



# Statische Berechnung

## Hochwasserschutz Ortslage Müggendorf

### Bau-km 2+000 bis 2+580,5

**Bauherr** Landesamt für Umwelt, Gesundheit und  
Verbraucherschutz Brandenburg - Ö5  
Seeburger Chaussee 2

14476 Potsdam

**Entwurf** Ingenieurbüro Rauchenberger GmbH  
Perleberger Straße 34

19322 Wittenberge

**Statik** IBZ Ing.-Büro für Tragwerksplanung

Markus Böller GmbH & Co. KG

Bei der St. Johanniskirche 14

21335 Lüneburg

Tel. 04131 / 74 94-0

Fax 04131 / 4 54 25

In bautechnischer Hinsicht geprüft:

☒ Standsicherheit

☐ Tragende und aussteifende Bauteile  
bei Brandbeanspruchung

Prüf-Nr.: 190030 des Prüfverzeichnisses

Wittenberge, 30. Aug. 2019

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Rug  
Prüfingenieur für Standsicherheit  
Holz- und Massivbau

Bad Wilsnacker Str. 55 • 19322 Wittenberge  
Tel.: +49 (0) 3877 79694 • Fax: +49 (0) 3877 60325  
info@holzbau-statik.de • www.holzbau-statik.de

**Statische Berechnung** Seite 1 – 93  
Anlagen Seite 94 – 171

**Sachbearbeiter** Mark Lyczynski

Lüneburg, 29.04.2019  
Auftr.-Nr. 19065

## INHALTSVERZEICHNIS

Auftragsnr.:19065-Statik

| Pos. Bauteil                   | Seite     |
|--------------------------------|-----------|
| TITELBLATT                     | 1         |
| INHALTSVERZEICHNIS             | 2         |
| VORBEMERKUNG                   | 3 – 15    |
| 1.0 Bau-km 2+000 bis 2+075     | 16 – 40   |
| 2.0 Bau-km 2+075 bis 2+130     | 41 – 65   |
| 3.0 Bau-km 2+130 bis 2+260     | 66 – 68   |
| 4.0 Bau-km 2+260 bis 2+480     | 69 – 75   |
| 5.0 Bau-km 2+480 bis 2+541     | 76 – 78   |
| 6.0 Bau-km 2+541 bis 2+580,5   | 79 – 81   |
| 7.0 Stb.-Kopfbalken/ Stb.-Holm | 82 – 93   |
| Anlagen                        | 94        |
| 1.1                            | 95 – 103  |
| 1.2                            | 104 – 112 |
| 1.3                            | 113 – 121 |
| 1.4                            | 122 – 127 |
| 1.5                            | 128 – 133 |
| 2.1                            | 134 – 142 |
| 2.2                            | 143 – 151 |
| 2.3                            | 152 – 160 |
| 2.4                            | 161 – 166 |
| 2.5                            | 167 – 171 |



## Vorbemerkungen

Auftr.-Nr. 19065

Im Zuge von Hochwasserschutzmaßnahmen ist es geplant in der Ortslage Müggendorf (Bau-km 2+000 bis 2+541) eine Hochwasserschutzwand zu errichten.

Die Hochwasserschutzwand bestehend aus Spundwänden verläuft hierbei in dem vorhandenen Deichkörper und soll zum einen zukünftige Hochwasser (bordvoll) bis +24,25mNN aufnehmen können.

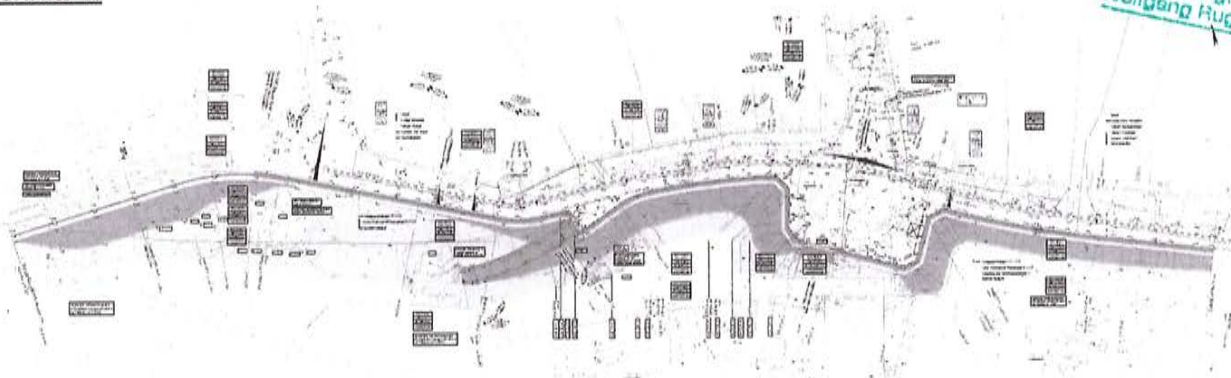
Zum anderen dienen die geplante Hochwasserschutzwände örtlich auch der Deichsicherung für den außergewöhnlichen Lastfall, dass deichnahe Bäume entwurzelt werden. Die beim Lastfall „Baumwurf“ möglichen Wurzelkrater/Baugruben müssen hierbei durch die Spundwand abgefangen werden. Hierfür sind örtlich auch rückverankerte Spundwände erforderlich! Die Rückverankerung soll hierbei mit Ankerwänden erfolgen. Es ist zu prüfen, in wie weit sich die Ankerwände geometrisch mit den örtlichen Gegebenheiten vereinbaren lassen, ggf. sind klassische Rückverankerungen mit Verpresskörpern erforderlich.

Die Bemessung der HWS erfolgt gemäß DIN 19712, bzw. gemäß EC 3 und EC7 und unter Berücksichtigung der Regelwerke EAU 2012 und EAB 2012.

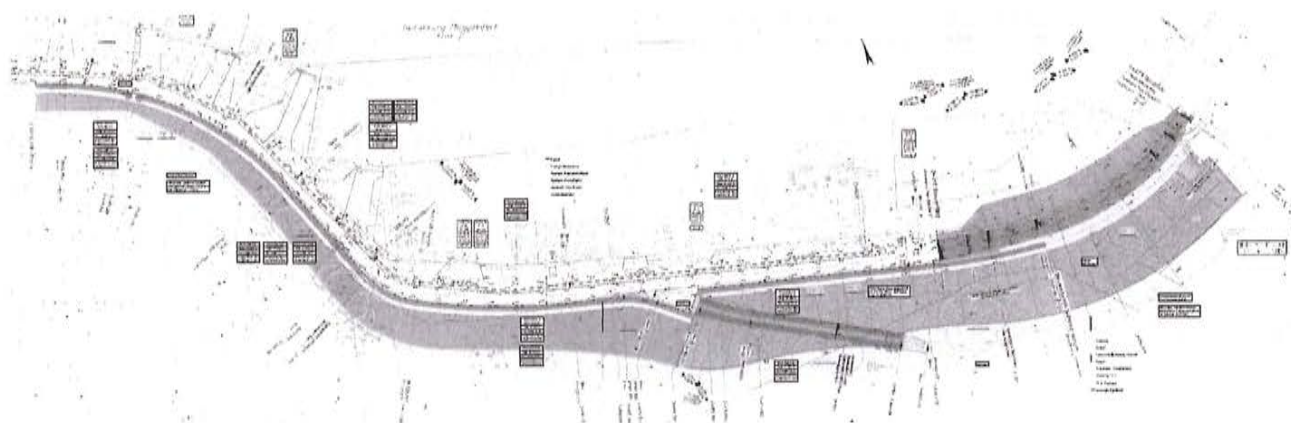
Grundlage für die Statischen Berechnungen bleiben die Entwurfspläne des Ingenieurbüro Rauchenberger, sowie der Geotechnische Bericht des Ingenieurbüro Arlt GmbH aus Neuruppin.

### ÜBERSICHTSKARTE:

#### Abschnitt 1:



#### Abschnitt 2:



### **Entwurfspläne:**

Lageplan, Plan.- Nr.: 5/1, Anlage 5, Blatt 1 mit Datum vom 31.01.2019  
Lageplan, Plan.- Nr.: 5/2, Anlage 5, Blatt 2 mit Datum vom 31.01.2019

#### **Projektbearbeitung durch:**

Ingenieurbüro Rauchenberger GmbH  
Perleberger Straße 34  
19322 Wittenberge

### **Baugrundgutachten:**

Geotechnischer Bericht vom 19.11.2015 + Berechnungsprofile Hochwasserschutzwand vom 20.01.2016

#### **Aufgestellt durch:**

Ingenieurbüro Arlt  
Ruppiner Allee 40  
16816 Neuruppin

### **Vorschriften, Normen und Regelwerke:**

|                  |                                                                                                                                          |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DIN EN 1991:     | Einwirkungen auf Tragwerke                                                                                                               |
| DIN EN 1992-1-1: | Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken,<br>Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau |
| DIN EN 1993-5:   | Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten,<br>Teil 5: Pfähle und Spundwände                                                             |
| DIN EN 1997-1:   | Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik,<br>Teil 1: Allgemeine Regeln                                                        |
| DIN 19702:       | Massivbauwerke im Wasserbau (Februar 2013)                                                                                               |
| DIN 19712:       | Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern (Januar 2013)                                                                                  |
| DIN 4085:        | Baugrund - Berechnung des Erddrucks                                                                                                      |
| EAB 2012:        | Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“                                                                                              |
| EAU 2012:        | Empfehlungen des Arbeitskreises „Ufereinfassungen“                                                                                       |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

### **Baustoffe:**

|                  |                        |
|------------------|------------------------|
| Spundbohlen:     | S240 GP, S355 GP       |
| Gurtung:         | S235                   |
| Rückverankerung: | GEWI Anker, St 500/550 |
| Ankerwand:       | C25/30, B500           |
| Spundwandholm:   | C30/37 (LP), B 500B    |

## Lastannahmen:

### Wasserstände:

Aus dem *Geotechnischer Bericht des Ing.- Büro Arlt GmbH vom 19.11.2015 (Pkt. 4.3)* sind folgende Wasserstände bekannt:

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| Bemessungshochwasser:     | BHW = +23,25 mNN |
| Höchste Hochwasser:       | HHW = +22,97 mNN |
| Mittleres Hochwasser:     | MHW = +20,96 mNN |
| Mittelwasser:             | MW = +18,06 mNN  |
| Mittleres Niedrigwasser : | MNW = +16,56 mNN |

### Deichverteidigungsweg:

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Gemäß DIN 19712, Pkt. 11.2.2.3 ist für den Deichverteidigungsweg folgende Verkehrslast zu berücksichtigen.

Befestigter Deichverteidigungsweg:  $q_k = 33,3 \text{ kN/m}^2$

*Der Abstand zum HWS-Bauwerk wird mit 1,00m angenommen!*

### Anpralllasten:

In Anlehnung an die EAU 2012, E 165 sind Stoßlasten aus treibenden Gegenständen und/oder Anpralllasten in Höhe von  $P_k = 30,0 \text{ kN}$  anzunehmen. Die Anpralllasten können hierbei ohne weitere Nachweise auf eine Breite von 3,00m verteilt werden. Die Angriffshöhe und Wirkrichtung wird sinnvoll angesetzt. Die Anpralllasten werden daher wie folgt berücksichtigt:

Anpralllasten:  $P_k = \pm 10,0 \text{ kN/m}$



### **Lastfälle und Bemessungssituationen:**

Gemäß DIN 19712:2013-01, Tabelle 5 sind folgende Bemessungssituationen zu untersuchen.

#### **Ständige Bemessungssituation:**

#### **BS-P (Hochwasserzustand)**

- |                    |                                              |          |
|--------------------|----------------------------------------------|----------|
| <u>Lastfall 1:</u> | Eigenlasten + Verkehrslasten + BHW           | → BS-P.1 |
| <u>Lastfall 2:</u> | Eigenlasten + Verkehrslasten + fallendes BHW | → BS-P.2 |

#### **Vorübergehende Bemessungssituation:**

#### **BS-T (Bau- und Revisionszustand)**

- |                    |                                      |          |
|--------------------|--------------------------------------|----------|
| <u>Lastfall 3:</u> | Eigenlasten + Verkehrslasten + BauHW | → BS-T.1 |
|--------------------|--------------------------------------|----------|

#### **Außergewöhnliche Bemessungssituation:**

#### **BS-A (Besondere Belastungen und Situationen)**

- |             |                                                            |          |
|-------------|------------------------------------------------------------|----------|
| Lastfall 4: | Eigenlasten + Verkehrslasten + Wasserstand „bordvoll“      | → BS-A.1 |
| Lastfall 5: | Eigenlasten + Verkehrslasten + BHW + Versagen von Dräns    | → BS-A.2 |
| Lastfall 6: | Eigenlasten + Verkehrslasten + Bau HW + Versagen von Dräns | → BS-A.3 |

*BS-P = Ständige Situation, BS-T = Vorübergehende Situation, BS-A = außergewöhnliche Situation*

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Bus

**Lastfall – Baumwurf:**

Wie in der Vorplanung ausführlich erläutert, können deichnahe Bäume und/oder Baumgruppen unter ungünstigen Umständen entwurzelt werden. Die hierbei entstehenden Wurzelkrater können im Hochwasserfall zusätzlich ausgespült werden, so dass eine relativ flache Böschung mit einer Neigung von 1:5 entsteht.

Damit die Standsicherheit des Deiches durch einen Wurzelkrater nicht gefährdet wird, soll die geplante Hochwasserschutzwand (Spundwand) am Scheitel des Deiches (OK = +24,25mNN) für diese besondere Bemessungssituation statisch ausgelegt werden. Untersucht wird hierbei, dass der durch die Ausspülung entstandenen Geländesprung (OK Deich zu OK Baugrube/Wurzelkrater) durch die Spundwand aufgenommen werden kann.

Auf den nachfolgenden Seiten werden folgende Höhengsprünge untersucht:

1. OK Wurzelkrater am Fuß der SPW = 18,00 mNN => Geländesprung = 6,25m
2. OK Wurzelkrater am Fuß der SPW = 19,00 mNN => Geländesprung = 5,25m
3. OK Wurzelkrater am Fuß der SPW = 20,00 mNN => Geländesprung = 4,25m
4. OK Wurzelkrater am Fuß der SPW = 21,00 mNN => Geländesprung = 3,25m
5. OK Wurzelkrater am Fuß der SPW = 22,00 mNN => Geländesprung = 2,25m

Für die betrachteten Höhengsprünge (1-3) ist eine Rückverankerung mittels Ankerwand erforderlich. Die kleineren Höhengsprünge (4+5) können durch eine frei auskragende Spundwand auch ohne Rückverankerung realisiert werden.

**Zugehörige Wasserstände – Fallendes BHW:**

- GW auf der Landseite = +20,95 mNN (entspricht dem MHW)
- Fallendes Hochwasser = +17,89 mNN (entspricht ca. dem Rückgang auf ein MW)



Der Nachweis für den Lastfall „Baumwurf“ und die oben genannten zugehörigen Wasserstände erfolgt als vorübergehende Bemessungssituation (BS-T). Dieser Ansatz ist aus statischer Sicht konservativ gewählt, aber in Hinblick auf die getroffenen Vereinfachungen des Baugrundmodells sinnvoll.

**Verformungen der Spundwand:**

In Abhängigkeit von der Tiefe der Baugrube und des vorhandenen statischen Systems (rückverankerte oder frei auskragende SPW) ergeben sich rechnerisch am Wandkopf größere Verformungen/Verschiebungen der Spundwand. Diese können wie folgt aussehen:

- Rückverankerte SPW:           Kopfverformungen von 30-5 mm Richtung landseite
- Frei auskragende SPW:       Kopfverformungen von 30-35mm Richtung wasserseite

Diese Kopfverformungen der Spundwand sind durch einen aufbetonierten Spundwandholm nochmals reduzierbar, praktisch aber nicht vollständig vermeidbar!

Zur Aktivierung des Erdwiderstandes der Ankerwand muss eine Verschiebung stattfinden. Rechnerisch ergibt sich hier eine maximale Verschiebung von ca. 2,5cm. Diese Verformung ist prinzipiell mit der Verformung der Spundwand aufzuaddieren, bzw. zu überlagern. Auch bleiben dieser Verformungen anschließend dauerhaft in das Bauwerk eingepreßt!

Es ist zu empfehlen, im Übergangsbereich der oben beschriebenen statischen Systeme einen übergreifenden Spundwandholm (z.B. Stb.-Balken) auszubilden, der jeweils zur Hälfte auf beiden statischen Systemen aufliegt und diese kraftschlüssig verbindet!



### Vereinfachungen - Untersuchte Lastfälle:

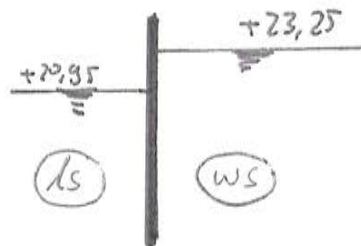
Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten sind für die geplante Baumaßnahme nur die Lastfälle 1-4 gemäß DIN 19712 möglich und somit statisch zu untersuchen.

Hierbei wird der Lastfall „Baumwurf“ als vorübergehende Bemessungssituation angesehen und gemäß EC7 als B<sub>S</sub>-T nachgewiesen.

In den Geotechnischen Berichten sind keine Angaben über Grundwasserstände und/oder dem Schwankungsbereich von Wasserständen für Statische Bemessung von Bauwerken genannt. Daher werden für die nachfolgenden Standsicherheitsnachweise der Hochwasserschutzwand folgende Wasserstände als Berechnungsgrundlage angenommen. Diese Annahmen sind durch einen Baugrundsachverständigen zu bestätigen/verifizieren → siehe auch Bemerkungen zu den Lastannahmen!

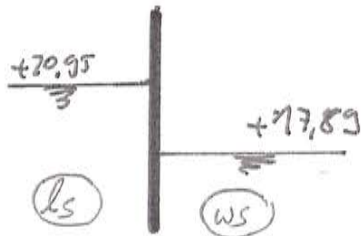
#### Lastfall 1: Bemessungshochwasser

- BHW = +23,25mNN
- GW (Landseite) = +20,95mNN
- 



#### Lastfall 2: Fallendes BHW (Sunk)

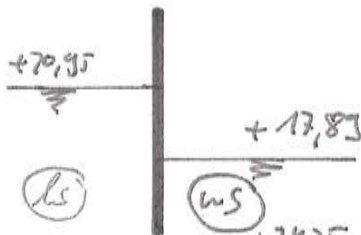
- MW = +17,89mNN
- GW (Landseite) = +20,95mNN
- 



Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

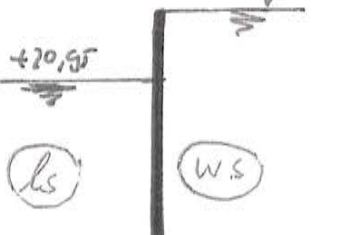
#### Lastfall 3: Baumwurf

- MW = +17,89mNN
- GW (Landseite) = +20,95mNN
- 



#### Lastfall 4: Wasserstand „bordvoll“

- Bordvoll = +24,25mNN
- GW (Landseite) = +20,95mNN



(ls) = Landseite  
(ws) = Wasserseite

### Bodenkennwerte für die Geotechnischen Nachweise:

Nach der Baugrundbeschreibung des Ing.-Büro Arlt lässt sich der Bodenaufbau grob wie folgt gliedern:

- Aufgefüllte Sande, heterogen zusammengesetzt in lockerer bis mitteldichter Lagerung
- Gewachsene Sande ebenfalls heterogen zusammengesetzt und in örtlich lockerer bis mitteldichter Lagerung
- Bindige Böden wie Lehm, Ton, Wechsellagerungen von Sand und Lehm
- Sande, mitteldicht bis dicht gelagert

Die Bodenkenwerte sind in den Geotechnischen Berichten des Ing.-Büro Arlt in Form von Homogenbereichen angegeben. Diese wären für die Planung der unterschiedlichen Herstellungsverfahren noch zu präzisieren. Für die notwendigen erdstatischen Berechnungen lediglich mit den Minimalwerten zu rechnen, erscheint aus geotechnischer Sicht zu ungünstig. Auch mit Blick auf die naturgemäß heterogenen Baugrundverhältnisse können die kennzeichnenden Bemessungsprofile wie folgt festgelegt werden:

#### Bemessungsprofil km 0+110 bis 0+200

| Bodenart | Tiefenbereich<br>[m] | Wichten<br>$\gamma / \gamma' \text{ [kN/m}^3\text{]}$ | Reibungsw.<br>$\varphi \text{ [}^\circ\text{]}$ | Kohäsion<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|----------|----------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------|
| SE-SU    | 0 – 2,5              | 18 / 10                                               | 32,5                                            | 0                                |
| SU*-ST*  | - 4,5                | 19 / 11                                               | 32,5                                            | 0                                |
| TA w-stf | - 6,5                | 20 / 10                                               | 32,5                                            | 0                                |
| SE md    | ab 6,5               | 19 / 11                                               | 35                                              | 0                                |

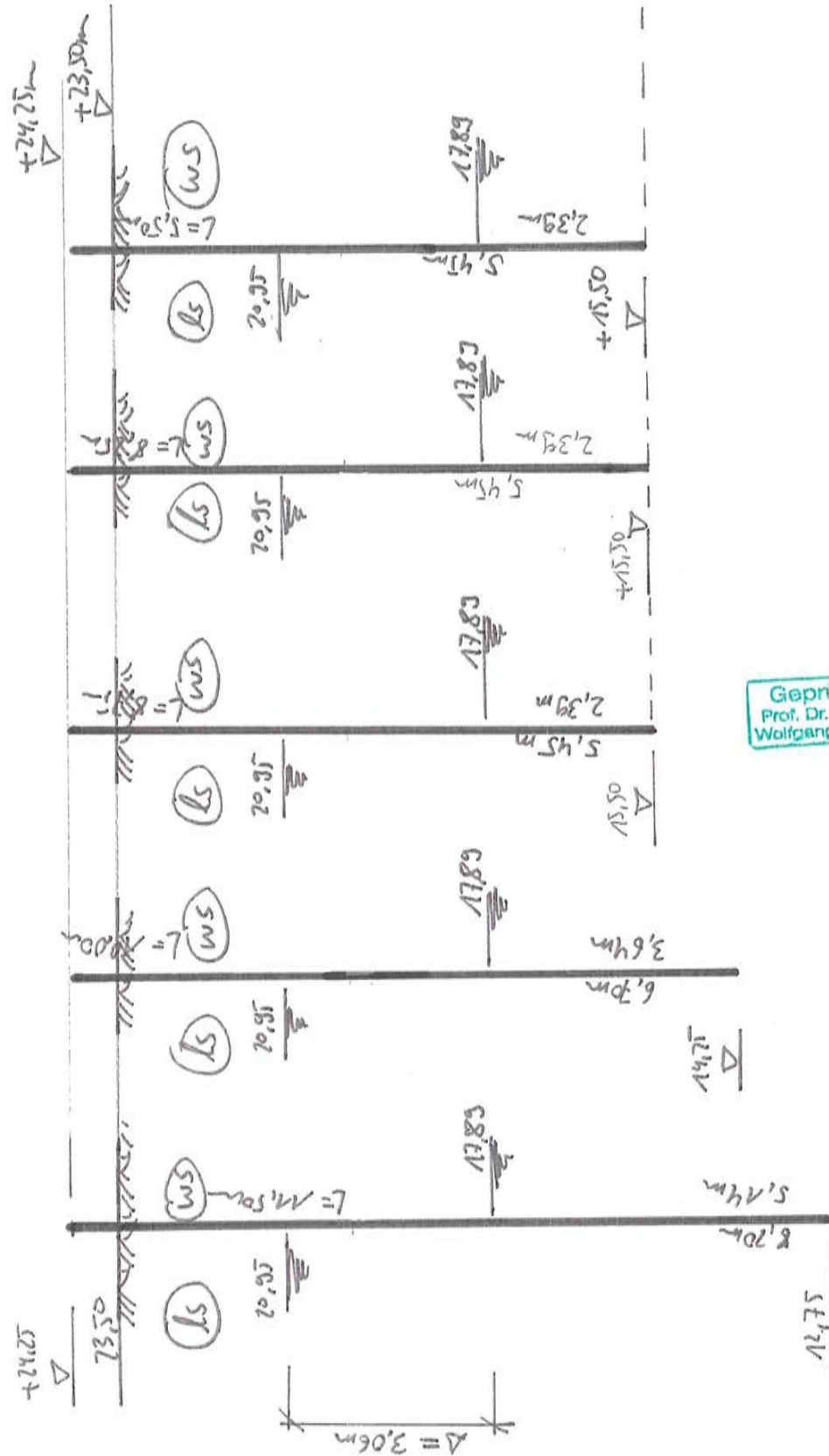
Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

#### Bemessungsprofil km 0+200 bis 0+400

| Bodenart | Tiefenbereich<br>[m] | Wichten<br>$\gamma / \gamma' \text{ [kN/m}^3\text{]}$ | Reibungsw.<br>$\varphi \text{ [}^\circ\text{]}$ | Kohäsion<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|----------|----------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------|
| SU*-ST*  | 0 – 2,0              | 18 / 10                                               | 32,5                                            | 0                                |
| SU*-ST*  | - 3,0                | 19 / 11                                               | 32,5                                            | 0                                |
| TA w-stf | - 6,0                | 20 / 10                                               | 32,5                                            | 0                                |
| SE md    | ab 6,0               | 19 / 11                                               | 35                                              | 0                                |

Für die nachfolgenden Statischen Berechnungen wird vereinfachend einheitlich mit Wichten von  $\gamma / \gamma' = 18 / 10 \text{ kN/m}^3$  und einem Reibungswinkel von  $\varphi = 32,5^\circ$  gerechnet.

Darstellung der Wichtenänderung durch strömendes Wasser



Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Flüg

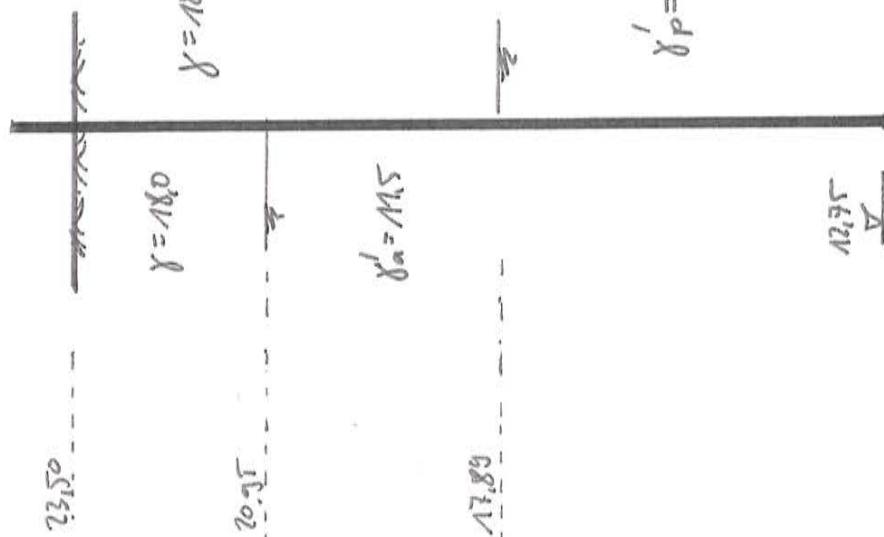
ws = Wassersseite

ls = Landsseite

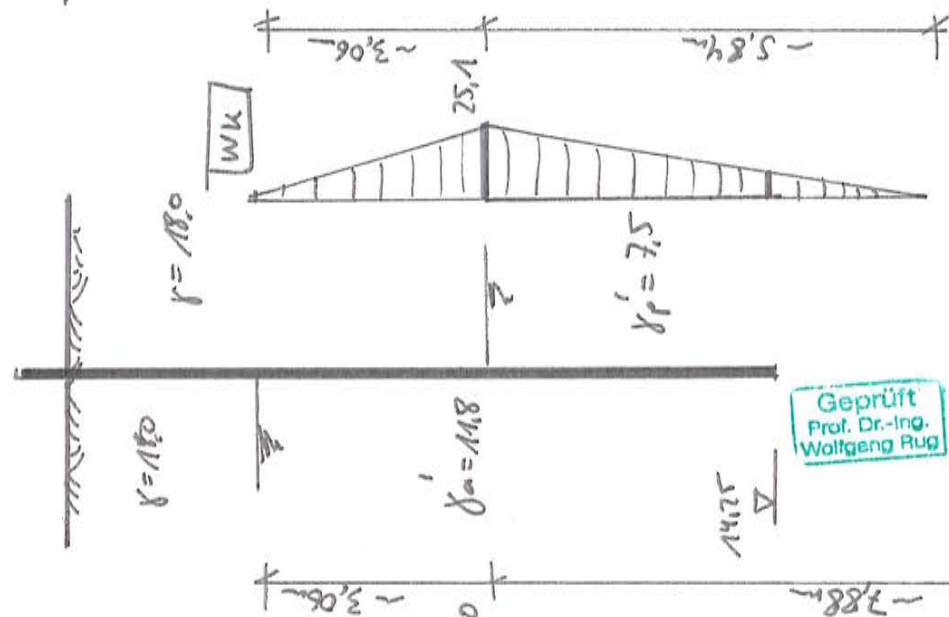


Darskellg - Wasserdach + Wichtenänderungen:

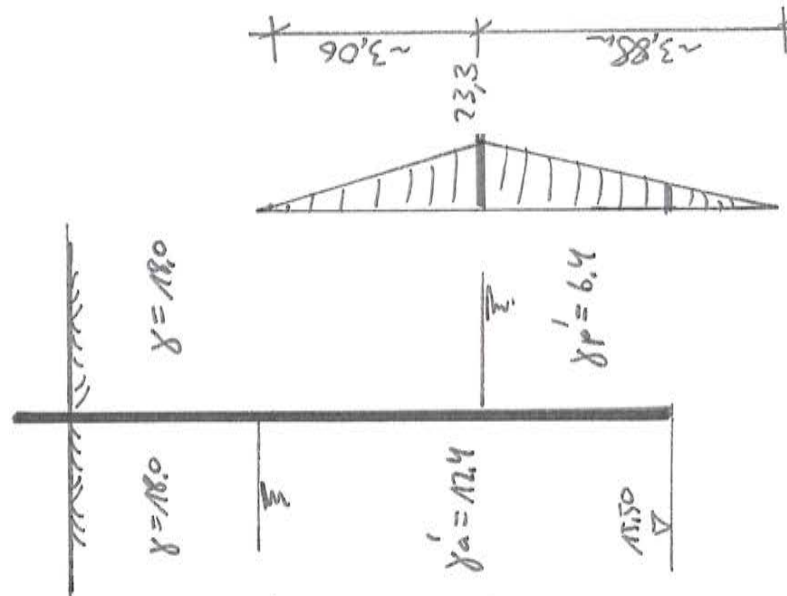
Modell 1:



Modell 2:

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Modell 3:

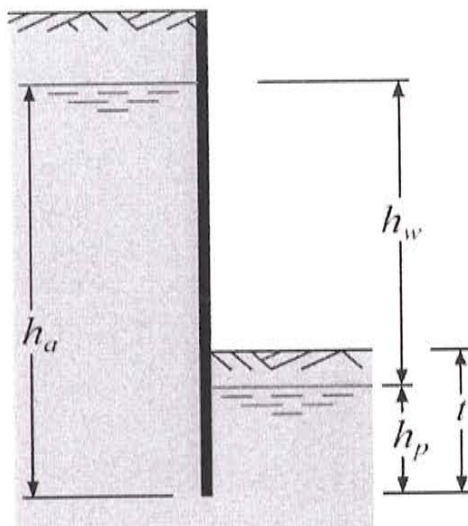


## Beeinflussung des Erddrucks durch strömendes Wasser

Mokell

Die Strömung von Grundwasser durch den Porenraum bewirkt Strömungskräfte, die auf das Korngerüst des Bodens wirken. Diese sind neben dem hydrostatischen wirkenden Wasserdruck bei erdstatischen Berechnungen zu berücksichtigen. Bei Stützwänden im Grundwasser, z.B. Baugrubenumschließungen, wirken sich die Strömungskräfte unmittelbar auf die Erddrücke aus. Der belastende Erddruck wird durch die nach unten gerichtete Strömung erhöht und der stützende Erddruck wird durch die nach oben gerichtete Strömungskräfte verringert. Dies lässt sich näherungsweise durch die Erhöhung, bzw. Abminderung der Wichte berücksichtigen.

### Berechnung der Wichte des Bodens unter Berücksichtigung der Strömung:



Umströmte Baugrubenwand

#### Rechenparameter:

|                                      |                         |   |
|--------------------------------------|-------------------------|---|
| lotrechte Sickerlinie (Aktivseite):  | $h_a = 8,20$            | m |
| lotrechte Sickerlinie (Passivseite): | $h_p = 5,15$            | m |
| Wasserstands Differenz:              | $\Delta h = h_w = 3,06$ | m |

#### Wichten:

|                     |                   |                   |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| Wichte des Bodens:  | $\gamma' = 10,0$  | kN/m <sup>3</sup> |
| Wichte des Wassers: | $\gamma_w = 10,0$ | kN/m <sup>3</sup> |

#### Berechnung der hydraulischen Gradienten:

|                 |                |
|-----------------|----------------|
| - aktive Seite  | $i_a = 0,146$  |
| - passive Seite | $i_p = -0,184$ |

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Ruge

### Korrigierte Wichten infolge der Strömungskräfte:

#### aktive Seite:

|                                               |                           |                   |
|-----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| korrigierte Wichte des Bodens, aktive Seite:  | $korr. \gamma'_a = 11,5$  | kN/m <sup>3</sup> |
| korrigierte Wichte des Wassers, aktive Seite: | $korr. \gamma_{wa} = 8,5$ | kN/m <sup>3</sup> |

#### passive Seite:

|                                                |                            |                   |
|------------------------------------------------|----------------------------|-------------------|
| korrigierte Wichte des Bodens, passive Seite:  | $korr. \gamma'_p = 8,2$    | kN/m <sup>3</sup> |
| korrigierte Wichte des Wassers, passive Seite: | $korr. \gamma_{wp} = 11,8$ | kN/m <sup>3</sup> |

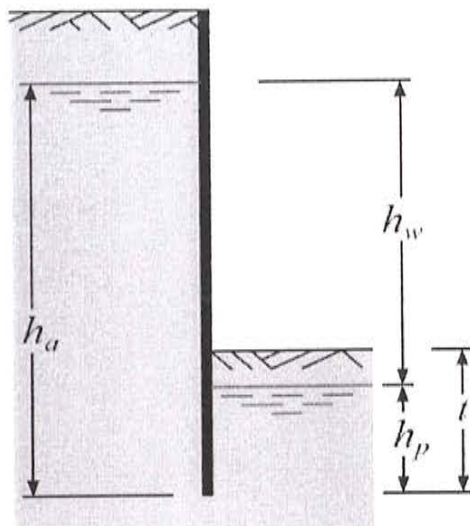
$$\Delta W = 3,30 \text{ kN/m}^3$$

## Beeinflussung des Erddrucks durch strömendes Wasser

Modell 2

Die Strömung von Grundwasser durch den Porenraum bewirkt Strömungskräfte, die auf das Korngerüst des Bodens wirken. Diese sind neben dem hydrostatischen wirkenden Wasserdruck bei erdstatistischen Berechnungen zu berücksichtigen. Bei Stützwänden im Grundwasser, z.B. Baugrubenumschließungen, wirken sich die Strömungskräfte unmittelbar auf die Erddrücke aus. Der belastende Erddruck wird durch die nach unten gerichtete Strömung erhöht und der stützende Erddruck wird durch die nach oben gerichtete Strömungskräfte verringert. Dies lässt sich näherungsweise durch die Erhöhung, bzw. Abminderung der Wichte berücksichtigen.

### Berechnung der Wichte des Bodens unter Berücksichtigung der Strömung:



Umströmte Baugrubenwand

#### Rechenparameter:

lotrechte Sickerlinie (Aktivseite):  $h_a = 6,70 \text{ m}$

lotrechte Sickerlinie (Passivseite):  $h_p = 3,64 \text{ m}$

Wasserstands Differenz:  $\Delta h = h_w = 3,06 \text{ m}$

#### Wichten:

Wichte des Bodens:  $\gamma' = 10,0 \text{ kN/m}^3$

Wichte des Wassers:  $\gamma_w = 10,0 \text{ kN/m}^3$

#### Berechnung der hydraulischen Gradienten:

- aktive Seite  $i_a = 0,184$

- passive Seite  $i_p = -0,250$

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Flug

### Korrigierte Wichten infolge der Strömungskräfte:

#### aktive Seite:

korrigierte Wichte des Bodens, aktive Seite:  $\text{korr. } \gamma'_a = 11,8 \text{ kN/m}^3$

korrigierte Wichte des Wassers, aktive Seite:  $\text{korr. } \gamma_{wa} = 8,2 \text{ kN/m}^3$

#### passive Seite:

korrigierte Wichte des Bodens, passive Seite:  $\text{korr. } \gamma'_p = 7,5 \text{ kN/m}^3$

korrigierte Wichte des Wassers, passive Seite:  $\text{korr. } \gamma_{wp} = 12,5 \text{ kN/m}^3$

$$\Delta W = 4,3 \text{ kN/m}^3$$

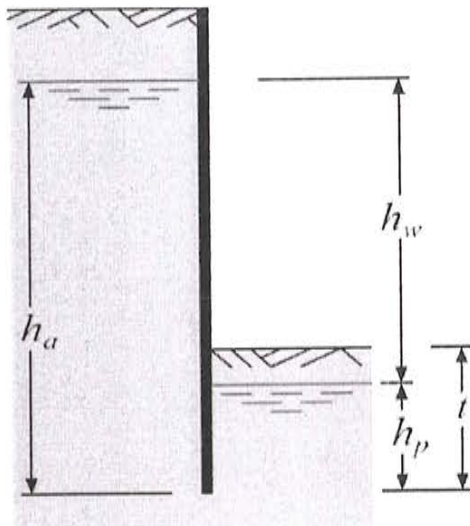


## Beeinflussung des Erddrucks durch strömendes Wasser

Moll 3

Die Strömung von Grundwasser durch den Porenraum bewirkt Strömungskräfte, die auf das Korngerüst des Bodens wirken. Diese sind neben dem hydrostatischen wirkenden Wasserdruck bei erdstatischen Berechnungen zu berücksichtigen. Bei Stützwänden im Grundwasser, z.B. Baugrubenumschließungen, wirken sich die Strömungskräfte unmittelbar auf die Erddrücke aus. Der belastende Erddruck wird durch die nach unten gerichtete Strömung erhöht und der stützende Erddruck wird durch die nach oben gerichtete Strömungskräfte verringert. Dies lässt sich näherungsweise durch die Erhöhung, bzw. Abminderung der Wichte berücksichtigen.

### Berechnung der Wichte des Bodens unter Berücksichtigung der Strömung:



Umströmte Baugrubenwand

#### Rechenparameter:

|                                      |                         |   |
|--------------------------------------|-------------------------|---|
| lotrechte Sickerlinie (Aktivseite):  | $h_a = 5,45$            | m |
| lotrechte Sickerlinie (Passivseite): | $h_p = 2,39$            | m |
| Wasserstands Differenz:              | $\Delta h = h_w = 3,06$ | m |

#### Wichten:

|                     |                   |                   |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| Wichte des Bodens:  | $\gamma = 10,0$   | kN/m <sup>3</sup> |
| Wichte des Wassers: | $\gamma_w = 10,0$ | kN/m <sup>3</sup> |

#### Berechnung der hydraulischen Gradienten:

|                 |                |
|-----------------|----------------|
| - aktive Seite  | $i_a = 0,236$  |
| - passive Seite | $i_p = -0,357$ |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

### Korrigierte Wichten infolge der Strömungskräfte:

#### aktive Seite:

|                                               |                           |                   |
|-----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| korrigierte Wichte des Bodens, aktive Seite:  | $korr. \gamma_a = 12,4$   | kN/m <sup>3</sup> |
| korrigierte Wichte des Wassers, aktive Seite: | $korr. \gamma_{wa} = 7,6$ | kN/m <sup>3</sup> |

#### passive Seite:

|                                                |                            |                   |
|------------------------------------------------|----------------------------|-------------------|
| korrigierte Wichte des Bodens, passive Seite:  | $korr. \gamma_p = 6,4$     | kN/m <sup>3</sup> |
| korrigierte Wichte des Wassers, passive Seite: | $korr. \gamma_{wp} = 13,6$ | kN/m <sup>3</sup> |

$$\Delta w = 6,0 \text{ kN/m}^3$$

**Folgende Punkte sind für weitere Planungen mit einem Baugrundsachverständigen zu klären:**

- Festlegungen/Empfehlungen zum Einbringverfahren der Spundbohlen.
- Einflüsse von GW-Strömungen um die HWS-Bauwerke hinsichtlich Erosionen, Ausspülungen, etc..
- Auswirkungen einer dichtenden Spundwand und deren Auswirkungen auf binnenseitige GW-Stände.
- Auswirkungen einer HWS-Wand auf die natürliche binnenseitige Entwässerung in das Gewässer.
- Ggf. ergänzende Sickerlinienberechnung unter Berücksichtigung einer Spundwand.
- Verifizierung der angenommenen binnenseitigen Wasserstände (siehe Lastfälle).

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

# Statische Berechnung

Pos. 1.0

*Bau-km 2+000 bis 2+075*

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rüg



**Pos. 1.0**

**Spundwand (Bau-km 2+000 bis 2+075)**

**Vorbemerkungen:**

Nachfolgend wird für den o.g. Bauabschnitt eine Hochwasserschutzwand (Spundwand) statisch bemessen und nachgewiesen.

**Material:**

Spundwandprofil: AZ 12-700  
Stahlgüte: S 240 GP und S 355 GP

**Bemessungssituationen:**

|                    |                                                  |          |
|--------------------|--------------------------------------------------|----------|
| <u>Lastfall 1:</u> | Eigenlasten + Verkehr + BHW                      | → BS-P.1 |
| <u>Lastfall 2:</u> | Eigenlasten + Verkehr + fallendes BHW            | → BS-P.2 |
| <u>Lastfall 3:</u> | Eigenlasten + Baumwurf + Verkehr + fallendes BHW | → BS-T   |
| <u>Lastfall 4:</u> | Eigenlasten + Verkehr + Wasserstand „bordvoll“   | → BS-A.1 |

**Nachweise:**

|             |                                                                  |
|-------------|------------------------------------------------------------------|
| Lastfall 1: | Biegebemessung + Sickerwegnachweis                               |
| Lastfall 2: | Lastfall wird nicht untersucht > <i>Maßgebend ist Lastfall 3</i> |
| Lastfall 3: | Es werden mehrere Baumkrater untersucht!                         |
| Lastfall 4: | Biegebemessung                                                   |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Auf den nachfolgenden Seiten werde die hierfür erforderlichen Nachweise geführt!

**Ergebnisse:**

Die Berechnungsergebnisse werden auf der nachfolgenden Seite dokumentiert.



**Pos. 1.0 - Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse für den Abschnitt: 2+000 bis 2+075**

| Geländehöhe<br>wasserseitig der<br>HWS-Wand (mNN) | Spundwand |          |                   |             |           | Verankerung  |            |            |             |                | Gurtung        |                    |         | Ankerwand |                   |               |                    |             |             |              |
|---------------------------------------------------|-----------|----------|-------------------|-------------|-----------|--------------|------------|------------|-------------|----------------|----------------|--------------------|---------|-----------|-------------------|---------------|--------------------|-------------|-------------|--------------|
|                                                   | Profil    | Material | Gewicht<br>[kg/m] | OK<br>[mNN] | UK<br>[m] | Länge<br>[m] | Typ        | Material   | Länge<br>m] | Abstand<br>[m] | Neigung<br>[°] | Ankerlage<br>(mNN) | Profil  | Material  | Gewicht<br>[kg/m] | Material      | Abstand<br>zur SPW | UK<br>[mNN] | Höhe<br>[m] | Dicke<br>[m] |
| 18,00                                             | AZ 12-700 | S 355 GP | 96,7              | 24,25       | 13,00     | 11,25        | GEWI Ø50mm | St 500/550 | 10,50       | 2,80           | 10,0           | 22,50              | 2x U300 | S235      | 2x 46,2           | C25/30 + B500 | 10,50              | 19,18       | 2,50        | 0,80         |
| 19,00                                             | AZ 12-700 | S 240 GP | 96,7              | 24,25       | 14,25     | 10,00        | GEWI Ø50mm | St 500/550 | 9,00        | 2,80           | 10,0           | 22,50              | 2x U260 | S235      | 2x 37,9           | C25/30 + B500 | 9,00               | 19,94       | 2,00        | 0,80         |
| 20,00                                             | AZ 12-700 | S 240 GP | 96,7              | 24,25       | 15,25     | 9,00         | GEWI Ø50mm | St 500/550 | 8,00        | 2,80           | 10,0           | 22,50              | 2x U220 | S235      | 2x 29,4           | C25/30 + B500 | 8,00               | 20,49       | 1,25        | 0,80         |
| 21,00                                             | AZ 12-700 | S 240 GP | 96,7              | 24,25       | 16,00     | 8,25         | -          | -          | -           | -              | -              | -                  | -       | -         | -                 | -             | -                  | -           | -           | -            |
| 22,00                                             | AZ 12-700 | S 240 GP | 96,7              | 24,25       | 17,50     | 6,75         | -          | -          | -           | -              | -              | -                  | -       | -         | -                 | -             | -                  | -           | -           | -            |

**\* Hinweis zur Länge der Spundwand:**

Die Spundwandlängen sind in der Tabelle oben vereinfacht bis OK = +24,25mNN eingetragen!

Bei Anordnung eines Stahlbetonholms als oberen Abschluss der Spundwand (siehe Pos. 7.0) können die Spundwände auf +23,45mNN enden. Die oben aufgeführten Spundwandlängen können somit um 80cm verringert werden!

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



### Alternatives Spundwandprofil

Vorbemerkungen: Alternativ zum Spundwandprofil AZ-12-700 kann auch das nachfolgend beschriebene Spundwandprofil zur Ausführung kommen:

Material: Spundwandprofil: AZ 14-700  
Stahlgüte: S 240 GP

Nachweis: Der Bauteilnachweis des Spundwandprofils wird exemplarisch für den maßgebenden Lastfall 3 – Baumwurf (Krater +18,00mNN) geführt.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bemessungswerte:<br>Bemessung nach EC 3 (el.-el.)<br>Bemessungssituation: max M,gq<br>$M_{Ed} = 254,1 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$V_{Ed} = 0,7 \text{ kN/m}$<br>$N_{Ed} = -73,3 \text{ kN/m}$ (Druck)<br>Profil: AZ 14-700 Stahlgüte: S 240 GP<br>Wasserdruckdifferenz = 2,60 m<br>$b = 700,0 \text{ mm} / b_f = 356,4 \text{ mm}$<br>$t_f = 10,5 \text{ mm} / t_w = 10,5 \text{ mm} / A = 146,0 \text{ cm}^2/\text{m}$<br>$h = 316,0 \text{ mm} / \alpha = 42,8^\circ$<br>$W_{pl} = 1405,0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 22190,0 \text{ cm}^4/\text{m}$ | $\gamma_{M0} = 1,00 / \gamma_{M1} = 1,00$<br>$\varepsilon = 0,990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 34,3$<br>Querschnittsklasse: 2<br>$f_{y,Rd} = 240,0 \text{ N/mm}^2$<br>$M_{a,Rd} = 337,2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$V_{pl,Rd} = 635,0 \text{ kN/m}$ ( $\mu = 0,001$ )<br>$N_{pl,Rd} = 3504,0 \text{ kN/m}$ ( $\mu = 0,021$ )<br>Querkraft-Interaktion<br>$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.<br>Normalkraft-Interaktion<br>keine Abm.<br>Nachweis $M_{Ed}$ | $M_{a,Rd} = 337,2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$\mu = M_{Ed} / M_{a,Rd} = 0,754$<br>Knicklänge = 9,29 m<br>$N_{cr} = 5329,0 \text{ kN/m}$<br>$N_{Ed} / N_{cr} = 0,014 \leq 0,04$<br>$\rightarrow$ Kein Knicknachweis<br>max $\mu = 0,754$ |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### Nachweis mit Abrostung:

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bemessungswerte:<br>Bemessung nach EC 3 (el.-el.)<br>Bemessungssituation: max M,gq<br>$M_{Ed} = 254,1 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$V_{Ed} = 0,7 \text{ kN/m}$<br>$N_{Ed} = -71,9 \text{ kN/m}$ (Druck)<br>Profil: AZ 14-700(1/1) Stahlgüte: S 240 GP<br>Wasserdruckdifferenz = 2,60 m<br>$b = 700,0 \text{ mm} / b_f = 356,4 \text{ mm}$<br>$t_f = 8,5 \text{ mm} / t_w = 8,5 \text{ mm} / A = 122,5 \text{ cm}^2/\text{m}$<br>$h = 314,0 \text{ mm} / \alpha = 42,8^\circ$<br>$W_{pl} = 1183,9 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 18706,0 \text{ cm}^4/\text{m}$ | $\gamma_{M0} = 1,00 / \gamma_{M1} = 1,00$<br>$\varepsilon = 0,990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 42,4$<br>Querschnittsklasse: 2<br>$f_{y,Rd} = 240,0 \text{ N/mm}^2$<br>$M_{a,Rd} = 284,1 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$V_{pl,Rd} = 514,0 \text{ kN/m}$ ( $\mu = 0,001$ )<br>$N_{pl,Rd} = 2940,0 \text{ kN/m}$ ( $\mu = 0,024$ )<br>Querkraft-Interaktion<br>$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.<br>Normalkraft-Interaktion<br>keine Abm.<br>Nachweis $M_{Ed}$ | $M_{a,Rd} = 284,1 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$\mu = M_{Ed} / M_{a,Rd} = 0,894$<br>Knicklänge = 9,29 m<br>$N_{cr} = 4492,3 \text{ kN/m}$<br>$N_{Ed} / N_{cr} = 0,016 \leq 0,04$<br>$\rightarrow$ Kein Knicknachweis<br>max $\mu = 0,894$ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

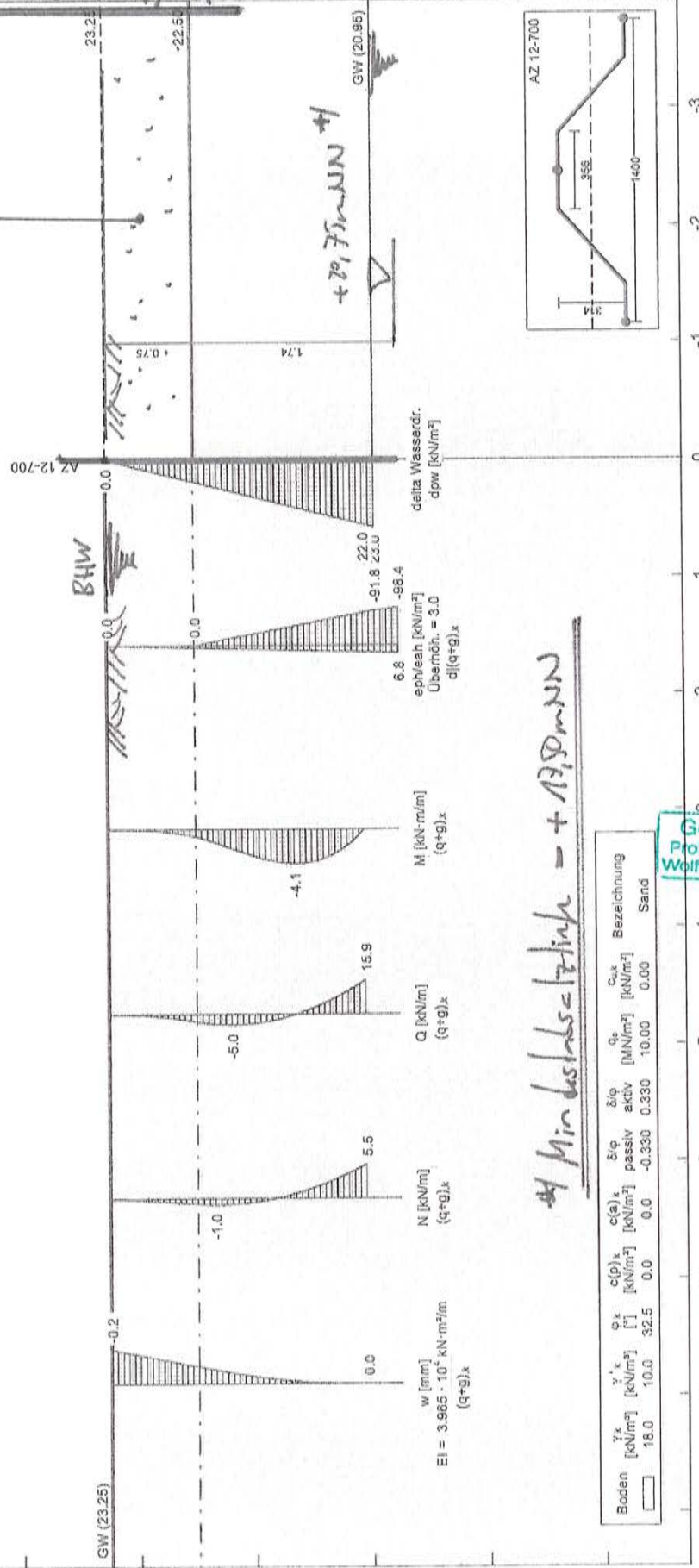
# Lastfall 1 - Hochwasserlastfall

**Bemessungswerte:**  
Bemessung nach EC 3 (el.-el.)  
Bemessungssituation: max Q, gq  
 $M_{Ed} = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $N_{Ed} = 10.8 \text{ kN}$  (50 % abgemindert)  
 $V_{Ed} = 7.4 \text{ kN/m}$  (Zug)  
Profil: AZ 12-700, Stahlgüte: S 240 GP  
Wasserdruckdifferenz = 2.30 m  
 $b = 700.0 \text{ mm}$  /  $b_1 = 356.4 \text{ mm}$   
 $h = 314.0 \text{ mm}$  /  $a = 42.8^\circ$   
 $W_k = 1205.0 \text{ cm}^3/\text{m}$  /  $I = 18880.0 \text{ cm}^4/\text{m}$   
Nachweis  $M_{Ed}$   
 $\gamma_{wc} = 1.00$  /  $\gamma_{wt} = 1.00$   
 $\epsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / s = 42.4$   
Querschnittsklasse: 2  
 $f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{k,ed} = 289.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $N_{k,ed} = 514.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.021$ )  
 $V_{k,ed} = 2852.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.003$ )  
Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{k,ed} \rightarrow$  keine Abm.  
Normalkraft-Interaktion  
keine Abm.  
Nachweis  $M_{Ed}$   
 $M_{k,ed} = 289.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $\mu = M_{k,ed} / M_{k,ed} = 0.000$   
 $N_{k,ed} > 0.0$  (Zug)  
 $\rightarrow$  kein Knicknachweis  
max  $\mu = 0.021$

Abschnitt 2+000 bis 2+075  
Norm: EC 7  
Spundwand  
AZ 12-700  
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
Erf. Profillänge = 2.49 m  
Erf. Eindringtiefe = 1.74 m  
BS: DIN 1054: BS-P

Hinweis: Anpralllasten vernachlässigt!

Gelände nicht angestrichen!



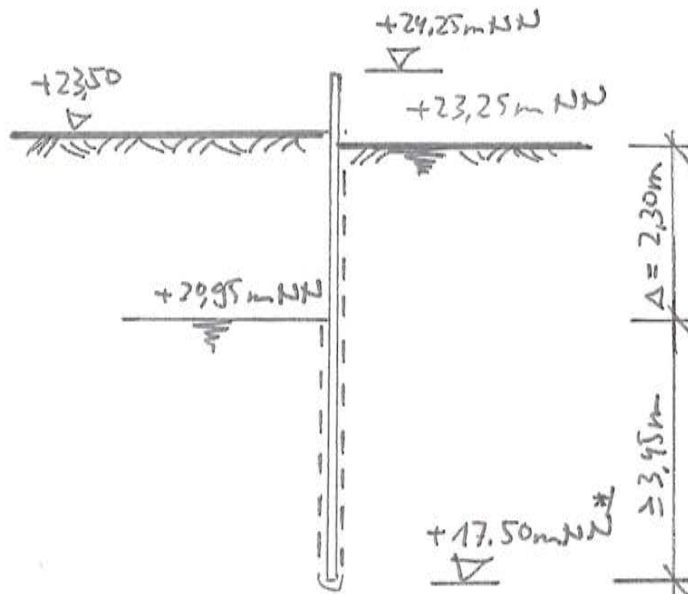
Mindestabsatzhöhe = +13.8 mNN

| Boden | $\gamma_k$           | $\gamma'_k$          | $\phi_x$ | $c(\phi)_x$          | $c(\phi)_x$          | $\delta(\phi)_x$     | $\delta(\phi)_x$     | $\delta(\phi)_x$     | $c_{a,x}$            | Bezeichnung |
|-------|----------------------|----------------------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------|
|       | [kN/m <sup>3</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] | [°]      | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |             |
|       | 18.0                 | 10.0                 | 32.5     | 0.0                  | 0.0                  | -0.330               | 0.330                | 10.00                | 0.00                 | Sand        |

Geprüft Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Rug

Lastfall 1: Nachweis des Sickerweges

↳ gemäß EAU 2012, E 165



$$\text{erf. } L = 4 \cdot 2,30\text{m} = \underline{9,20\text{m}}$$

$$\text{vorh. } L = 2,30\text{m} + 2 \cdot 3,45\text{m} = \underline{9,20\text{m}}$$

\* Mindestabsatztiefe

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



1.1

# Lastfall 3 → Baumwand

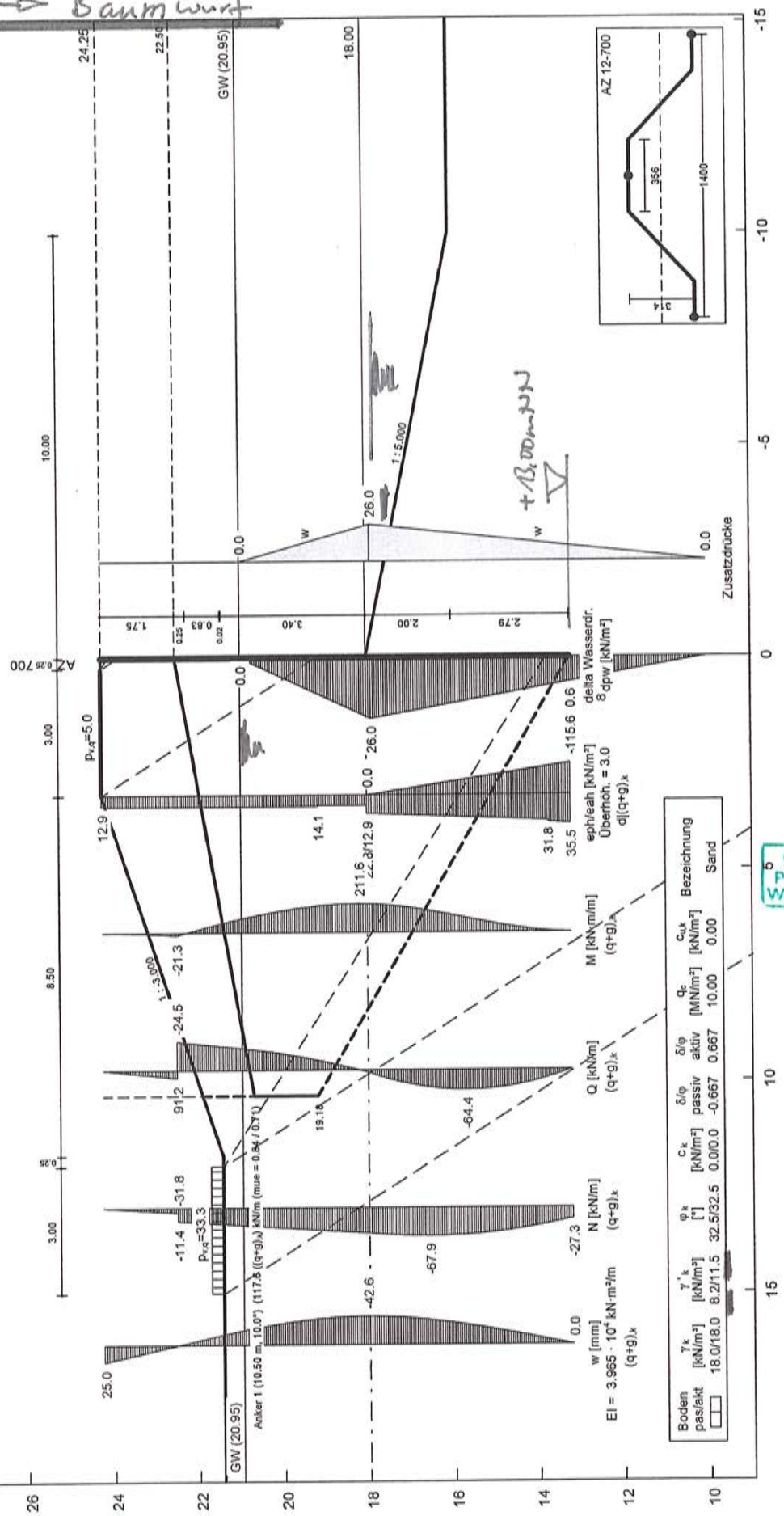
**Bemessungswerte:**  
 Bemessung nach EC 3 (el-el.)  
 BS: DIN 1054: BS-1  
 AZ 12-700  
 Erddruckumlagerung: EAU 2012  
 Fall 3 (abgegrabene Wand) / He = 6.25  
 Aktiver Erddruck nach DIN 4085  
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Einspanngrad = 0.000

**Bemessungswerte:**  
 $\gamma_{wo} = 1.00$  /  $\gamma_{w1} = 1.00$   
 $\epsilon = 0.810 \rightarrow b_1 / t_1 / \epsilon = 51.8$   
 Querschnittsklasse: 3  
 $f_{t,red} = 355.0$  N/mm<sup>2</sup>  
 $M_{ed} = 254.1$  kN·m/m  
 $N_{ed} = 0.7$  kN/m  
 $V_{ed} = -72.0$  kN/m (Druck)  
 Profil: AZ 12-700 Stahlgüte: S 355 GP  
 Wasserdurckdifferenz = 2.60 m  
 $b = 700.0$  mm /  $b_1 = 355.4$  mm  
 $t_1 = 8.5$  mm /  $t_w = 8.5$  mm /  $A = 123.0$  cm<sup>2</sup>/m  
 $h = 314.0$  mm /  $\alpha = 42.8^\circ$   
 $W_{el} = 1205.00$  cm<sup>3</sup>/m /  $I = 18880.0$  cm<sup>4</sup>/m  
 Nachweis  $M_{ed}$

**Bemessungswerte:**  
 $M_{ed} = 427.8$  kN·m/m  
 $\mu = M_{ed} / M_{ed} = 0.594$   
 Knicklänge = 9.29 m  
 $N_{ed} = 4534.1$  kN/m  
 $N_{ed} / N_{cr} = 0.016 < 0.04$   
 → Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0.594$

Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 18,00mNN)  
 Norm: EC 7  
 Spundwand  
 BS: DIN 1054: BS-1  
 AZ 12-700  
 Erddruckumlagerung: EAU 2012  
 Fall 3 (abgegrabene Wand) / He = 6.25  
 Aktiver Erddruck nach DIN 4085  
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Einspanngrad = 0.000

**Bemessungswerte:**  
 Erf. Einbindetiefe = 4.79 m  
 BS: DIN 1054: BS-1  
 $\gamma_s = 1.20$   
 $\gamma_w = 1.30$   
 $\mu$  (Hydr. Grundbruch) = 0.00  
 mob. Ep erfüllt /  $\mu = 0.78$   
 $\mu$  (Vert. Tragfähigkeit) = 0.71



Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rüg



**Projekt: 19065**

**Pos.: 1.1**

**Seite: 25**

**Pos. 1.1**

**Gurtung (Krater +18,00mNN)**

Hinweis:

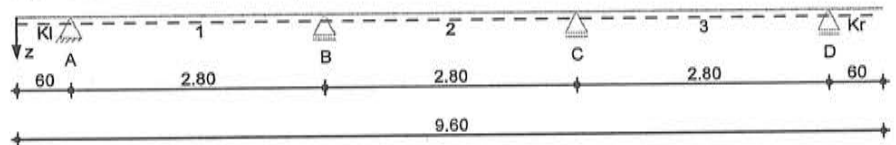
Die Gurtkraft aus der Baugrubenberechnung wird halbiert, da der Nachweis nur für ein Gurtprofil geführt wird.

System

Mehrfeldträger, 2-achsige Biegung

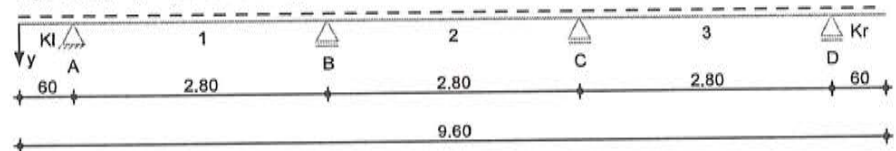
M 1:80

System z-Richtung



M 1:80

System y-Richtung



Abmessungen  
Mat./Querschnitt

| Feld | l<br>[m] | Lage<br>[°] | Achsen | Material | Profil |
|------|----------|-------------|--------|----------|--------|
| Kl   | 0.60     | 0.0         | fest   | S 235    | U 300  |
| 1-3  | 2.80     | 0.0         | fest   |          |        |
| Kr   | 0.60     | 0.0         | fest   |          |        |

Auflager

| Lager | x<br>[m] | K <sub>T,z</sub><br>[kN/m] | K <sub>R,y</sub><br>bzw. | K <sub>T,y</sub><br>[kNm/rad] | K <sub>R,z</sub> | Gabell. wölbbbeh. |
|-------|----------|----------------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------|
| A     | 0.60     | fest                       | frei                     | fest                          | frei             | frei              |
| B     | 3.40     | fest                       | frei                     | fest                          | frei             | frei              |
| C     | 6.20     | fest                       | frei                     | fest                          | frei             | frei              |
| D     | 9.00     | fest                       | frei                     | fest                          | frei             | frei              |

Lager

A, B, C, D

b  
[cm]  
20.0  
**Geprüft**  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Belastungen

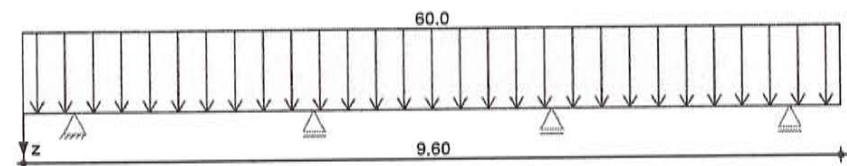
Belastungen auf das System

Grafik

Belastungsgrafiken (einwirkungsbezogen)

Einwirkung

Qk.N



Streckenlasten  
in z-Richtung

Gleichlasten  
Feld Komm.

Einw. Qk.N

|    | a<br>[m] | s<br>[m] | q <sub>li</sub><br>[kN/m] | q <sub>re</sub><br>[kN/m] | e<br>[cm] |
|----|----------|----------|---------------------------|---------------------------|-----------|
| Kl | 0.00     | 9.60     |                           | 60.00                     | 0.0       |

Kombinationen

Kombinationsbildung mit Einwirkungsmuster nach DIN EN 1990

ständig/vorüberg.  
quasi-ständig

| E <sub>k</sub> | Σ (γ*ψ*EW) |
|----------------|------------|
| 1              | 1.50*Qk.N  |
| 2              | 0.30*Qk.N  |



Projekt: 19065

Pos.: 1.1

Seite: 26

Einwirkungsmuster

Kombinationsbildung mit Einwirkungsmuster

Muster Einwirkung  
1 Qk.N

Bem.-schnittgrößen

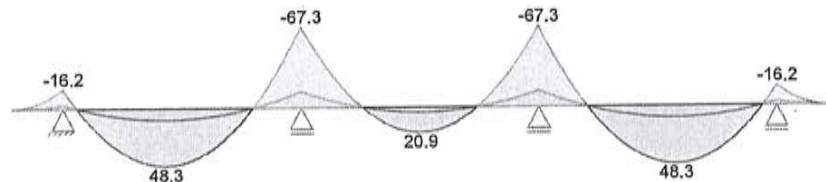
Bemessungsschnittgrößen

Grafik

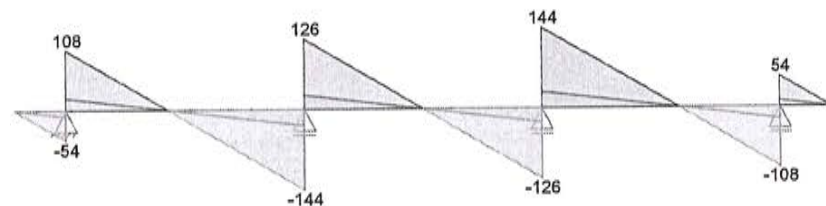
Schnittgrößen (Umhüllende)

Kombinationen

Moment  $M_{y,d}$  [kNm]



Querkraft  $V_{z,d}$  [kN]



Nachweise (GZT)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach DIN EN 1993

Quersch.-klasse  
c/t-Verhältnis

Maßgebende Querschnittsklasse: Klasse 1

Nachweis E-E  
Abs. 6.2

Nachweis der Biege- und Querkrafttragfähigkeit

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Kragarm links

| x                      | Ek | QS/<br>Pkt | $M_{y,d}$ | $V_{z,d}$ | $\sigma_{d}$<br>$\tau_{d}$<br>$\sigma_{v,d}$ | $\eta$ |
|------------------------|----|------------|-----------|-----------|----------------------------------------------|--------|
| [m]                    |    |            | [kNm]     | [kN]      | [N/mm <sup>2</sup> ]                         | [-]    |
| $(L = 0.60 \text{ m})$ |    |            |           |           |                                              |        |
| 0.00                   | 1  | 1/1        | 0.00      | 0.00      | 0.00<br>0.00<br>0.00                         | 0.00   |
| 0.60                   | 1  | 1/2        | -16.20    | -54.00    | 30.28<br>15.28<br>40.21                      | 0.17*  |

Feld 1

|                        |   |     |        |         |                           |       |
|------------------------|---|-----|--------|---------|---------------------------|-------|
| $(L = 2.80 \text{ m})$ |   |     |        |         |                           |       |
| 0.00                   | 1 | 1/1 | -16.20 | 107.74  | 0.00<br>42.40<br>73.44    | 0.31  |
| 1.20                   | 1 | 1/3 | 48.29  | 0.00    | 90.27<br>0.00<br>90.27    | 0.38  |
| 1.27                   | 1 | 1/2 | 48.03  | -6.92   | 89.77<br>1.96<br>89.83    | 0.38  |
| 2.80                   | 1 | 1/2 | -67.32 | -144.26 | 125.83<br>40.82<br>144.33 | 0.61* |

Feld 2

|                        |   |     |        |        |                 |       |
|------------------------|---|-----|--------|--------|-----------------|-------|
| $(L = 2.80 \text{ m})$ |   |     |        |        |                 |       |
| 0.00                   | 1 | 1/2 | -67.32 | 126.00 | 125.83<br>35.65 | 0.60* |

Projekt: 19065

Pos.: 1.1

Seite: 27

|                       | x            | Ek | QS/<br>Pkt | My,d   | Vz,d    | $\sigma_d$<br>T <sub>d</sub><br>$\sigma_{v,d}$ | $\eta$ |
|-----------------------|--------------|----|------------|--------|---------|------------------------------------------------|--------|
|                       | [m]          |    |            | [kNm]  | [kN]    | [N/mm <sup>2</sup> ]                           | [-]    |
|                       | 0.22         | 1  | 1/2        | -41.76 | 106.18  | 140.17<br>78.06<br>30.04<br>93.81              | 0.40   |
|                       | 1.40         | 1  | 1/3        | 20.88  | 0.00    | 39.03<br>0.00<br>39.03                         | 0.17   |
|                       | 2.80         | 1  | 1/2        | -67.32 | -126.00 | 125.83<br>35.65<br>140.17                      | 0.60   |
| <b>Feld 3</b>         |              |    |            |        |         |                                                |        |
|                       | (L = 2.80 m) |    |            |        |         |                                                |        |
|                       | 0.00         | 1  | 1/2        | -67.32 | 144.26  | 125.83<br>40.82<br>144.33                      | 0.61*  |
|                       | 1.53         | 1  | 1/2        | 48.03  | 6.92    | 89.77<br>1.96<br>89.83                         | 0.38   |
|                       | 1.60         | 1  | 1/3        | 48.29  | 0.00    | 90.27<br>0.00<br>90.27                         | 0.38   |
|                       | 2.80         | 1  | 1/1        | -16.20 | -107.74 | 0.00<br>42.40<br>73.44                         | 0.31   |
| <b>Kragarm rechts</b> |              |    |            |        |         |                                                |        |
|                       | (L = 0.60 m) |    |            |        |         |                                                |        |
|                       | 0.00         | 1  | 1/2        | -16.20 | 54.00   | 30.28<br>15.28<br>40.21                        | 0.17*  |
|                       | 0.60         | 1  | 1/-        | 0.00   | 0.00    | 0.00<br>0.00<br>0.00                           | 0.00   |

**Geprüft**  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

### Nachweise (GZG)

Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit  
nach DIN EN 1993

### Verformungsnachweis

max. Verformungen

|                | x    | Ek | Wz    | Wres | Wzul | $\eta$ |
|----------------|------|----|-------|------|------|--------|
|                | [m]  |    | [mm]  | [mm] | [mm] | [-]    |
| Kragarm links  | 0.00 | 2  | -0.24 | 0.24 | 4.00 | 0.06   |
| Feld 1         | 1.27 | 2  | 0.37  | 0.37 | 9.33 | 0.04   |
| Feld 2         | 1.40 | 2  | 0.07  | 0.07 | 9.33 | 0.01   |
| Feld 3         | 1.53 | 2  | 0.37  | 0.37 | 9.33 | 0.04   |
| Kragarm rechts | 0.60 | 2  | -0.24 | 0.24 | 4.00 | 0.06   |

### Auflagerkräfte

Charakteristische Auflagerkräfte

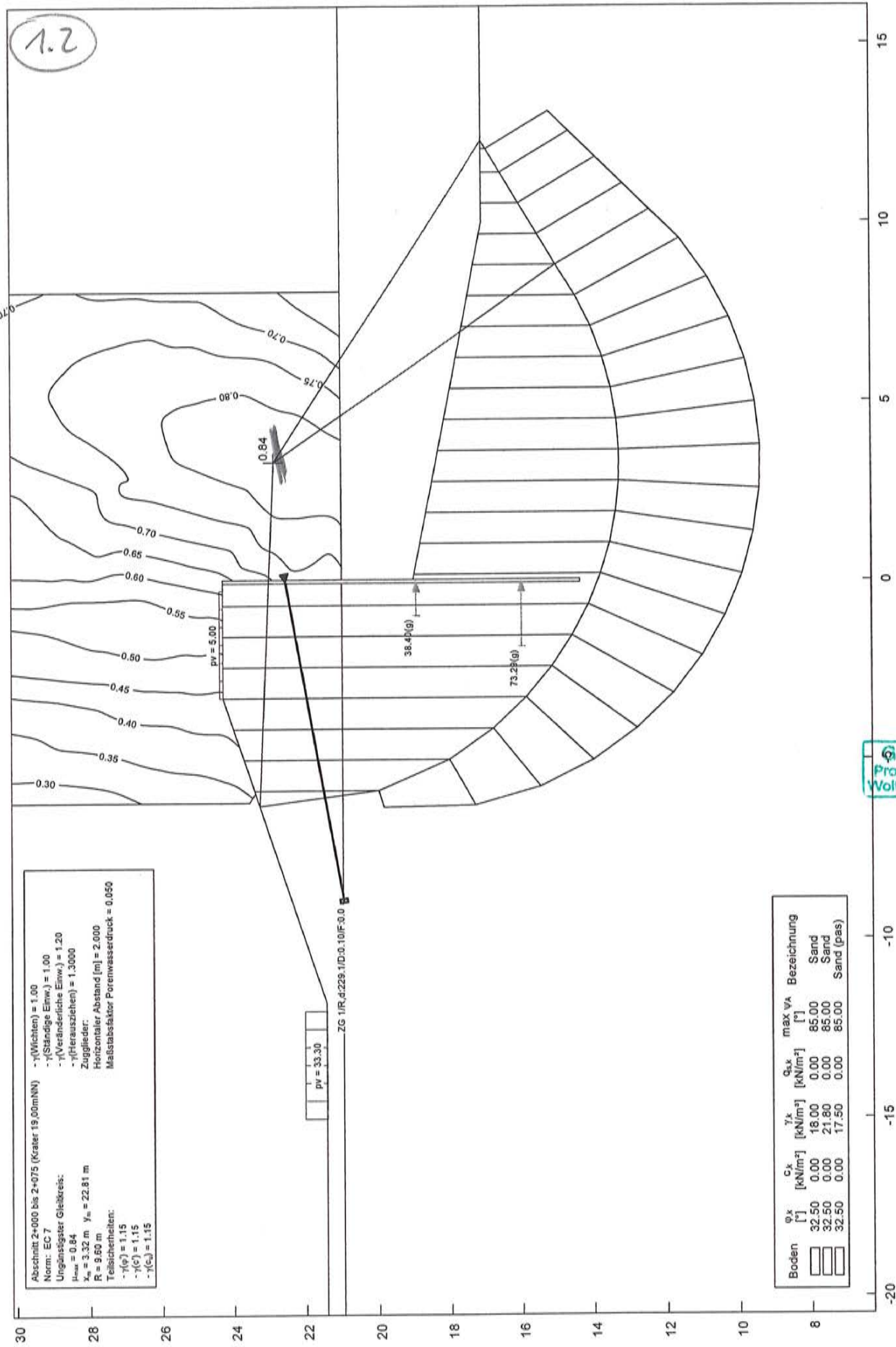
Char. Auflagerkr.

Einw. Qk,N

| Aufl. | Fz,k,min<br>[kN] | Fz,k,max<br>[kN] |
|-------|------------------|------------------|
| A     | 107.83           | 107.83           |
| B     | 180.17           | 180.17           |
| C     | 180.17           | 180.17           |
| D     | 107.83           | 107.83           |







Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 19,00mNW)  
 Norm: EC 7  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\mu_{max} = 0.84$   
 $x_g = 3.32 \text{ m}$   $y_g = 22.81 \text{ m}$   
 $R = 9.60 \text{ m}$   
 Teilsicherheiten:  
 $\gamma(\phi) = 1.15$   
 $\gamma(c) = 1.15$   
 $\gamma(\gamma_s) = 1.15$   
 $\gamma(\gamma_c) = 1.15$   
 $\gamma(\gamma_{\phi}) = 1.00$   
 $\gamma(\gamma_{\phi}) = 1.00$   
 $\gamma(\gamma_{\phi}) = 1.00$   
 $\gamma(\gamma_{\phi}) = 1.00$   
 Zugglieder:  
 Horizontaler Abstand [m] = 2.000  
 Maßstabsfaktor Porenwasserdruck = 0.050

| Boden | $\phi_x$<br>[°] | $c_x$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\gamma_x$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $q_{s,x}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | max $\gamma_A$<br>[°] | Bezeichnung |
|-------|-----------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------|
| 1     | 32.50           | 0.00                          | 18.00                              | 0.00                              | 85.00                 | Sand        |
| 2     | 32.50           | 0.00                          | 21.80                              | 0.00                              | 85.00                 | Sand        |
| 3     | 32.50           | 0.00                          | 17.50                              | 0.00                              | 85.00                 | Sand (pas)  |

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rug

**Projekt: 19065**

**Pos.: 1.2**

**Seite: 30**

**Pos. 1.2**

**Gurtung (Krater +19,00mNN)**

Hinweis:

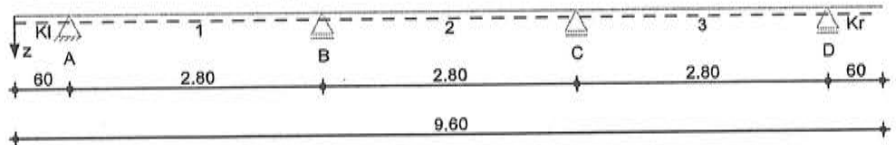
Die Gurtkraft aus der Baugrubenberechnung wird halbiert, da der Nachweis nur für ein Gurtprofil geführt wird.

System

Mehrfeldträger, 2-achsige Biegung

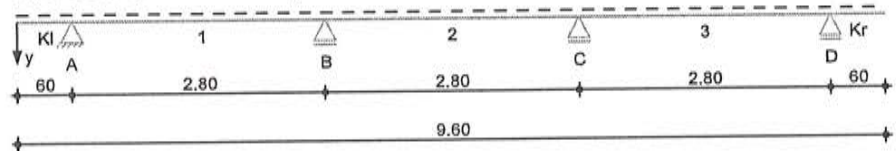
M 1:80

System z-Richtung



M 1:80

System y-Richtung



Abmessungen  
Mat./Querschnitt

| Feld | l<br>[m] | Lage<br>[°] | Achsen | Material | Profil |
|------|----------|-------------|--------|----------|--------|
| Kl   | 0.60     | 0.0         | fest   | S 235    | U 260  |
| 1-3  | 2.80     | 0.0         | fest   |          |        |
| Kr   | 0.60     | 0.0         | fest   |          |        |

Auflager

| Lager | x<br>[m] | $K_{T,z}$<br>[kN/m] | $K_{R,y}$<br>bzw. | $K_{T,y}$<br>[kNm/rad] | $K_{R,z}$ | Gabell. | Wölbbch. |
|-------|----------|---------------------|-------------------|------------------------|-----------|---------|----------|
| A     | 0.60     | fest                | frei              | fest                   | frei      | fest    | frei     |
| B     | 3.40     | fest                | frei              | fest                   | frei      | fest    | frei     |
| C     | 6.20     | fest                | frei              | fest                   | frei      | fest    | frei     |
| D     | 9.00     | fest                | frei              | fest                   | frei      | fest    | frei     |

| Lager      | b<br>[cm] |
|------------|-----------|
| A, B, C, D | 20.0      |

Belastungen

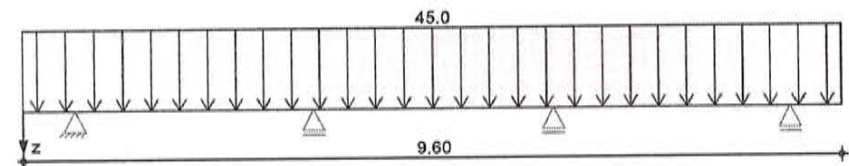
Belastungen auf das System

Grafik

Belastungsgrafiken (einwirkungsbezogen)

Einwirkung

Qk.N



Streckenlasten  
in z-Richtung

Gleichlasten  
Feld Komm.

Einw. Qk.N

|    | a<br>[m] | s<br>[m] | $q_{li}$<br>[kN/m] | $q_{re}$<br>[kN/m] | e<br>[cm] |
|----|----------|----------|--------------------|--------------------|-----------|
| Kl | 0.00     | 9.60     |                    | 45.00              | 0.0       |

Kombinationen

Kombinationsbildung mit Einwirkungsmuster nach DIN EN 1990

ständig/vorüberg.  
quasi-ständig

| $E_k$ | $\Sigma (\gamma \cdot \psi \cdot E_W)$ |
|-------|----------------------------------------|
| 1     | $1.50 \cdot Q_{k.N}$                   |
| 2     | $0.30 \cdot Q_{k.N}$                   |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

**Projekt: 19065**

**Pos.: 1.2**

**Seite: 31**

Einwirkungsmuster

Kombinationsbildung mit Einwirkungsmuster

Muster    Einwirkung  
 1            Qk.N

Bem.-schnittgrößen

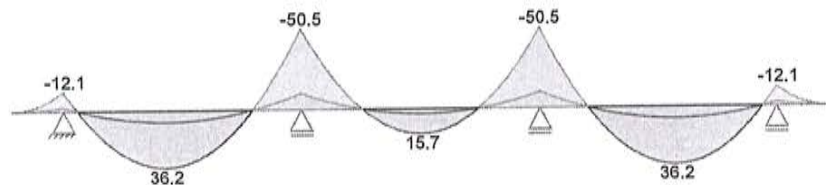
Bemessungsschnittgrößen

Grafik

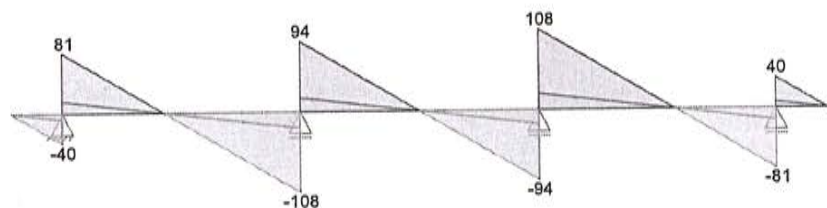
Schnittgrößen (Umhüllende)

Kombinationen

Moment  $M_{y,d}$  [kNm]



Querkraft  $V_{z,d}$  [kN]



Nachweise (GZT)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach DIN EN 1993

Quersch.-klasse  
c/t-Verhältnis

Maßgebende Querschnittsklasse: Klasse 1

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rug

Nachweis E-E  
 Abs. 6.2

Nachweis der Biege- und Querkrafttragfähigkeit

Kragarm links

Feld 1

Feld 2

| x                      | Ek | QS/<br>Pkt | $M_{y,d}$ | $V_{z,d}$ | $\sigma_d$<br>$T_d$<br>$\sigma_{v,d}$ | $\eta$ |
|------------------------|----|------------|-----------|-----------|---------------------------------------|--------|
| [m]                    |    |            | [kNm]     | [kN]      | [N/mm <sup>2</sup> ]                  | [-]    |
| $(L = 0.60 \text{ m})$ |    |            |           |           |                                       |        |
| 0.00                   | 1  | 1/1        | 0.00      | 0.00      | 0.00<br>0.00<br>0.00                  | 0.00   |
| 0.60                   | 1  | 1/2        | -12.15    | -40.50    | 32.75<br>13.02<br>39.76               | 0.17*  |
| $(L = 2.80 \text{ m})$ |    |            |           |           |                                       |        |
| 0.00                   | 1  | 1/1        | -12.15    | 80.81     | 0.00<br>37.05<br>64.17                | 0.27   |
| 1.20                   | 1  | 1/3        | 36.22     | 0.00      | 97.62<br>0.00<br>97.62                | 0.42   |
| 1.27                   | 1  | 1/2        | 36.02     | -5.19     | 97.09<br>1.67<br>97.13                | 0.41   |
| 2.80                   | 1  | 1/2        | -50.49    | -108.19   | 136.09<br>34.79<br>148.83             | 0.63*  |
| 0.00                   | 1  | 1/2        | -50.49    | 94.50     | 136.09<br>30.39                       | 0.62*  |



**Projekt: 19065**

**Pos.: 1.2**

**Seite: 32**

|                       | x                   | Ek | QS/<br>Pkt | My,d   | Vz,d   | $\sigma_d$<br>Td<br>$\sigma_{v,d}$ | $\eta$ |
|-----------------------|---------------------|----|------------|--------|--------|------------------------------------|--------|
|                       | [m]                 |    |            | [kNm]  | [kN]   | [N/mm <sup>2</sup> ]               | [-]    |
|                       | 0.22                | 1  | 1/2        | -31.32 | 79.64  | 145.91<br>84.42<br>25.61<br>95.36  | 0.41   |
|                       | 1.40                | 1  | 1/3        | 15.66  | 0.00   | 42.21<br>0.00<br>42.21             | 0.18   |
|                       | 2.80                | 1  | 1/2        | -50.49 | -94.50 | 136.09<br>30.39<br>145.91          | 0.62   |
| <b>Feld 3</b>         | <i>(L = 2.80 m)</i> |    |            |        |        |                                    |        |
|                       | 0.00                | 1  | 1/2        | -50.49 | 108.19 | 136.09<br>34.79<br>148.83          | 0.63*  |
|                       | 1.53                | 1  | 1/2        | 36.02  | 5.19   | 97.09<br>1.67<br>97.13             | 0.41   |
|                       | 1.60                | 1  | 1/3        | 36.22  | 0.00   | 97.62<br>0.00<br>97.62             | 0.42   |
|                       | 2.80                | 1  | 1/1        | -12.15 | -80.81 | 0.00<br>37.05<br>64.17             | 0.27   |
| <b>Kragarm rechts</b> | <i>(L = 0.60 m)</i> |    |            |        |        |                                    |        |
|                       | 0.00                | 1  | 1/2        | -12.15 | 40.50  | 32.75<br>13.02<br>39.76            | 0.17*  |
|                       | 0.60                | 1  | 1/-        | 0.00   | 0.00   | 0.00<br>0.00<br>0.00               | 0.00   |

**Geprüft**  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Nachweise (GZG)

Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit  
nach DIN EN 1993

Verformungsnachweis

max. Verformungen

|                | x    | Ek | Wz    | Wres | Wzul | $\eta$ |
|----------------|------|----|-------|------|------|--------|
|                | [m]  |    | [mm]  | [mm] | [mm] | [-]    |
| Kragarm links  | 0.00 | 2  | -0.30 | 0.30 | 4.00 | 0.07   |
| Feld 1         | 1.27 | 2  | 0.47  | 0.47 | 9.33 | 0.05   |
| Feld 2         | 1.40 | 2  | 0.09  | 0.09 | 9.33 | 0.01   |
| Feld 3         | 1.53 | 2  | 0.47  | 0.47 | 9.33 | 0.05   |
| Kragarm rechts | 0.60 | 2  | -0.30 | 0.30 | 4.00 | 0.07   |

Auflagerkräfte

Charakteristische Auflagerkräfte

Char. Auflagerkr.

Einw.  $Q_{k,N}$

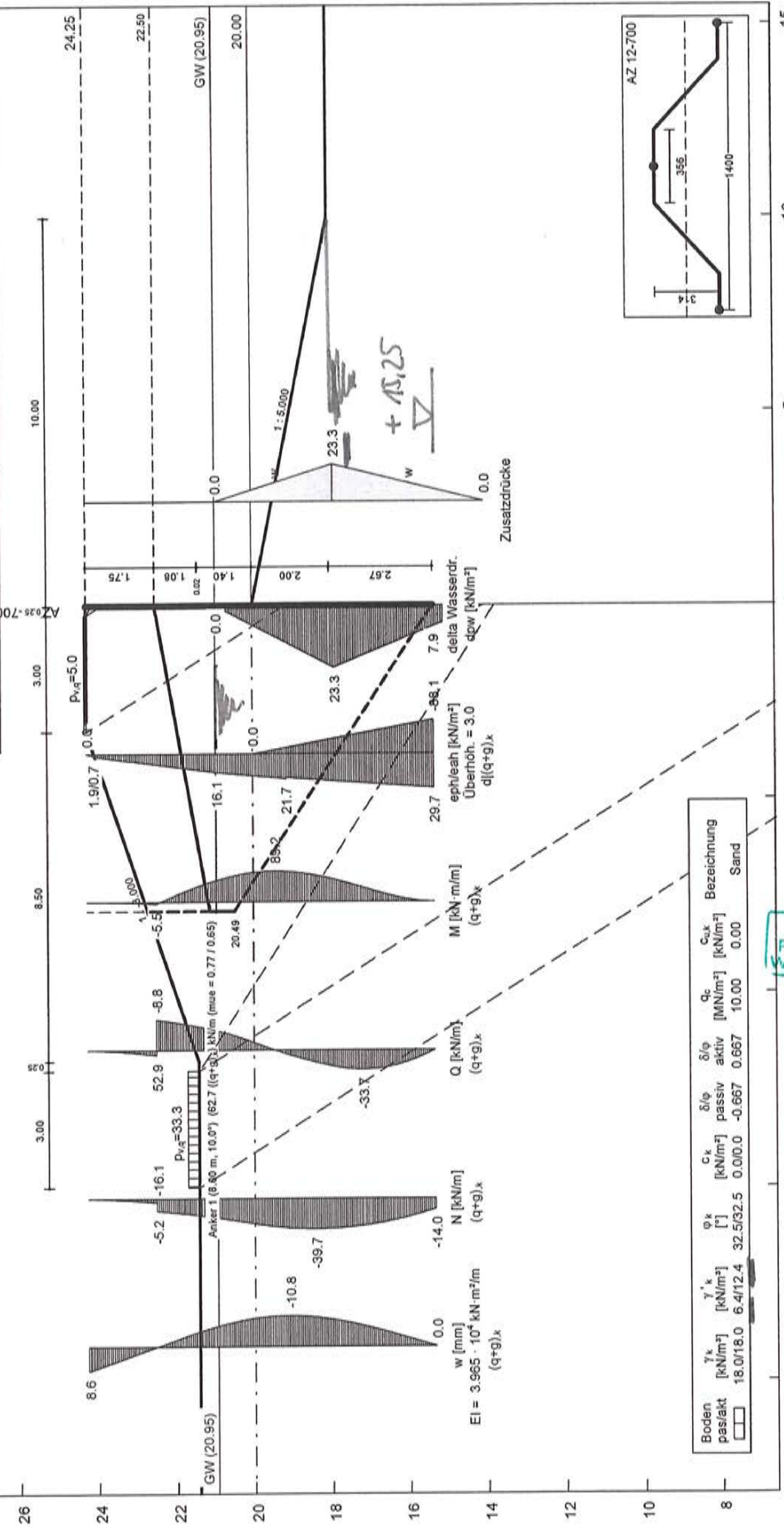
| Aufl. | Fz,k,min<br>[kN] | Fz,k,max<br>[kN] |
|-------|------------------|------------------|
| A     | 80.87            | 80.87            |
| B     | 135.13           | 135.13           |
| C     | 135.13           | 135.13           |
| D     | 80.87            | 80.87            |

1.3

Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 20,00mNN)  
Norm: EC 7  
Spundwand  
AZ 12-700  
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
Einspanngrad = 0,000  
Erf. Einbindetiefe = 8,92 m

Bemessungswerte:  
Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)  
Bemessungssituation: max M, qg  
M<sub>Ed</sub> = 107,2 kN·m/m  
V<sub>Ed</sub> = 0,4 kN/m  
N<sub>Ed</sub> = -44,4 kN/m (Druck)  
Profil: AZ 12-700 Stahlgüte: S 240 GP  
Wasserdruckdifferenz = 2,33 m  
b = 700,0 mm / b<sub>f</sub> = 356,4 mm  
h = 8,5 mm / I<sub>w</sub> = 8,5 mm / A = 123,0 cm<sup>2</sup>/m  
h = 314,0 mm / α = 42,8°  
W<sub>pl</sub> = 1415,0 cm<sup>3</sup>/m / I = 18880,0 cm<sup>4</sup>/m

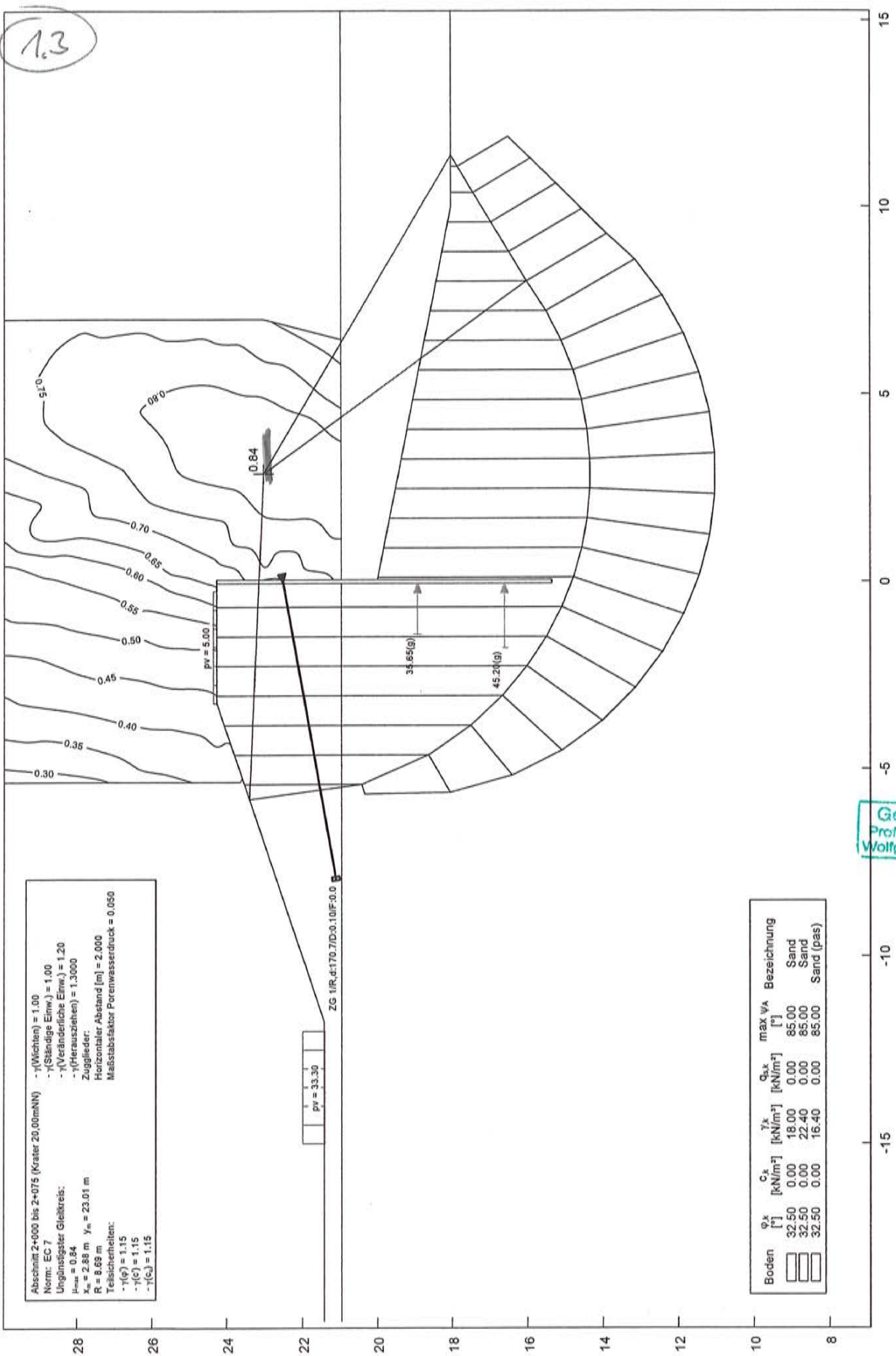
M<sub>red</sub> = 339,6 kN·m/m  
μ = M<sub>Ed</sub> / M<sub>red</sub> = 0,316  
Knicklänge = 7,17 m  
N<sub>cr</sub> = 7611,7 kN/m  
N<sub>Ed</sub> / N<sub>cr</sub> = 0,006 < 0,04  
→ Kein Knicknachweis  
max μ = 0,316  
γ<sub>we</sub> = 1,00 / γ<sub>int</sub> = 1,00  
ε = 0,990 → b<sub>f</sub> / t<sub>f</sub> = 42,4  
Querschnittsklasse: 2  
f<sub>y,red</sub> = 240,0 N/mm<sup>2</sup>  
M<sub>red</sub> = 339,6 kN·m/m  
V<sub>red</sub> = 514,0 kN/m (μ = 0,001)  
N<sub>red</sub> = 2952,0 kN/m (μ = 0,015)  
V<sub>Ed</sub> < 0,5 · V<sub>red</sub> → keine Abm.  
Normalkraft-Interaktion  
keine Abm.  
Nachweis M<sub>Ed</sub>



| Boden    | γ <sub>k</sub> | γ' <sub>k</sub> | φ <sub>k</sub> | c <sub>k</sub> | δ/φ    | δ/φ   | q <sub>c</sub> | c <sub>u,k</sub> | Bezeichnung |
|----------|----------------|-----------------|----------------|----------------|--------|-------|----------------|------------------|-------------|
| pass/akt | [kN/m³]        | [kN/m³]         | [°]            | [kN/m²]        | passiv | aktiv | [kN/m²]        | [kN/m²]          |             |
| □        | 18,0/18,0      | 6,4/12,4        | 32,5/32,5      | 0,0/0,0        | -0,667 | 0,667 | 10,00          | 0,00             | Sand        |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Ruc

1.3



Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 20.00mNN)  
 Norm: EC 7  
 Ungesättigter Gleitkreis:  
 $\mu_{\text{un}} = 0.84$   
 $x_{\text{un}} = 2.88 \text{ m}$   $y_{\text{un}} = 23.01 \text{ m}$   
 $R = 8.69 \text{ m}$   
 Teilsicherheiten:  
 $\gamma(f) = 1.15$   
 $\gamma(c) = 1.15$   
 $\gamma(\phi) = 1.15$   
 $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$   
 $\gamma(\text{Herausziehen}) = 1.3000$   
 Zugkoeffizient:  
 Horizontaler Abstand [m] = 2.000  
 Maßstabsfaktor Porenwasserdruck = 0.050

| Boden | $q_{\text{sk}}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $c_{\text{sk}}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\gamma_{\text{sk}}$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $q_{\text{sk}}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | max $\psi_A$<br>[°] | Bezeichnung |
|-------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------|-------------|
| 1     | 32.50                                   | 0.00                                    | 18.00                                        | 0.00                                    | 85.00               | Sand        |
| 2     | 32.50                                   | 0.00                                    | 22.40                                        | 0.00                                    | 85.00               | Sand        |
| 3     | 32.50                                   | 0.00                                    | 16.40                                        | 0.00                                    | 85.00               | Sand (pas)  |

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rug



Projekt: 19065

Pos.: 1.3

Seite: 35

**Pos. 1.3**

**Gurtung (Krater +20,00mNN)**

Hinweis:

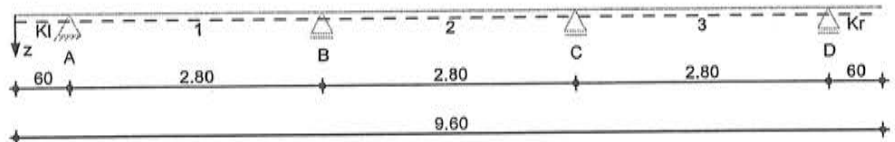
Die Gurtkraft aus der Baugrubenberechnung wird halbiert, da der Nachweis nur für einen Gurtprofil geführt wird.

System

Mehrfeldträger, 2-achsige Biegung

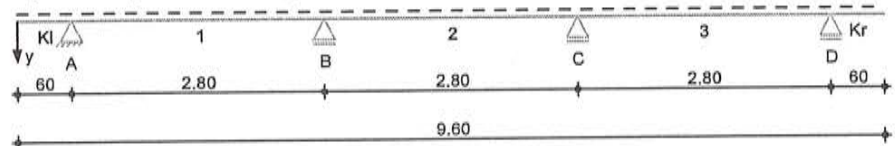
M 1:80

System z-Richtung



M 1:80

System y-Richtung



Abmessungen  
Mat./Querschnitt

| Feld | l<br>[m] | Lage<br>[°] | Achsen | Material | Profil |
|------|----------|-------------|--------|----------|--------|
| Kl   | 0.60     | 0.0         | fest   | S 235    | U 220  |
| 1-3  | 2.80     | 0.0         | fest   |          |        |
| Kr   | 0.60     | 0.0         | fest   |          |        |

Auflager

| Lager | x<br>[m] | $K_{T,z}$<br>[kN/m] | $K_{R,y}$<br>bzw. | $K_{T,y}$<br>[kNm/rad] | $K_{R,z}$ | abell. Wölbb. |
|-------|----------|---------------------|-------------------|------------------------|-----------|---------------|
| A     | 0.60     | fest                | frei              | fest                   | frei      | frei          |
| B     | 3.40     | fest                | frei              | fest                   | frei      | frei          |
| C     | 6.20     | fest                | frei              | fest                   | frei      | frei          |
| D     | 9.00     | fest                | frei              | fest                   | frei      | frei          |

| Lager      | b<br>[cm] |
|------------|-----------|
| A, B, C, D | 20.0      |

Belastungen

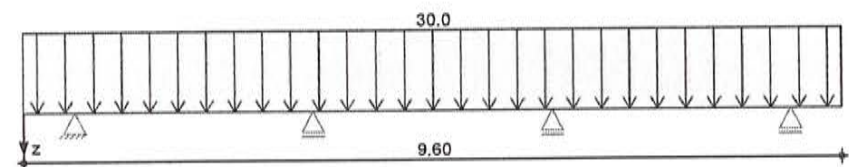
Belastungen auf das System

Grafik

Belastungsgrafiken (einwirkungsbezogen)

Einwirkung

Qk.N



Streckenlasten  
in z-Richtung

Gleichlasten  
Feld Komm.

Einw. Qk.N

|    | a<br>[m] | s<br>[m] | $q_{li}$<br>[kN/m] | $q_{re}$<br>[kN/m] | e<br>[cm] |
|----|----------|----------|--------------------|--------------------|-----------|
| Kl | 0.00     | 9.60     |                    | 30.00              | 0.0       |

Kombinationen

Kombinationsbildung mit Einwirkungsmuster nach DIN EN 1990

ständig/vorüberg.  
quasi-ständig

| Ek | $\Sigma (\gamma \cdot \psi \cdot E_w)$ |
|----|----------------------------------------|
| 1  | 1.50 * Qk.N                            |
| 2  | 0.30 * Qk.N                            |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

**Projekt: 19065**

**Pos.: 1.3**

**Seite: 36**

Einwirkungsmuster

Kombinationsbildung mit Einwirkungsmuster

Muster    Einwirkung  
 1            Qk.N

Bem.-schnittgrößen

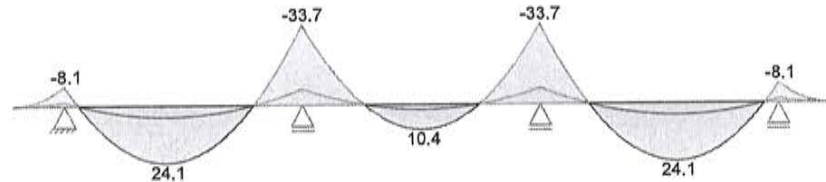
Bemessungsschnittgrößen

Grafik

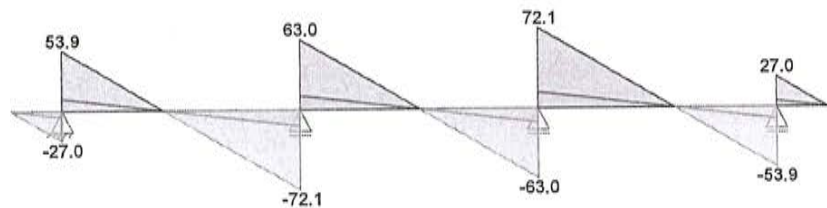
Schnittgrößen (Umhüllende)

Kombinationen

Moment  $M_{y,d}$  [kNm]



Querkraft  $V_{z,d}$  [kN]



Nachweise (GZT)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach DIN EN 1993

Quersch.-klasse  
c/t-Verhältnis

Maßgebende Querschnittsklasse: Klasse 1

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Ritz

Nachweis E-E  
 Abs. 6.2

Nachweis der Biege- und Querkrafttragfähigkeit

|               | x                      | Ek | QS/<br>Pkt | $M_{y,d}$ | $V_{z,d}$ | $\sigma_d$<br>$\tau_d$<br>$\sigma_{v,d}$ | $\eta$ |
|---------------|------------------------|----|------------|-----------|-----------|------------------------------------------|--------|
|               | [m]                    |    |            | [kNm]     | [kN]      | [N/mm <sup>2</sup> ]                     | [-]    |
| Kragarm links | $(L = 0.60 \text{ m})$ |    |            |           |           |                                          |        |
|               | 0.00                   | 1  | 1/1        | 0.00      | 0.00      | 0.00<br>0.00<br>0.00                     | 0.00   |
|               | 0.60                   | 1  | 1/2        | -8.10     | -27.00    | 33.06<br>11.57<br>38.66                  | 0.16*  |
| Feld 1        | $(L = 2.80 \text{ m})$ |    |            |           |           |                                          |        |
|               | 0.00                   | 1  | 1/1        | -8.10     | 53.87     | 0.00<br>32.49<br>56.27                   | 0.24   |
|               | 1.20                   | 1  | 1/3        | 24.15     | 0.00      | 98.55<br>0.00<br>98.55                   | 0.42   |
|               | 1.27                   | 1  | 1/2        | 24.01     | -3.46     | 98.01<br>1.48<br>98.04                   | 0.42   |
|               | 2.80                   | 1  | 1/2        | -33.66    | -72.13    | 137.39<br>30.91<br>147.45                | 0.63*  |
| Feld 2        | $(L = 2.80 \text{ m})$ |    |            |           |           |                                          |        |
|               | 0.00                   | 1  | 1/2        | -33.66    | 63.00     | 137.39<br>27.00                          | 0.62*  |

Projekt: 19065

Pos.: 1.3

Seite: 37

|                | x                   | Ek | QS/<br>Pkt | My,d   | Vz,d   | $\sigma_d$<br>Td<br>$\sigma_{v,d}$ | $\eta$ |
|----------------|---------------------|----|------------|--------|--------|------------------------------------|--------|
|                | [m]                 |    |            | [kNm]  | [kN]   | [N/mm <sup>2</sup> ]               | [-]    |
|                | 0.22                | 1  | 1/2        | -20.88 | 53.09  | 145.13<br>85.22<br>22.75<br>93.89  | 0.40   |
|                | 1.40                | 1  | 1/3        | 10.44  | 0.00   | 42.61<br>0.00<br>42.61             | 0.18   |
|                | 2.80                | 1  | 1/2        | -33.66 | -63.00 | 137.39<br>27.00<br>145.13          | 0.62   |
| Feld 3         | <i>(L = 2.80 m)</i> |    |            |        |        |                                    |        |
|                | 0.00                | 1  | 1/2        | -33.66 | 72.13  | 137.39<br>30.91<br>147.45          | 0.63*  |
|                | 1.53                | 1  | 1/2        | 24.01  | 3.46   | 98.01<br>1.48<br>98.05             | 0.42   |
|                | 1.60                | 1  | 1/3        | 24.15  | 0.00   | 98.55<br>0.00<br>98.55             | 0.42   |
|                | 2.80                | 1  | 1/1        | -8.10  | -53.87 | 0.00<br>32.49<br>56.27             | 0.24   |
| Kragarm rechts | <i>(L = 0.60 m)</i> |    |            |        |        |                                    |        |
|                | 0.00                | 1  | 1/2        | -8.10  | 27.00  | 33.06<br>11.57<br>38.66            | 0.16*  |
|                | 0.60                | 1  | 1/-        | 0.00   | 0.00   | 0.00<br>0.00<br>0.00               | 0.00   |

**Geprüft**  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Nachweise (GZG)

Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit  
nach DIN EN 1993

Verformungsnachweis

max. Verformungen

|                | x    | Ek | Wz    | Wres | Wzul | $\eta$ |
|----------------|------|----|-------|------|------|--------|
|                | [m]  |    | [mm]  | [mm] | [mm] | [-]    |
| Kragarm links  | 0.00 | 2  | -0.35 | 0.35 | 4.00 | 0.09   |
| Feld 1         | 1.27 | 2  | 0.56  | 0.56 | 9.33 | 0.06   |
| Feld 2         | 1.40 | 2  | 0.11  | 0.11 | 9.33 | 0.01   |
| Feld 3         | 1.53 | 2  | 0.56  | 0.56 | 9.33 | 0.06   |
| Kragarm rechts | 0.60 | 2  | -0.35 | 0.35 | 4.00 | 0.09   |

Auflagerkräfte

Charakteristische Auflagerkräfte

Char. Auflagerkr.

Einw.  $Q_k.N$

| Aufl. | Fz,k,min<br>[kN] | Fz,k,max<br>[kN] |
|-------|------------------|------------------|
| A     | 53.91            | 53.91            |
| B     | 90.09            | 90.09            |
| C     | 90.09            | 90.09            |
| D     | 53.91            | 53.91            |





1.5

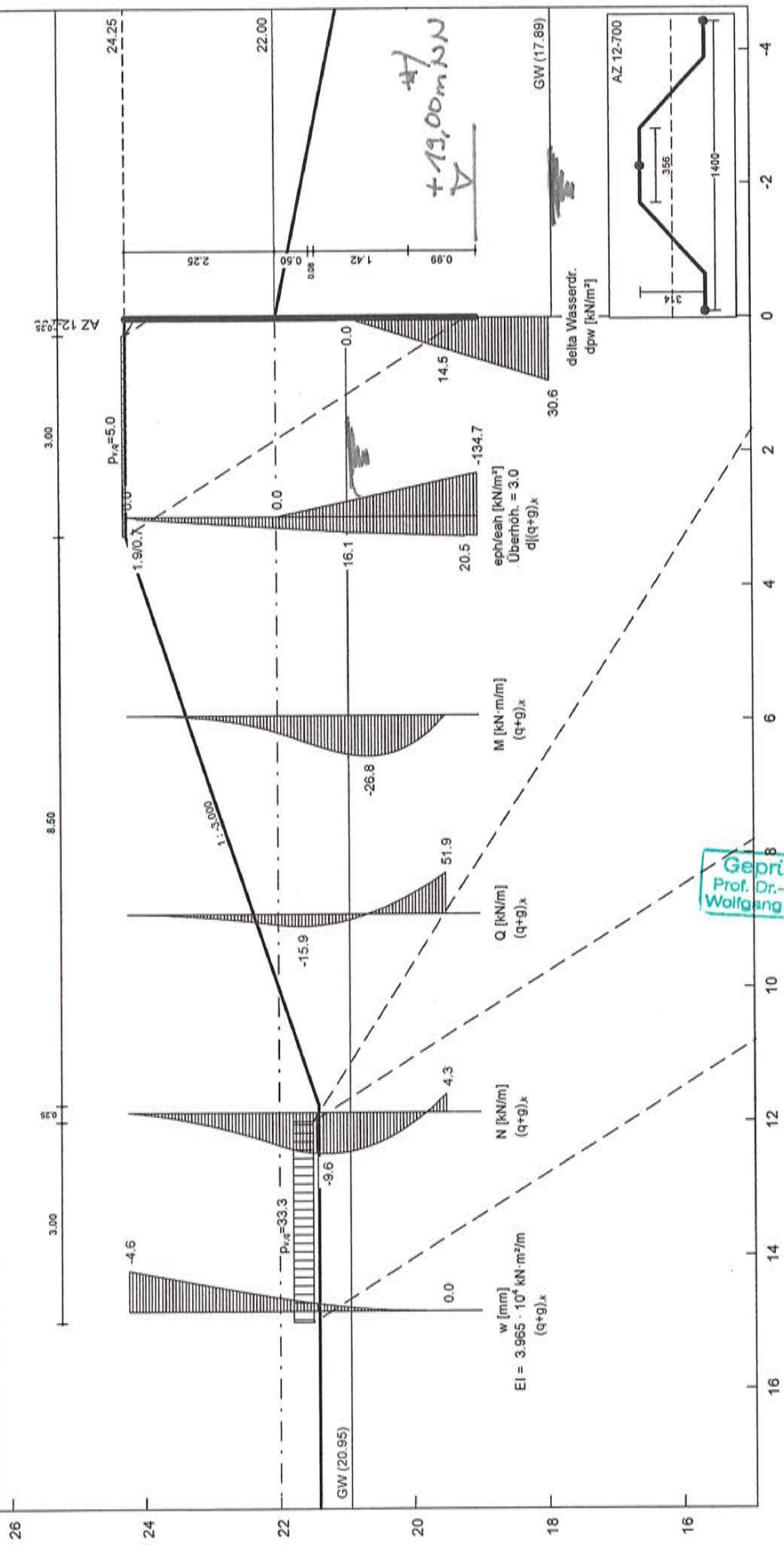
Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 22,00mNN)  
 Norm: EC 7  
 Spundwand  
 AZ 12-700  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Erf. Profilänge = 5,24 m  
 Erf. Einbindetiefe = 2,99 m  
 BS: DIN 1054: BS-T

| Boden | $\gamma_k$           | $\gamma'_k$          | $\varphi_k$ | $c(p)_k$             | $c(e)_k$             | $\delta/\varphi$ | $\delta/\varphi$ | $q_c$                | $c_{ux}$             | Bezeichnung |
|-------|----------------------|----------------------|-------------|----------------------|----------------------|------------------|------------------|----------------------|----------------------|-------------|
|       | [kN/m <sup>3</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] | [°]         | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | passiv           | aktiv            | [MN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |             |
|       | 18.0                 | 10.0                 | 32.5        | 0.0                  | 0.0                  | -0.450           | 0.667            | 10.00                | 0.00                 | Sand        |

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el.-el.)  
 Bemessungssituation: max M<sub>1,q</sub>  
 M<sub>Ed</sub> = 32.7 kN-m/m  
 V<sub>Ed</sub> = 0.5 kN/m  
 N<sub>Ed</sub> = -9.4 kN/m (Druck)  
 Profil: AZ 12-700 Stahlgüte: S 240 GP  
 Wasserdruckdifferenz = 3.06 m  
 b = 700.0 mm / b<sub>r</sub> = 356.4 mm  
 t<sub>r</sub> = 6.5 mm / t<sub>r</sub> = 6.5 mm / A = 123.0 cm<sup>2</sup>/m  
 h = 314.0 mm / α = 42.8 °  
 W<sub>pl</sub> = 1205.0 cm<sup>3</sup>/m / I = 18880.0 cm<sup>4</sup>/m  
 Nachweis M<sub>Ed</sub>

$\gamma_{wp} = 1.00$  /  $\gamma_{m1} = 1.00$   
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_r/t_r \cdot \varepsilon = 42.4$   
 Querschnittsklasse: 2  
 $f_{y,red} = 240.0$  N/mm<sup>2</sup>  
 M<sub>Ed</sub> = 289.2 kN-m/m  
 V<sub>Ed</sub> = 514.0 kN/m (μ = 0.001)  
 N<sub>Ed</sub> = 2952.0 kN/m (μ = 0.003)  
 Querkraft-Interaktion  
 V<sub>Ed</sub> ≤ 0.5 · V<sub>pl,Rd</sub> → keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Nachweis M<sub>Ed</sub>

M<sub>Ed</sub> = 289.2 kN-m/m  
 μ = M<sub>Ed</sub> / M<sub>pl,Rd</sub> = 0.113  
 Knicklänge = 7.34 m  
 N<sub>Ed</sub> = 7263.2 kN/m  
 N<sub>Ed</sub> / N<sub>pl,Rd</sub> = 0.001 < 0.04  
 → Kein Knicknachweis  
 max μ = 0.113



Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rug

Mindesttiefe = +17.50mNN ist einzuhalten!







# Statische Berechnung

Pos. 2.0

*Bau-km 2+075 bis 2+130*

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

**Pos. 2.0**

**Spundwand (Bau-km 2+075 bis 2+130)**

**Vorbemerkungen:**

Nachfolgend wird für den o.g. Bauabschnitt eine Hochwasserschutzwand (Spundwand) statisch bemessen und nachgewiesen.

**Material:**

Spundwandprofil: AZ 12-700  
Stahlgüte: S 240 GP und S 355 GP

**Bemessungssituationen:**

|                    |                                                  |          |
|--------------------|--------------------------------------------------|----------|
| <u>Lastfall 1:</u> | Eigenlasten + Verkehr + BHW                      | → BS-P.1 |
| <u>Lastfall 2:</u> | Eigenlasten + Verkehr + fallendes BHW            | → BS-P.2 |
| <u>Lastfall 3:</u> | Eigenlasten + Baumwurf + Verkehr + fallendes BHW | → BS-T   |
| <u>Lastfall 4:</u> | Eigenlasten + Verkehr + Wasserstand „bordvoll“   | → BS-A.1 |

**Nachweise:**

|             |                                                           |
|-------------|-----------------------------------------------------------|
| Lastfall 1: | Nachweis wird nicht maßgebend > vgl. Pos. 1.0             |
| Lastfall 2: | Lastfall wird nicht untersucht > Maßgebend ist Lastfall 3 |
| Lastfall 3: | Es werden mehrere Baumkrater untersucht!                  |
| Lastfall 4: | Nachweis wird nicht maßgebend > vgl. Pos. 1.0             |



Auf den nachfolgenden Seiten werde die hierfür erforderlichen Nachweise geführt!

**Ergebnisse:**

Die Berechnungsergebnisse werden auf der nachfolgenden Seite dokumentiert.





**Pos. 2.0 - Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse für den Abschnitt: 2+075 bis 2+130**

| Geländehöhe<br>wasserseitig der<br>HWS-Wand (mNN) | Spundwand |          |                   |             |             | Verankerung  |            |            |             |                | Gurtung        |                    |         | Ankerwand |                   |               |                    |             |             |              |
|---------------------------------------------------|-----------|----------|-------------------|-------------|-------------|--------------|------------|------------|-------------|----------------|----------------|--------------------|---------|-----------|-------------------|---------------|--------------------|-------------|-------------|--------------|
|                                                   | Profil    | Material | Gewicht<br>[kg/m] | OK<br>[mNN] | UK<br>[mNN] | Länge<br>[m] | Typ        | Material   | Länge<br>m] | Abstand<br>[m] | Neigung<br>[°] | Ankerlage<br>(mNN) | Profil  | Material  | Gewicht<br>[kg/m] | Material      | Abstand<br>zur SPW | UK<br>[mNN] | Höhe<br>[m] | Dicke<br>[m] |
| 18,00                                             | AZ 12-700 | S 355 GP | 96,7              | 24,25       | 13,00       | 11,25        | GEWI Ø50mm | St 500/550 | 12,00       | 2,80           | 0,0            | 21,75              | 2x U300 | S235      | 2x 46,2           | C25/30 + B500 | 12,00              | 20,25       | 2,50        | 0,80         |
| 19,00                                             | AZ 12-700 | S 240 GP | 96,7              | 24,25       | 14,25       | 10,00        | GEWI Ø50mm | St 500/550 | 10,50       | 2,80           | 0,0            | 21,75              | 2x U260 | S235      | 2x 37,9           | C25/30 + B500 | 10,50              | 20,75       | 2,00        | 0,80         |
| 20,00                                             | AZ 12-700 | S 240 GP | 96,7              | 24,25       | 15,25       | 9,00         | GEWI Ø50mm | St 500/550 | 8,50        | 2,80           | 0,0            | 21,75              | 2x U260 | S235      | 2x 37,9           | C25/30 + B500 | 8,50               | 20,75       | 2,00        | 0,80         |
| 21,00                                             | AZ 12-700 | S 240 GP | 96,7              | 24,25       | 16,00       | 8,25         | -          | -          | -           | -              | 0              | -                  | -       | -         | -                 | -             | -                  | -           | -           | -            |
| 22,00                                             | AZ 12-700 | S 240 GP | 96,7              | 24,25       | 17,50       | 6,75         | -          | -          | -           | -              | -              | -                  | -       | -         | -                 | -             | -                  | -           | -           | -            |

**Hinweis zur Länge der Spundwand:**

Die Spundwandlängen sind in der Tabelle oben vereinfacht bis OK = +24,25mNN eingetragen!

Bei Anordnung eines Stahlbetonholms als oberen Abschluss der Spundwand (siehe Pos. 7.0) können die Spundwände auf +23,45mNN enden. Die oben aufgeführten Spundwandlängen können somit um 80cm verringert werden!

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rüd

## Alternatives Spundwandprofil

**Vorbemerkungen:** Alternativ zum Spundwandprofil AZ-12-700 kann auch das nachfolgend beschriebene Spundwandprofil zur Ausführung kommen:

**Material:** Spundwandprofil: AZ 14-700  
Stahlgüte: S 240 GP

**Nachweis:** Der Bauteilnachweis des Spundwandprofils wird exemplarisch für den maßgebenden Lastfall 3 – Baumwurf (Krater +18,00mNN) geführt.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bemessungswerte:<br>Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)<br>Bemessungssituation: max $M_{Ed}$<br>$M_{Ed} = 297.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$V_{Ed} = 0.4 \text{ kN/m}$<br>$N_{Ed} = -55.1 \text{ kN/m}$ (Druck)<br>Profil: AZ 14-700, Stahlgüte: S 240 GP<br>Wasserdrukdifferenz = 2.80 m<br>$b = 700.0 \text{ mm}$ / $b_f = 356.4 \text{ mm}$<br>$t_f = 10.5 \text{ mm}$ / $t_w = 10.5 \text{ mm}$ / $A = 146.0 \text{ cm}^2/\text{m}$<br>$h = 318.0 \text{ mm}$ / $\alpha = 42.8^\circ$<br>$W_{pl} = 1405.0 \text{ cm}^3/\text{m}$ / $I = 22190.0 \text{ cm}^4/\text{m}$ | $\gamma_{M0} = 1.00$ / $\gamma_{M1} = 1.00$<br>$s = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / s = 34.3$<br>Querschnittsklasse: 2<br>$f_{y,Rd} = 240.0 \text{ N/mm}^2$<br>$M_{a,Rd} = 337.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$V_{pl,Rd} = 635.0 \text{ kN/m}$ ( $\mu = 0.001$ )<br>$N_{pl,Rd} = 3504.0 \text{ kN/m}$ ( $\mu = 0.018$ )<br>Querkraft-Interaktion<br>$V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.<br>Normalkraft-Interaktion<br>keine Abm.<br>Nachweis $M_{Ed}$ | $M_{a,Rd} = 337.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$\mu = M_{Ed} / M_{a,Rd} = 0.884$<br>Knicklänge = 8.77 m<br>$N_{cr} = 5979.7 \text{ kN/m}$<br>$N_{Ed} / N_{cr} = 0.009 \leq 0.04$<br>$\rightarrow$ Kein Knicknachweis<br>max $\mu = 0.884$ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rüger

## Nachweis mit Abrostung:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bemessungswerte:<br>Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)<br>Bemessungssituation: max $M_{Ed}$<br>$M_{Ed} = 297.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$V_{Ed} = 0.4 \text{ kN/m}$<br>$N_{Ed} = -53.9 \text{ kN/m}$ (Druck)<br>Profil: AZ 14-700(1/1), Stahlgüte: S 240 GP<br>Wasserdrukdifferenz = 2.80 m<br>$b = 700.0 \text{ mm}$ / $b_f = 356.4 \text{ mm}$<br>$t_f = 8.5 \text{ mm}$ / $t_w = 8.5 \text{ mm}$ / $A = 122.5 \text{ cm}^2/\text{m}$<br>$h = 314.0 \text{ mm}$ / $\alpha = 42.8^\circ$<br>$W_{pl} = 1404.5 \text{ cm}^3/\text{m}$ / $I = 18706.0 \text{ cm}^4/\text{m}$ | $\gamma_{M0} = 1.00$ / $\gamma_{M1} = 1.00$<br>$s = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / s = 42.4$<br>Querschnittsklasse: 2<br>$f_{y,Rd} = 240.0 \text{ N/mm}^2$<br>$M_{a,Rd} = 337.1 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$V_{pl,Rd} = 514.0 \text{ kN/m}$ ( $\mu = 0.001$ )<br>$N_{pl,Rd} = 2940.0 \text{ kN/m}$ ( $\mu = 0.018$ )<br>Querkraft-Interaktion<br>$V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.<br>Normalkraft-Interaktion<br>keine Abm.<br>Nachweis $M_{Ed}$ | $M_{a,Rd} = 337.1 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$\mu = M_{Ed} / M_{a,Rd} = 0.884$<br>Knicklänge = 8.77 m<br>$N_{cr} = 5040.8 \text{ kN/m}$<br>$N_{Ed} / N_{cr} = 0.011 \leq 0.04$<br>$\rightarrow$ Kein Knicknachweis<br>max $\mu = 0.884$ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Hinweis:  $W_{pl} = 1405.0 \text{ cm}^3/\text{m} \approx W_{pl, Abrostung} = 1404.5 \text{ cm}^3/\text{m}$

Las. 113 -> Baumwerk

2.1

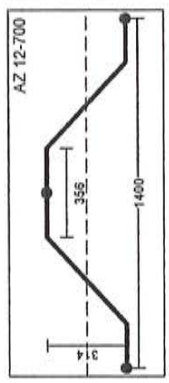
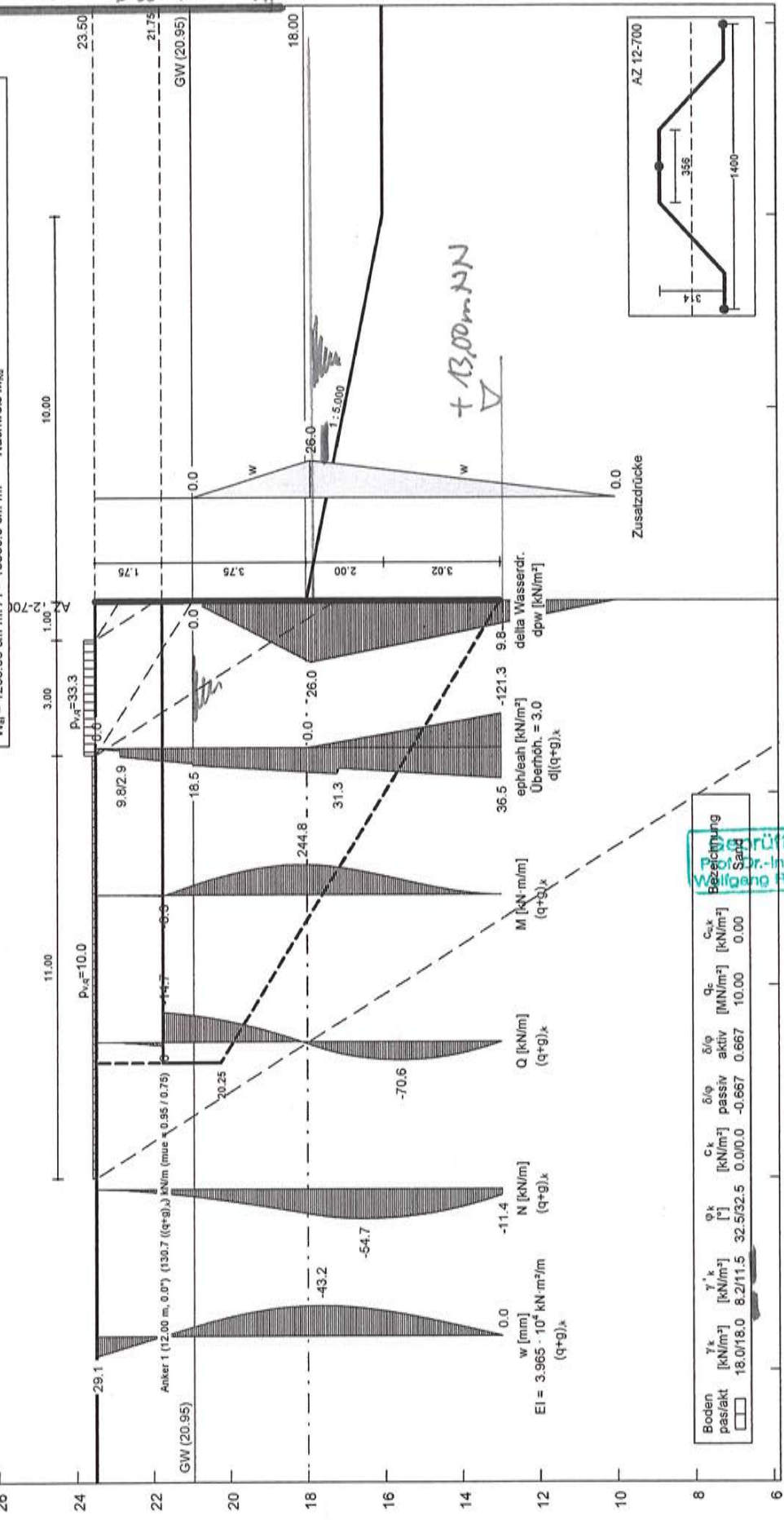
Bemessungswerte:  
Bemessung nach EC 3 (el.-el.)  
Bemessungssituation: max M<sub>gq</sub>  
M<sub>gq</sub> = 297.9 kN·m/m  
V<sub>gq</sub> = 0.4 kN/m  
N<sub>gq</sub> = -53.9 kN/m (Druck)  
Profil: AZ 12-700  
Stahlgüte: S 355 GP  
Wasserdruckdifferenz = 2.60 m  
b = 700.0 mm / b<sub>r</sub> = 366.4 mm  
t<sub>r</sub> = 8.5 mm / t<sub>w</sub> = 8.5 mm / A = 123.0 cm<sup>2</sup>/m  
h = 314.0 mm / α = 42.8°  
W<sub>pl</sub> = 1205.00 cm<sup>2</sup>/m / I = 18890.0 cm<sup>4</sup>/m  
Nachweis M<sub>Ed</sub>

M<sub>Ed</sub> = 427.8 kN·m/m  
μ = M<sub>Ed</sub> / M<sub>Ed,red</sub> = 0.697  
Knicklänge = 6.77 m  
N<sub>Ed</sub> = 5087.7 kN/m  
N<sub>Ed</sub> / N<sub>Ed,red</sub> = 0.011 <= 0.04  
-> Kein Knicknachweis  
max μ = 0.697

γ<sub>red</sub> = 1.00 / γ<sub>red</sub> = 1.00  
ε = 0.810 -> b<sub>r</sub> / t<sub>r</sub> / ε = 51.8  
Querschnittsklasse: 3  
f<sub>y,red</sub> = 355.0 N/mm<sup>2</sup>  
M<sub>Ed,red</sub> = 427.8 kN·m/m  
N<sub>Ed,red</sub> = 760.3 kN/m (μ = 0.001)  
V<sub>Ed,red</sub> = 4366.5 kN/m (μ = 0.012) max μ = 0.697  
Querkraft-Interaktion  
V<sub>Ed</sub> <= 0.5 · V<sub>Ed,red</sub> -> keine Abm.  
Normalkraft-Interaktion  
keine Abm.

Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 18,00mNN)  
Norm: EC 7  
Spundwand  
AZ 12-700  
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
Einspanngrad = 0.000  
Erf. Profillänge = 10.52 m  
Erf. Einbindeliefe = 5.02 m

BS: DIN 1054: BS-T  
γ<sub>G</sub> = 1.20  
γ<sub>Q</sub> = 1.30  
γ<sub>Ed</sub> = 1.30  
μ (Hydr. Grundbruch) = 0.00  
mob. Ep erfüllt / μ = 0.90  
μ(Vert. Tragfähigkeit) = 0.64



Bezeichnung  
Baugruben-  
Wand-Ing.  
Sied

| Boden   | γ <sub>k</sub> | γ' <sub>k</sub> | φ <sub>k</sub> | c <sub>k</sub> | δ <sub>/q</sub> | δ <sub>/q</sub> | δ <sub>/q</sub> | q <sub>c</sub> | c <sub>u,k</sub> |
|---------|----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|
| pas/akt | [kN/m²]        | [kN/m²]         | [°]            | [kN/m²]        | aktiv           | passiv          | aktiv           | [MN/m²]        | [kN/m²]          |
| □       | 18.0/18.0      | 8.2/11.5        | 32.5/32.5      | 0.0/0.0        | -0.667          | 0.667           | 10.00           | 0.00           | 0.00             |



Nachweis des Spundwandprofil mit Abrostung:Abrostung: 0,61 mm/Jahr und SätzeLebensdauer: 100 JahreAbrostung: 10 mm je Sätze (umlaufend)Nachweis:

Bemessung nach EC 3 (el.-el.)

Bemessungssituation: max M, q

 $M_{Ed} = 297.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  $V_{Ed} = 0.4 \text{ kN/m}$  $N_{Ed} = -52.7 \text{ kN/m}$  (Druck)Profil: AZ 12-700(1/1) Stahlgüte: S 355 GP

Wasserdruckdifferenz = 2.60 m

 $b = 700.0 \text{ mm} / b_f = 356.4 \text{ mm}$  $t_f = 6.5 \text{ mm} / t_w = 6.5 \text{ mm} / A = 99.6 \text{ cm}^2/\text{m}$  $h = 312.0 \text{ mm} / \alpha = 42.8^\circ$  $W_{el} = 982.00 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 15417.7 \text{ cm}^4/\text{m}$  $\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.00$  $\varepsilon = 0.831 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 66.0$ 

Querschnittsklasse: 3

 $f_{y,red} = 340.4 \text{ N/mm}^2$  (Kl. 4  $\rightarrow$  Kl. 3) $M_{c,Rd} = 334.3 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  $V_{pl,Rd} = 557.5 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.001$ ) $N_{pl,Rd} = 3390.3 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.016$ )

Querkraft-Interaktion

 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$  $M_{c,Rd} = 334.3 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.891$ 

Schubbeulnachweis

 $V_{b,Rd} = 481.0 \text{ kN/m} \rightarrow \mu = 0.001$ 

Knicklänge = 8.77 m

 $N_{cr} = 4154.7 \text{ kN/m}$  $N_{Ed} / N_{cr} = 0.013 \leq 0.04$  $\rightarrow$  Kein Knicknachweismax  $\mu = 0.891$ 

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Bemessung der GEWI-Anker:

Lasten:  $g_k + q_k = 130,7 \text{ kN/m} \rightarrow N_d \leq 181,75 \text{ kN/m}$

$\rightarrow$  Werte aus EDV-Berechnung

Ankerabstand:  $e = 2,40 \text{ m}$

Ankerhöhe:  $N_d = 2,40 \cdot 181,75 \text{ kN} = \underline{\underline{436,2 \text{ kN}}}$   
 $\leq 450 \text{ kN}$

Nachweis:

gewählt: GEWI-Pfähle  $\varnothing = 50 \text{ mm}$

ohne Korrosionsschutz

Innere Tragfähigkeit

$$A_s = \pi \cdot 50^2 / 4 = 1963 \text{ mm}^2$$

$$R_d = (1963 \cdot 500) / 1,15 = 853478 \text{ N} = 853 \text{ kN}$$

Ausnutzung

$$450 / 853 = \underline{\underline{0,53 \leq 1,00}}$$

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Aug

**Nachweise unter Berücksichtigung der Abrostung**

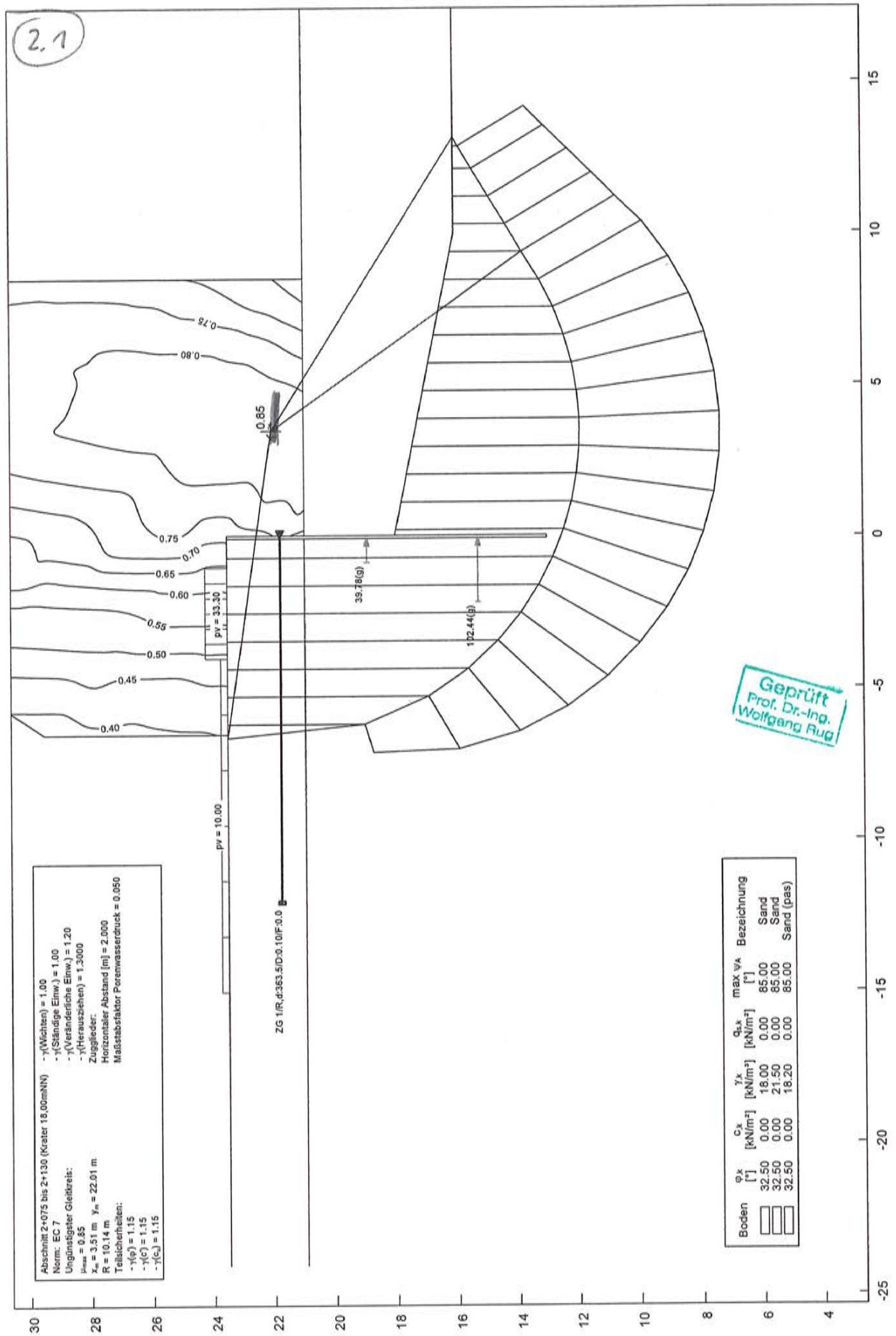
- Abrostung 0,01 mm/Jahr  
 ✕ Lebensdauer 100 Jahre  
 Abrostung 100 Jahre  $\cdot$  0,01 mm/Jahr = 1,0 mm umlaufend

$$A_s = \pi \cdot 48^2 / 4 = 1809 \text{ mm}^2$$

$$R_d = (1809 \cdot 500) / 1,15 = 786522 \text{ N} = 786 \text{ kN}$$

Ausnutzung

$$450 / 786 = \underline{\underline{0,57 \leq 1,00}}$$



Abschnitt 2-075 bis 2-130 (Kroter 18,00mNN)  
 Norm: EC 7  
 Ungünstigster Glindekreis:  
 $\gamma_{\text{Glinde}} = 0,85$   
 $x_m = 3,51 \text{ m}$   $y_m = 22,01 \text{ m}$   
 $R = 10,14 \text{ m}$   
 Teilchenreihen:  
 $-\gamma_{(5)}^* = 1,15$   
 $-\gamma_{(6)}^* = 1,15$   
 $-\gamma_{(7)}^* = 1,15$   
 $-\gamma_{(8)}^* = 1,15$   
 $-\gamma_{\text{(Wichten)}} = 1,00$   
 $-\gamma_{\text{(Sändige Einw.)}} = 1,00$   
 $-\gamma_{\text{(Veränderliche Einw.)}} = 1,20$   
 $-\gamma_{\text{(Herausziehen)}} = 1,3000$   
 Zugfelder:  
 Horizontaler Abstand (m) = 2,000  
 Maßstabfaktor Porenwasserdruck = 0,050

ZG 1/R,d:363.5/D:0.10/F:0.0

$PV = 10.00$

$pV = 33$

0.85

39.78(g)

102.44(9)

| Boden | $\varphi_x$<br>[°] | $c_x$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\gamma_x$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $Q_{s,k}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | max. $\gamma_A$<br>[°] | Bezeichnung |
|-------|--------------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|-------------|
| □     | 32,50              | 0,00                          | 18,00                              | 0,00                              | 85,00                  | Sand        |
| □     | 32,50              | 0,00                          | 21,50                              | 0,00                              | 85,00                  | Sand        |
| □     | 32,50              | 0,00                          | 18,20                              | 0,00                              | 85,00                  | Sand (pas)  |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



**Projekt: 19065**

**Pos.: 2.1**

**Seite: 50**

**Pos. 2.1**

**Gurtung (Krater +18,00mNN)**

Hinweis:

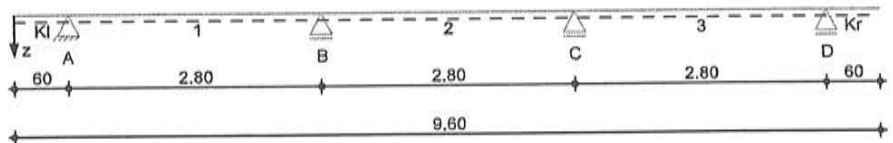
Die Gurtkraft aus der Baugrubenberechnung wird halbiert, da der Nachweis nur für ein Gurtprofil geführt wird.

System

Mehrfeldträger, 2-achsige Biegung

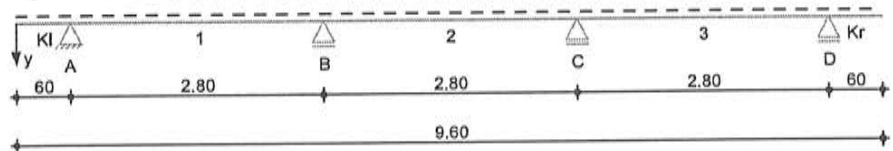
M 1:80

System z-Richtung



M 1:80

System y-Richtung



Abmessungen  
Mat./Querschnitt

| Feld | l<br>[m] | Lage<br>[°] | Achsen | Material | Profil |
|------|----------|-------------|--------|----------|--------|
| KI   | 0.60     | 0.0         | fest   | S 235    | U 300  |
| 1-3  | 2.80     | 0.0         | fest   |          |        |
| Kr   | 0.60     | 0.0         | fest   |          |        |

Auflager

| Lager | x<br>[m] | $K_{T,z}$<br>[kN/m] | $K_{R,y}$<br>bzw. | $K_{T,y}$<br>[kNm/rad] | $K_{R,z}$ | Gabel | Wölben |
|-------|----------|---------------------|-------------------|------------------------|-----------|-------|--------|
| A     | 0.60     | fest                | frei              | fest                   | frei      | fest  | frei   |
| B     | 3.40     | fest                | frei              | fest                   | frei      | fest  | frei   |
| C     | 6.20     | fest                | frei              | fest                   | frei      | fest  | frei   |
| D     | 9.00     | fest                | frei              | fest                   | frei      | fest  | frei   |

| Lager      | b<br>[cm] |
|------------|-----------|
| A, B, C, D | 20.0      |

Belastungen

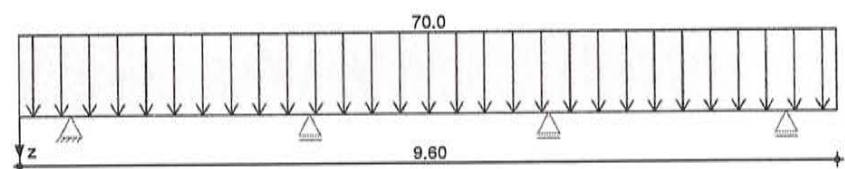
Belastungen auf das System

Grafik

Belastungsgrafiken (einwirkungsbezogen)

Einwirkung

Qk.N



Streckenlasten  
in z-Richtung

Gleichlasten  
Feld Komm.

Einw. Qk.N

|    | a<br>[m] | s<br>[m] | $q_{li}$<br>[kN/m] | $q_{re}$<br>[kN/m] | e<br>[cm] |
|----|----------|----------|--------------------|--------------------|-----------|
| KI | 0.00     | 9.60     |                    | 70.00              | 0.0       |

Kombinationen

Kombinationsbildung mit Einwirkungsmuster nach DIN EN 1990

ständig/vorüberg.  
quasi-ständig

| Ek | $\Sigma (\gamma \cdot \psi \cdot E_k)$ |
|----|----------------------------------------|
| 1  | 1.50 * Qk.N                            |
| 2  | 0.30 * Qk.N                            |

**Projekt: 19065**

**Pos.: 2.1**

**Seite: 51**

Einwirkungsmuster

Kombinationsbildung mit Einwirkungsmuster

Muster    Einwirkung  
 1           Qk.N

Bem.-schnittgrößen

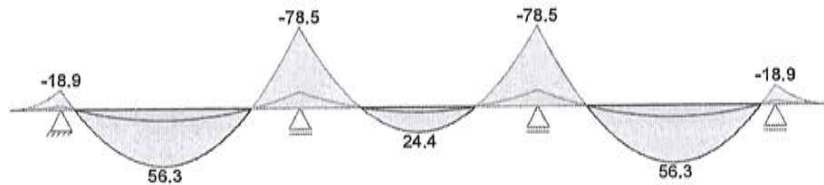
Bemessungsschnittgrößen

Grafik

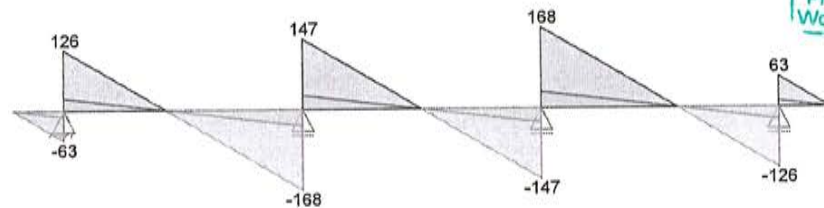
Schnittgrößen (Umhüllende)

Kombinationen

Moment  $M_{y,d}$  [kNm]



Querkraft  $V_{z,d}$  [kN]



Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rug

Nachweise (GZT)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach DIN EN 1993

Quersch.-klasse  
c/t-Verhältnis

Maßgebende Querschnittsklasse: Klasse 1

Nachweis E-E  
 Abs. 6.2

Nachweis der Biege- und Querkrafttragfähigkeit

|                                           | x    | Ek | QS/<br>Pkt | $M_{y,d}$ | $V_{z,d}$ | $\sigma_d$<br>$\tau_d$<br>$\sigma_{v,d}$ | $\eta$ |
|-------------------------------------------|------|----|------------|-----------|-----------|------------------------------------------|--------|
|                                           | [m]  |    |            | [kNm]     | [kN]      | [N/mm <sup>2</sup> ]                     | [-]    |
| Kragarm links<br>( $L = 0.60 \text{ m}$ ) | 0.00 | 1  | 1/1        | 0.00      | 0.00      | 0.00<br>0.00<br>0.00                     | 0.00   |
|                                           | 0.60 | 1  | 1/2        | -18.90    | -63.00    | 35.33<br>17.83<br>46.92                  | 0.20*  |
|                                           |      |    |            |           |           |                                          |        |
| Feld 1<br>( $L = 2.80 \text{ m}$ )        | 0.00 | 1  | 1/1        | -18.90    | 125.70    | 0.00<br>49.47<br>85.68                   | 0.36   |
|                                           | 1.20 | 1  | 1/3        | 56.34     | 0.00      | 105.31<br>0.00<br>105.31                 | 0.45   |
|                                           | 1.27 | 1  | 1/2        | 56.03     | -8.08     | 104.73<br>2.29<br>104.80                 | 0.45   |
|                                           | 2.80 | 1  | 1/2        | -78.54    | -168.30   | 146.80<br>47.62<br>168.39                | 0.72*  |
|                                           |      |    |            |           |           |                                          |        |
| Feld 2<br>( $L = 2.80 \text{ m}$ )        | 0.00 | 1  | 1/2        | -78.54    | 147.00    | 146.80<br>41.59                          | 0.70*  |
|                                           |      |    |            |           |           |                                          |        |

Projekt: 19065

Pos.: 2.1

Seite: 52

|                | x            | Ek | QS/<br>Pkt | My,d   | Vz,d    | $\sigma_d$<br>Td<br>$\sigma_{v,d}$ | $\eta$ |
|----------------|--------------|----|------------|--------|---------|------------------------------------|--------|
|                | [m]          |    |            | [kNm]  | [kN]    | [N/mm <sup>2</sup> ]               | [-]    |
|                | 0.22         | 1  | 1/2        | -48.72 | 123.88  | 163.53<br>91.07<br>35.05<br>109.45 | 0.47   |
|                | 1.40         | 1  | 1/3        | 24.36  | 0.00    | 45.53<br>0.00<br>45.53             | 0.19   |
|                | 2.80         | 1  | 1/2        | -78.54 | -147.00 | 146.80<br>41.59<br>163.53          | 0.70   |
| Feld 3         | (L = 2.80 m) |    |            |        |         |                                    |        |
|                | 0.00         | 1  | 1/2        | -78.54 | 168.30  | 146.80<br>47.62<br>168.39          | 0.72*  |
|                | 1.53         | 1  | 1/2        | 56.03  | 8.08    | 104.73<br>2.29<br>104.80           | 0.45   |
|                | 1.60         | 1  | 1/3        | 56.34  | 0.00    | 105.31<br>0.00<br>105.31           | 0.45   |
|                | 2.80         | 1  | 1/1        | -18.90 | -125.70 | 0.00<br>49.47<br>85.68             | 0.36   |
| Kragarm rechts | (L = 0.60 m) |    |            |        |         |                                    |        |
|                | 0.00         | 1  | 1/2        | -18.90 | 63.00   | 35.33<br>17.83<br>46.92            | 0.20*  |
|                | 0.60         | 1  | 1/-        | 0.00   | 0.00    | 0.00<br>0.00<br>0.00               | 0.00   |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

### Nachweise (GZG)

Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit  
nach DIN EN 1993

### Verformungsnachweis

max. Verformungen

|                | x    | Ek | Wz    | Wres | Wzu1 | $\eta$ |
|----------------|------|----|-------|------|------|--------|
|                | [m]  |    | [mm]  | [mm] | [mm] | [-]    |
| Kragarm links  | 0.00 | 2  | -0.28 | 0.28 | 4.00 | 0.07   |
| Feld 1         | 1.27 | 2  | 0.44  | 0.44 | 9.33 | 0.05   |
| Feld 2         | 1.40 | 2  | 0.08  | 0.08 | 9.33 | 0.01   |
| Feld 3         | 1.53 | 2  | 0.44  | 0.44 | 9.33 | 0.05   |
| Kragarm rechts | 0.60 | 2  | -0.28 | 0.28 | 4.00 | 0.07   |

### Auflagerkräfte

Charakteristische Auflagerkräfte

Char. Auflagerkr.

Einw.  $Q_{k,N}$

| Aufl. | Fz,k,min<br>[kN] | Fz,k,max<br>[kN] |
|-------|------------------|------------------|
| A     | 125.80           | 125.80           |
| B     | 210.20           | 210.20           |
| C     | 210.20           | 210.20           |
| D     | 125.80           | 125.80           |



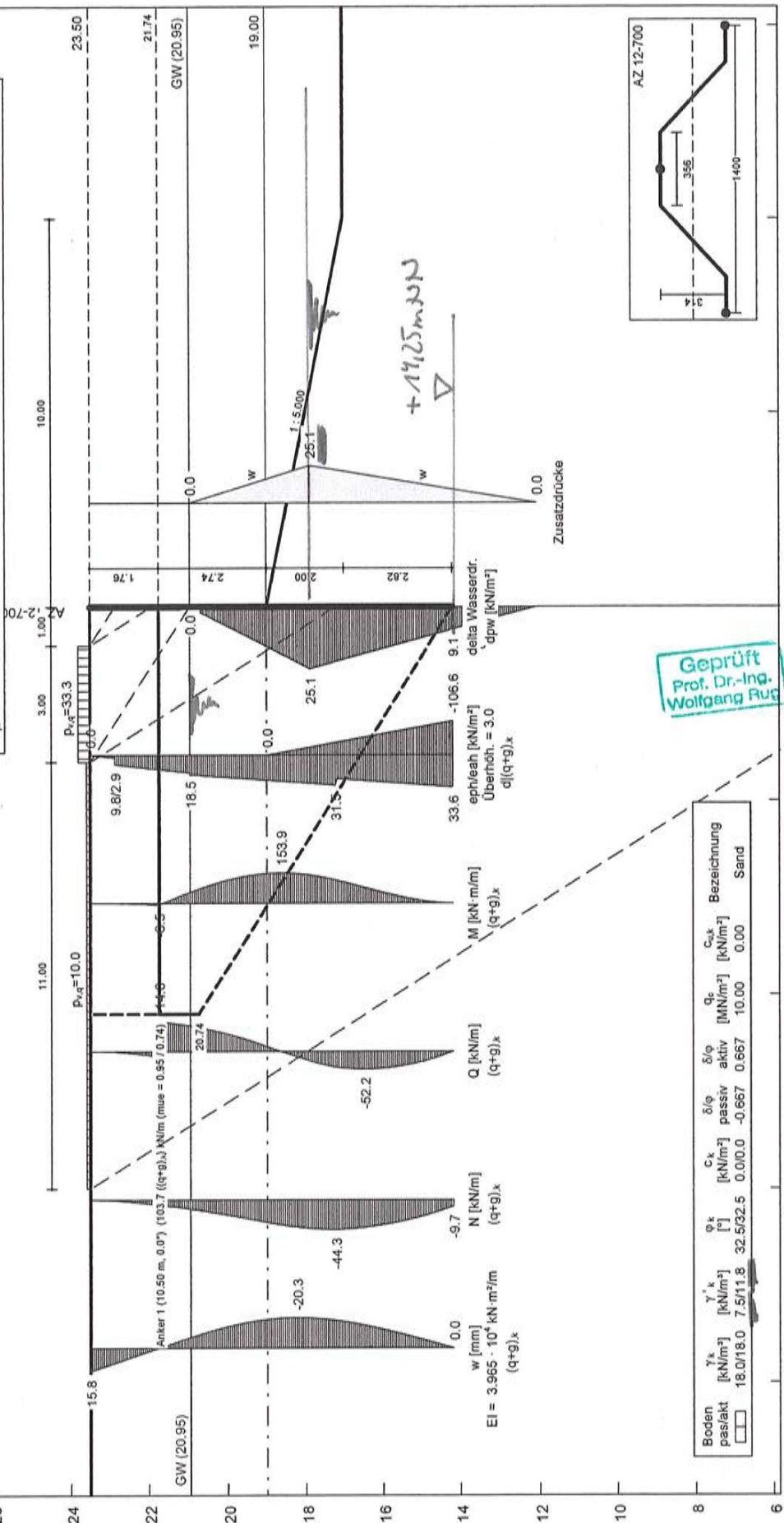
22

**Bemessungswerte:**  
Bemessung nach EC 3 (el-pl.)  
Bemessungssituation: max M, qg  
 $M_{Ed} = 187.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $V_{Ed} = 0.3 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} = 46.1 \text{ kN/m}$  (Druck)  
Profil: AZ 12-700, Stahlgüte: S 240 GP  
Wasserdruckdifferenz = 2.51 m  
 $b = 700.0 \text{ mm}$  /  $b_t = 356.4 \text{ mm}$   
 $t_f = 8.5 \text{ mm}$  /  $t_w = 8.5 \text{ mm}$  /  $A = 123.0 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 $h = 314.0 \text{ mm}$  /  $\alpha = 42.8^\circ$   
 $W_{pl} = 1415.0 \text{ cm}^3/\text{m}$  /  $I = 18880.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

**Nachweis  $M_{Ed}$**   
 $\gamma_{wo} = 1.00$  /  $\gamma_{w1} = 1.00$   
 $\epsilon = 0.990 \rightarrow b_t / t_f / \epsilon = 42.4$   
Querschnittsklasse: 2  
 $f_{t,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{c,Ed} = 339.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $N_{p,Ed} = 514.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.001$ )  
 $N_{p,Ed} = 2952.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.016$ )  
Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{p,Ed} \rightarrow$  keine Abm.  
Normalkraft-Interaktion  
keine Abm.  
Nachweis  $M_{Ed}$

Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 1, 3, 10mNN)  
Norm: EC 7  
Spundwand  
AZ 12-700  
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
Einspanngrad = 0.000  
Erf. Profillänge = 9.32 m  
Erf. Einbindetiefe = 4.62 m

BS: DIN 1054: BS-T  
 $\gamma_G = 1.20$   
 $\gamma_Q = 1.30$   
 $\mu$  (Hydr. Grundbruch) = 0.00  
mob. Ep erfüllt /  $\mu = 0.90$   
 $\mu$  (Vert. Tragfähigkeit) = 0.60



Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

| Boden  | $\gamma_k$ | $\gamma'_k$ | $\phi_k$  | $c_k$   | $\delta/\phi$ | $\delta/\phi$ | $q_d$ | $c_{u,k}$ | Bezeichnung |
|--------|------------|-------------|-----------|---------|---------------|---------------|-------|-----------|-------------|
| passiv | 18.0/18.0  | 7.5/11.8    | 32.5/32.5 | 0.0/0.0 | 0.0/0.0       | 0.0/0.0       | 10.00 | 0.00      | Sand        |
| aktiv  | 18.0/18.0  | 7.5/11.8    | 32.5/32.5 | 0.0/0.0 | 0.0/0.0       | 0.0/0.0       | 10.00 | 0.00      | Sand        |

Nachweis des Spandarmprofils mit Abrastung:Abrastung:

1,0 mm je Seite (unbefeuchtet)

Lebensdauer:

100 Jahre

Nachweis:

Bemessung nach EC 3 (el.-el.)

Bemessungssituation: max  $M_{Ed}$  $M_{Ed} = 187.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  $V_{Ed} = 0.4 \text{ kN/m}$  $N_{Ed} = -45.0 \text{ kN/m}$  (Druck)Profil: AZ 12-700(1/1) Stahlgüte: S 240 GP

Wasserdruckdifferenz = 2.51 m

 $b = 700.0 \text{ mm} / b_f = 356.4 \text{ mm}$  $t_f = 6.5 \text{ mm} / t_w = 6.5 \text{ mm} / A = 99.6 \text{ cm}^2/\text{m}$  $h = 312.0 \text{ mm} / \alpha = 42.8^\circ$  $W_{el} = 982.00 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 15417.7 \text{ cm}^4/\text{m}$  $\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.00$  $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 55.4$ 

Querschnittsklasse: 3

 $f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$  $M_{c,Rd} = 235.7 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  $V_{pl,Rd} = 393.1 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.001$ ) $N_{pl,Rd} = 2390.4 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.019$ )

Querkraft-Interaktion

 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

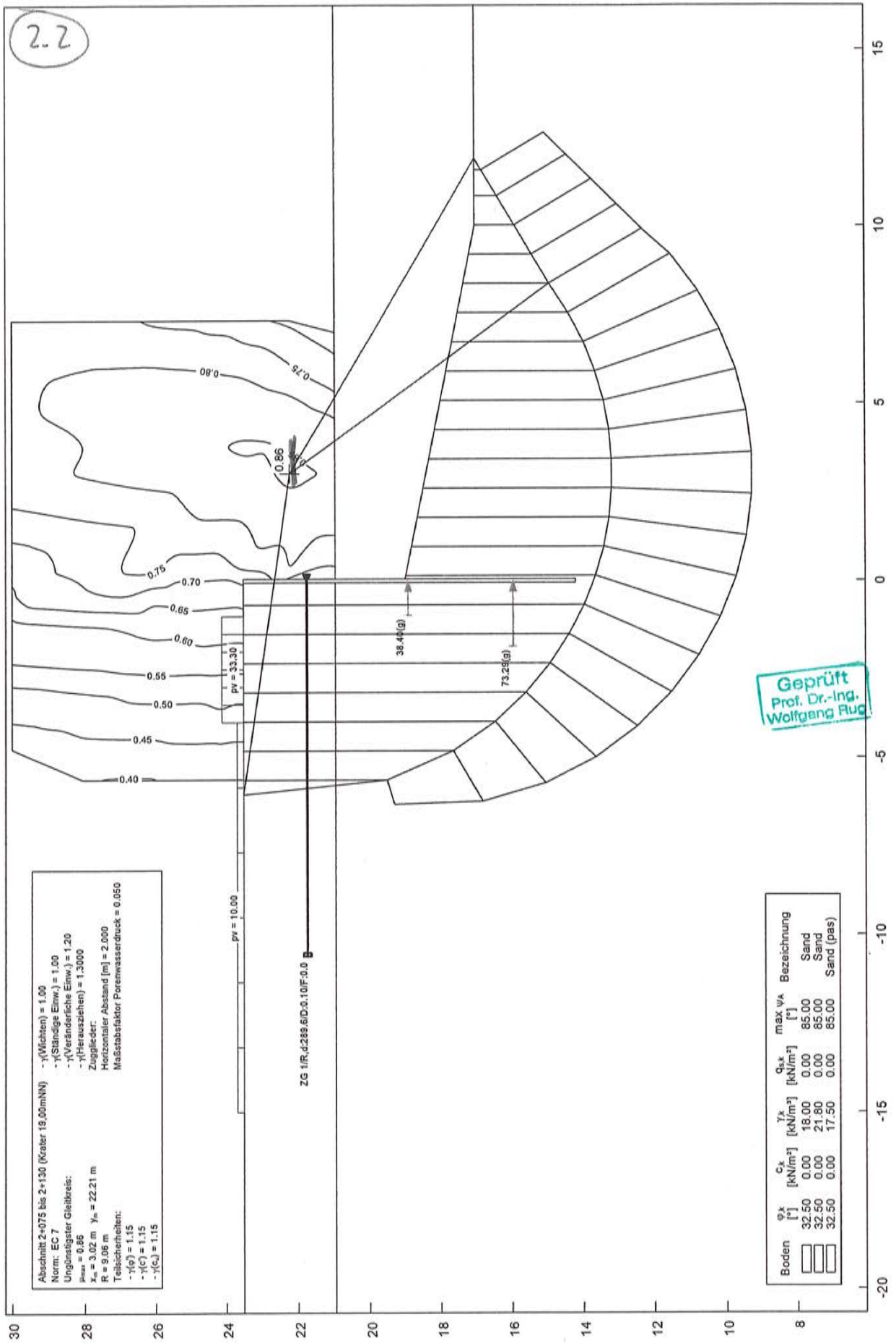
Nachweis  $M_{Rd}$  $M_{c,Rd} = 235.7 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.796$ 

Knicklänge = 7.56 m

 $N_{cr} = 5591.1 \text{ kN/m}$  $N_{Ed} / N_{cr} = 0.008 \leq 0.04$  $\rightarrow$  Kein Knicknachweismax  $\mu = 0.796$ 

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Ritz

2.2



Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Flug

| Boden                    | $\varphi_x$<br>[°] | $C_x$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\gamma_x$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $q_{s,x}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | max $w_{s,x}$<br>[°] | Bezeichnung |
|--------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-------------|
| <input type="checkbox"/> | 32,50              | 0,00                          | 18,00                              | 0,00                              | 85,00                | Sand        |
| <input type="checkbox"/> | 32,50              | 0,00                          | 21,80                              | 0,00                              | 85,00                | Sand        |
| <input type="checkbox"/> | 32,50              | 0,00                          | 17,50                              | 0,00                              | 85,00                | Sand (pas)  |

Abschnitt 2-075 bis 2+130 (Krater 19,50mNN)

|                                |                                             |
|--------------------------------|---------------------------------------------|
| Norm: EC 7                     | $\gamma(\text{Wichten}) = 1,00$             |
| Ungelastigster Galkreis:       | $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1,00$      |
|                                | $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1,20$ |
|                                | $\gamma(\text{Herausziehen}) = 1,3000$      |
| $\rho_{\text{flüssig}} = 0,86$ | Zugpfeiler:                                 |
| $x_m = 3,02 \text{ m}$         | Horizontaler Abstand (m) = 2,000            |
| $y_m = 22,21 \text{ m}$        | Maßstabfaktor Porenwasserdruck = 0,050      |
| $R = 9,06 \text{ m}$           |                                             |
| Teilschichten:                 |                                             |
| $\gamma(\text{G}_1) = 1,15$    |                                             |
| $\gamma(\text{G}_2) = 1,15$    |                                             |
| $\gamma(\text{G}_3) = 1,15$    |                                             |

Abschnitt 2+0  
Norm: EC 7  
Ungünstigster  
 $\mu_{\max} = 0.86$   
 $x_m = 3.02 \text{ m}$   
 $R = 9.06 \text{ m}$   
Teilsicherheitskoeffizienten  
 $\gamma(\varphi) = 1.15$   
 $\gamma(c) = 1.15$   
 $\gamma(c_d) = 1.15$

Abschnitt 2+075 bis 2+130  
 Norm: EC 7  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\mu_{\text{max}} = 0,86$   
 $x_m = 3,02 \text{ m}$   $y_m = 22,21 \text{ m}$   
 $R = 9,06 \text{ m}$   
 Teilsicherheiten:  
 $\gamma(\varphi) = 1,15$   
 $\gamma(c) = 1,15$   
 $\gamma(c_u) = 1,15$

Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 19)

Norm: EC 7

Ungünstigster Gleitkreis:

$\mu_{max} = 0,86$   
 $x_m = 3,02 \text{ m}$   $y_m = 22,21 \text{ m}$   
 $R = 9,06 \text{ m}$

Teilsicherheiten:

$-Y(\phi) = 1,15$   
 $-Y(C) = 1,15$   
 $-Y(c_u) = 1,15$

Abschnitt 2-075 bis 2+130 (Krater 19,00mNN)  
 Norm: EC 7  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\mu_{\text{Gleit}} = 0,86$   
 $x_m = 3,02 \text{ m}$   $y_m = 22,21 \text{ m}$   
 $R = 9,06 \text{ m}$   
 Teilsicherheiten:  
 $- \gamma(\sigma) = 1,15$   
 $- \gamma(c) = 1,15$   
 $- \gamma(\phi) = 1,15$

Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 18.00mNN)  
 Norm: EC 7  
 - y(Wichtungs)  $\gamma = 1.15$   
 - y(Verdrängung)  $\gamma(C) = 1.15$   
 - y(Herausdrängen)  $\gamma(C_d) = 1.15$   
 Zugpfeile des Horizontalen Maßstabes

Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Kraier 19.00mNN)  
 Norm: EC 7  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\mu_{\text{glanz}} = 0,85$   
 $x_m = 3,02 \text{ m}$   $y_m = 22,21 \text{ m}$   
 $R = 9,06 \text{ m}$   
 Teilschiebchen:  
 $-1(\sigma) = 1,15$   
 $-1(C) = 1,15$   
 $-1(c_u) = 1,15$   
 $-1(W_{\text{ichten}}) = 1,00$   
 $-1(\text{Ständige Einw.}) = 1$   
 $-1(\text{Verfälschte Einträge}) =$   
 $-1(\text{Herausziehen}) =$   
 Zuggleider:  
 Horizontaler Abstand  
 Maßstabfaktor Puren

Abschnitt 2-075 bis 2-130 (Krater 18,00mNN)  
 Norm: EC 7  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\rho_{\text{gliss}} = 0,86$   
 $x_m = 3,02 \text{ m}$   $y_m = 22,21 \text{ m}$   
 $R = 9,06 \text{ m}$   
 Teilchenheiten:  
 $-y(G) = 1,15$   
 $-y(G) = 1,15$   
 $-y(G_2) = 1,15$   
 $-y(\text{Wichten}) = 1,00$   
 $-y(\text{Ständige Einw.}) = 1,00$   
 $-y(\text{Veränderliche Einw.}) = 1,20$   
 $-y(\text{Herausziehen}) = 1,3000$   
 Zugkoeffizient:  
 Horizontaler Abstand [m] = 2,000  
 Maßstabsfaktor Porenwasserdruck

Abschnitt 2-075 bis 2+130 (Krater 19,00mNN)  
 Norm: EC 7  
 Ungünstigster Glühkreis:  
 $\mu_{\text{glüh}} = 0,86$   
 $x_m = 3,02 \text{ m}$   $y_m = 22,21 \text{ m}$   
 $R = 9,06 \text{ m}$   
 Teilschneifen:  
 $-y(G) = 1,15$   
 $-y(C) = 1,15$   
 $-y(G_0) = 1,15$   
 $-y(W\text{ichten}) = 1,00$   
 $-y(\text{Ständige Einw.}) = 1,00$   
 $-y(\text{Veränderliche Einw.}) = 1,20$   
 $-y(\text{Herausziehen}) = 1,3000$   
 Zugspielder:  
 Horizontaler Abstand [m] = 2,000  
 Maßstabsfaktor Porenwasserdruck = 0,050



**Projekt: 19065**

**Pos.: 2.2**

**Seite: 56**

**Pos. 2.2**

**Gurtung (Krater +19,00mNN)**

Hinweis:

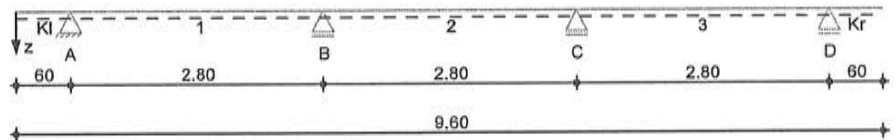
Die Gurtkraft aus der Baugrubenberechnung wird halbiert, da der Nachweis nur für einen Gurtprofil geführt wird.

System

Mehrfeldträger, 2-achsige Biegung

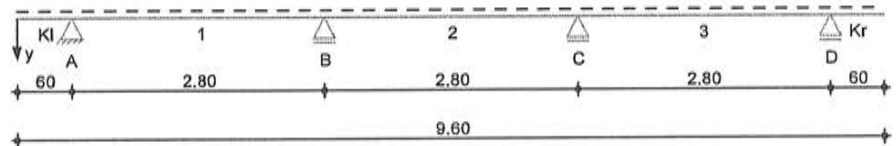
M 1:80

**System z-Richtung**



M 1:80

**System y-Richtung**



Abmessungen  
Mat./Querschnitt

| Feld | l<br>[m] | Lage<br>[°] | Achsen | Material | Profil |
|------|----------|-------------|--------|----------|--------|
| KI   | 0.60     | 0.0         | fest   | S 235    | U 260  |
| 1-3  | 2.80     | 0.0         | fest   |          |        |
| Kr   | 0.60     | 0.0         | fest   |          |        |

Auflager

| Lager | x<br>[m] | K <sub>T,z</sub><br>[kN/m] | K <sub>R,y</sub><br>bzw. | K <sub>T,y</sub><br>[kNm/rad] | K <sub>R,z</sub> | Gabelt. | Wolbb. |
|-------|----------|----------------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------|---------|--------|
| A     | 0.60     | fest                       | frei                     | fest                          | frei             | fest    | frei   |
| B     | 3.40     | fest                       | frei                     | fest                          | frei             | fest    | frei   |
| C     | 6.20     | fest                       | frei                     | fest                          | frei             | fest    | frei   |
| D     | 9.00     | fest                       | frei                     | fest                          | frei             | fest    | frei   |

| Lager      | b<br>[cm] |
|------------|-----------|
| A, B, C, D | 20.0      |

Belastungen

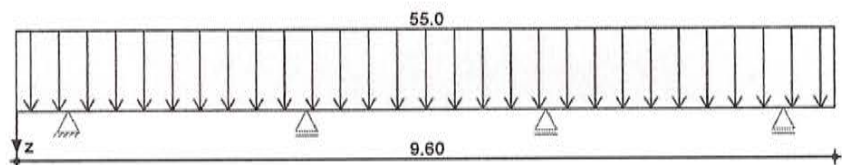
Belastungen auf das System

Grafik

Belastungsgrafiken (einwirkungsbezogen)

Einwirkung

Q<sub>k,N</sub>



Streckenlasten  
in z-Richtung

Gleichlasten  
Feld Komm.

Einw. Q<sub>k,N</sub>

| Feld | a<br>[m] | s<br>[m] | q <sub>li</sub><br>[kN/m] | q <sub>re</sub><br>[kN/m] | e<br>[cm] |
|------|----------|----------|---------------------------|---------------------------|-----------|
| KI   | 0.00     | 9.60     | 55.00                     |                           | 0.0       |

Kombinationen

Kombinationsbildung mit Einwirkungsmuster nach DIN EN 1990

ständig/vorüberg.  
quasi-ständig

| Ek | Σ (γ*ψ*EW)            |
|----|-----------------------|
| 1  | 1.50*Q <sub>k,N</sub> |
| 2  | 0.30*Q <sub>k,N</sub> |

**Projekt: 19065**

**Pos.: 2.2**

**Seite: 57**

Einwirkungsmuster

Kombinationsbildung mit Einwirkungsmuster

Muster    Einwirkung  
 1            Qk.N

Bem.-schnittgrößen

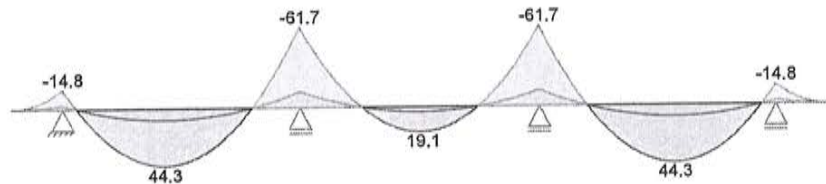
Bemessungsschnittgrößen

Grafik

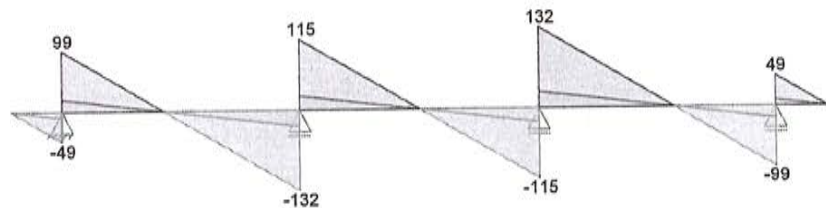
Schnittgrößen (Umhüllende)

Kombinationen

Moment  $M_{y,d}$  [kNm]



Querkraft  $V_{z,d}$  [kN]



Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Flum

Nachweise (GZT)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach DIN EN 1993

Quersch.-klasse  
c/t-Verhältnis

Maßgebende Querschnittsklasse: Klasse 1

Nachweis E-E  
 Abs. 6.2

Nachweis der Biege- und Querkrafttragfähigkeit

|               | x                      | Ek | QS/<br>Pkt | $M_{y,d}$ | $V_{z,d}$ | $\sigma_d$<br>$T_d$<br>$\sigma_{v,d}$ | $\eta$ |
|---------------|------------------------|----|------------|-----------|-----------|---------------------------------------|--------|
|               | [m]                    |    |            | [kNm]     | [kN]      | [N/mm <sup>2</sup> ]                  | [-]    |
| Kragarm links | $(L = 0.60 \text{ m})$ |    |            |           |           |                                       |        |
|               | 0.00                   | 1  | 1/1        | 0.00      | 0.00      | 0.00<br>0.00<br>0.00                  | 0.00   |
|               | 0.60                   | 1  | 1/2        | -14.85    | -49.50    | 40.03<br>15.92<br>48.60               | 0.21*  |
| Feld 1        | $(L = 2.80 \text{ m})$ |    |            |           |           |                                       |        |
|               | 0.00                   | 1  | 1/1        | -14.85    | 98.76     | 0.00<br>45.28<br>78.43                | 0.33   |
|               | 1.20                   | 1  | 1/3        | 44.27     | 0.00      | 119.32<br>0.00<br>119.32              | 0.51   |
|               | 1.27                   | 1  | 1/2        | 44.02     | -6.35     | 118.66<br>2.04<br>118.71              | 0.51   |
|               | 2.80                   | 1  | 1/2        | -61.71    | -132.24   | 166.33<br>42.52<br>181.91             | 0.77*  |
| Feld 2        | $(L = 2.80 \text{ m})$ |    |            |           |           |                                       |        |
|               | 0.00                   | 1  | 1/2        | -61.71    | 115.50    | 166.33<br>37.14                       | 0.76*  |

**Projekt: 19065**

**Pos.: 2.2**

**Seite: 58**

| x                     | Ek | QS/<br>Pkt | My,d   | Vz,d    | $\sigma_d$<br>Td<br>$\sigma_{v,d}$  | $\eta$ |
|-----------------------|----|------------|--------|---------|-------------------------------------|--------|
| [m]                   |    |            | [kNm]  | [kN]    | [N/mm <sup>2</sup> ]                | [-]    |
| 0.22                  | 1  | 1/2        | -38.28 | 97.34   | 178.34<br>103.18<br>31.30<br>116.55 | 0.50   |
| 1.40                  | 1  | 1/3        | 19.14  | 0.00    | 51.59<br>0.00<br>51.59              | 0.22   |
| 2.80                  | 1  | 1/2        | -61.71 | -115.50 | 166.33<br>37.14<br>178.34           | 0.76   |
| <b>Feld 3</b>         |    |            |        |         |                                     |        |
| <i>(L = 2.80 m)</i>   |    |            |        |         |                                     |        |
| 0.00                  | 1  | 1/2        | -61.71 | 132.24  | 166.33<br>42.52<br>181.91           | 0.77*  |
| 1.53                  | 1  | 1/2        | 44.02  | 6.35    | 118.66<br>2.04<br>118.71            | 0.51   |
| 1.60                  | 1  | 1/3        | 44.27  | 0.00    | 119.32<br>0.00<br>119.32            | 0.51   |
| 2.80                  | 1  | 1/1        | -14.85 | -98.76  | 0.00<br>45.28<br>78.43              | 0.33   |
| <b>Kragarm rechts</b> |    |            |        |         |                                     |        |
| <i>(L = 0.60 m)</i>   |    |            |        |         |                                     |        |
| 0.00                  | 1  | 1/2        | -14.85 | 49.50   | 40.03<br>15.92<br>48.60             | 0.21*  |
| 0.60                  | 1  | 1/-        | 0.00   | 0.00    | 0.00<br>0.00<br>0.00                | 0.00   |

Nachweise (GZG)

Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nach DIN EN 1993

**Geprüft**  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang

Verformungsnachweis

max. Verformungen

|                | x    | Ek | Wz    | Wres | Wzul | $\eta$ |
|----------------|------|----|-------|------|------|--------|
|                | [m]  |    | [mm]  | [mm] | [mm] | [-]    |
| Kragarm links  | 0.00 | 2  | -0.36 | 0.36 | 4.00 | 0.09   |
| Feld 1         | 1.27 | 2  | 0.57  | 0.57 | 9.33 | 0.06   |
| Feld 2         | 1.40 | 2  | 0.11  | 0.11 | 9.33 | 0.01   |
| Feld 3         | 1.53 | 2  | 0.57  | 0.57 | 9.33 | 0.06   |
| Kragarm rechts | 0.60 | 2  | -0.36 | 0.36 | 4.00 | 0.09   |

Auflagerkräfte

Charakteristische Auflagerkräfte

Char. Auflagerkr.

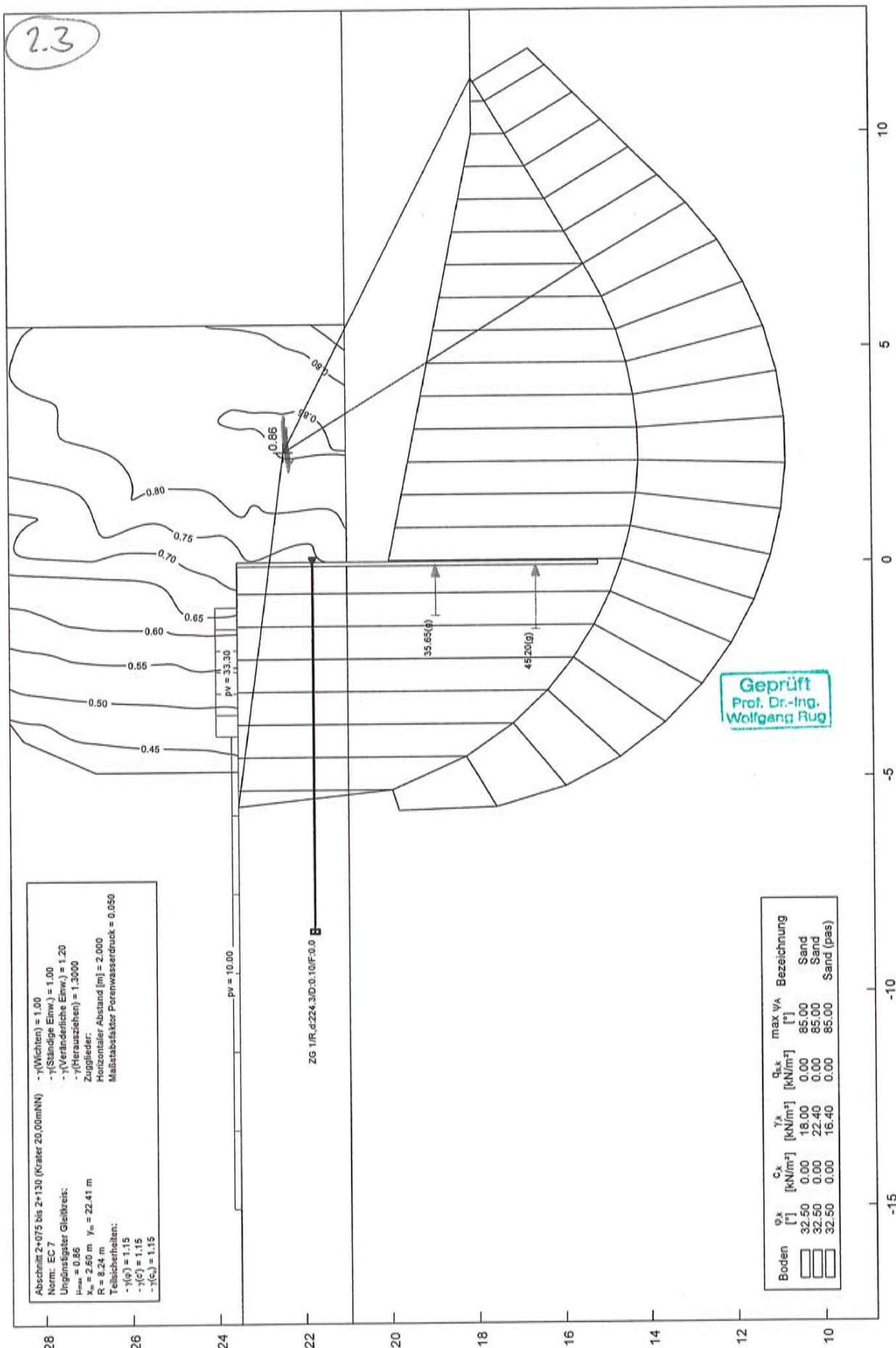
Einw.  $Q_k.N$

| Aufl. | Fz,k,min | Fz,k,max |
|-------|----------|----------|
|       | [kN]     | [kN]     |
| A     | 98.84    | 98.84    |
| B     | 165.16   | 165.16   |
| C     | 165.16   | 165.16   |
| D     | 98.84    | 98.84    |





2.3



**Projekt: 19065**

**Pos.: 2.3**

**Seite: 61**

**Pos. 2.3**

**Gurtung (Krater +20,00mNN)**

Hinweis:

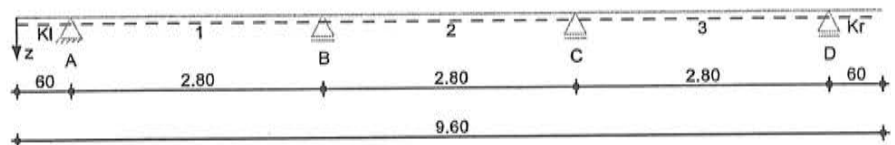
Die Gurtkraft aus der Baugrubenberechnung wird halbiert, da der Nachweis nur für einen Gurtprofil geführt wird.

System

Mehrfeldträger, 2-achsige Biegung

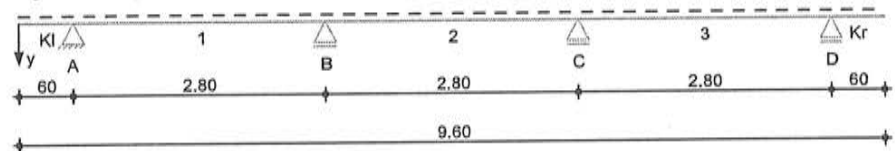
M 1:80

System z-Richtung



M 1:80

System y-Richtung



Abmessungen  
Mat./Querschnitt

| Feld | l<br>[m] | Lage<br>[°] | Achsen | Material | Profil |
|------|----------|-------------|--------|----------|--------|
| Kl   | 0.60     | 0.0         | fest   | S 235    | U 240  |
| 1-3  | 2.80     | 0.0         | fest   |          |        |
| Kr   | 0.60     | 0.0         | fest   |          |        |

Auflager

| Lager | x<br>[m] | K <sub>T,z</sub><br>[kN/m] | K <sub>R,y</sub><br>bzw. | K <sub>T,y</sub><br>[kNm/rad] | K <sub>R,y</sub> | Gabell. Wölbbch. |
|-------|----------|----------------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------|------------------|
| A     | 0.60     | fest                       | frei                     | fest                          | frei             | fest             |
| B     | 3.40     | fest                       | frei                     | fest                          | frei             | fest             |
| C     | 6.20     | fest                       | frei                     | fest                          | frei             | fest             |
| D     | 9.00     | fest                       | frei                     | fest                          | frei             | fest             |

| Lager      | b<br>[cm] |
|------------|-----------|
| A, B, C, D | 20.0      |

Belastungen

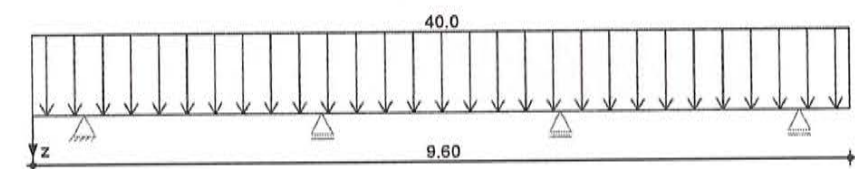
Belastungen auf das System

Grafik

Belastungsgrafiken (einwirkungsbezogen)

Einwirkung

Q<sub>k,N</sub>



Streckenlasten  
in z-Richtung

Gleichlasten  
Feld Komm.

Einw. Q<sub>k,N</sub>

|    | a<br>[m] | s<br>[m] | q <sub>1i</sub><br>[kN/m] | q <sub>re</sub><br>[kN/m] | e<br>[cm] |
|----|----------|----------|---------------------------|---------------------------|-----------|
| Kl | 0.00     | 9.60     |                           | 40.00                     | 0.0       |

Kombinationen

Kombinationsbildung mit Einwirkungsmuster nach DIN EN 1990

ständig/vorüberg.  
quasi-ständig

| E <sub>k</sub> | Σ (γ*ψ*E <sub>w</sub> ) |
|----------------|-------------------------|
| 1              | 1.50*Q <sub>k,N</sub>   |
| 2              | 0.30*Q <sub>k,N</sub>   |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



**Projekt: 19065**

**Pos.: 2.3**

**Seite: 62**

Einwirkungsmuster

Kombinationsbildung mit Einwirkungsmuster

Muster    Einwirkung  
 1            Qk.N

Bem.-schnittgrößen

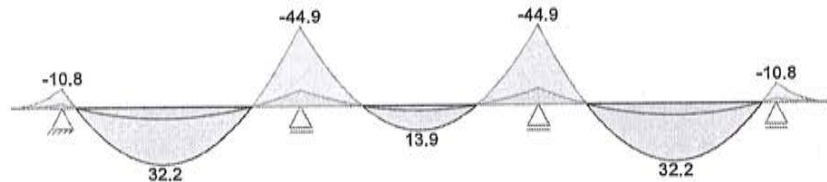
Bemessungsschnittgrößen

Grafik

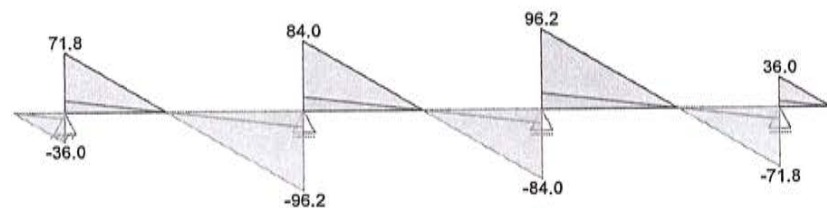
Schnittgrößen (Umhüllende)

Kombinationen

Moment  $M_{y,d}$  [kNm]



Querkraft  $V_{z,d}$  [kN]



Nachweise (GZT)

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach DIN EN 1993

quersch.-klasse  
c/t-Verhältnis

Maßgebende Querschnittsklasse: Klasse 1

**Geprüft**  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rug

Nachweis E-E  
 Abs. 6.2

Nachweis der Biege- und Querkrafttragfähigkeit

|                                           | x    | Ek | QS/<br>Pkt | $M_{y,d}$ | $V_{z,d}$ | $\sigma_d$<br>Td<br>$\sigma_{v,d}$ | $\eta$ |
|-------------------------------------------|------|----|------------|-----------|-----------|------------------------------------|--------|
|                                           | [m]  |    |            | [kNm]     | [kN]      | [N/mm <sup>2</sup> ]               | [-]    |
| Kragarm links<br>( $L = 0.60 \text{ m}$ ) | 0.00 | 1  | 1/1        | 0.00      | 0.00      | 0.00<br>0.00<br>0.00               | 0.00   |
|                                           | 0.60 | 1  | 1/2        | -10.80    | -36.00    | 36.00<br>13.20<br>42.65            | 0.18*  |
|                                           |      |    |            |           |           |                                    |        |
| Feld 1<br>( $L = 2.80 \text{ m}$ )        | 0.00 | 1  | 1/1        | -10.80    | 71.83     | 0.00<br>37.59<br>65.12             | 0.28   |
|                                           | 1.20 | 1  | 1/3        | 32.19     | 0.00      | 107.32<br>0.00<br>107.32           | 0.46   |
|                                           | 1.27 | 1  | 1/2        | 32.02     | -4.62     | 106.72<br>1.69<br>106.76           | 0.45   |
|                                           | 2.80 | 1  | 1/2        | -44.88    | -96.17    | 149.60<br>35.27<br>161.59          | 0.69*  |
|                                           |      |    |            |           |           |                                    |        |
| Feld 2<br>( $L = 2.80 \text{ m}$ )        | 0.00 | 1  | 1/2        | -44.88    | 84.00     | 149.60<br>30.80                    | 0.68*  |

Projekt: 19065

Pos.: 2.3

Seite: 63

|                | x            | Ek | QS/<br>Pkt | My,d   | Vz,d   | $\sigma_d$<br>Td<br>$\sigma_{v,d}$ | $\eta$ |
|----------------|--------------|----|------------|--------|--------|------------------------------------|--------|
|                | [m]          |    |            | [kNm]  | [kN]   | [N/mm <sup>2</sup> ]               | [-]    |
|                | 0.22         | 1  | 1/2        | -27.84 | 70.79  | 158.83<br>92.80<br>25.96<br>103.12 | 0.44   |
|                | 1.40         | 1  | 1/3        | 13.92  | 0.00   | 46.40<br>0.00<br>46.40             | 0.20   |
|                | 2.80         | 1  | 1/2        | -44.88 | -84.00 | 149.60<br>30.80<br>158.83          | 0.68   |
| Feld 3         | (L = 2.80 m) |    |            |        |        |                                    |        |
|                | 0.00         | 1  | 1/2        | -44.88 | 96.17  | 149.60<br>35.27<br>161.59          | 0.69*  |
|                | 1.53         | 1  | 1/2        | 32.02  | 4.61   | 106.72<br>1.69<br>106.76           | 0.45   |
|                | 1.60         | 1  | 1/3        | 32.19  | 0.00   | 107.32<br>0.00<br>107.32           | 0.46   |
|                | 2.80         | 1  | 1/1        | -10.80 | -71.83 | 0.00<br>37.59<br>65.12             | 0.28   |
| Kragarm rechts | (L = 0.60 m) |    |            |        |        |                                    |        |
|                | 0.00         | 1  | 1/2        | -10.80 | 36.00  | 36.00<br>13.20<br>42.65            | 0.18*  |
|                | 0.60         | 1  | 1/-        | 0.00   | 0.00   | 0.00<br>0.00<br>0.00               | 0.00   |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

### Nachweise (GZG)

Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit  
nach DIN EN 1993

### Verformungsnachweis

max. Verformungen

|                | x    | Ek | Wz    | Wres | Wzul | $\eta$ |
|----------------|------|----|-------|------|------|--------|
|                | [m]  |    | [mm]  | [mm] | [mm] | [-]    |
| Kragarm links  | 0.00 | 2  | -0.35 | 0.35 | 4.00 | 0.09   |
| Feld 1         | 1.27 | 2  | 0.56  | 0.56 | 9.33 | 0.06   |
| Feld 2         | 1.40 | 2  | 0.11  | 0.11 | 9.33 | 0.01   |
| Feld 3         | 1.53 | 2  | 0.56  | 0.56 | 9.33 | 0.06   |
| Kragarm rechts | 0.60 | 2  | -0.35 | 0.35 | 4.00 | 0.09   |

### Auflagerkräfte

Charakteristische Auflagerkräfte

Char. Auflagerkr.

Einw. Qk,N

| Aufl. | Fz,k,min<br>[kN] | Fz,k,max<br>[kN] |
|-------|------------------|------------------|
| A     | 71.89            | 71.89            |
| B     | 120.11           | 120.11           |
| C     | 120.11           | 120.11           |
| D     | 71.89            | 71.89            |



2.4

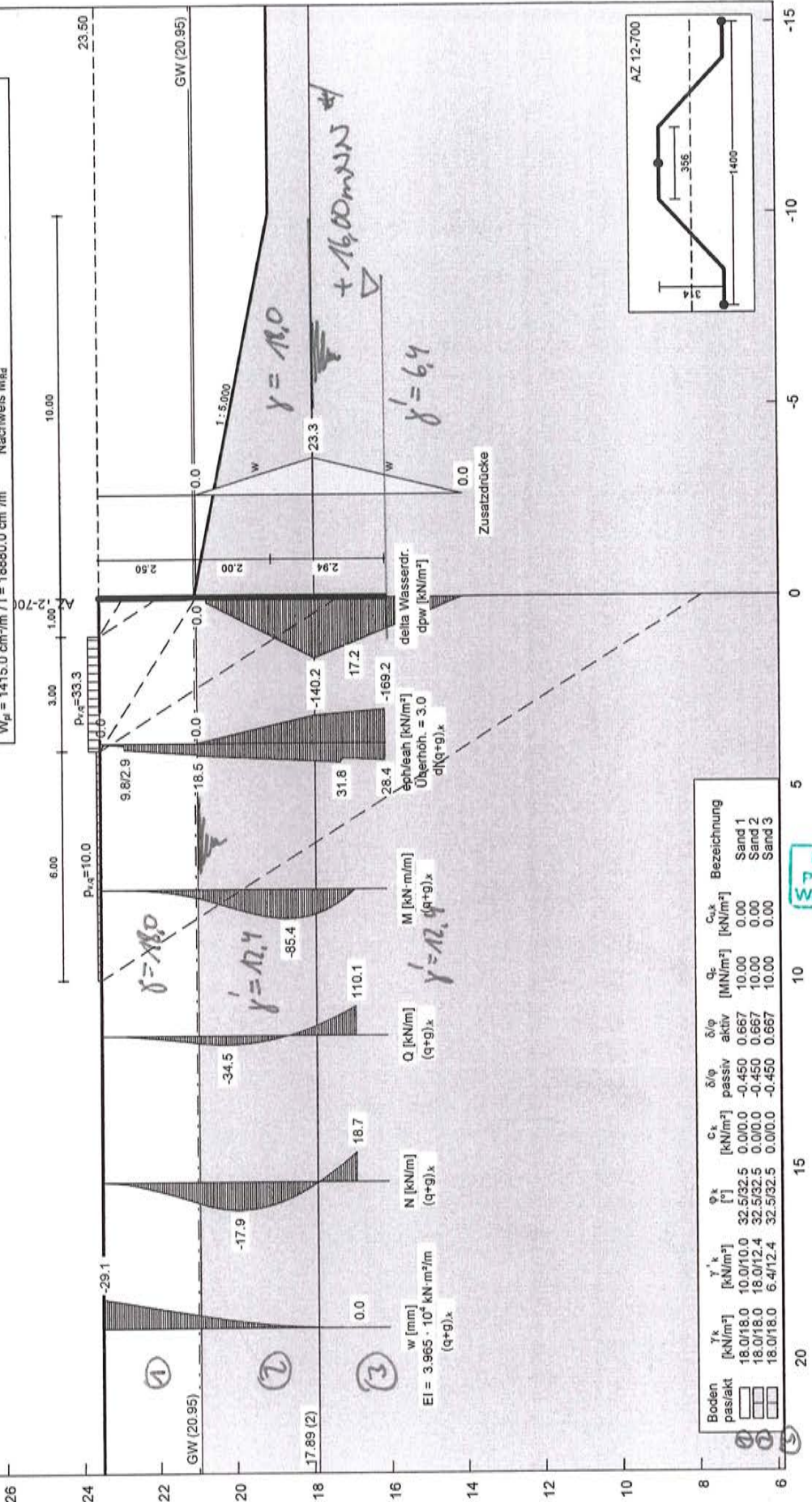
Bemessungswerte:  
Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)  
Bemessungssituation: max M, q  
M<sub>Ed</sub> = 106.5 kN·m/m  
V<sub>Ed</sub> = 1.3 kN/m  
N<sub>Ed</sub> = -13.7 kN/m (Druck)  
Profil: AZ 12-700, Stahlgüte: S 240 GP  
Wasserdruckdifferenz = 2.33 m  
b = 700.0 mm / b<sub>f</sub> = 356.4 mm  
t<sub>w</sub> = 8.5 mm / t<sub>w</sub> = 8.5 mm / A = 123.0 cm<sup>2</sup>/m  
h = 314.0 mm / α = 42.8°  
W<sub>pl</sub> = 1415.0 cm<sup>3</sup>/m / I = 18880.0 cm<sup>4</sup>/m  
Nachweis M<sub>Ed</sub>

γ<sub>wo</sub> = 1.00 / γ<sub>wt</sub> = 1.00  
ε = 0.990 → b<sub>f</sub> / t<sub>w</sub> = 42.4  
Querschnittsklasse: 2  
f<sub>y,red</sub> = 240.0 N/mm<sup>2</sup>  
M<sub>Ed</sub> = 339.6 kN·m/m  
N<sub>Ed</sub> = 514.0 kN/m (μ = 0.002)  
N<sub>pl,Ed</sub> = 2952.0 kN/m (μ = 0.005)  
Querkraft-Interaktion  
V<sub>Ed</sub> < 0.5 · V<sub>pl,Ed</sub> → keine Abm.  
keine Abm.  
Nachweis M<sub>Ed</sub>

M<sub>Ed</sub> = 339.6 kN·m/m  
μ = M<sub>Ed</sub> / M<sub>pl,Ed</sub> = 0.314  
Knicklänge = 10.42 m  
N<sub>Ed</sub> = 3604.0 kN/m  
N<sub>pl,Ed</sub> / N<sub>pl,Rd</sub> = 0.004 < 0.04  
→ Kein Knicknachweis  
max μ = 0.314

Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 21,00mNN)  
Norm: EC 7  
Spundwand  
AZ 12-700  
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
Erf. Profilänge = 7.44 m  
Erf. Einbindetiefe = 4.94 m  
BS: DIN 1054: BS-T

γ<sub>s</sub> = 1.20  
γ<sub>so</sub> = 1.30  
γ<sub>so</sub> = 1.30  
μ (Hydr. Grundbruch) = 0.00  
mob. Ep erfüllt / μ = 0.90  
μ(Vert. Tragfähigkeit) = 0.31



| Boden    | γ <sub>s</sub> | γ' <sub>s</sub> | φ <sub>s</sub> | c <sub>s</sub> | δ <sub>s</sub> /φ | δ <sub>s</sub> /φ | Q <sub>s</sub> | c <sub>s,x</sub> | Bezeichnung |
|----------|----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|----------------|------------------|-------------|
| passiert | 18.0/18.0      | 10.0/10.0       | 32.5/32.5      | 0.0/0.0        | -0.450            | 0.667             | 10.00          | 0.00             | Sand 1      |
|          | 18.0/18.0      | 10.0/10.0       | 32.5/32.5      | 0.0/0.0        | -0.450            | 0.667             | 10.00          | 0.00             | Sand 2      |
|          | 18.0/18.0      | 6.4/12.4        | 32.5/32.5      | 0.0/0.0        | -0.450            | 0.667             | 10.00          | 0.00             | Sand 3      |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rupp



2.5

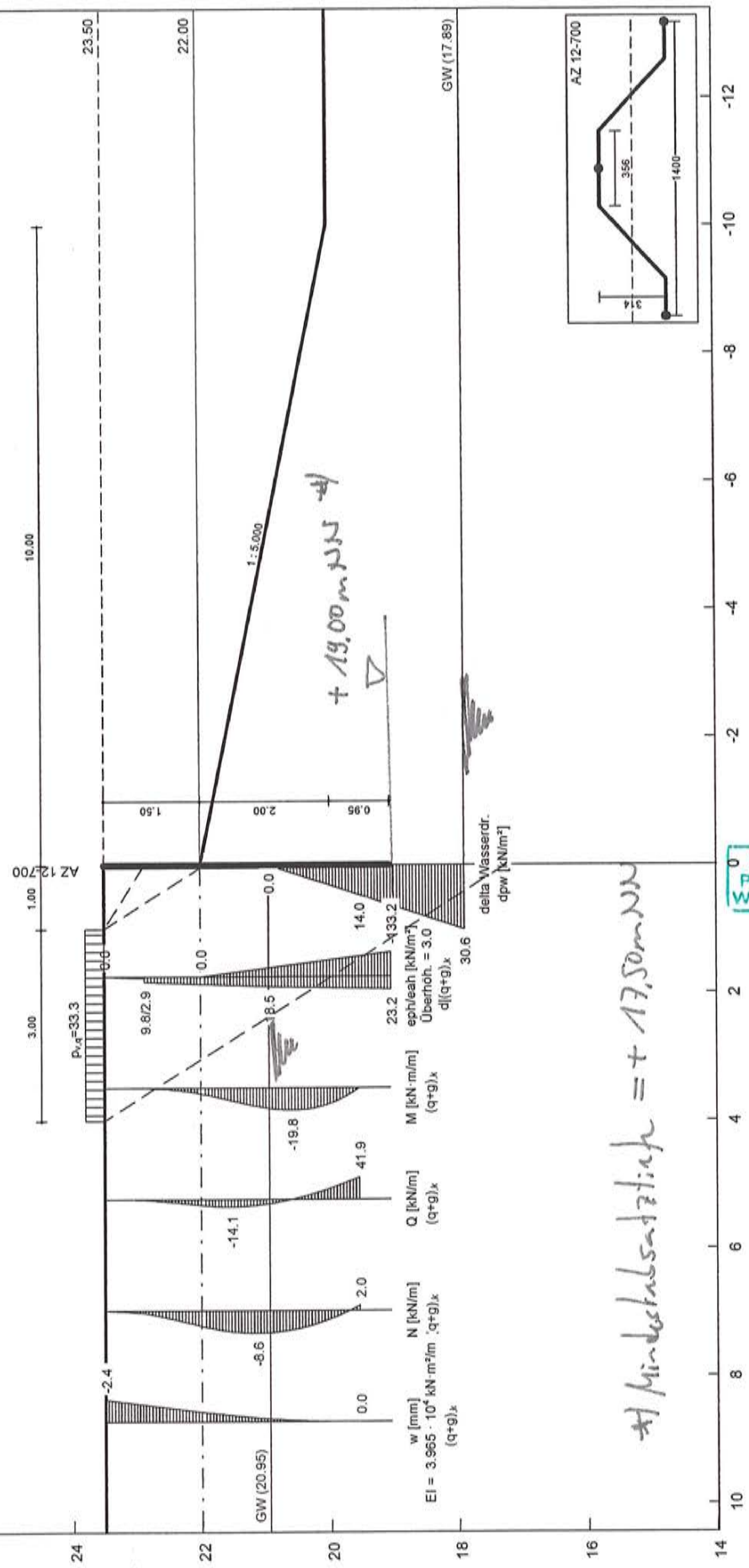
Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 22,00mNN)  
 Norm: EC 7  
 Spundwand  
 AZ 12-700  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Erf. Profillänge = 4,45 m  
 Erf. Einbindetiefe = 2,95 m  
 BS: DIN 1054; BS-T

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el.-el.)  
 Bemessungssituation: max M,qg  
 M<sub>Ed</sub> = 24,8 kN·m/m  
 V<sub>Ed</sub> = 0,0 kN/m  
 N<sub>Ed</sub> = -9,1 kN/m (Druck)  
 Profil: AZ 12-700 (Stahlgüte: S 240 GP  
 b = 700,0 mm / b<sub>f</sub> = 356,4 mm  
 Wasserdruckdifferenz = 3,06 m  
 t<sub>f</sub> = 8,5 mm / t<sub>w</sub> = 8,5 mm / α = 42,8°  
 h = 314,0 mm / I<sub>y</sub> = 18880,0 cm<sup>4</sup>/m  
 W<sub>pl,y</sub> = 1205,0 cm<sup>3</sup>/m / I = 18880,0 cm<sup>4</sup>/m

γ<sub>so</sub> = 1,00 / γ<sub>sw</sub> = 1,00  
 ε = 0,990 → b<sub>f</sub> / t<sub>f</sub> / e = 42,4  
 Querschnittsklasse: 2  
 f<sub>y,Ed</sub> = 240,0 N/mm<sup>2</sup>  
 M<sub>cr,Ed</sub> = 289,2 kN·m/m  
 N<sub>cr,Ed</sub> = 514,0 kN/m (μ = 0,000)  
 N<sub>cr,Ed</sub> = 2952,0 kN/m (μ = 0,003)  
 V<sub>cr,Ed</sub> < 0,5 · V<sub>pl,Ed</sub> → keine Abm.  
 Querkraft-Interaktion  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Nachweis M<sub>cr,Ed</sub>

M<sub>cr,Ed</sub> = 289,2 kN·m/m  
 μ = M<sub>cr,Ed</sub> / M<sub>cr,Ed</sub> = 0,066  
 Kniclänge = 6,22 m  
 N<sub>cr</sub> = 10114,4 kN/m  
 N<sub>cr</sub> / N<sub>Ed</sub> = 0,001 < 0,04  
 → Kein Knicknachweis  
 max μ = 0,066

| Boden | γ <sub>k</sub><br>[kN/m <sup>3</sup> ] | γ <sub>1,k</sub><br>[kN/m <sup>3</sup> ] | φ <sub>k</sub><br>[°] | c(p) <sub>k</sub><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | c(a) <sub>k</sub><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | δ/φ <sub>passiv</sub> | δ/φ <sub>aktiv</sub> | Q <sub>z</sub><br>[MN/m <sup>2</sup> ] | c <sub>uk</sub><br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Bezeichnung |
|-------|----------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|-------------|
|       | 18,0                                   | 10,0                                     | 32,5                  | 0,0                                       | 0,0                                       | -0,450                | 0,667                | 10,00                                  | 0,00                                    | Sand        |



A) Mindestabsatzhöhe = +17,50mNN

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rüg

# Statische Berechnung

## Pos. 3.0

*Bau-km 2+130 bis 2+260*

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

**Pos. 3.0**

**Spundwand (Bau-km 2+130 bis 2+260)**

**Vorbemerkungen:**

In dem o.g. Bauabschnitt der Hochwasserschutzwand (Spundwand) sind keine Baumwürfe möglich.

Auch ist schnell ersichtlich, dass auf die Spundwand deutlich geringere Lasten wirken. Maßgebend sind die Nachweise des Sickerweges (vgl. Pos. 1.0, Lastfall 1).

**Material:**

Spundwandprofil: AZ 12-700, *alternativ* AZ 14-700  
Stahlgüte: S 240 GP  
OK SPW: +24,25mNN  
UK SPW: +17,50mNN

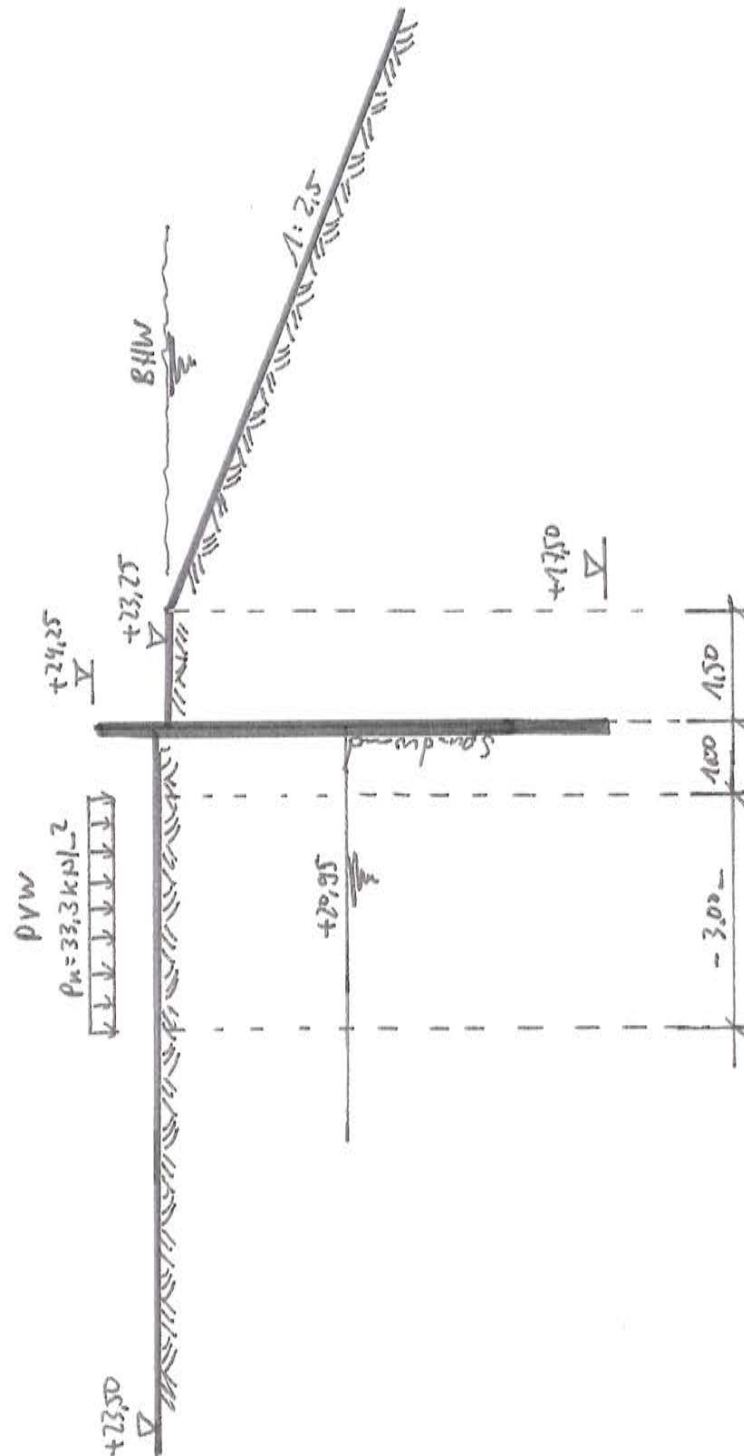
**Nachweise:**

siehe Pos. 1.0 + Pos. 2.0





Rechnungsschritt:  $\beta_{\text{em}} - k_{\text{em}}$   $2+130$  bis  $2+260$



**Geprüft**  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rup

# Statische Berechnung

Pos. 4.0

*Bau-km 2+260 bis 2+480*

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Ruo

**Pos. 4.0** **Spundwand (Bau-km 2+260 bis 2+480)**

**Vorbemerkungen:** Die Statische Situation für den o.g. Bauabschnitt entspricht der Pos. 2.0.

**Material:** Spundwandprofil: AZ 12-700  
Stahlgüte: S 355 GP

Alternativ

Spundwandprofil: AZ 14-700  
Stahlgüte: S 240 GP



**Sondernachweis:** Auf den nachfolgenden Seiten wird lediglich in einer Sonderbetrachtung der Einfluss unterschiedlicher Höhenlage der Rückverankerung statisch untersucht. Aus der Betrachtung können folgende allgemein gültige Rückschlüsse abgeleitet werden:

**Ergebnistabelle:**

| Höhenlage der Anker | Spundwandlänge | Nachweis Tiefe Gleitfuge | Nachweis Verankerungsboden | Nachweise      |
|---------------------|----------------|--------------------------|----------------------------|----------------|
| +21,50mNN           | 10,27m         | $0,94 < 1,00$            | $0,77 < 1,00$              | erfüllt!       |
| +22,00mNN           | 10,42m         | $0,98 < 1,00$            | $0,93 < 1,00$              | erfüllt!       |
| +22,50mNN           | 10,57m         | $1,09 > 1,00$            | $1,21 > 1,00$              | nicht erfüllt! |

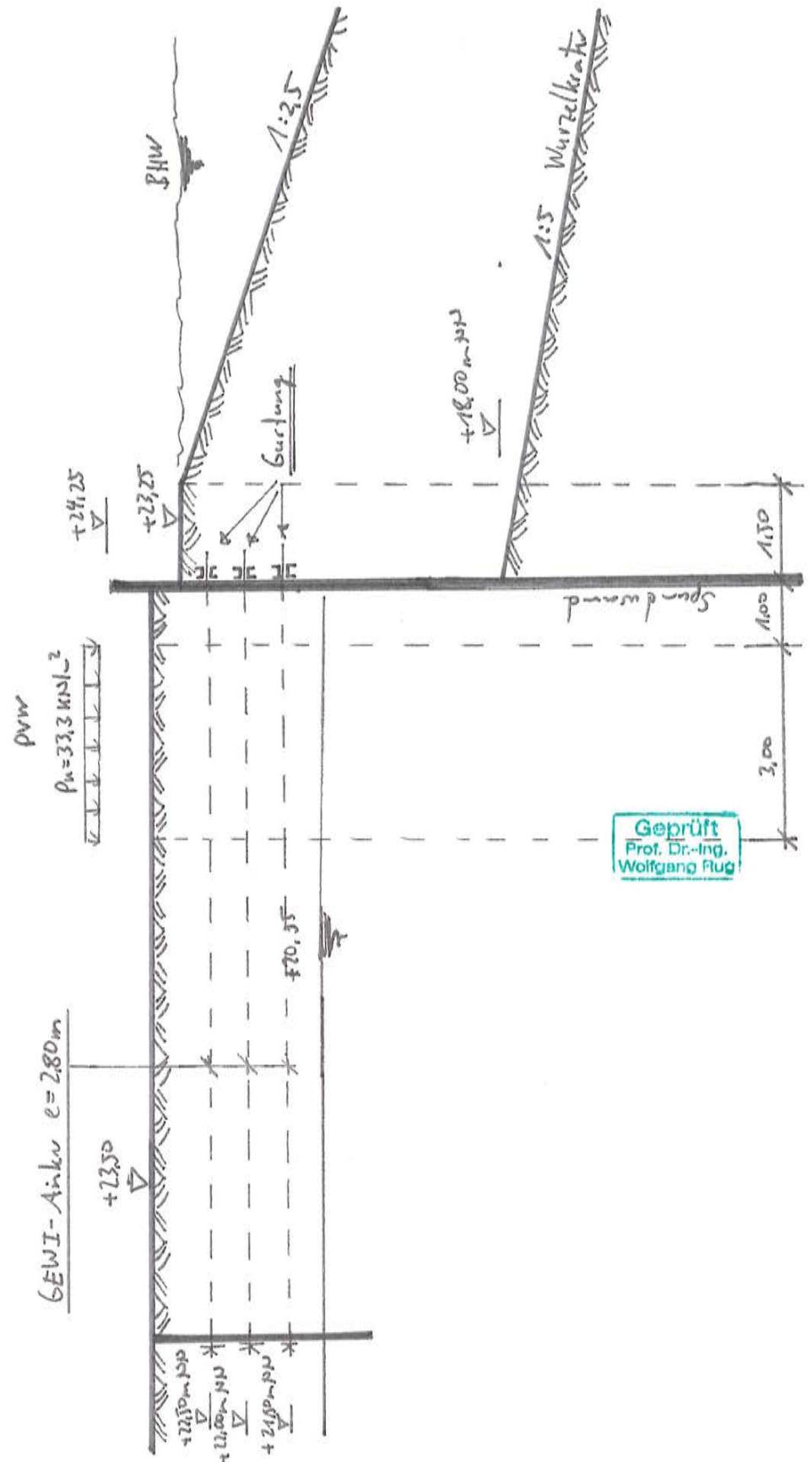
**Resümee:**

- Der Einfluss der Höhenlage der Anker auf die Einbindelänge der SPW ist sehr gering.
- Je Höhe die Ankerlage, desto weniger Erdwiderstand kann für den Nachweis des Verankerungsboden in Rechnung gestellt werden (Aufbruch des Verankerungsboden).
- Je Höhe die Ankerlage, desto länger müssen die Anker ausgeführt werden (Tiefe Gleitfuge).
- Es wird empfohlen, diesen Abschnitt analog zur Pos. 2.0 auszubilden (Ankerlage = +21,75mNN).



# Berechnungsschnitt: Ban-km 2+260 bis 2+480

↳ Untersuchungen unterschiedlicher Höhenlagen der Rückverankerung



Sonderbohrung:

Ankerlage = +21,50m NN

Pos. 4/12

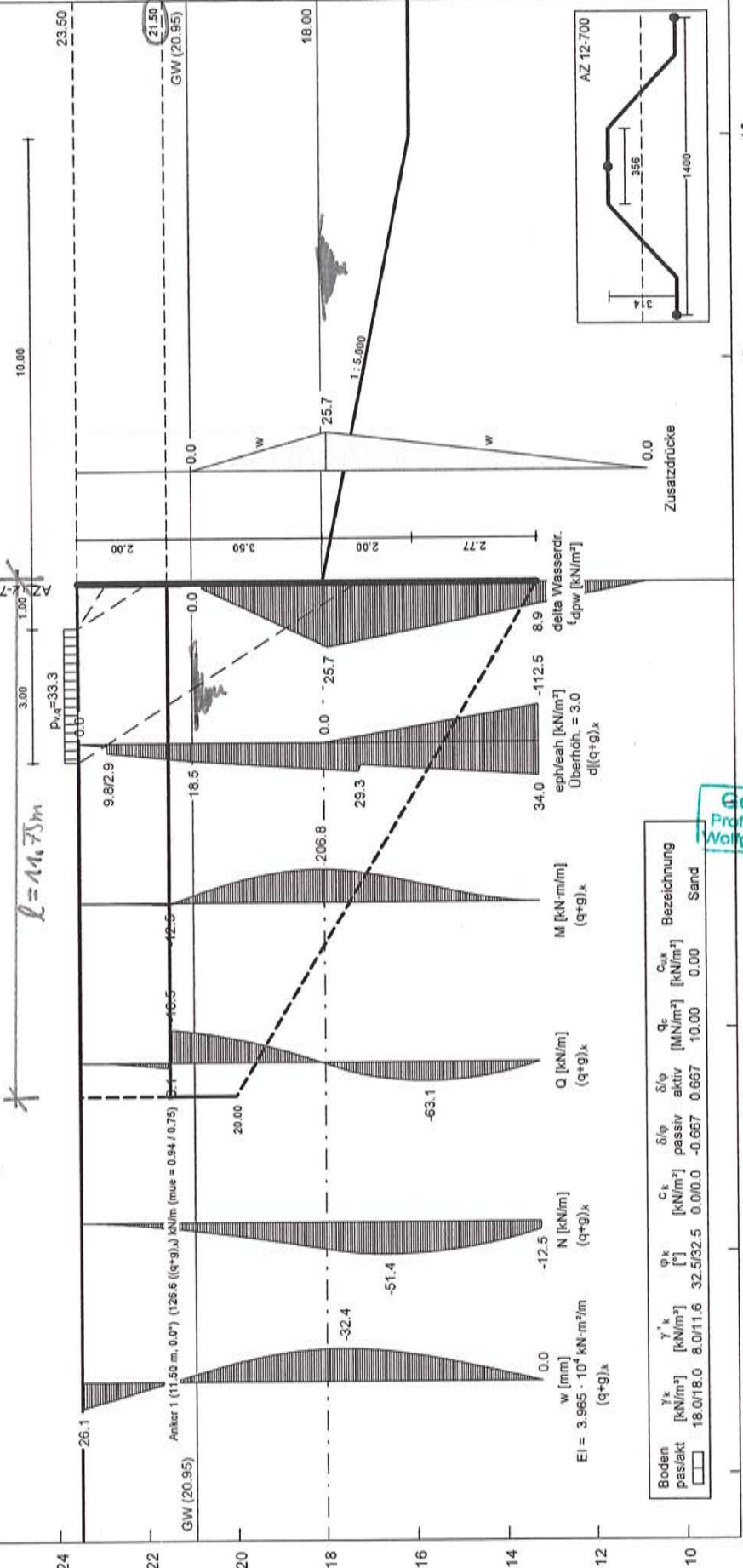
Abschnitt 2+260 bis 2+480 (Krafer 18,00mNN)  
 Norm: EC 7  
 Spundwand  
 AZ 12-700  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Einspanngrad = 0,000  
 Erf. Einbindeliefe = 4,77 m

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el-el.)  
 Bemessungssituation: max M,gq  
 $M_{Ed} = 250,8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $V_{Ed} = 0,2 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} = -51,7 \text{ kN/m}$  (Druck)  
 Profil: AZ 12-700 Stahlguß: S 355 GP  
 Wasserdruckdifferenz = 2,57 m  
 $b = 700,0 \text{ mm}$  /  $b_f = 356,4 \text{ mm}$   
 $t_f = 8,5 \text{ mm}$  /  $t_w = 8,5 \text{ mm}$  /  $A = 123,0 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 $h = 314,0 \text{ mm}$  /  $\alpha = 42,8^\circ$   
 $M_{Ed} = 1205,00 \text{ cm}^2/\text{m}$  /  $I = 18880,0 \text{ cm}^4/\text{m}$

$\gamma_{wo} = 1,00$  /  $\gamma_{wm} = 1,00$   
 $\epsilon = 0,810 \rightarrow b_f / t_f / \epsilon = 51,8$   
 Querschnittsklasse: 3  
 $f_{y,Ed} = 355,0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{c,Ed} = 427,8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $N_{c,Ed} = 5721,5 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} / N_{c,Ed} = 0,009 \leq 0,04$   
 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0,586$

$\gamma_{wo} = 1,00$  /  $\gamma_{wm} = 1,00$   
 $\epsilon = 0,810 \rightarrow b_f / t_f / \epsilon = 51,8$   
 Querschnittsklasse: 3  
 $f_{y,Ed} = 355,0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{c,Ed} = 427,8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $N_{c,Ed} = 5721,5 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} / N_{c,Ed} = 0,009 \leq 0,04$   
 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0,586$

Nachweise:  
 Tiefenbleibtyp: 0,94 < 1,00  
 Verankerungsbohrung: 0,77 < 1,00



Sondubelastung:

Ankerlage = +22.00m NN

bs. 4.16

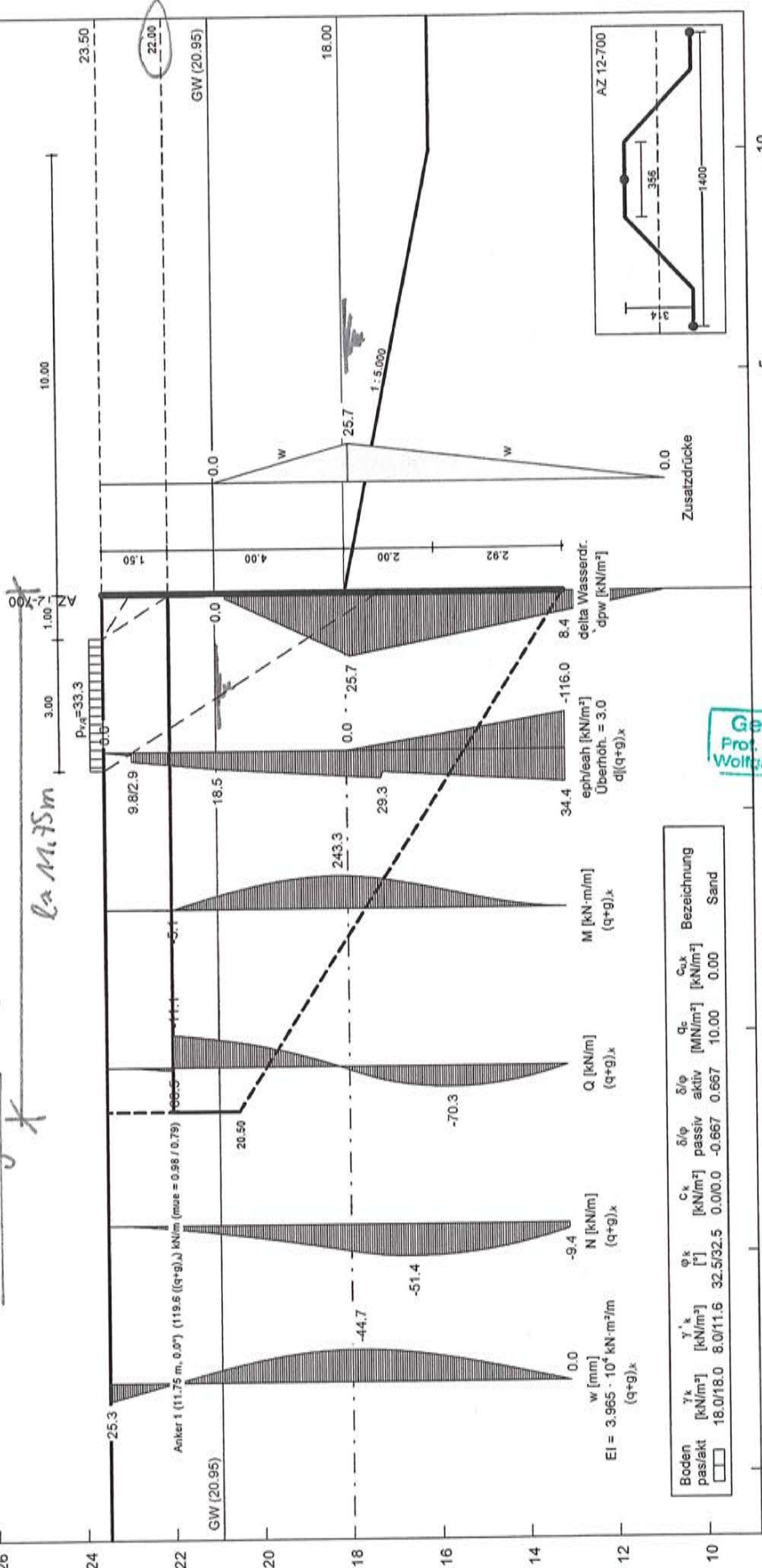
Abschnitt 2+260 bis 2+480 (Krater 18.00mNN)  
Norm: EC 7  
Spundwand  
AZ 12-700  
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
Einspanngrad = 10.000  
Erf. Profillänge = 10.42 m  
Erf. Einbindeliefe = 4.92 m

Bemessungswerte:  
Bemessung nach EC 3 (el-el.)  
M<sub>Ed</sub> = 295.3 kN·m/m  
V<sub>Ed</sub> = 0.3 kN/m  
N<sub>Ed</sub> = -49.6 kN/m (Druck)  
Profil: AZ 12-700 Stahlgüte: S 355 GP  
Wasserdruckdifferenz = 2.57 m  
b = 700.0 mm / b<sub>r</sub> = 356.4 mm  
t = 8.5 mm / l<sub>w</sub> = 6.5 mm / A = 123.0 cm<sup>2</sup>/m  
h = 314.0 mm / α = 42.8 °  
W<sub>pl</sub> = 1205.00 cm<sup>3</sup>/m / I = 18880.0 cm<sup>4</sup>/m

γ<sub>so</sub> = 1.00 / γ<sub>sat</sub> = 1.00  
e = 0.810 → b<sub>r</sub> / t<sub>r</sub> = 51.8  
Querschnittsklasse: 3  
f<sub>y,red</sub> = 355.0 N/mm<sup>2</sup>  
M<sub>Ed,red</sub> = 427.8 kN·m/m  
V<sub>Ed,red</sub> = 427.8 kN·m/m  
N<sub>Ed,red</sub> = 760.3 kN/m (μ = 0.000)  
N<sub>Ed,red</sub> = 4366.5 kN/m (μ = 0.011)  
Querkraft-Interaktion  
V<sub>Ed</sub> < 0.5 · V<sub>Ed,red</sub> → keine Abm.  
Normalkraft-Interaktion  
keine Abm.  
Nachweis M<sub>Ed</sub>

Tiefe Auflager: 0.98 < 1.00  
Umsenkungsboden: 0.93 < 1.00

la M<sub>1.5</sub>m



| Boden   | γ <sub>s</sub>       | γ <sub>'s</sub>      | φ <sub>k</sub> | c <sub>k</sub>       | δ/φ    | δ/φ   | q <sub>c</sub>       | c <sub>u,k</sub>     | Bezeichnung |
|---------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|--------|-------|----------------------|----------------------|-------------|
| pas/akt | [kN/m <sup>3</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] | [°]            | [kN/m <sup>2</sup> ] | passiv | aktiv | [MN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |             |
|         | 18.0/18.0            | 8.0/11.6             | 32.5/32.5      | 0.0/0.0              | -0.667 | 0.667 | 10.00                | 0.00                 | Sand        |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



Sonderbetrachtung:

Ankerlage = +22,50m

Pos. 4.1c

Abschnitt 2+260 bis 2+480 (Krater 18,00mNN)  
Norm: EC 7  
Spundwand  
AZ 12-700  
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
Einspanngrad = 0.000  
Erf. Profillänge = 10.57 m  
Erf. Einbindeliefe = 5.07 m

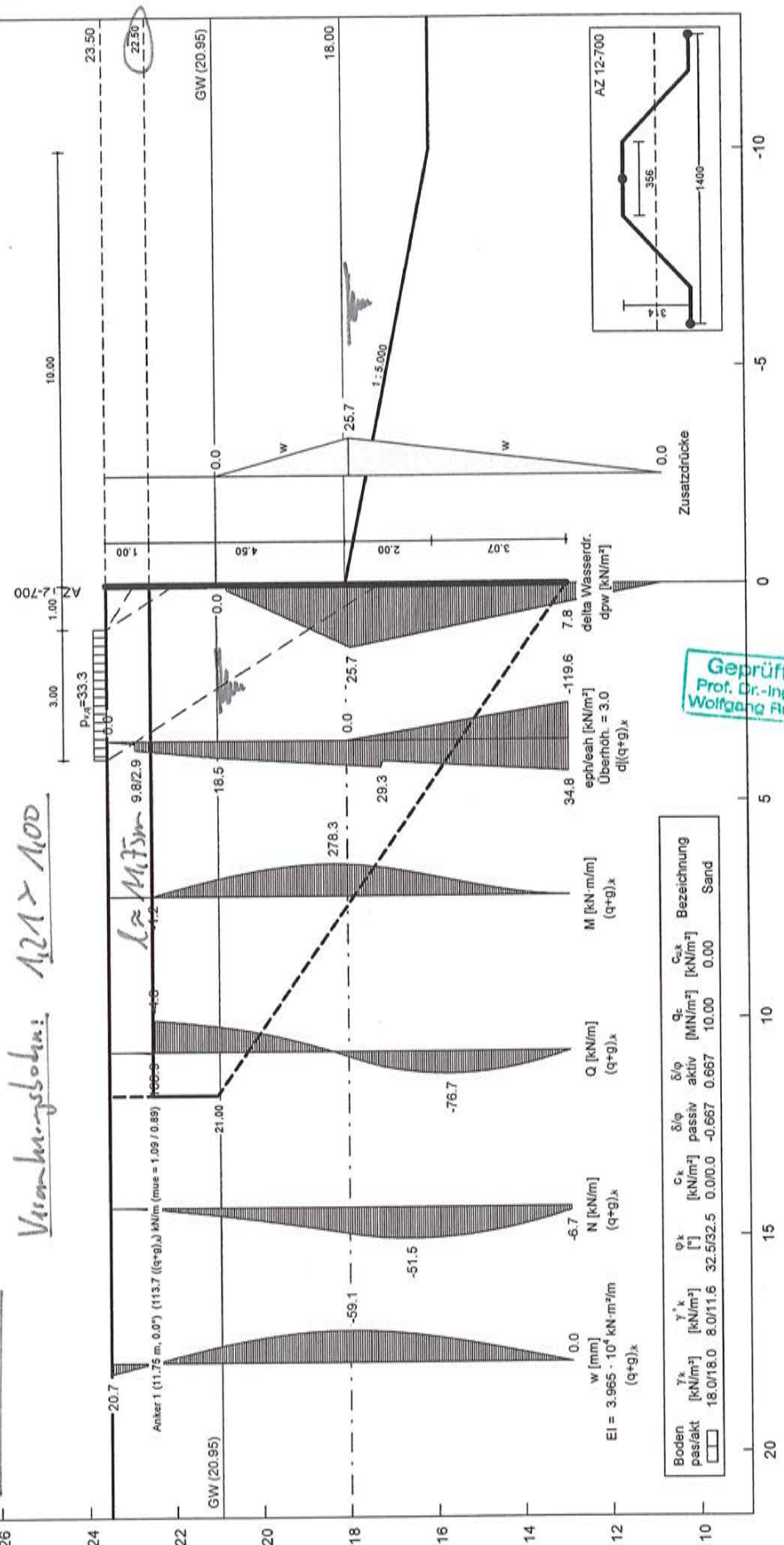
BS: DIN 1054: BS-T  
 $\gamma_g = 1.20$   
 $\gamma_{0g} = 1.30$   
 $\gamma_{0s} = 1.30$   
Nachweis Verankerungsboden nicht geführt!  
Nachweis "Tiefe Gleitlage" nicht geführt!  
 $\mu$  (Hydr. Grundbruch) = 0.00  
mob. Ep erfüllt /  $\mu = 0.94$   
 $\mu$ (Vert. Tragfähigkeit) = 0.61

Bemessungswerte:  
Bemessung nach EC 3 (el-el.)  
Bemessungssituation: max M, gq  
 $M_{ed} = 338.1 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $V_{ed} = 1.1 \text{ kN/m}$   
 $N_{ed} = -48.2 \text{ kN/m}$  (Druck)  
Profil: AZ 12-700 Stahlgüte: S 355 GP  
Wasserdruckdifferenz = 2.57 m  
 $b = 700.0 \text{ mm}$  /  $b_y = 356.4 \text{ mm}$   
 $t_f = 8.5 \text{ mm}$  /  $t_w = 8.5 \text{ mm}$  /  $A = 123.0 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 $h = 314.0 \text{ mm}$  /  $\alpha = 42.8^\circ$   
 $W_g = 1205.00 \text{ cm}^3/\text{m}$  /  $I = 18880.0 \text{ cm}^4/\text{m}$   
Nachweis M<sub>sd</sub>

$\gamma_{red} = 1.00$  /  $\gamma_{M1} = 1.00$   
 $e = 0.810 \rightarrow b_f / t_f / e = 51.8$   
Querschnittsklasse: 3  
 $f_{y,red} = 355.0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{y,red} = 427.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $V_{y,red} = 760.3 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.001$ )  
 $N_{y,red} = 4366.5 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.011$ )  
Querkraft-Interaktion  
 $V_{y,red} < 0.5 \cdot V_{y,ed} \rightarrow$  keine Abm.  
Normalkraft-Interaktion  
keine Abm.  
Nachweis M<sub>sd</sub>

$M_{y,ed} = 427.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $\mu = M_{y,ed} / M_{y,red} = 0.790$   
Knicklänge = 9.57 m  
 $N_{y,ed} = 4272.6 \text{ kN/m}$   
 $N_{y,ed} / N_{y,red} = 0.011 < 0.04$   
 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis  
max  $\mu = 0.790$

Nachweise:  
Tiefenbrüche:  $1.09 > 1.00$   
Verankerungsboden:  $1.21 > 1.00$



Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Flug

### Alternatives Spundwandprofil

**Vorbemerkungen:** Alternativ zum Spundwandprofil AZ-12-700 kann auch das nachfolgend beschriebene Spundwandprofil zur Ausführung kommen:

**Material:** Spundwandprofil: AZ 14-700  
Stahlgüte: S 240 GP

### Nachweis:

vgl. Pos. 4.16

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bemessungswerte:<br>Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)<br>Bemessungssituation: max M,qg<br>M <sub>Ed</sub> = 295,3 kN·m/m<br>V <sub>Ed</sub> = 0,3 kN/m<br>N <sub>Ed</sub> = -50,7 kN/m (Druck)<br>Profil: AZ 14-700 Stahlgüte: S 240 GP<br>Wasserdruckdifferenz = 2,57 m<br>b = 700,0 mm / b <sub>f</sub> = 356,4 mm<br>t <sub>f</sub> = 10,5 mm / t <sub>w</sub> = 10,5 mm / A = 146,0 cm <sup>2</sup> /m<br>h = 316,0 mm / α = 42,8°<br>W <sub>pl</sub> = 1665,0 cm <sup>3</sup> /m / I = 22190,0 cm <sup>4</sup> /m | γ <sub>M0</sub> = 1,00 / γ <sub>M1</sub> = 1,00<br>ε = 0,990 → b <sub>f</sub> / t <sub>f</sub> / ε = 34,3<br>Querschnittsklasse: 2<br>f <sub>y,red</sub> = 240,0 N/mm <sup>2</sup><br>M <sub>c,Rd</sub> = 399,6 kN·m/m<br>V <sub>pl,Rd</sub> = 635,0 kN/m (μ = 0,000)<br>N <sub>pl,Rd</sub> = 3504,0 kN/m (μ = 0,014)<br>Querkraft-Interaktion<br>V <sub>Ed</sub> ≤ 0,5 · V <sub>pl,Rd</sub> → keine Abm.<br>Normalkraft-Interaktion<br>keine Abm.<br>Nachweis M <sub>Rd</sub> | M <sub>c,Rd</sub> = 399,6 kN·m/m<br>μ = M <sub>Ed</sub> / M <sub>c,Rd</sub> = 0,739<br>Knicklänge = 8,92 m<br>N <sub>cr</sub> = 5780,3 kN/m<br>N <sub>Ed</sub> / N <sub>cr</sub> = 0,009 ≤ 0,04<br>→ Kein Knicknachweis<br>max μ = 0,739 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Aug

### Nachweis mit Abrostung:

vgl. Pos. 4.16

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bemessungswerte:<br>Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)<br>Bemessungssituation: max M,qg<br>M <sub>Ed</sub> = 295,3 kN·m/m<br>V <sub>Ed</sub> = 0,3 kN/m<br>N <sub>Ed</sub> = -49,5 kN/m (Druck)<br>Profil: AZ 14-700(1/1) Stahlgüte: S 240 GP<br>Wasserdruckdifferenz = 2,57 m<br>b = 700,0 mm / b <sub>f</sub> = 356,4 mm<br>t <sub>f</sub> = 8,5 mm / t <sub>w</sub> = 8,5 mm / A = 122,5 cm <sup>2</sup> /m<br>h = 314,0 mm / α = 42,8°<br>W <sub>pl</sub> = 1404,5 cm <sup>3</sup> /m / I = 18706,0 cm <sup>4</sup> /m | γ <sub>M0</sub> = 1,00 / γ <sub>M1</sub> = 1,00<br>ε = 0,990 → b <sub>f</sub> / t <sub>f</sub> / ε = 42,4<br>Querschnittsklasse: 2<br>f <sub>y,red</sub> = 240,0 N/mm <sup>2</sup><br>M <sub>c,Rd</sub> = 337,1 kN·m/m<br>V <sub>pl,Rd</sub> = 514,0 kN/m (μ = 0,001)<br>N <sub>pl,Rd</sub> = 2940,0 kN/m (μ = 0,017)<br>Querkraft-Interaktion<br>V <sub>Ed</sub> ≤ 0,5 · V <sub>pl,Rd</sub> → keine Abm.<br>Normalkraft-Interaktion<br>keine Abm.<br>Nachweis M <sub>Rd</sub> | M <sub>c,Rd</sub> = 337,1 kN·m/m<br>μ = M <sub>Ed</sub> / M <sub>c,Rd</sub> = 0,876<br>Knicklänge = 8,92 m<br>N <sub>cr</sub> = 4872,7 kN/m<br>N <sub>Ed</sub> / N <sub>cr</sub> = 0,010 ≤ 0,04<br>→ Kein Knicknachweis<br>max μ = 0,876 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

# Statische Berechnung

Pos. 5.0

*Bau-km 2+480 bis 2+541*

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



**Pos. 5.0**

**Spundwand (Bau-km 2+480 bis 2+541)**

**Vorbemerkungen:**

In dem o.g. Bauabschnitt der Hochwasserschutzwand (Spundwand) sind keine Baumwürfe möglich.

Auch ist schnell ersichtlich, dass auf die Spundwand deutlich geringere Lasten wirken. Maßgebend sind die Nachweise des Sickerweges (vgl. Pos. 1.0, Lastfall 1).

In dem Abschnitt wird die Hochwasserschutzwand analog Pos. 3.0 ausgebildet!

**Material:**

Spundwandprofil: AZ 12-700, *alternativ* AZ 14-700

Stahlgüte: S 240 GP

OK SPW: +24,25mNN

UK SPW: +17,50mNN

**Nachweise:**

wie Pos. 3.0

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



# Statische Berechnung

Pos. 6.0

*Bau-km 2+541bis 2+580,5*

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Aug



**Pos. 6.0**

**Deichkörper (Bau-km 2+541 bis 2+580,5)**

**Vorbemerkungen:**

In der Vorplanung wurden bereits folgende Deichabschnitte untersucht:

Bau-km: 0+000 bis 0+110 (Vorplanung vom 26.02.2016)

Bau-km: 6+050 (Vorplanung/Zusatzvarianten vom 10.01.2018)

In den beiden oben beschriebenen Statischen Berechnungen wurde die Standsicherheitsbeurteilung mit untergrundhydraulischen Berechnungen (Durch- und Unterströmungen) durchgeführt. Die Berechnungsergebnisse der Vorplanung können prinzipiell auch auf den Deichquerschnitt Bau-km 2+541 bis 2+580,5 übertragen werden.

Aus diesem Grund sind aus statischer Sicht keine weiteren Standsicherheitsberechnungen erforderlich, da aus den Ergebnissen der Vorplanung auch so abgeschätzt werden kann, dass die Standsicherheit des Deiches für diesen Abschnitt ebenfalls mit ausreichender Sicherheit gegeben ist.

Zusammenfassend werden nachfolgend die Berechnungsergebnisse der Vorplanung erneut aufgeführt!



**Berechnungsergebnisse:**

In allen durchgeführten Sickerlinienberechnungen hat sich herausgestellt, dass das niedrige Hinterland im Hochwasserfall langsam durchnässt wird. Dort liegt der Wasserdruck im System oberhalb der Geländeoberfläche.

Aus diesem Grund muss davon ausgegangen werden, dass sich dort je nach Dauer der Hochwassersituation Durchnässungen ergeben können.

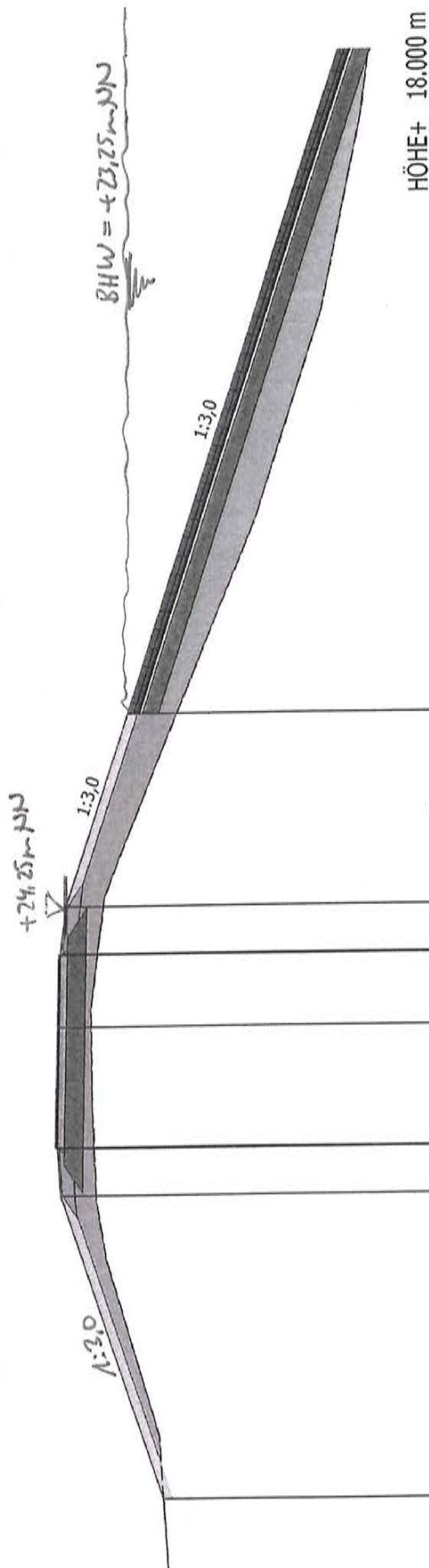
Die Wassermengen dürften rechnerisch zwischen  $6 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$  und  $4 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$  liegen. Wenn im Fußpunkt eine gezielte Vorflut geschaffen wird, kann die Durchnässung reduziert bis vermieden werden.

Die Standsicherheit des Deichkörpers ist bei Durchnässung nicht gefährdet. Da der Deichkörper mit einer Neigung von 1:3 flach geneigt ist, kann an dieser Stelle auch ohne direkte Berechnung (in Analogie zu den oben durchgeführten Berechnungen der Vorplanung) abgeleitet werden, dass der Deichquerschnitt ausreichend Standsicher ist.

**Landseitiger Fußfilter:**

Aus den Berechnungen der Sickerlinien vom 26.02.2016 geht hervor, dass infolge von Hochwässern (LF-4, Wasserstand über OK Dichtung) nicht mit dem landseitigen Austritt von Wasser zu rechnen ist. Mit Blick auf die heterogen zusammengesetzten Auffüllungen besteht aber die Möglichkeit, dass sich aufgrund gleichzeitig anfallender niederschlagsbedingter Sickerwässer von oben örtlich höhere Aufstauungen einstellen können. Zur Fassung und Ableitung derartiger Sickerwässer sollte in der landseitigen Böschung ein konstruktiver Fußfilter angeordnet werden.

Berechnungsschnitt: Bau-km 2+541 bis 2+580,5



| Höhe  | Abstand | Höhe  | Abstand |
|-------|---------|-------|---------|
| 11,12 | 20,17   | 2,89  | 21,23   |
| 4,88  | 23,25   | 2,63  | 23,40   |
| 1,88  | 24,25   | 2,00  | 23,65   |
| 1,13  | 24,37   | 1,14  | 24,34   |
| 0,27  | 23,87   | 0,00  | 23,87   |
| -1,18 | 23,86   | -1,18 | 23,86   |
| -1,89 | 24,42   | -1,88 | 24,45   |
| -2,63 | 24,37   | -2,69 | 23,81   |
| -3,60 | 23,66   | -6,37 | 22,85   |
| -7,36 | 22,79   | -7,36 | 22,79   |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rupp

# Statische Berechnung

Pos. 7.0

*Stb.- Kopfbalken/ Stb.- Holm*

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

**Pos. 7.1**

**Stb.-Kopfbalken, b/h = 76/120cm (Variante 1)**

Vorbemerkungen:

Der Stb.-Kopfbalken (Holm) ist nicht überfahrbar!

Nachfolgend werden die Schneidenlagerung und die Konsoleinspannung des Balkens auf der Spundwand bemessen und nachgewiesen.

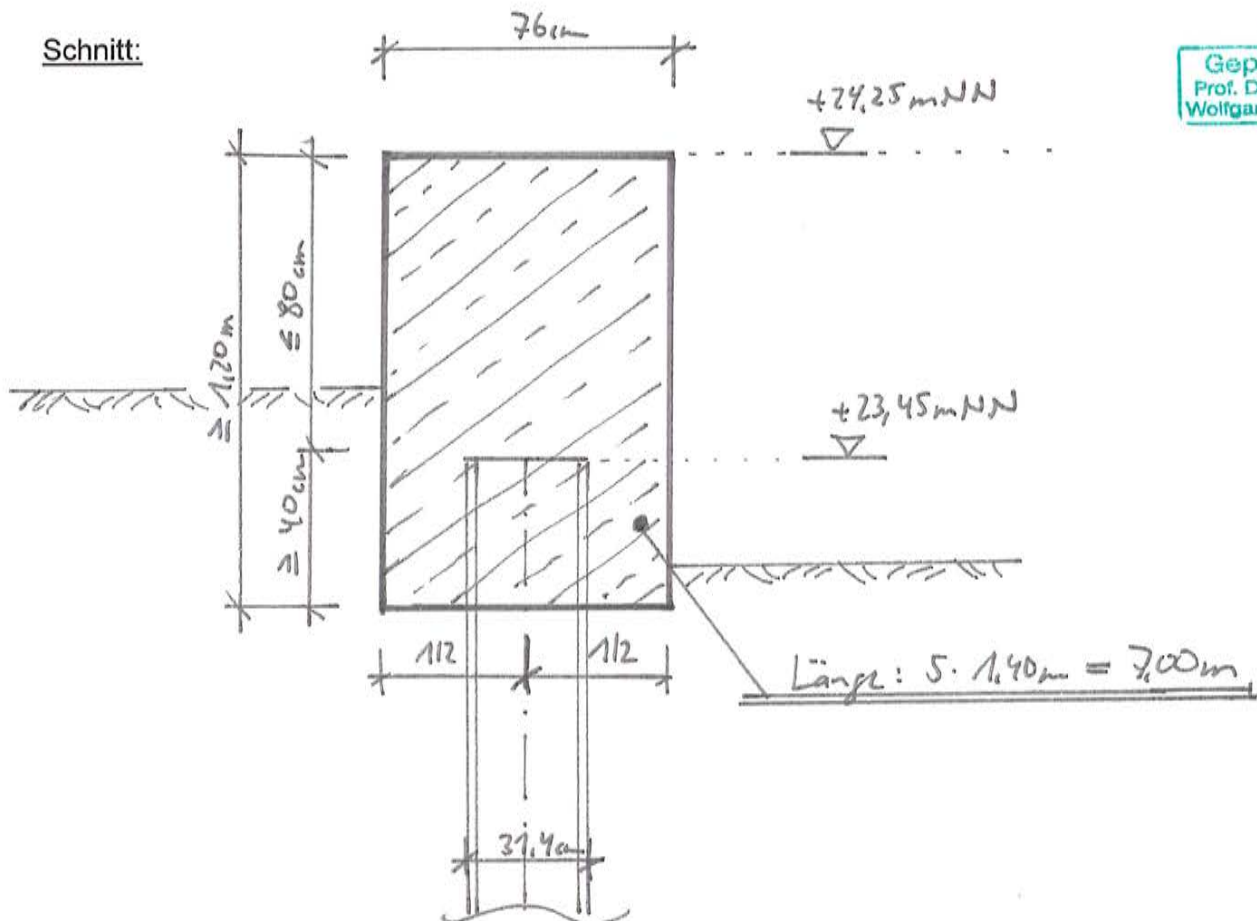
Die Abmessungen sind als Mindestabmessungen anzusehen!

Der Kopfbalken trägt seine Lasten über die Spundwände in den Baugrund ab.

Mat./Querschnitt:

Abmessungen: b/h = 76/120cm  
 Beton: C30/37 (LP)  
 Rissbreite:  $w_k \leq 0,25\text{mm}$   
 Betonstahl: B500B  
 Expositionsklassen: XD3, XS3, XA3, WA  
 Betondeckung: 5,5 cm

Schnitt:



Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rug

Rissnachweis:

siehe EDV-Ausdruck

Schneidenlagerung:

siehe EDV-Ausdruck



Projekt: 19065

Pos.: 7.1

Seite: 84

Pos.: 7.1Begrenzung der Rissbreite nach EC2 (DIN EN 1992-1-1)Zwangseinwirkung - Zentrischer ZugEingabeparameter:

Betonfestigkeit: **C30/37** (LP)  
 Betonstahl: **B500**  
 Betondeckung:  $c_v =$  **6,7** cm  
 Bauteildicke:  $h =$  **80,0** cm  
 Rechenwert der Rissbreite:  $w_k \leq$  **0,25** mm  
 Annahme der Betonzugfestigkeit: **70%**  $f_{ctm}$   
 Nachweis nach der WU-Richtlinie: **nein**

Rechenparameter:

Druckfestigkeit des Betons:  $f_{ck} = 30,0$  MN/m<sup>2</sup>  
 Zugfestigkeit des Betons:  $f_{ctm} = 2,90$  MN/m<sup>2</sup>  
 Zugfestigkeit des Betons beim Auftreten der Risse:  $f_{ct,eff} = 2,03$  MN/m<sup>2</sup>  
 Faktor zur Berücksichtigung der Spannungsverteilung in der Zugzone: (zentrischer Zwang)  $k_c = 1,00$   
 Faktor zur Berücksichtigung einer nichtlinearen Spannungsverteilung:  $k = 0,50$   
 Betonquerschnitt:  $A_{ct} = 8000,0$  cm<sup>2</sup>  
 Wirkungsbereich der Bewehrung:  $A_{c,eff} =$  siehe unten

Nachweis der Rissbreite für verschiedene Durchmesser:

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rug

Statische Höhe:  $d = h - d_1 - d_s/2$   
 Grenzdurchmesser:  $\phi_s^* = \phi_s \cdot 2,9 / f_{ct,eff}$   
 Zulässige Stahlspannung:  $\sigma_s = \sqrt{w_k} \cdot 3,48 \cdot 10^6 / \phi_s^*$   
 Wirkungsbereich der Bewehrung:  $h_{eff}$  und  $A_{c,eff}$  nach Bild 7.1DE

Mindestbewehrung:

$$A_{s,min} = f_{ct,eff} \cdot A_{c,eff} / \sigma_s \geq k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / f_{yk} \quad (NA.7.5.1)$$

| Ø    | d    | $\phi_s^*$ | $\sigma_s$           | h / d <sub>1</sub> | h <sub>eff</sub> | A <sub>c,eff</sub> | A <sub>s,min</sub> (Gesamt) |                         | A <sub>s</sub><br>Gesamt | A <sub>s</sub><br>je Seite |
|------|------|------------|----------------------|--------------------|------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|
|      |      |            |                      |                    |                  |                    | GL A [cm <sup>2</sup> ]     | GL B [cm <sup>2</sup> ] |                          |                            |
| [mm] | [cm] | [mm]       | [N/mm <sup>2</sup> ] | [-]                | [cm]             | [cm <sup>2</sup> ] | [cm <sup>2</sup> ]          | [cm <sup>2</sup> ]      | [cm <sup>2</sup> /m]     | [cm <sup>2</sup> /m]       |
| 6    | 73,0 | 8,57       | 319                  | 11,4               | 44,0             | 4400               | 28,04                       | 25,49                   | 25,49                    | 12,74                      |
| 7    | 73,0 | 10,00      | 295                  | 11,3               | 44,2             | 4420               | 30,42                       | 27,53                   | 27,53                    | 13,76                      |
| 8    | 72,9 | 11,43      | 276                  | 11,3               | 44,4             | 4440               | 32,67                       | 29,43                   | 29,43                    | 14,72                      |
| 9    | 72,9 | 12,86      | 260                  | 11,2               | 44,6             | 4460               | 34,81                       | 31,22                   | 31,22                    | 15,61                      |
| 10   | 72,8 | 14,29      | 247                  | 11,1               | 44,8             | 4480               | 36,85                       | 32,90                   | 32,90                    | 16,45                      |
| 12   | 72,7 | 17,14      | 225                  | 11,0               | 45,2             | 4520               | 40,73                       | 36,04                   | 36,04                    | 18,02                      |
| 14   | 72,6 | 20,00      | 209                  | 10,8               | 45,6             | 4560               | 44,38                       | 38,93                   | 38,93                    | 19,47                      |
| 16   | 72,5 | 22,86      | 195                  | 10,7               | 46,0             | 4600               | 47,86                       | 41,62                   | 41,62                    | 20,81                      |
| 20   | 72,3 | 28,57      | 174                  | 10,4               | 46,8             | 4680               | 54,44                       | 46,53                   | 46,53                    | 23,27                      |
| 25   | 72,1 | 35,71      | 156                  | 10,1               | 47,8             | 4780               | 62,17                       | 52,03                   | 52,03                    | 26,01                      |

GL A: Mit Berücksichtigung des Wirkungsbereichs der Bewehrung, z.B. bei dicken Bauteilen

GL B: Ohne Berücksichtigung des Wirkungsbereichs der Bewehrung

Gewählte Bewehrung: Ø 14 mm, s = 75 cm # mit vorh. A<sub>s</sub> = 20,53 cm<sup>2</sup>/m

## Systemdaten

### Spundwandprofil

| Spundwandprofil |           |
|-----------------|-----------|
| Profiltyp       | AZ        |
| Profil          | AZ 12-700 |

### Querschnittswerte

| Querschnittswerte      |       |
|------------------------|-------|
| B [mm]                 | 700   |
| h <sub>P</sub> [mm]    | 314   |
| A [cm <sup>2</sup> /m] | 123,2 |
| t <sub>F</sub> [mm]    | 8,5   |
| t <sub>W</sub> [mm]    | 8,5   |
| W [cm <sup>3</sup> /m] | 1205  |

### Bemessungskennwerte

Ohne Berücksichtigung der Umrechnungsfaktoren nach Anl. 1 der Bauartgenehmigung.

| Bemessungskennwerte                            |        |
|------------------------------------------------|--------|
| F <sub>Rd,m</sub> [kN/m]                       | 1466,0 |
| M <sub>RD,S</sub> [kNm/m]                      | 71,7   |
| M <sub>RD,K</sub> [kNm/m]                      | 26,0   |
| H <sub>RD,K</sub> [kN/m]                       | 222,0  |
| k <sub>LF</sub> [cm <sup>2</sup> /(MN/m)]      | 4,29   |
| k <sub>QF</sub> [(cm <sup>2</sup> /m)/(MN/m)]  | 10,90  |
| k <sub>QH</sub> [(cm <sup>2</sup> /m)/(kN/m)]  | 0,023  |
| k <sub>QM</sub> [(cm <sup>2</sup> /m)/(kNm/m)] | 0,111  |
| k <sub>QK</sub> [(cm <sup>2</sup> /m)/(kNm/m)] | 0,230  |
| k <sub>BH</sub> [(cm <sup>2</sup> /m)/(kN/m)]  | 0,013  |
| k <sub>BM</sub> [(cm <sup>2</sup> /m)/(kNm/m)] | 0,275  |

### Systemdaten

| Systemdaten         |                         |
|---------------------|-------------------------|
| System              | mit Konsoleneinspannung |
| b [cm]              | 76                      |
| h [cm]              | 120                     |
| L <sub>E</sub> [cm] | 40                      |

### Bemessungskennwerte (modifiziert)

Mit Berücksichtigung der Umrechnungsfakt. nach Anl. 1 der Bauartgenehmigung.

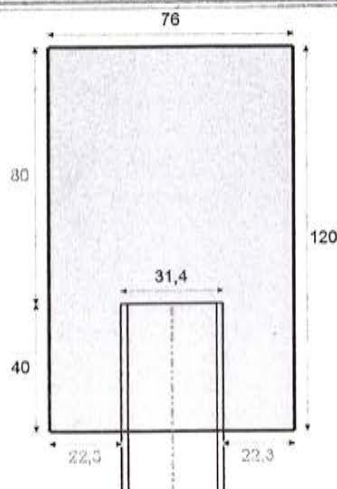
| Bemessungskennwerte (modifiziert)              |        |
|------------------------------------------------|--------|
| F <sub>Rd,m</sub> [kN/m]                       | 1466,0 |
| M <sub>RD,S</sub> [kNm/m]                      | 71,7   |
| M <sub>RD,K</sub> [kNm/m]                      | 52,0   |
| H <sub>RD,K</sub> [kN/m]                       | 222,0  |
| k <sub>LF</sub> [cm <sup>2</sup> /(MN/m)]      | 4,29   |
| k <sub>QF</sub> [(cm <sup>2</sup> /m)/(MN/m)]  | 10,90  |
| k <sub>QH</sub> [(cm <sup>2</sup> /m)/(kN/m)]  | 0,023  |
| k <sub>QM</sub> [(cm <sup>2</sup> /m)/(kNm/m)] | 0,111  |
| k <sub>QK</sub> [(cm <sup>2</sup> /m)/(kNm/m)] | 0,115  |
| k <sub>BH</sub> [(cm <sup>2</sup> /m)/(kN/m)]  | 0,013  |
| k <sub>BM</sub> [(cm <sup>2</sup> /m)/(kNm/m)] | 0,252  |

### Beton

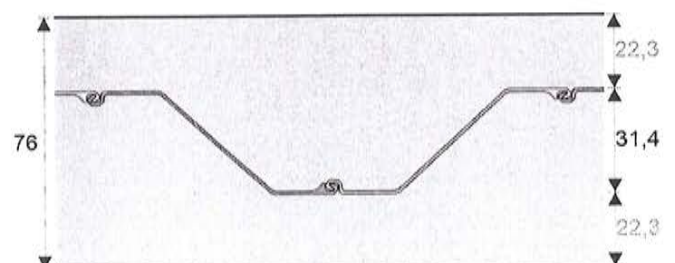
| Beton                                |                 |
|--------------------------------------|-----------------|
| Betonfestigkeit                      | C35/45          |
| f <sub>ck</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] | 35              |
| Betondeckung c <sub>nom</sub> [mm]   | 55              |
| Expositionsklasse                    | XD3 / XS3 / XA3 |

Nach Bauartgenehmigung Z-15,6-235 Abschnitt 2.2 wird rechnerisch maximal die Betonfestigkeitsklasse C30/37 (f<sub>ck</sub> = 30,0 N/mm<sup>2</sup>) angesetzt.

### Querschnitt (Mindestabmessungen)



### Draufsicht





## Belastung

### Ständige Lasten

#### Ständige Vertikallasten

| Belastung | G<br>kN/m | e <sub>x</sub><br>cm |
|-----------|-----------|----------------------|
| EG        | 22,8      | 0                    |

Das Eigengewicht des Balkens wird automatisch mit  $\gamma=25 \text{ kN/m}^3$  im Lastfall EG berücksichtigt.

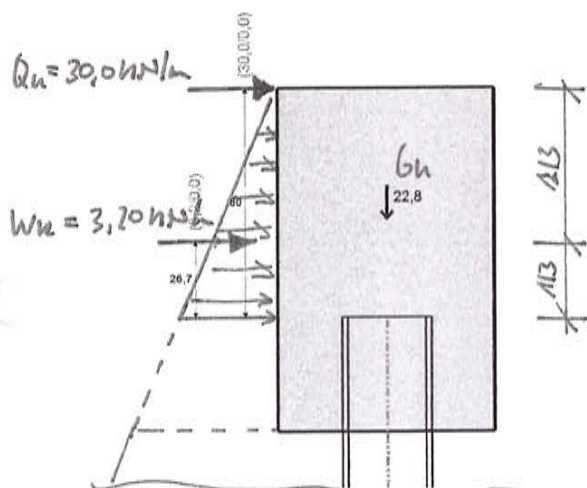
### Veränderliche Lasten

#### Veränderliche Horizontallasten

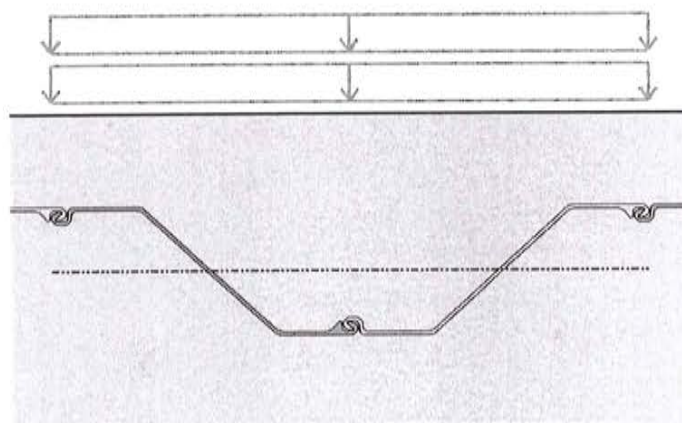
Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

| Belastung   | Q<br>kN/m | e <sub>y</sub><br>cm | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ |
|-------------|-----------|----------------------|----------|----------|----------|
| Anpralllast | 30,0      | 80                   | 0,0      | 0,0      | 0,0      |
| Wasserdurch | 3,2       | 27                   | 0,0      | 0,0      | 0,0      |

#### Querschnitt



#### Draufsicht



### Nachweise

Die Bemessungskennwerte der Profile werden gemäß Anl. 1 der Bauartgenehmigung modifiziert und für die Berechnung der weiteren Widerstandswerte übernommen:

$$F_{Rd,m} = 1466,0 \text{ kN/m}$$

$$M_{Rd,S} = 71,7 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Rd,K} = 52,0 \text{ kNm/m}$$

$$H_{Rd,K} = 222,0 \text{ kN/m}$$

### Nachweis der Tragfähigkeit (gem. Abschnitt 3.2.1 der Bauartgenehmigung)

$$F_d = 30,8 \text{ kN/m (0002 } 1.35 * EG \text{ )}$$

$$F_{Rd,m} = 1466,0 \text{ kN/m}$$

$$H_d = 45,0 \text{ kN/m (0003 } 1.0 * EG + 1.5 * \text{ )}$$

$$H_{Rd,K} = 222,0 \text{ kN/m}$$

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

| LFK  | $F_d$<br>kN/m | $M_d$<br>kNm/m | $M_{Rd,K}(F_d)$<br>kNm/m | $M_{Rd,S}(F_d)$<br>kNm/m | $M_{Rd}(F_d)$<br>kNm/m | $M_d / M_{Rd}(F_d)$ |
|------|---------------|----------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| 0001 | 22,8          | 0,0            | 51,2                     | 2,2                      | 53,4                   | 0,00                |
| 0002 | 30,8          | 0,0            | 50,9                     | 3,0                      | 53,9                   | 0,00                |
| 0003 | 22,8          | 36,0           | 51,2                     | 2,2                      | 53,4                   | <b>0,67</b>         |
| 0004 | 30,8          | 36,0           | 50,9                     | 3,0                      | 53,9                   | 0,67                |
| 0005 | 22,8          | 0,0            | 51,2                     | 2,2                      | 53,4                   | 0,00                |
| 0006 | 30,8          | 0,0            | 50,9                     | 3,0                      | 53,9                   | 0,00                |
| 0007 | 22,8          | 36,0           | 51,2                     | 2,2                      | 53,4                   | 0,67                |
| 0008 | 30,8          | 36,0           | 50,9                     | 3,0                      | 53,9                   | 0,67                |
| 0009 | 22,8          | 0,0            | 51,2                     | 2,2                      | 53,4                   | 0,00                |
| 0010 | 30,8          | 0,0            | 50,9                     | 3,0                      | 53,9                   | 0,00                |
| 0011 | 22,8          | 0,0            | 51,2                     | 2,2                      | 53,4                   | 0,00                |
| 0012 | 30,8          | 0,0            | 50,9                     | 3,0                      | 53,9                   | 0,00                |
| 0013 | 22,8          | 1,3            | 51,2                     | 2,2                      | 53,4                   | 0,02                |
| 0014 | 30,8          | 1,3            | 50,9                     | 3,0                      | 53,9                   | 0,02                |
| 0015 | 22,8          | 1,3            | 51,2                     | 2,2                      | 53,4                   | 0,02                |
| 0016 | 30,8          | 1,3            | 50,9                     | 3,0                      | 53,9                   | 0,02                |



## Nachweisergebnisse

### Tragfähigkeitsnachweis

$$F_d \leq F_{Rd,m}$$

$$30,78 \leq 1466,00$$

$$H_d \leq H_{Rd,K}$$

$$45,00 \leq 222,00$$

$$M_d \leq M_{Rd}(F_d)$$

$$36,00 \leq 53,42$$

### Ermüdungsnachweis

$$F_{d,freq} \leq F_{Rd,m,fat}$$

Nachweis nicht erforderlich

$$M_{d,freq}(F_{d,freq}) \leq M_{Rd,fat}(F_{d,freq})$$

Nachweis nicht erforderlich

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Aug

## Bewehrungsmengen

### Hauptbewehrung

Erforderliche Bügelbewehrung Pos. 1 [cm<sup>2</sup>/m] (gem. Abschnitt 3.3.3.2 der Bauartgenehmigung)

9,10 cm<sup>2</sup>/m 1-schnittig

Erforderliche Spaltzugbewehrung quer Pos. 2 [cm<sup>2</sup>/m] (gem. Abschnitt 3.3.3.3 der Bauartgenehmigung)

5,50 cm<sup>2</sup>/m

Erforderliche Spaltzugbewehrung längs Pos. 3 [cm<sup>2</sup>] (gem. Abschnitt 3.3.3.4 der Bauartgenehmigung)

Mindestbewehrung 3 Ø 10mm, entspricht 2,36 cm<sup>2</sup>

### Konstruktive Bewehrung

Erforderliche Randlängsbewehrung Pos. 4 (gem. Abschnitt 3.3.3.5 der Bauartgenehmigung)

Mindestbewehrung Ø 10mm,  $s \leq 15\text{cm}$ , mindestens 3 Stäbe je Balkenseite und 5 Stäbe an Balkenoberseite

Erforderliche Konsollängsbewehrung Pos. 5 (gem. Abschnitt 3.3.3.6 der Bauartgenehmigung)

Mindestbewehrung 2 x Ø 10mm je Konsolenseite

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

### Hinweis

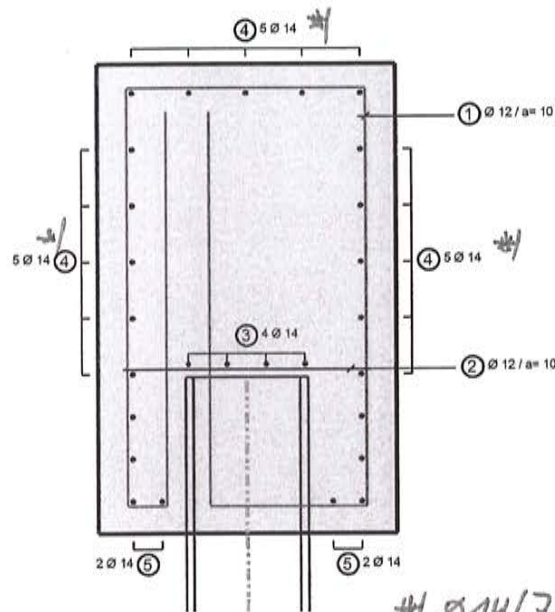
Die Vorgaben der allgemeinen Bauartgenehmigung Nr. Z-15.6-235 vom 10.11.2017 sind zu beachten.

## Bewehrungswahl

|                             | erforderliche Bewehrung | gewählte Bewehrung | gewählt<br>[cm <sup>2</sup> /m], [cm <sup>2</sup> ] | [kg/m] |
|-----------------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------|--------|
| Pos. 1 [cm <sup>2</sup> /m] | 9,10                    | Ø12/10             | 11,31                                               | 46,8   |
| Pos. 2 [cm <sup>2</sup> /m] | 5,50                    | Ø12/10             | 11,31                                               | 6,5    |
| Pos. 3 [cm <sup>2</sup> ]   | 2,36                    | 4 Ø 14             | 6,16                                                | 4,8    |
| Pos. 4 [cm <sup>2</sup> ]   | konstruktiv             | 15 Ø 14            | 23,09                                               | 18,1   |
| Pos. 5 [cm <sup>2</sup> ]   | konstruktiv             | 4 Ø 14             | 6,16                                                | 4,8    |

Hinweis: Bei der Berechnung der Massen wurden für die in Längsrichtung verlaufenden Positionen noch keine Zuschläge für Übergreifungen berücksichtigt.

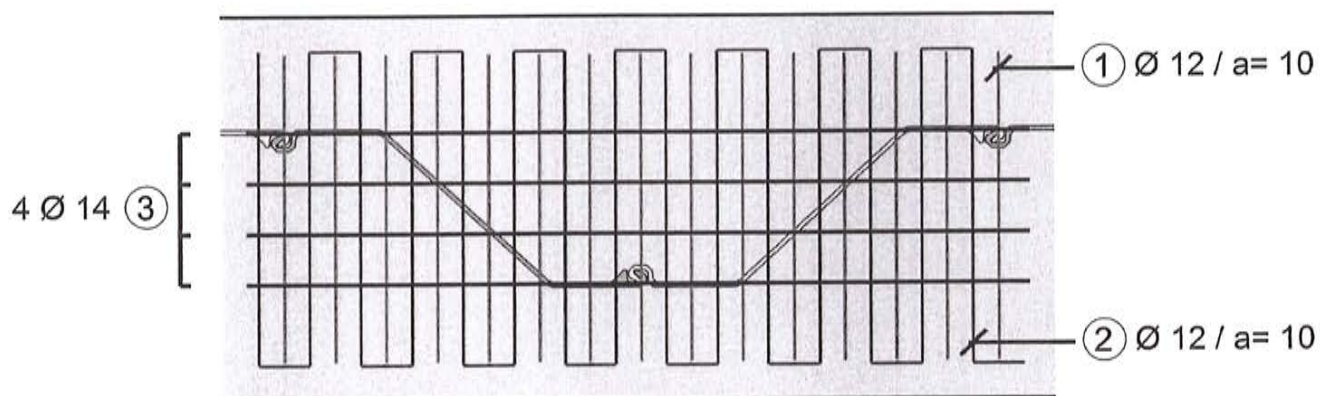
## Bewehrungsquerschnitt



Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

*4 Ø 14 / 7,5cm aus Rissbreiten nachw.*

## Bewehrungsdraufsicht





Prinzipskizze: Raumträger / Dehnungen

Schnitt:

Abstand  $\approx 7,00\text{m}$

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Querschnitt

4x  $\varnothing 25\text{mm}$ ;  $L = 60\text{cm}$   
S335, rüsente Hülse  
oder  
elastische Wichtung

Grundriss:

30mm

bituminierte Faserplatte

Dehnfugenband (unimifol)

z.B. Tricasal FAE 50 (Elastomer)  
alternativ Typ FF 513

**Pos. 7.2**

**Stb.-Kopfbalken,  $b/h = 90/120\text{cm}$  (Variante 2)**

Vorbemerkungen:

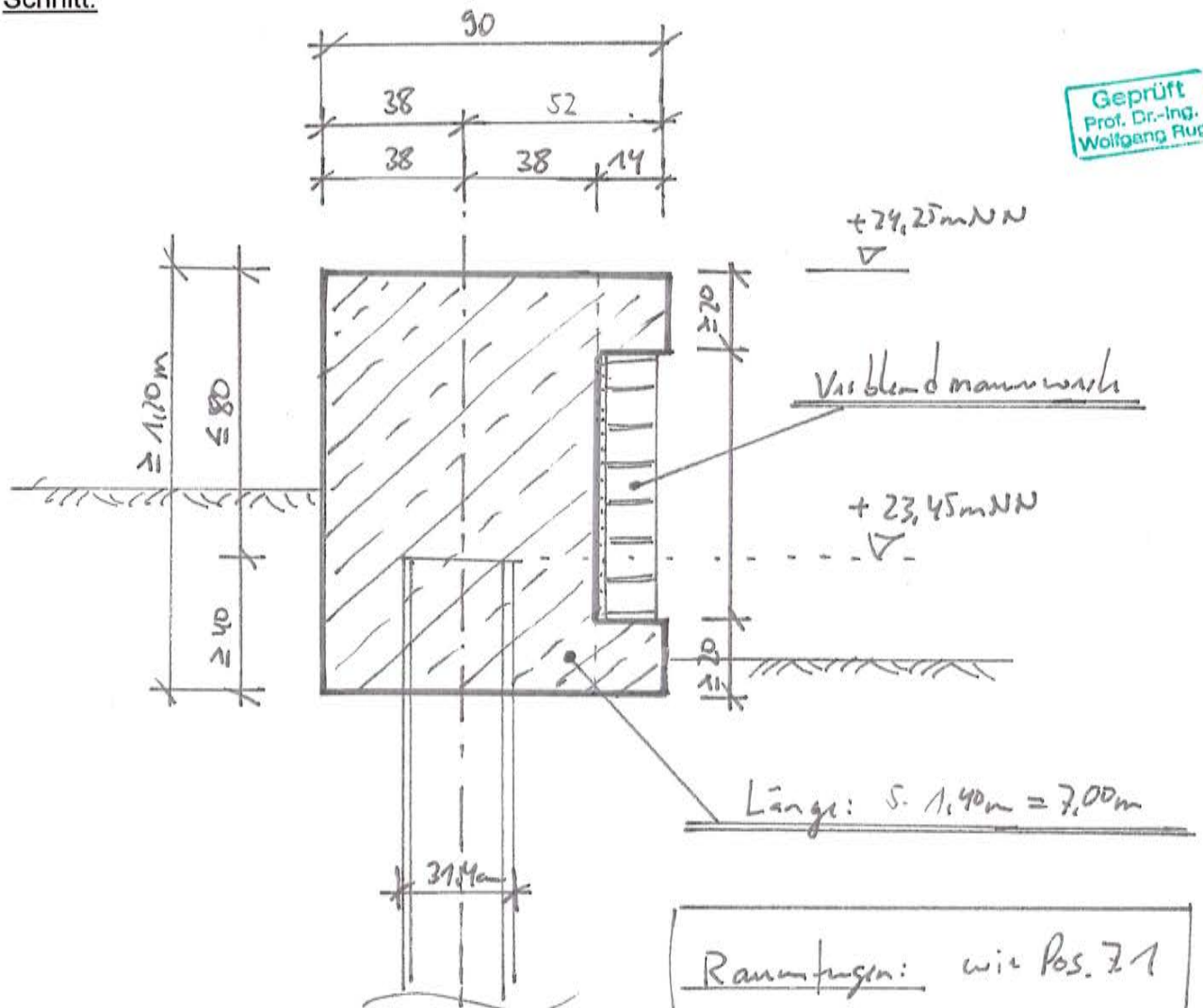
Es gelten die gleichen Vorbemerkungen wie in der Pos. 7.1

Abweichend von der Pos. 7.1 ist bei dieser Variante eine seitliche Aussparung für Verblendmauerwerk vorgesehen.

Mat./Querschnitt:

Abmessungen:  $b/h = 90/120\text{cm}$   
 Beton: C30/37 (LP)  
 Rissbreite:  $w_k \leq 0,25\text{mm}$   
 Betonstahl: B500B  
 Expositionsklassen: XD3, XS3, XA3, WA  
 Betondeckung: 5,5 cm

Schnitt:



Rissnachweis: wie Pos. 7.1

Schneidenlagerung: wie Pos. 7.1

**Pos. 7.3**

**Stb.-Kopfbalken, b/h = 104/120cm (Variante 3)**

Vorbemerkungen:

Es gelten die gleichen Vorbemerkungen wie in der Pos. 7.1

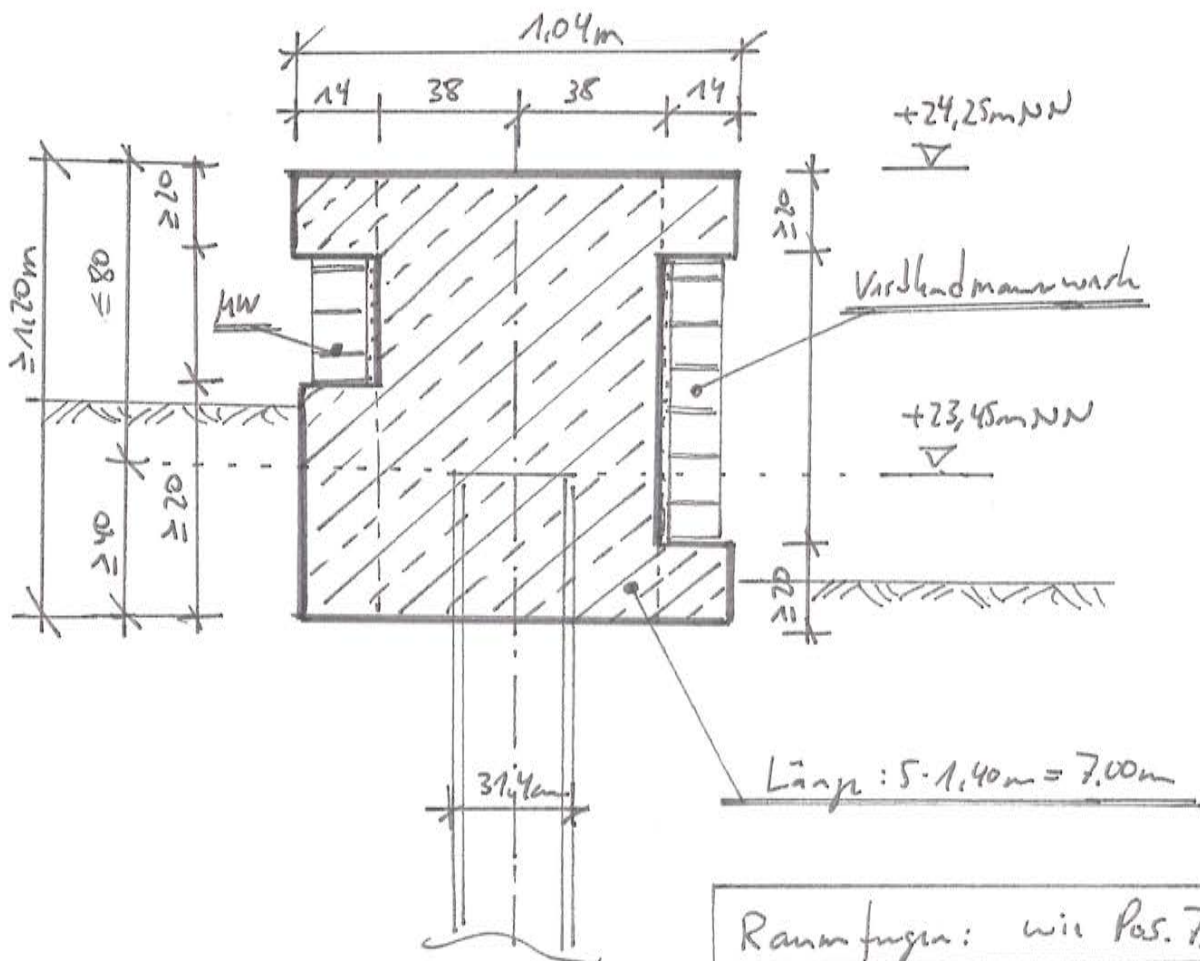
Abweichend von der Pos. 7.1 + 7.2 sind bei dieser Variante zwei seitliche Aussparungen für Verblendmauerwerk vorgesehen.

Mat./Querschnitt:

Abmessungen: b/h = 104/120cm  
 Beton: C30/37 (LP)  
 Rissbreite:  $w_k \leq 0,25\text{mm}$   
 Betonstahl: B500B  
 Expositionsklassen: XD3, XS3, XA3, WA  
 Betondeckung: 5,5 cm

Schnitt:

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rug



Rissnachweis: wie Pos. 7.1

Schneidenlagerung: wie Pos. 7.1



# ANLAGEN

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



**Spundwand**

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 18,00mNN)

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 24.25 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 18.00 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 20.95 m

Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-T

$\gamma_G = 1.20$

$\gamma_Q = 1.30$

$\gamma_{Ep} = 1.30$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Bermen auf der Aktivseite

| Nr. | x1   | x2    | dh    | a     | x    | y     | Auflast              | Verkehr |
|-----|------|-------|-------|-------|------|-------|----------------------|---------|
| [-] | [m]  | [m]   | [m]   | [m]   | [m]  | [m]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]     |
| 1   | 3.25 | 11.75 | -2.83 | -1.08 | 6.52 | 17.04 | 0.00                 | nein    |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Flug

Der Einfluss von Aktivbermen auf den aktiven Erddruck wird gemäß den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" berechnet.

| Bermen | auf  | der    | Passivseite |                      |
|--------|------|--------|-------------|----------------------|
| Nr.    | x1   | x2     | dh          | Auflast              |
| [-]    | [m]  | [m]    | [m]         | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 1      | 0.00 | -10.00 | -2.00       | 0.00                 |

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)               | sig(h)               | x(Luftseite) | x(Erdseite) | Tiefe |
|-----|----------------------|----------------------|--------------|-------------|-------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]          | [m]         | [m]   |
| 1   | 5.00                 | 0.00                 | 0.25         | 3.25        | 24.25 |
| 2   | 33.30                | 0.00                 | 12.00        | 15.00       | 21.40 |

| Nr. | y(oben) | y(mitte) | y(unten) | p(oben)              | p(mitte)             | p(unten)             | Typ            |
|-----|---------|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| [-] | [m]     | [m]      | [m]      | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |                |
| 1   | 24.09   | 23.86    | 19.16    | 1.19                 | 1.19                 | 1.19                 | 0 Verkehrslast |
| 2   | 13.76   | 2.59     | -2.11    | 2.47                 | 2.47                 | 2.47                 | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==> rechteckförmig verteilt

Zusatzdrücke

| Nr. | e(oben)              | e(unten)             | z(oben) | z(unten) | Typ         |
|-----|----------------------|----------------------|---------|----------|-------------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]     | [m]      | [-]         |
| 1   | 0.00                 | 26.00                | 20.95   | 17.89    | Wasserdruck |
| 2   | 26.00                | 0.00                 | 17.89   | 10.01    | Wasserdruck |

Erddruckumlagerung: EAU 2012

Fall 3 (abgegrabene Wand) / He = 6.25

Blocklasten nicht umgelagert

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch und Einspanngrad von 0.000 vorgegeben

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

Eph,d = 276.65 kN/m (Epv,d = -109.97 kN/m)

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) = Bh,d / Eph,d = 1.000

Bh(g+q),d = 276.65 kN/m

Bh,g,d = 274.03 kN/m

Bh,q,d = 2.61 kN/m

Bh,w,d = 110.43 kN/m

Ersatzkräfte C<sub>h</sub> (Blum)

C<sub>h,k</sub> = 0.00 kN/m

C<sub>h,g,k</sub> = 0.00 kN/m

C<sub>h,q,k</sub> = 0.00 kN/m

C<sub>h,w,k</sub> = 0.00 kN/m

Anker und Steifen

Bemessungswert (Anker) mit BS-P (1.35/1.50)

| Nr. | y     | Neigung | Länge | N <sub>d</sub> | N <sub>k</sub> | N <sub>g,k</sub> | N <sub>w,k</sub> | EA       | EI                     |       |
|-----|-------|---------|-------|----------------|----------------|------------------|------------------|----------|------------------------|-------|
| [-] | [m]   | [°]     | [m]   | [kN/m]         | [kN/m]         | [kN/m]           | [kN/m]           | [kN/m]   | [kN·m <sup>2</sup> /m] |       |
| 1   | 22.50 | 10.00   | 10.50 | 159.46         | 117.55         | 112.46           | 33.63            | 2.100E+7 | -                      | Anker |

Bodenkennwerte

| Schicht | UK    | γ <sub>k</sub>       | γ' <sub>k</sub>      | φ <sub>k</sub> | c <sub>k</sub>       | d(a)/φ | d(p)/phiAnker |
|---------|-------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|--------|---------------|
| pas/akt | [m]   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] | [°]            | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]    | [-]           |
| 1       | -0.64 | 18.00/18.00          | 8.20/11.50           | 32.50/32.50    | 0.00/ 0.00           | -0.667 | 0.667         |

Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | k <sub>agh</sub> | k <sub>ach</sub> | φ <sub>k</sub> | δ     | θ     | kagh(40°) |
|---------|-------|------------------|------------------|----------------|-------|-------|-----------|
| [-]     | [m]   | [-]              | [-]              | [°]            | [°]   | [°]   | [-]       |
| 1       | -0.64 | 0.251            | 0.866            | 32.500         | 21.68 | 57.46 | 0.179     |

Aktive Erddruckkoordinaten ([g+q],k)

mit Zusatzdrücke

| von    | bis    | oben                 | unten                | Wasserdruck              | Wasserdruck               |
|--------|--------|----------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|
| [m]    | [m]    | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | oben[kN/m <sup>2</sup> ] | unten[kN/m <sup>2</sup> ] |
| 24.250 | 24.091 | 12.923               | 12.923               | 0.00                     | 0.00                      |
| 24.091 | 23.858 | 14.117               | 14.117               | 0.00                     | 0.00                      |
| 23.858 | 23.250 | 14.117               | 14.117               | 0.00                     | 0.00                      |
| 23.250 | 22.500 | 14.117               | 14.117               | 0.00                     | 0.00                      |
| 22.500 | 22.250 | 14.117               | 14.117               | 0.00                     | 0.00                      |
| 22.250 | 21.200 | 14.117               | 14.117               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.200 | 20.950 | 14.117               | 14.117               | 0.00                     | 0.00                      |
| 20.950 | 20.200 | 14.117               | 14.117               | 0.00                     | 6.37                      |
| 20.200 | 19.203 | 14.117               | 14.117               | 6.37                     | 14.85                     |
| 19.203 | 19.156 | 14.117               | 14.117               | 14.85                    | 15.25                     |
| 19.156 | 18.818 | 14.117               | 12.923               | 15.25                    | 18.12                     |
| 18.818 | 18.200 | 12.923               | 12.923               | 18.12                    | 23.37                     |
| 18.200 | 18.000 | 12.923               | 12.923               | 23.37                    | 25.07                     |
| 18.000 | 17.890 | 22.776               | 23.010               | 25.07                    | 26.00                     |
| 17.890 | 17.242 | 23.010               | 24.391               | 26.00                    | 23.86                     |
| 17.242 | 16.595 | 24.391               | 25.772               | 23.86                    | 21.73                     |
| 16.595 | 16.246 | 25.772               | 26.515               | 21.73                    | 20.58                     |
| 16.246 | 15.250 | 26.515               | 28.640               | 20.58                    | 17.29                     |
| 15.250 | 14.204 | 28.640               | 30.870               | 17.29                    | 13.84                     |
| 14.204 | 13.755 | 30.870               | 31.826               | 13.84                    | 12.36                     |
| 13.755 | 13.215 | 31.826               | 35.452               | 12.36                    | 10.57                     |
| 13.215 | 12.478 | 35.452               | 37.023               | 10.57                    | 8.14                      |
| 12.478 | 10.010 | 37.023               | 42.284               | 8.14                     | 0.00                      |
| 10.010 | 2.590  | 42.284               | 58.104               | 0.00                     | 0.00                      |
| 2.590  | 1.776  | 58.104               | 59.839               | 0.00                     | 0.00                      |
| 1.776  | -0.640 | 59.839               | 66.803               | 0.00                     | 0.00                      |

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK  | k <sub>pgh</sub> | k <sub>pch</sub> | φ <sub>k</sub> | δ   | θ   |
|---------|-----|------------------|------------------|----------------|-----|-----|
| [-]     | [m] | [-]              | [-]              | [°]            | [°] | [°] |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



1      -0.64      6.006      6.054      32.500      -21.68      16.35

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| von<br>[m] | bis<br>[m] | oben<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | unten<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------------|------------|------------------------------|-------------------------------|
| 18.20      | 18.00      | 0.00                         | 0.00                          |
| 18.00      | 17.89      | 0.00                         | -2.66                         |
| 17.89      | 17.24      | -2.66                        | -18.31                        |
| 17.24      | 16.59      | -18.31                       | -33.95                        |
| 16.59      | 16.25      | -33.95                       | -42.38                        |
| 16.25      | 15.25      | -42.38                       | -66.45                        |
| 15.25      | 14.20      | -66.45                       | -91.73                        |
| 14.20      | 13.76      | -91.73                       | -102.57                       |
| 13.76      | 13.21      | -102.57                      | -115.62                       |
| 13.21      | 12.48      | -115.62                      | -133.43                       |
| 12.48      | 10.01      | -133.43                      | -226.92                       |
| 10.01      | 2.59       | -226.92                      | -508.01                       |
| 2.59       | 1.78       | -508.01                      | -538.82                       |
| 1.78       | -0.64      | -538.82                      | -630.36                       |

Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 24.09        | -1.2        | -2.5        | -0.2          |                |
| 23.86        | -3.0        | -6.4        | -1.2          |                |
| 23.25        | -7.8        | -16.8       | -8.3          |                |
| 22.50        | -13.8       | -29.6       | -25.7         | 139.4          |
| 22.50        | -38.4       | 109.8       | -25.7         |                |
| 22.25        | -40.4       | 105.5       | 1.2           |                |
| 21.20        | -48.7       | 87.6        | 102.6         |                |
| 20.95        | -50.7       | 83.4        | 124.0         |                |
| 20.20        | -56.6       | 67.7        | 181.0         |                |
| 19.20        | -64.6       | 38.0        | 234.6         |                |
| 19.16        | -64.9       | 36.3        | 236.3         |                |
| 18.82        | -67.4       | 24.3        | 246.6         |                |
| 18.20        | -71.9       | -0.7        | 254.1         |                |
| 18.00        | -73.4       | -9.6        | 253.1         |                |
| 17.89        | -74.7       | -15.8       | 251.7         |                |
| 17.24        | -80.0       | -46.8       | 230.8         |                |
| 16.59        | -81.8       | -67.0       | 193.4         |                |
| 16.25        | -81.3       | -73.5       | 168.8         |                |
| 15.25        | -73.9       | -74.8       | 92.8          |                |
| 14.20        | -57.0       | -48.7       | 25.8          |                |
| 13.76        | -46.9       | -29.0       | 8.1           |                |
| 13.21        | -33.0       | 0.0         | 0.0           |                |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 24.09        | -1.2        | -2.5        | -0.2          |                |
| 23.86        | -2.9        | -6.1        | -1.2          |                |
| 23.25        | -7.3        | -15.5       | -7.8          |                |
| 22.50        | -12.8       | -27.1       | -23.7         | 132.9          |
| 22.50        | -36.2       | 105.8       | -23.7         |                |
| 22.25        | -38.1       | 101.9       | 2.2           |                |
| 21.20        | -45.8       | 85.6        | 100.6         |                |
| 20.95        | -47.6       | 81.7        | 121.6         |                |
| 20.20        | -53.1       | 67.2        | 177.8         |                |
| 19.20        | -60.4       | 39.1        | 231.6         |                |
| 19.16        | -60.7       | 37.5        | 233.4         |                |
| 18.82        | -63.2       | 25.5        | 244.1         |                |
| 18.20        | -67.7       | 0.5         | 252.3         |                |
| 18.00        | -69.2       | -8.4        | 251.5         |                |
| 17.89        | -70.5       | -14.6       | 250.3         |                |
| 17.24        | -75.9       | -45.7       | 230.2         |                |
| 16.59        | -77.7       | -66.1       | 193.4         |                |
| 16.25        | -77.2       | -72.7       | 169.1         |                |
| 15.25        | -70.1       | -74.5       | 93.6          |                |

|       |       |       |      |
|-------|-------|-------|------|
| 14.20 | -53.5 | -49.3 | 26.4 |
| 13.76 | -43.6 | -30.0 | 8.5  |
| 13.21 | -29.3 | 0.0   | 0.0  |

Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 24.09        | -1.0        | -2.1        | -0.2          |                |
| 23.86        | -2.5        | -5.3        | -1.0          |                |
| 23.25        | -6.5        | -13.9       | -6.9          |                |
| 22.50        | -11.4       | -24.5       | -21.3         | 115.8          |
| 22.50        | -31.8       | 91.2        | -21.3         |                |
| 22.25        | -33.5       | 87.7        | 1.1           |                |
| 21.20        | -40.4       | 72.9        | 85.4          |                |
| 20.95        | -42.0       | 69.4        | 103.2         |                |
| 20.20        | -47.0       | 56.4        | 150.6         |                |
| 19.20        | -53.5       | 31.7        | 195.3         |                |
| 19.16        | -53.8       | 30.4        | 196.7         |                |
| 18.82        | -55.9       | 20.3        | 205.3         |                |
| 18.20        | -59.7       | -0.5        | 211.6         |                |
| 18.00        | -60.9       | -7.9        | 210.8         |                |
| 17.89        | -62.0       | -13.1       | 209.6         |                |
| 17.24        | -66.4       | -38.9       | 192.3         |                |
| 16.59        | -67.9       | -55.8       | 161.1         |                |
| 16.25        | -67.5       | -61.2       | 140.7         |                |
| 15.25        | -61.4       | -62.3       | 77.4          |                |
| 14.20        | -47.3       | -40.6       | 21.5          |                |
| 13.76        | -38.9       | -24.2       | 6.8           |                |
| 13.21        | -27.3       | 0.0         | 0.0           |                |

Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 24.09        | -1.0        | -2.1        | -0.2          |                |
| 23.86        | -2.4        | -5.1        | -1.0          |                |
| 23.25        | -6.1        | -12.9       | -6.5          |                |
| 22.50        | -10.7       | -22.6       | -19.8         | 110.7          |
| 22.50        | -30.2       | 88.1        | -19.8         |                |
| 22.25        | -31.7       | 84.9        | 1.8           |                |
| 21.20        | -38.1       | 71.3        | 83.9          |                |
| 20.95        | -39.7       | 68.1        | 101.3         |                |
| 20.20        | -44.2       | 56.0        | 148.1         |                |
| 19.20        | -50.3       | 32.6        | 193.0         |                |
| 19.16        | -50.6       | 31.2        | 194.5         |                |
| 18.82        | -52.7       | 21.2        | 203.4         |                |
| 18.20        | -56.4       | 0.4         | 210.3         |                |
| 18.00        | -57.7       | -7.0        | 209.6         |                |
| 17.89        | -58.7       | -12.2       | 208.6         |                |
| 17.24        | -63.2       | -38.1       | 191.8         |                |
| 16.59        | -64.7       | -55.1       | 161.1         |                |
| 16.25        | -64.3       | -60.6       | 140.9         |                |
| 15.25        | -58.4       | -62.1       | 78.0          |                |
| 14.20        | -44.6       | -41.1       | 22.0          |                |
| 13.76        | -36.3       | -25.0       | 7.0           |                |
| 13.21        | -24.4       | 0.0         | 0.0           |                |

Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 24.09        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 23.86        | -0.1        | -0.3        | 0.0           |                |
| 23.25        | -0.4        | -1.0        | -0.4          |                |
| 22.50        | -0.8        | -1.9        | -1.5          | 5.0            |
| 22.50        | -1.6        | 3.1         | -1.5          |                |
| 22.25        | -1.8        | 2.8         | -0.8          |                |
| 21.20        | -2.3        | 1.6         | 1.5           |                |
| 20.95        | -2.4        | 1.3         | 1.9           |                |
| 20.20        | -2.7        | 0.4         | 2.5           |                |
| 19.20        | -3.2        | -0.8        | 2.3           |                |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

|       |      |      |      |
|-------|------|------|------|
| 19.16 | -3.2 | -0.9 | 2.2  |
| 18.82 | -3.2 | -0.9 | 1.9  |
| 18.20 | -3.2 | -0.9 | 1.4  |
| 18.00 | -3.2 | -0.9 | 1.2  |
| 17.89 | -3.2 | -0.9 | 1.1  |
| 17.24 | -3.2 | -0.9 | 0.5  |
| 16.59 | -3.2 | -0.7 | 0.0  |
| 16.25 | -3.1 | -0.6 | -0.2 |
| 15.25 | -3.0 | -0.2 | -0.6 |
| 14.20 | -2.7 | 0.5  | -0.5 |
| 13.76 | -2.6 | 0.8  | -0.2 |
| 13.21 | -2.9 | 0.0  | 0.0  |

#### Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 24.09        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 23.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 23.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           | 33.1           |
| 22.50        | -5.8        | 33.1        | 0.0           |                |
| 22.25        | -5.8        | 33.1        | 8.3           |                |
| 21.20        | -5.8        | 33.1        | 43.1          |                |
| 20.95        | -5.8        | 33.1        | 51.3          |                |
| 20.20        | -5.8        | 30.7        | 75.6          |                |
| 19.20        | -5.8        | 20.1        | 101.6         |                |
| 19.16        | -5.8        | 19.4        | 102.6         |                |
| 18.82        | -5.8        | 13.8        | 108.2         |                |
| 18.20        | -5.8        | 1.0         | 113.0         |                |
| 18.00        | -5.8        | -3.9        | 112.7         |                |
| 17.89        | -5.8        | -6.6        | 112.1         |                |
| 17.24        | -4.9        | -20.5       | 103.1         |                |
| 16.59        | -2.7        | -29.6       | 86.6          |                |
| 16.25        | -0.9        | -32.6       | 75.7          |                |
| 15.25        | 6.3         | -33.4       | 41.9          |                |
| 14.20        | 17.2        | -22.1       | 11.8          |                |
| 13.76        | 23.0        | -13.4       | 3.8           |                |
| 13.21        | 30.8        | 0.0         | 0.0           |                |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

#### Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $EI = 3.965E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

| Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] |
|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 24.25        | 25.0      | 24.09        | 22.7      | 23.86        | 19.4      | 23.25        | 10.7      | 22.50        | -0.1      | 22.25        | -3.7      | 21.20        | -18.7     |
| 20.95        | -22.0     | 20.20        | -30.8     | 19.20        | -39.1     | 19.16        | -39.4     | 18.82        | -41.0     | 18.20        | -42.5     | 18.00        | -42.6     |
| 17.89        | -42.5     | 17.24        | -40.9     | 16.59        | -37.3     | 16.25        | -34.6     | 15.25        | -24.8     | 14.20        | -12.4     | 13.76        | -6.8      |
| 13.21        | 0.0       |              |           |              |           |              |           |              |           |              |           |              |           |

#### Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

$\phi_{[g+q],k} = -0.71874193$

Theoretischer Fußpunkt = 13.215 m

#### Bemessung nach EC 3 (el.-el.)

Bemessungssituation: max M,gq

$M_{Ed} = 254.1 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$

$V_{Ed} = 0.7 \text{ kN}/\text{m}$

$N_{Ed} = -72.0 \text{ kN}/\text{m}$  (Druck)

Profil: AZ 12-700 Stahlgüte: S 355 GP

Wasserdruckdifferenz = 2.60 m

$b = 700.0 \text{ mm} / b_f = 356.4 \text{ mm}$

$t_f = 8.5 \text{ mm} / t_w = 8.5 \text{ mm} / A = 123.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 314.0 \text{ mm} / \alpha = 42.8^\circ$

$W_{el} = 1205.00 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 18880.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

$\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.00$

$\varepsilon = 0.810 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 51.8$

Querschnittsklasse: 3

$f_{y,red} = 355.0 \text{ N}/\text{mm}^2$

$M_{c,Rd} = 427.8 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$

$V_{pl,Rd} = 760.3 \text{ kN}/\text{m} (\mu = 0.001)$

$N_{pl,Rd} = 4366.5 \text{ kN}/\text{m} (\mu = 0.016)$



## Querkraft-Interaktion

$$V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow \text{keine Abm.}$$

## Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$ 

$$M_{c,Rd} = 427.8 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.594$$

$$\text{Knicklänge} = 9.29 \text{ m}$$

$$N_{cr} = 4534.1 \text{ kN/m}$$

$$N_{Ed} / N_{cr} = 0.016 \leq 0.04$$

 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis

$$\max \mu = 0.594$$

$$\max M_d = 254.1 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \text{ (Tiefe} = 18.20 \text{ m)}$$

$$\text{Zugehörige Werte: } N_d = -71.9 \text{ kN/m; } Q_d = -0.7 \text{ kN/m; } w_k = 42.5 \text{ mm}$$

$$\max Q_d = 109.8 \text{ kN} \cdot \text{m/m} \text{ (Tiefe} = 22.50 \text{ m)}$$

$$\text{Zugehörige Werte: } N_d = -38.4 \text{ kN/m; } M_d = -25.7 \text{ kN} \cdot \text{m/m; } w_k = 0.1 \text{ mm}$$

$$\max N_d = 81.8 \text{ kN/m} \text{ (Tiefe} = 16.59 \text{ m)}$$

$$\text{Zugehörige Werte: } Q_d = -67.0 \text{ kN/m; } M_d = 193.4 \text{ kN} \cdot \text{m/m; } w_k = 44.8 \text{ mm}$$

$$\max w_k = 42.6 \text{ mm} \text{ (Tiefe} = 18.05 \text{ m)}$$

$$\text{Zugehörige Werte: } N_d = -73.0 \text{ kN/m; } Q_d = -7.3 \text{ kN/m; } M_d = 253.5 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$\text{Einbindetiefe } t_g = 4.79 \text{ m}$$

$$\text{Profillänge} = 11.04 \text{ m}$$

## Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

## Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

$$\text{Bedingung: } G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$$

$$G_k = 10.66 \text{ kN/m}$$

$$P_{v,k} = 19.53 \text{ kN/m}$$

$$E_{av,k} = 87.99 \text{ kN/m} \text{ (} E_{ah,k} = 221.37 \text{ kN/m)}$$

$$C_{h,k} = 0.00 \text{ kN/m}$$

$$B_{v,k} = -91.77 \text{ kN/m}$$

$$\delta_p [^\circ] = -21.7$$

$$\delta_c [^\circ] = 10.8$$

$$\text{Summe } V_k = 26.40 \text{ kN/m (Druck)}$$

## Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (links)

Profil: AZ 12-700

$$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_B) / \gamma_{Ep}$$

$$R_{Bv,d} = (230.88 - 1/2 \cdot 0.00) \cdot \tan(32.5^\circ) / 1.30 = 113.14 \text{ kN/m}$$

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) / \gamma_{Ep}$$

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 0.00 \cdot \tan(19.5^\circ) / 1.30 = 0.00 \text{ kN/m}$$

$$\text{Spitzendruck } q_{c,m} = 10.00 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{(gemittelt von 13.53 bis 11.96 m)} \Rightarrow q_{b,k} = 10.00 \text{ MN/m}^2$$

$$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0123 \cdot 10.00 \cdot 1000 / 1.40 = 87.86 \text{ kN/m}$$

## Keine Mantelreibung

$$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} = 201.00 \text{ kN/m}$$

## Einwirkungen

$$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 12.79 + 105.88 + 24.58 = 143.25 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 143.25 / 201.00 = 0.71$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

## Hydraulische Grundbruchsicherheit

UK Schicht = 24.25

 $\gamma_{\text{Gewicht}} = 0.95$  $\gamma_{\text{Strömungskraft}} = 1.45$ 

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.000

$$= 0.000 = (1.45 \cdot 0.00) / (0.95 \cdot 0.00)$$

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Tiefe Gleitfuge

(Blocklasten rechteckig auf Ersatzwand)

Ansatzpunkt der Gleitfuge im Wandbereich = 11.04 m

$A_{h,g,d} = A_{h,g,k} \cdot \gamma_G$  und  $A_{h,d} = A_{h,g,k} \cdot \gamma_G + A_{h,q,k} \cdot \gamma_Q$

mögl  $A_{h,g,d} = \text{mögl } A_{h,g,k} / \gamma_{Ep}$  und mögl  $A_d = \text{mögl } A_k / \gamma_{Ep}$

$\mu_{ue} = \text{Ausnutzungsgrad} \leq 1.0$

| Nr  | Tiefe | Länge | Höhe(Ankerw.) | A <sub>h,d</sub> | mögl A <sub>h,d</sub> | $\mu_{ue,gq}$ | A <sub>h,g,d</sub> | mögl A <sub>h,g,d</sub> | $\mu_{ue,g}$ |
|-----|-------|-------|---------------|------------------|-----------------------|---------------|--------------------|-------------------------|--------------|
| [-] | [m]   | [m]   | [m]           | [kN/m]           | [kN/m]                | [-]           | [kN/m]             | [kN/m]                  | [-]          |
| 1   | 22.50 | 10.50 | 1.50          | 157.03           | 187.25                | 0.839         | 132.90             | 186.91                  | 0.711        |

Werte für ungünstigste Gleitfuge

Lastfall: g+q

| x     | y     | G <sub>k</sub> | E <sub>ah,k</sub> | E <sub>av,k</sub> | Q <sub>x</sub> | Q <sub>y</sub> | C <sub>k</sub> | H      | θ     | φ    |
|-------|-------|----------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|--------|-------|------|
| [m]   | [m]   | [kN/m]         | [kN/m]            | [kN/m]            | [kN/m]         | [kN/m]         | [kN/m]         | [kN/m] | [°]   | [°]  |
| 0.00  | 13.21 | -              | 221.4             | 88.0              | -              | -              | -              | -      | -     | -    |
| 0.94  | 13.76 | 139.6          | 196.0             | 77.9              | -5.5           | -124.0         | 0.0            | 0.0    | 29.97 | 32.5 |
| 3.25  | 15.09 | 322.6          | 132.0             | 52.5              | -12.6          | -283.6         | 0.0            | 0.0    | 29.97 | 32.5 |
| 8.11  | 17.89 | 467.0          | 39.4              | 15.7              | -18.2          | -410.7         | 0.0            | 0.0    | 29.97 | 32.5 |
| 8.30  | 18.00 | 12.3           | 37.0              | 14.7              | -0.5           | -10.8          | 0.0            | 0.0    | 29.97 | 32.5 |
| 8.73  | 18.25 | 26.1           | 32.1              | 12.8              | -1.0           | -23.1          | 0.0            | 0.0    | 29.97 | 32.5 |
| 9.60  | 18.75 | 45.2           | 24.1              | 9.6               | -1.8           | -40.2          | 0.0            | 0.0    | 29.97 | 32.5 |
| 9.72  | 18.82 | 5.4            | 23.1              | 9.2               | -0.2           | -4.8           | 0.0            | 0.0    | 29.97 | 32.5 |
| 10.30 | 19.16 | 24.3           | 18.9              | 7.5               | -1.0           | -21.7          | 0.0            | 0.0    | 29.97 | 32.5 |
| 10.34 | 19.18 | 1.4            | 18.7              | 7.4               | -0.1           | -1.2           | 0.0            | 0.0    | 29.97 | 32.5 |

Werte für ungünstigste Gleitfuge

Lastfall: g

| x     | y     | G <sub>k</sub> | E <sub>ah,k</sub> | E <sub>av,k</sub> | Q <sub>x</sub> | Q <sub>y</sub> | C <sub>k</sub> | H      | θ     | φ    |
|-------|-------|----------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|--------|-------|------|
| [m]   | [m]   | [kN/m]         | [kN/m]            | [kN/m]            | [kN/m]         | [kN/m]         | [kN/m]         | [kN/m] | [°]   | [°]  |
| 0.00  | 13.21 | -              | 214.2             | 85.1              | -              | -              | -              | -      | -     | -    |
| 0.94  | 13.76 | 136.1          | 189.8             | 75.4              | -5.4           | -121.2         | 0.0            | 0.0    | 29.97 | 32.5 |
| 3.25  | 15.09 | 311.0          | 129.9             | 51.6              | -12.1          | -274.5         | 0.0            | 0.0    | 29.97 | 32.5 |
| 8.11  | 17.89 | 467.0          | 34.6              | 13.8              | -18.1          | -409.2         | 0.0            | 0.0    | 29.97 | 32.5 |
| 8.30  | 18.00 | 12.3           | 32.1              | 12.8              | -0.5           | -10.7          | 0.0            | 0.0    | 29.97 | 32.5 |
| 8.73  | 18.25 | 26.1           | 26.8              | 10.7              | -1.0           | -22.9          | 0.0            | 0.0    | 29.97 | 32.5 |
| 9.60  | 18.75 | 45.2           | 17.6              | 7.0               | -1.8           | -39.6          | 0.0            | 0.0    | 29.97 | 32.5 |
| 9.72  | 18.82 | 5.4            | 16.5              | 6.6               | -0.2           | -4.7           | 0.0            | 0.0    | 29.97 | 32.5 |
| 10.30 | 19.16 | 24.3           | 11.5              | 4.6               | -0.9           | -21.3          | 0.0            | 0.0    | 29.97 | 32.5 |
| 10.34 | 19.18 | 1.4            | 11.2              | 4.5               | -0.1           | -1.2           | 0.0            | 0.0    | 29.97 | 32.5 |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang P.

(H = Horizontalkraft infolge Erdbeben)

Nachweis Verankerungsboden für Anker-Nr. 1

Eph,d (Ersatzwand) = 199.30

(Eph,d ohne veränderliche Lasten)

(Blocklasten rechteckig auf Ersatzwand)

Eh,d (Ersatzwand) = 23.20

Ev,d (Ersatzwand) = 9.22

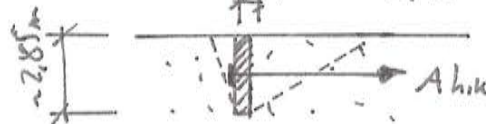
Horizontale Ankerkraft Ah,d = 157.03

$\mu_{ue} = (157.03 + 23.20) / 199.30 = 0.90$

Lastfall: (g+q)

Vereinfacht:

$$A_{h,k} = \frac{180,23 \text{ kN}}{1,2} = 150 \text{ kN/m}$$



Nachweis Aufbruchssicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten f<sub>Q</sub> = 1.300 / 1.200 = 1.083

Teilsicherheit (Grundbruch) γ<sub>Rv</sub> = 1.300

Breite = 1.25 m

Gewicht G<sub>k</sub> (einschließlich Verkehr) = 287.55 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.083)

E<sub>av,k</sub> (δ = 2/3 · φ) = 83.94 [kN/m]

Kohäsionskraft K<sub>k</sub> = 0.00 [kN/m]

Grundbruchlast R<sub>n,k</sub> = 3560.96 [kN/m]

Grundbruch mit:

Reibungswinkel φ<sub>k</sub> = 32.50 [°]

Kohäsion c<sub>k</sub> = 0.00 [kN/m<sup>2</sup>]

N<sub>d</sub> = 24.585 / N<sub>b</sub> = 15.025 / N<sub>c</sub> = 37.020

σ<sub>0</sub> = 101.973 [kN/m<sup>2</sup>]

$\mu_{ue} = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.123$

$\mu_{ue} = [287.55 \cdot 1.20] / [(3560.96 + 0.00 + 83.94) / 1.300] = 0.123$

Δd ≈ 2,5cm

Es wird ca. 35% des Erdwiderstandes aktiviert!



1.1

# Böschungsberechnung nach EC 7 mit Kreisgleitflächen

Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 18,00mNN)

Parameterliste

$\phi$  [°] = Reibungswinkel

$c$  [kN/m²] = Kohäsion

$\gamma$  [kN/m³] = Wichte

$q_s$  [kN/m²] = Mantelreibung

$\max \psi(A)$  [°] = Winkel zwischen der Gleitrichtung des Bruchmechanismus und dem Zugglied

$\mu$  [-] = Ausnutzungsgrad

$x_m, y_m$  [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes

$rad$  [m] = Radius des Gleitkreises

Teilsicherheiten: (GEO-3)

-  $\gamma(\phi) = 1.15$

-  $\gamma(c') = 1.15$

-  $\gamma(c_u) = 1.15$

-  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$

-  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$

-  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$

-  $\gamma(\text{Herausziehen}) = 1.3000$  (GEO-2)

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach rechts

Koordinaten der Geländepunkte

| Nr. | x       | y      | Nr. | x       | y      | Nr. | x      | y      | Nr. | x     | y      | Nr. | x     | y      |
|-----|---------|--------|-----|---------|--------|-----|--------|--------|-----|-------|--------|-----|-------|--------|
| [-] | [m]     | [m]    | [-] | [m]     | [m]    | [-] | [m]    | [m]    | [-] | [m]   | [m]    | [-] | [m]   | [m]    |
| 1   | -25.928 | 21.417 | 2   | -11.750 | 21.417 | 3   | -3.250 | 24.250 | 4   | 0.000 | 24.250 | 5   | 0.000 | 18.000 |
| 6   | 10.000  | 16.000 | 7   | 25.928  | 16.000 |     |        |        |     |       |        |     |       |        |

Charakteristische Bodenkennwerte

| Boden | $\phi_k$ | $c_k$   | $\gamma_k$ | $q_{s,k}$ | $\max \psi(A)$ | Bezeichnung |
|-------|----------|---------|------------|-----------|----------------|-------------|
| [-]   | [°]      | [kN/m²] | [kN/m³]    | [kN/m²]   | [°]            |             |
| 1     | 32.50    | 0.00    | 18.00      | 0.00      | 85.00          | Sand        |
| 2     | 32.50    | 0.00    | 21.50      | 0.00      | 85.00          | Sand        |
| 3     | 32.50    | 0.00    | 18.20      | 0.00      | 85.00          | Sand (pas)  |

Bemessungs-Bodenkennwerte

| Boden | $\phi_d$ | $c_d$   | $\gamma_d$ | Bezeichnung |
|-------|----------|---------|------------|-------------|
| [-]   | [°]      | [kN/m²] | [kN/m³]    |             |
| 1     | 28.99    | 0.00    | 18.00      | Sand        |
| 2     | 28.99    | 0.00    | 21.50      | Sand        |
| 3     | 28.99    | 0.00    | 18.20      | Sand (pas)  |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Fug

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

| Nr. | x(links) | y(links) | x(rechts) | y(rechts) | Boden-Nr. |
|-----|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| [-] | [m]      | [m]      | [m]       | [m]       |           |
| 1   | 0.000    | -5.640   | 25.928    | -5.640    | 3         |
| 2   | -25.928  | 20.950   | 0.000     | 20.950    | 1         |
| 3   | -25.928  | -5.640   | 0.000     | -5.640    | 2         |

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

| Nr. | x       | y      | Nr. | x      | y      | Nr. | x     | y      | Nr. | x      | y      |
|-----|---------|--------|-----|--------|--------|-----|-------|--------|-----|--------|--------|
| [-] | [m]     | [m]    | [-] | [m]    | [m]    | [-] | [m]   | [m]    | [-] | [m]    | [m]    |
| 1   | -25.928 | 20.950 | 2   | -0.001 | 20.950 | 3   | 0.000 | 20.950 | 4   | 25.928 | 20.950 |

Verkehrslasten

| Nr. | Größe(links) | Größe(rechts) | x(links) | x(rechts) | y     |
|-----|--------------|---------------|----------|-----------|-------|
| [-] | [kN/m²]      | [kN/m²]       | [m]      | [m]       | [m]   |
| 1   | 5.00         | 5.00          | -3.25    | -0.25     | 24.25 |
| 2   | 33.30        | 33.30         | -15.00   | -12.00    | 21.40 |

Einzelkräfte / Einzelmomente

| Nr. | H-Kraft | V-Kraft | Moment   | x     | y     |
|-----|---------|---------|----------|-------|-------|
| [-] | [kN/m]  | [kN/m]  | [kN·m/m] | [m]   | [m]   |
| 1   | 39.78   | 0.00    | 0.00     | -0.01 | 18.91 |
| 2   | 102.44  | 0.00    | 0.00     | -0.01 | 15.26 |

Zugglieder

D [m] = Durchmesser

FL [m] = freie Länge



R,d [kN/m] = aufnehmbare Bemessungskraft

Horizontaler Abstand = 2.000 m

| Nr. | x1   | y1    | x2     | y2    | D    | FL    | R,d    | Reib. |
|-----|------|-------|--------|-------|------|-------|--------|-------|
| [-] | [m]  | [m]   | [m]    | [m]   | [m]  | [m]   | [kN]   | Lam.  |
| 1   | 0.00 | 22.50 | -10.35 | 20.67 | 0.10 | 10.50 | 318.91 | ja    |

Bauteil 1

| Nr. | x     | y     |
|-----|-------|-------|
| [-] | [m]   | [m]   |
| 1   | -0.05 | 24.25 |
| 2   | -0.05 | 13.22 |
| 3   | 0.05  | 13.22 |
| 4   | 0.05  | 24.25 |

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 20.95

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 20.95

$\gamma$  Wasser [kN/m<sup>3</sup>] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Anfangs- und Endradius

x / y (Anfang): 0.0000 13.2147

x / y (Ende): 0.0000 -4.6400

Anzahl Radien = 40

Ungünstigster Gleitkreis

| Nr  | xm     | ym      | Radius  | Lamellen | $\mu$  | Zähler   | Nenner   | M(Ti)    | M(R)     | M(Gi)    | M(S)     |
|-----|--------|---------|---------|----------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| [-] | [m]    | [m]     | [m]     | [-]      | [-]    | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] |
| 146 | 3.7815 | 22.6100 | 10.5623 | 22       | 0.8453 | 5925.581 | 7010.097 | 7010.1   | 0.0      | 5633.5   | 292.1    |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang

1.2

# Spundwand

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 19,00mNN)

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 24.25 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 19.00 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 20.95 m

Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-T

$\gamma_G = 1.20$

$\gamma_Q = 1.30$

$\gamma_{Ep} = 1.30$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Bermen auf der Aktivseite

| Nr. | x1   | x2    | dh    | a     | x    | y     | Auflast | Verkehr |
|-----|------|-------|-------|-------|------|-------|---------|---------|
| [-] | [m]  | [m]   | [m]   | [m]   | [m]  | [m]   | [kN/m²] | [-]     |
| 1   | 3.25 | 11.75 | -2.83 | -1.08 | 6.52 | 17.04 | 0.00    | nein    |

Der Einfluss von Aktivbermen auf den aktiven Erddruck wird gemäß den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" berechnet.

| Bermen | auf  | der    | Passivseite | Auflast |
|--------|------|--------|-------------|---------|
| Nr.    | x1   | x2     | dh          | [kN/m²] |
| [-]    | [m]  | [m]    | [m]         |         |
| 1      | 0.00 | -10.00 | -2.00       | 0.00    |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)  | sig(h)  | x(Luftseite) | x(Erdseite) | Tiefe |
|-----|---------|---------|--------------|-------------|-------|
| [-] | [kN/m²] | [kN/m²] | [m]          | [m]         | [m]   |
| 1   | 5.00    | 0.00    | 0.25         | 3.25        | 24.25 |
| 2   | 33.30   | 0.00    | 12.00        | 15.00       | 21.40 |

| Nr. | y(oben) | y(mitte) | y(unten) | p(oben) | p(mitte) | p(unten) | Typ            |
|-----|---------|----------|----------|---------|----------|----------|----------------|
| [-] | [m]     | [m]      | [m]      | [kN/m²] | [kN/m²]  | [kN/m²]  |                |
| 1   | 24.09   | 23.86    | 19.16    | 1.19    | 1.19     | 1.19     | 0 Verkehrslast |
| 2   | 13.76   | 2.59     | -2.11    | 2.47    | 2.47     | 2.47     | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==> rechteckförmig verteilt

Zusatzdrücke

| Nr. | e(oben) | e(unten) | z(oben) | z(unten) | Typ         |
|-----|---------|----------|---------|----------|-------------|
| [-] | [kN/m²] | [kN/m²]  | [m]     | [m]      | [-]         |
| 1   | 0.00    | 25.10    | 20.95   | 17.89    | Wasserdruck |
| 2   | 25.10   | 0.00     | 17.89   | 12.05    | Wasserdruck |

Blocklasten nicht umgelagert

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch und Einspanngrad von 0.000 vorgegeben

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

$E_{ph,d} = 243.77 \text{ kN/m}$  ( $E_{pv,d} = -96.90 \text{ kN/m}$ )

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $B_{h,d} / E_{ph,d} = 1.000$

$B_{h(g+q),d} = 243.77 \text{ kN/m}$

$B_{h,g,d} = 242.82 \text{ kN/m}$

$B_{h,q,d} = 0.95 \text{ kN/m}$

$B_{h,w,d} = 93.42 \text{ kN/m}$

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$C_{h,g,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$C_{h,q,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$C_{h,w,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

Anker und Steifen

Bemessungswert (Anker) mit BS-P (1.35/1.50)

| Nr. | y     | Neigung | Länge | $N_d$  | $N_k$  | $N_{g,k}$ | $N_{w,k}$ | EA       | EI        |       |
|-----|-------|---------|-------|--------|--------|-----------|-----------|----------|-----------|-------|
| [-] | [m]   | [°]     | [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m]    | [kN/m]    | [kN/m]   | [kN·m²/m] | Anker |
| 1   | 22.50 | 10.00   | 9.00  | 114.53 | 84.26  | 79.05     | 22.59     | 2.100E+7 | -         |       |

Bodenkennwerte

| Schicht | UK    | $\gamma_k$  | $\gamma'_{k}$ | $\varphi_k$ | $c_k$     | $d(a)/\varphi$ | $d(p)/\phi$ | Anker |
|---------|-------|-------------|---------------|-------------|-----------|----------------|-------------|-------|
| pas/akt | [m]   | [kN/m³]     | [kN/m³]       | [°]         | [kN/m²]   | [-]            | [-]         |       |
| 1       | -0.64 | 18.00/18.00 | 7.50/11.80    | 32.50/32.50 | 0.00/0.00 | -0.667         | 0.667       |       |

Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{agh}$ | $k_{ach}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ | $k_{agh}(40^\circ)$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|---------------------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      | [-]                 |
| 1       | -0.64 | 0.251     | 0.866     | 32.500      | 21.68    | 57.46    | 0.179               |

Aktive Erddruckordinaten ( $[g+q],k$ )

mit Zusatzdrücke

| von    | bis    | oben    | unten   | Wasserdruck | Wasserdruck  |
|--------|--------|---------|---------|-------------|--------------|
| [m]    | [m]    | [kN/m²] | [kN/m²] | oben[kN/m²] | unten[kN/m²] |
| 24.250 | 24.091 | 0.000   | 0.718   | 0.00        | 0.00         |
| 24.091 | 23.858 | 1.913   | 2.962   | 0.00        | 0.00         |
| 23.858 | 23.250 | 2.962   | 5.705   | 0.00        | 0.00         |
| 23.250 | 22.500 | 5.705   | 9.088   | 0.00        | 0.00         |
| 22.500 | 22.250 | 9.088   | 10.216  | 0.00        | 0.00         |
| 22.250 | 21.200 | 10.216  | 14.953  | 0.00        | 0.00         |
| 21.200 | 20.950 | 14.953  | 16.081  | 0.00        | 0.00         |
| 20.950 | 20.200 | 16.081  | 18.299  | 0.00        | 6.15         |
| 20.200 | 19.203 | 18.299  | 21.248  | 6.15        | 14.33        |
| 19.203 | 19.156 | 21.248  | 21.387  | 14.33       | 14.72        |
| 19.156 | 19.000 | 21.387  | 20.653  | 14.72       | 16.00        |
| 19.000 | 18.954 | 20.653  | 20.788  | 16.00       | 16.37        |
| 18.954 | 18.818 | 20.788  | 21.193  | 16.37       | 17.49        |
| 18.818 | 18.232 | 21.193  | 22.486  | 17.49       | 22.30        |
| 18.232 | 17.890 | 22.486  | 23.240  | 22.30       | 25.10        |
| 17.890 | 17.591 | 23.240  | 23.900  | 25.10       | 23.82        |
| 17.591 | 17.242 | 23.900  | 24.670  | 23.82       | 22.32        |
| 17.242 | 16.246 | 24.670  | 26.869  | 22.32       | 18.03        |
| 16.246 | 15.250 | 26.869  | 29.068  | 18.03       | 13.75        |
| 15.250 | 14.303 | 29.068  | 31.157  | 13.75       | 9.68         |
| 14.303 | 13.755 | 31.157  | 32.367  | 9.68        | 7.33         |
| 13.755 | 13.478 | 32.367  | 35.453  | 7.33        | 6.14         |
| 13.478 | 12.050 | 35.453  | 38.604  | 6.14        | 0.00         |
| 12.050 | 2.590  | 38.604  | 59.485  | 0.00        | 0.00         |
| 2.590  | 1.776  | 59.485  | 61.280  | 0.00        | 0.00         |
| 1.776  | -0.640 | 61.280  | 68.426  | 0.00        | 0.00         |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{pgh}$ | $k_{pch}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      |
| 1       | -0.64 | 6.006     | 6.054     | 32.500      | -21.68   | 16.35    |

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)



Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30  
Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| von<br>[m] | bis<br>[m] | oben<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | unten<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------------|------------|------------------------------|-------------------------------|
| 19.16      | 19.00      | 0.00                         | 0.00                          |
| 19.00      | 18.95      | 0.00                         | -1.01                         |
| 18.95      | 18.82      | -1.01                        | -4.03                         |
| 18.82      | 18.23      | -4.03                        | -16.98                        |
| 18.23      | 17.89      | -16.98                       | -24.53                        |
| 17.89      | 17.59      | -24.53                       | -31.14                        |
| 17.59      | 17.24      | -31.14                       | -38.84                        |
| 17.24      | 16.25      | -38.84                       | -60.86                        |
| 16.25      | 15.25      | -60.86                       | -82.88                        |
| 15.25      | 14.30      | -82.88                       | -103.80                       |
| 14.30      | 13.76      | -103.80                      | -115.91                       |
| 13.76      | 13.48      | -115.91                      | -122.04                       |
| 13.48      | 12.05      | -122.04                      | -171.51                       |
| 12.05      | 2.59       | -171.51                      | -499.29                       |
| 2.59       | 1.78       | -499.29                      | -527.47                       |
| 1.78       | -0.64      | -527.47                      | -611.20                       |

#### Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 24.09        | -0.2        | -0.1        | 0.0           |                |
| 23.86        | -0.8        | -0.8        | -0.1          |                |
| 23.25        | -2.8        | -4.0        | -1.5          |                |
| 22.50        | -6.3        | -10.8       | -6.8          | 100.1          |
| 22.50        | -24.0       | 89.3        | -6.8          |                |
| 22.25        | -25.4       | 86.4        | 15.2          |                |
| 21.20        | -33.0       | 70.4        | 98.0          |                |
| 20.95        | -35.1       | 65.7        | 115.1         |                |
| 20.20        | -42.2       | 47.4        | 157.9         |                |
| 19.20        | -52.8       | 11.4        | 188.4         |                |
| 19.16        | -53.3       | 9.3         | 188.8         |                |
| 19.00        | -55.0       | 2.6         | 189.8         |                |
| 18.95        | -55.5       | 0.6         | 189.9         |                |
| 18.82        | -56.9       | -5.3        | 189.5         |                |
| 18.23        | -61.2       | -28.4       | 179.5         |                |
| 17.89        | -62.5       | -40.3       | 167.7         |                |
| 17.59        | -62.9       | -49.2       | 154.3         |                |
| 17.24        | -62.4       | -56.7       | 135.8         |                |
| 16.25        | -55.9       | -61.5       | 74.9          |                |
| 15.25        | -41.6       | -41.6       | 21.5          |                |
| 14.30        | -20.9       | 0.0         | 0.0           |                |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

#### Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 24.09        | -0.2        | -0.1        | 0.0           |                |
| 23.86        | -0.6        | -0.4        | -0.1          |                |
| 23.25        | -2.2        | -2.7        | -0.9          |                |
| 22.50        | -5.3        | -8.3        | -4.8          | 93.4           |
| 22.50        | -21.8       | 85.1        | -4.8          |                |
| 22.25        | -23.1       | 82.6        | 16.1          |                |
| 21.20        | -30.0       | 68.2        | 95.8          |                |
| 20.95        | -32.0       | 63.9        | 112.4         |                |
| 20.20        | -38.6       | 46.8        | 154.4         |                |
| 19.20        | -48.6       | 12.3        | 184.9         |                |
| 19.16        | -49.1       | 10.3        | 185.5         |                |
| 19.00        | -50.8       | 3.6         | 186.5         |                |
| 18.95        | -51.3       | 1.6         | 186.7         |                |
| 18.82        | -52.7       | -4.2        | 186.5         |                |
| 18.23        | -57.0       | -27.4       | 177.1         |                |
| 17.89        | -58.3       | -39.4       | 165.6         |                |
| 17.59        | -58.7       | -48.2       | 152.5         |                |
| 17.24        | -58.3       | -55.8       | 134.3         |                |
| 16.25        | -51.8       | -60.8       | 74.2          |                |
| 15.25        | -37.7       | -41.3       | 21.3          |                |
| 14.30        | -17.1       | 0.0         | 0.0           |                |

## Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 24.09        | -0.2        | -0.1        | 0.0           |                |
| 23.86        | -0.6        | -0.6        | -0.1          |                |
| 23.25        | -2.3        | -3.3        | -1.2          |                |
| 22.50        | -5.2        | -8.8        | -5.5          | 83.0           |
| 22.50        | -19.8       | 74.2        | -5.5          |                |
| 22.25        | -21.0       | 71.8        | 12.7          |                |
| 21.20        | -27.3       | 58.5        | 81.5          |                |
| 20.95        | -29.1       | 54.7        | 95.7          |                |
| 20.20        | -34.9       | 39.5        | 131.4         |                |
| 19.20        | -43.7       | 9.5         | 156.7         |                |
| 19.16        | -44.2       | 7.8         | 157.2         |                |
| 19.00        | -45.6       | 2.2         | 157.9         |                |
| 18.95        | -46.0       | 0.6         | 158.0         |                |
| 18.82        | -47.2       | -4.3        | 157.7         |                |
| 18.23        | -50.8       | -23.6       | 149.4         |                |
| 17.89        | -51.8       | -33.5       | 139.6         |                |
| 17.59        | -52.1       | -40.9       | 128.5         |                |
| 17.24        | -51.8       | -47.2       | 113.0         |                |
| 16.25        | -46.3       | -51.2       | 62.4          |                |
| 15.25        | -34.4       | -34.7       | 17.9          |                |
| 14.30        | -17.2       | 0.0         | 0.0           |                |

## Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 24.09        | -0.2        | -0.1        | 0.0           |                |
| 23.86        | -0.5        | -0.3        | 0.0           |                |
| 23.25        | -1.9        | -2.3        | -0.8          |                |
| 22.50        | -4.4        | -6.9        | -4.0          | 77.8           |
| 22.50        | -18.2       | 70.9        | -4.0          |                |
| 22.25        | -19.2       | 68.8        | 13.4          |                |
| 21.20        | -25.0       | 56.9        | 79.9          |                |
| 20.95        | -26.7       | 53.3        | 93.6          |                |
| 20.20        | -32.2       | 39.0        | 128.6         |                |
| 19.20        | -40.5       | 10.2        | 154.1         |                |
| 19.16        | -40.9       | 8.6         | 154.5         |                |
| 19.00        | -42.3       | 3.0         | 155.5         |                |
| 18.95        | -42.7       | 1.4         | 155.6         |                |
| 18.82        | -43.9       | -3.5        | 155.4         |                |
| 18.23        | -47.5       | -22.8       | 147.6         |                |
| 17.89        | -48.6       | -32.8       | 138.0         |                |
| 17.59        | -48.9       | -40.2       | 127.1         |                |
| 17.24        | -48.5       | -46.5       | 111.9         |                |
| 16.25        | -43.2       | -50.7       | 61.8          |                |
| 15.25        | -31.4       | -34.4       | 17.7          |                |
| 14.30        | -14.2       | 0.0         | 0.0           |                |

## Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 24.09        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 23.86        | -0.1        | -0.3        | 0.0           |                |
| 23.25        | -0.4        | -1.0        | -0.4          |                |
| 22.50        | -0.8        | -1.9        | -1.5          | 5.1            |
| 22.50        | -1.7        | 3.2         | -1.5          |                |
| 22.25        | -1.8        | 2.9         | -0.7          |                |
| 21.20        | -2.3        | 1.7         | 1.7           |                |
| 20.95        | -2.4        | 1.4         | 2.1           |                |
| 20.20        | -2.8        | 0.5         | 2.8           |                |
| 19.20        | -3.2        | -0.7        | 2.6           |                |
| 19.16        | -3.2        | -0.8        | 2.6           |                |
| 19.00        | -3.3        | -0.8        | 2.5           |                |
| 18.95        | -3.3        | -0.8        | 2.5           |                |
| 18.82        | -3.3        | -0.8        | 2.3           |                |
| 18.23        | -3.3        | -0.8        | 1.9           |                |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

|       |      |      |     |
|-------|------|------|-----|
| 17.89 | -3.2 | -0.8 | 1.6 |
| 17.59 | -3.2 | -0.7 | 1.4 |
| 17.24 | -3.2 | -0.7 | 1.2 |
| 16.25 | -3.2 | -0.5 | 0.6 |
| 15.25 | -3.1 | -0.3 | 0.1 |
| 14.30 | -2.9 | 0.0  | 0.0 |

#### Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 24.09        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 23.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 23.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           | 22.2           |
| 22.50        | -3.9        | 22.2        | 0.0           |                |
| 22.25        | -3.9        | 22.2        | 5.6           |                |
| 21.20        | -3.9        | 22.2        | 28.9          |                |
| 20.95        | -3.9        | 22.2        | 34.5          |                |
| 20.20        | -3.9        | 19.9        | 50.6          |                |
| 19.20        | -3.9        | 9.7         | 66.1          |                |
| 19.16        | -3.9        | 9.0         | 66.5          |                |
| 19.00        | -3.9        | 6.7         | 67.7          |                |
| 18.95        | -3.9        | 5.9         | 68.0          |                |
| 18.82        | -3.9        | 3.7         | 68.7          |                |
| 18.23        | -3.1        | -6.0        | 68.0          |                |
| 17.89        | -2.2        | -11.8       | 65.0          |                |
| 17.59        | -1.1        | -16.4       | 60.8          |                |
| 17.24        | 0.4         | -20.5       | 54.3          |                |
| 16.25        | 6.8         | -24.6       | 30.9          |                |
| 15.25        | 16.0        | -17.4       | 9.0           |                |
| 14.30        | 27.3        | 0.0         | 0.0           |                |

#### Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $EI = 3.965E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

| Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] |
|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 24.25        | 17.4      | 24.09        | 15.8      | 23.86        | 13.5      | 23.25        | 7.4       | 22.50        | -0.1      | 22.25        | -2.6      | 21.20        | -12.5     |
| 20.95        | -14.7     | 20.20        | -20.0     | 19.20        | -24.2     | 19.16        | -24.3     | 19.00        | -24.6     | 18.95        | -24.6     | 18.82        | -24.8     |
| 18.23        | -24.5     | 17.89        | -23.8     | 17.59        | -22.8     | 17.24        | -21.3     | 16.25        | -15.3     | 15.25        | -7.7      | 14.30        | 0.0       |

#### Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

$\phi_{[g+q],k} = -0.46822540$

Theoretischer Fußpunkt = 14.303 m

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

#### Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max M,gq

$M_{Ed} = 189.8 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$

$V_{Ed} = 0.6 \text{ kN}/\text{m}$

$N_{Ed} = -55.5 \text{ kN}/\text{m}$  (Druck)

Profil: AZ 12-700 Stahlgüte: S 240 GP

Wasserdruckdifferenz = 2.51 m

$b = 700.0 \text{ mm} / b_f = 356.4 \text{ mm}$

$t_f = 8.5 \text{ mm} / t_w = 8.5 \text{ mm} / A = 123.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 314.0 \text{ mm} / \alpha = 42.8^\circ$

$W_{pl} = 1415.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 18880.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

$\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.00$

$\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 42.4$

Querschnittsklasse: 2

$f_{y,red} = 240.0 \text{ N}/\text{mm}^2$

$M_{c,Rd} = 339.6 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$

$V_{pl,Rd} = 514.0 \text{ kN}/\text{m}$  ( $\mu = 0.001$ )

$N_{pl,Rd} = 2952.0 \text{ kN}/\text{m}$  ( $\mu = 0.019$ )

Querkraft-Interaktion

$V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$

$M_{c,Rd} = 339.6 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$

$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.559$

Knicklänge = 8.20 m



$N_{cr} = 5819.6 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.010 \leq 0.04$   
 -> Kein Knicknachweis  
 $\max \mu = 0.559$

$\max M_d = 189.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 18.95 m)  
 Zugehörige Werte:  $N_d = -55.5 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = 0.6 \text{ kN/m}$ ;  $w_k = 24.6 \text{ mm}$

$\max Q_d = 89.3 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 22.50 m)  
 Zugehörige Werte:  $N_d = -24.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = -6.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.1 \text{ mm}$

$\max N_d = 62.9 \text{ kN/m}$  (Tiefe = 17.59 m)  
 Zugehörige Werte:  $Q_d = -49.2 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 154.3 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 27.4 \text{ mm}$

$\max w_k = 24.8 \text{ mm}$  (Tiefe = 18.62 m)  
 Zugehörige Werte:  $N_d = -58.7 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = -13.3 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 187.7 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Einbindetiefe  $t_g = 4.70 \text{ m}$   
 Profillänge = 9.95 m

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung:  $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$

$G_k = 9.60 \text{ kN/m}$

$P_{v,k} = 13.73 \text{ kN/m}$

$E_{av,k} = 74.38 \text{ kN/m}$  ( $E_{ah,k} = 187.12 \text{ kN/m}$ )

$C_{h,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$B_{v,k} = -81.46 \text{ kN/m}$

$\delta_p [^\circ] = -21.7$

$\delta_c [^\circ] = 10.8$

Summe  $V_k = 16.25 \text{ kN/m}$  (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (links)

Profil: AZ 12-700

$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_B) / \gamma_{Ep}$

$R_{Bv,d} = (204.93 - 1/2 \cdot 0.00) \cdot \tan(32.5^\circ) / 1.30 = 100.43 \text{ kN/m}$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) / \gamma_{Ep}$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 0.00 \cdot \tan(19.5^\circ) / 1.30 = 0.00 \text{ kN/m}$

Spitzendruck  $q_{c,m} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

(gemittelt von 14.62 bis 13.05 m) ==>  $q_{b,k} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0123 \cdot 10.00 \cdot 1000 / 1.40 = 87.86 \text{ kN/m}$

Keine Mantelreibung

$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} = 188.28 \text{ kN/m}$

Einwirkungen

$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 11.53 + 89.49 + 17.65 = 118.66 \text{ kN/m}$

==>  $\mu = V_d / R_d = 118.66 / 188.28 = 0.63$

Horizontaler Wasserdruk herkömmlich bestimmt.

Hydraulische Grundbruchsicherheit

UK Schicht = 24.25

$\gamma_{\text{Gewicht}} = 0.95$

$\gamma_{\text{Strömungskraft}} = 1.45$

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.000

= 0.000 =  $(1.45 \cdot 0.00) / (0.95 \cdot 0.00)$

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Tiefe Gleitfuge

(Blocklasten rechteckig auf Ersatzwand)

Ansatzpunkt der Gleitfuge im Wandbereich = 9.95 m

$A_{h,g,d} = A_{h,g,k} \cdot \gamma_G$  und  $A_{h,d} = A_{h,g,k} \cdot \gamma_G + A_{h,q,k} \cdot \gamma_Q$

mögl  $A_{h,g,d} = \text{mögl } A_{h,g,k} / \gamma_{Ep}$  und mögl  $A_d = \text{mögl } A_k / \gamma_{Ep}$

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rug

$\mu_e = \text{Ausnutzungsgrad} \leq 1.0$

| Nr  | Tiefe | Länge | Höhe(Ankerw.) | $A_{h,d}$ | mögl $A_{h,d}$ | $\mu_{e,gq}$ | $A_{h,g,d}$ | mögl $A_{h,g,d}$ | $\mu_{e,g}$ |
|-----|-------|-------|---------------|-----------|----------------|--------------|-------------|------------------|-------------|
| [-] | [m]   | [m]   | [m]           | [kN/m]    | [kN/m]         | [-]          | [kN/m]      | [kN/m]           | [-]         |
| 1   | 22.50 | 9.00  | 1.00          | 112.79    | 136.48         | 0.826        | 93.42       | 131.94           | 0.708       |

Werte für ungünstigste Gleitfuge

Lastfall: g+q

| x    | y     | $G_k$  | $E_{ah,k}$ | $E_{av,k}$ | $Q_x$  | $Q_y$  | $C_k$  | H      | $\theta$ | $\varphi$ |
|------|-------|--------|------------|------------|--------|--------|--------|--------|----------|-----------|
| [m]  | [m]   | [kN/m] | [kN/m]     | [kN/m]     | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [°]      | [°]       |
| 0.00 | 14.30 | -      | 187.1      | 74.4       | -      | -      | -      | -      | -        | -         |
| 3.25 | 16.37 | 423.3  | 100.5      | 39.9       | -0.4   | -373.6 | 0.0    | 0.0    | 32.44    | 32.5      |
| 5.64 | 17.89 | 232.8  | 50.9       | 20.2       | -0.2   | -204.3 | 0.0    | 0.0    | 32.44    | 32.5      |
| 7.10 | 18.82 | 104.0  | 28.8       | 11.5       | -0.1   | -91.4  | 0.0    | 0.0    | 32.44    | 32.5      |
| 7.39 | 19.00 | 17.1   | 25.2       | 10.0       | 0.0    | -15.0  | 0.0    | 0.0    | 32.44    | 32.5      |
| 7.63 | 19.16 | 13.7   | 22.3       | 8.9        | 0.0    | -12.0  | 0.0    | 0.0    | 32.44    | 32.5      |
| 7.78 | 19.25 | 7.9    | 20.7       | 8.2        | 0.0    | -6.9   | 0.0    | 0.0    | 32.44    | 32.5      |
| 8.57 | 19.75 | 36.9   | 12.9       | 5.1        | 0.0    | -32.5  | 0.0    | 0.0    | 32.44    | 32.5      |
| 8.86 | 19.94 | 11.7   | 10.4       | 4.1        | 0.0    | -10.3  | 0.0    | 0.0    | 32.44    | 32.5      |

Werte für ungünstigste Gleitfuge

Lastfall: g

| x    | y     | $G_k$  | $E_{ah,k}$ | $E_{av,k}$ | $Q_x$  | $Q_y$  | $C_k$  | H      | $\theta$ | $\varphi$ |
|------|-------|--------|------------|------------|--------|--------|--------|--------|----------|-----------|
| [m]  | [m]   | [kN/m] | [kN/m]     | [kN/m]     | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [°]      | [°]       |
| 0.00 | 14.30 | -      | 181.2      | 72.0       | -      | -      | -      | -      | -        | -         |
| 3.25 | 16.37 | 408.3  | 100.5      | 39.9       | -0.4   | -362.0 | 0.0    | 0.0    | 32.44    | 32.5      |
| 5.64 | 17.89 | 232.8  | 50.9       | 20.2       | -0.2   | -204.3 | 0.0    | 0.0    | 32.44    | 32.5      |
| 7.10 | 18.82 | 104.0  | 28.8       | 11.5       | -0.1   | -91.4  | 0.0    | 0.0    | 32.44    | 32.5      |
| 7.39 | 19.00 | 17.1   | 25.2       | 10.0       | 0.0    | -15.0  | 0.0    | 0.0    | 32.44    | 32.5      |
| 7.63 | 19.16 | 13.7   | 22.3       | 8.9        | 0.0    | -12.0  | 0.0    | 0.0    | 32.44    | 32.5      |
| 7.78 | 19.25 | 7.9    | 20.7       | 8.2        | 0.0    | -6.9   | 0.0    | 0.0    | 32.44    | 32.5      |
| 8.57 | 19.75 | 36.9   | 12.9       | 5.1        | 0.0    | -32.5  | 0.0    | 0.0    | 32.44    | 32.5      |
| 8.86 | 19.94 | 11.7   | 10.4       | 4.1        | 0.0    | -10.3  | 0.0    | 0.0    | 32.44    | 32.5      |

(H = Horizontalkraft infolge Erdbeben)

Nachweis Verankerungsboden für Anker-Nr. 1

$E_{ph,d}$  (Ersatzwand) = 189.84

( $E_{ph,d}$  ohne veränderliche Lasten)

(Blocklasten rechteckig auf Ersatzwand)

$E_{h,d}$  (Ersatzwand) = 12.50

$E_{v,d}$  (Ersatzwand) = 4.97

Horizontale Ankerkraft  $A_{h,d}$  = 112.79

$\mu_e = (112.79 + 12.50) / 189.84 = 0.66$

Lastfall: (g+q)

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Nachweis Aufbruchsicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten  $f_Q = 1.300 / 1.200 = 1.083$

Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{Rv} = 1.300$

Breite = 1.05 m

Gewicht  $G_k$  (einschließlich Verkehr) = 218.85 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.083)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 70.99$  [kN/m]

Kohäsionskraft  $K_k = 0.00$  [kN/m]

Grundbruchlast  $R_{n,k} = 2750.45$  [kN/m]

Grundbruch mit:

Reibungswinkel  $\varphi_k = 32.50$  [°]

Kohäsion  $c_k = 0.00$  [kN/m<sup>2</sup>]

$N_d = 24.585 / N_b = 15.025 / N_c = 37.020$

$\sigma_u = 95.320$  [kN/m<sup>2</sup>]

$\mu_e = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.121$

$\mu_e = [218.85 \cdot 1.20] / [(2750.45 + 0.00 + 70.99) / 1.300] = 0.121$

1.2

# Böschungsberechnung nach EC 7 mit Kreisgleitflächen

Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 19,00mNN)

## Parameterliste

$\phi$  [°] = Reibungswinkel

c [kN/m²] = Kohäsion

$\gamma$  [kN/m³] = Wichte

qs [kN/m²] = Mantelreibung

max psi(A) [°] = Winkel zwischen der Gleitrichtung des Bruchmechanismus und dem Zugglied

$\mu$  [-] = Ausnutzungsgrad

xm,ym [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes

rad [m] = Radius des Gleitkreises

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- gam(phi) = 1.15

- gam(c') = 1.15

- gam(cu) = 1.15

- gam(Wichten) = 1.00

- gam(Ständige Einw.) = 1.00

- gam(Veränderliche Einw.) = 1.20

- gam(Herausziehen) = 1.3000 (GEO-2)

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach rechts

Koordinaten der Geländepunkte

| Nr. | x       | y      | Nr. | x       | y      | Nr. | x      | y      | Nr. | x     | y      | Nr. | x     | y      |
|-----|---------|--------|-----|---------|--------|-----|--------|--------|-----|-------|--------|-----|-------|--------|
| [-] | [m]     | [m]    | [-] | [m]     | [m]    | [-] | [m]    | [m]    | [-] | [m]   | [m]    | [-] | [m]   | [m]    |
| 1   | -22.795 | 21.417 | 2   | -11.750 | 21.417 | 3   | -3.250 | 24.250 | 4   | 0.000 | 24.250 | 5   | 0.000 | 19.000 |
| 6   | 10.000  | 17.000 | 7   | 22.795  | 17.000 |     |        |        |     |       |        |     |       |        |

Charakteristische Bodenkennwerte

| Boden | $\phi_k$ | $c_k$   | $\gamma_k$ | $q_{s,k}$ | max psi(A) | Bezeichnung |
|-------|----------|---------|------------|-----------|------------|-------------|
| [-]   | [°]      | [kN/m²] | [kN/m³]    | [kN/m²]   | [°]        |             |
| 1     | 32.50    | 0.00    | 18.00      | 0.00      | 85.00      | Sand        |
| 2     | 32.50    | 0.00    | 21.80      | 0.00      | 85.00      | Sand        |
| 3     | 32.50    | 0.00    | 17.50      | 0.00      | 85.00      | Sand (pas)  |

Bemessungs-Bodenkennwerte

| Boden | $\phi_d$ | $c_d$   | $\gamma_d$ | Bezeichnung |
|-------|----------|---------|------------|-------------|
| [-]   | [°]      | [kN/m²] | [kN/m³]    |             |
| 1     | 28.99    | 0.00    | 18.00      | Sand        |
| 2     | 28.99    | 0.00    | 21.80      | Sand        |
| 3     | 28.99    | 0.00    | 17.50      | Sand (pas)  |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

| Nr. | x(links) | y(links) | x(rechts) | y(rechts) | Boden-Nr. |
|-----|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| [-] | [m]      | [m]      | [m]       | [m]       |           |
| 1   | 0.000    | -5.640   | 22.795    | -5.640    | 3         |
| 2   | -22.795  | 20.950   | 0.000     | 20.950    | 1         |
| 3   | -22.795  | -5.640   | 0.000     | -5.640    | 2         |

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

| Nr. | x       | y      | Nr. | x      | y      | Nr. | x     | y      | Nr. | x      | y      |
|-----|---------|--------|-----|--------|--------|-----|-------|--------|-----|--------|--------|
| [-] | [m]     | [m]    | [-] | [m]    | [m]    | [-] | [m]   | [m]    | [-] | [m]    | [m]    |
| 1   | -22.795 | 20.950 | 2   | -0.001 | 20.950 | 3   | 0.000 | 20.950 | 4   | 22.795 | 20.950 |

Verkehrslasten

| Nr. | Größe(links) | Größe(rechts) | x(links) | x(rechts) | y     |
|-----|--------------|---------------|----------|-----------|-------|
| [-] | [kN/m²]      | [kN/m²]       | [m]      | [m]       | [m]   |
| 1   | 5.00         | 5.00          | -3.25    | -0.25     | 24.25 |
| 2   | 33.30        | 33.30         | -15.00   | -12.00    | 21.40 |

Einzelkräfte / Einzelmomente

| Nr. | H-Kraft | V-Kraft | Moment   | x     | y     |
|-----|---------|---------|----------|-------|-------|
| [-] | [kN/m]  | [kN/m]  | [kN·m/m] | [m]   | [m]   |
| 1   | 38.40   | 0.00    | 0.00     | -0.01 | 18.91 |
| 2   | 73.29   | 0.00    | 0.00     | -0.01 | 15.94 |

Zugglieder

D [m] = Durchmesser

FL [m] = freie Länge



-112-

R,d [kN/m] = aufnehmbare Bemessungskraft

Horizontaler Abstand = 2.000 m

| Nr. | x1   | y1    | x2    | y2    | D    | FL   | R,d    | Reib. |
|-----|------|-------|-------|-------|------|------|--------|-------|
| [-] | [m]  | [m]   | [m]   | [m]   | [m]  | [m]  | [kN]   | Lam.  |
| 1   | 0.00 | 22.50 | -8.96 | 20.92 | 0.10 | 9.00 | 229.05 | ja    |

Bauteil 1

| Nr. | x     | y     |
|-----|-------|-------|
| [-] | [m]   | [m]   |
| 1   | -0.05 | 24.25 |
| 2   | -0.05 | 14.31 |
| 3   | 0.05  | 14.31 |
| 4   | 0.05  | 24.25 |

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 20.95

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 20.95

$\gamma$  Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Anfangs- und Endradius

x / y (Anfang): 0.0000 14.3031

x / y (Ende ): 0.0000 -4.6400

Anzahl Radien = 40

Ungünstigster Gleitkreis

| Nr  | xm     | ym      | Radius | Lamellen | $\mu$  | Zähler   | Nenner   | M(Ti)    | M(R)     | M(Gi)    | M(S)     |
|-----|--------|---------|--------|----------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| [-] | [m]    | [m]     | [m]    | [-]      | [-]    | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] |
| 144 | 3.3246 | 22.8100 | 9.5964 | 22       | 0.8387 | 4564.134 | 5441.823 | 5441.8   | 0.0      | 4261.6   | 302.5    |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

1.3

Spundwand

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 20,00mNN)

Indices:

- d = Bemessungswert
- k = charakteristisch
- g = Ständig, einschließlich Wasserdruck
- q = Veränderlich
- g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck
- w = Wasserdruck

Wandkopf = 24.25 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m  
 Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 20.00 m  
 Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m  
 Grundwasserstand (Luftseite) = 20.95 m

Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-T

$\gamma_G = 1.20$

$\gamma_Q = 1.30$

$\gamma_{Ep} = 1.30$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Bermen auf der Aktivseite

| Nr. | x1   | x2    | dh    | a     | x    | y     | Auflast              | Verkehr |
|-----|------|-------|-------|-------|------|-------|----------------------|---------|
| [-] | [m]  | [m]   | [m]   | [m]   | [m]  | [m]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]     |
| 1   | 3.25 | 11.75 | -2.83 | -1.08 | 6.52 | 17.04 | 0.00                 | nein    |

Der Einfluss von Aktivbermen auf den aktiven Erddruck wird gemäß den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" berechnet.

| Bermen | auf  | der    | Passivseite |                      |
|--------|------|--------|-------------|----------------------|
| Nr.    | x1   | x2     | dh          | Auflast              |
| [-]    | [m]  | [m]    | [m]         | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 1      | 0.00 | -10.00 | -2.00       | 0.00                 |

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rug

Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)               | sig(h)               | x(Luftseite) | x(Erdseite) | Tiefe |
|-----|----------------------|----------------------|--------------|-------------|-------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]          | [m]         | [m]   |
| 1   | 5.00                 | 0.00                 | 0.25         | 3.25        | 24.25 |
| 2   | 33.30                | 0.00                 | 12.00        | 15.00       | 21.40 |

| Nr. | y(oben) | y(mitte) | y(unten) | p(oben)              | p(mitte)             | p(unten)             | Typ            |
|-----|---------|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| [-] | [m]     | [m]      | [m]      | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |                |
| 1   | 24.09   | 23.86    | 19.16    | 1.19                 | 1.19                 | 1.19                 | 0 Verkehrslast |
| 2   | 13.76   | 2.59     | -2.11    | 2.47                 | 2.47                 | 2.47                 | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==> rechteckförmig verteilt

Zusatzdrücke

| Nr. | e(oben)              | e(unten)             | z(oben) | z(unten) | Typ         |
|-----|----------------------|----------------------|---------|----------|-------------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]     | [m]      | [-]         |
| 1   | 0.00                 | 23.30                | 20.95   | 17.89    | Wasserdruck |
| 2   | 23.30                | 0.00                 | 17.89   | 14.01    | Wasserdruck |

Blocklasten nicht umgelagert

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch und Einspanngrad von 0.000 vorgegeben

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

Eph,d = 205.57 kN/m (Epv,d = -81.71 kN/m)  
 Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) = Bh,d / Eph,d = 1.000  
 Bh(g+q),d = 205.57 kN/m  
 Bh,g,d = 204.45 kN/m  
 Bh,q,d = 1.12 kN/m  
 Bh,w,d = 75.35 kN/m

Ersatzkräfte Ch (Blum)

Ch,k = 0.00 kN/m  
 Ch,g,k = 0.00 kN/m  
 Ch,q,k = 0.00 kN/m  
 Ch,w,k = 0.00 kN/m

Anker und Steifen

Bemessungswert (Anker) mit BS-P (1.35/1.50)

| Nr. | y     | Neigung | Länge | Nd     | Nk     | Ng,k   | Nw,k   | EA       | EI        |       |
|-----|-------|---------|-------|--------|--------|--------|--------|----------|-----------|-------|
| [-] | [m]   | [°]     | [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m]   | [kN·m²/m] |       |
| 1   | 22.50 | 10.00   | 8.00  | 85.36  | 62.67  | 57.61  | 12.56  | 2.100E+7 | -         | Anker |

Bodenkennwerte

| Schicht | UK    | $\gamma_k$  | $\gamma'_{k}$ | $\varphi_k$ | $c_k$      | d(a)/ $\varphi$ | d(p)/phiAnker |
|---------|-------|-------------|---------------|-------------|------------|-----------------|---------------|
| pas/akt | [m]   | [kN/m³]     | [kN/m³]       | [°]         | [kN/m²]    | [-]             | [-]           |
| 1       | -0.64 | 18.00/18.00 | 6.40/12.40    | 32.50/32.50 | 0.00/ 0.00 | -0.667          | 0.667         |

Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | kagh  | kach  | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ | kagh(40°) |
|---------|-------|-------|-------|-------------|----------|----------|-----------|
| [-]     | [m]   | [-]   | [-]   | [°]         | [°]      | [°]      | [-]       |
| 1       | -0.64 | 0.251 | 0.866 | 32.500      | 21.68    | 57.46    | 0.179     |

Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

mit Zusatzdrücke

| von    | bis    | oben    | unten   | Wasserdruck | Wasserdruck  |
|--------|--------|---------|---------|-------------|--------------|
| [m]    | [m]    | [kN/m²] | [kN/m²] | oben[kN/m²] | unten[kN/m²] |
| 24.250 | 24.091 | 0.000   | 0.718   | 0.00        | 0.00         |
| 24.091 | 23.858 | 1.913   | 2.962   | 0.00        | 0.00         |
| 23.858 | 23.250 | 2.962   | 5.705   | 0.00        | 0.00         |
| 23.250 | 22.500 | 5.705   | 9.088   | 0.00        | 0.00         |
| 22.500 | 22.250 | 9.088   | 10.216  | 0.00        | 0.00         |
| 22.250 | 21.200 | 10.216  | 14.953  | 0.00        | 0.00         |
| 21.200 | 20.950 | 14.953  | 16.081  | 0.00        | 0.00         |
| 20.950 | 20.200 | 16.081  | 18.411  | 0.00        | 5.71         |
| 20.200 | 20.000 | 18.411  | 19.033  | 5.71        | 7.23         |
| 20.000 | 19.454 | 19.033  | 20.731  | 7.23        | 11.39        |
| 19.454 | 19.205 | 20.731  | 21.503  | 11.39       | 13.28        |
| 19.205 | 19.156 | 21.503  | 21.657  | 13.28       | 13.66        |
| 19.156 | 18.818 | 21.657  | 21.513  | 13.66       | 16.24        |
| 18.818 | 18.427 | 21.513  | 22.434  | 16.24       | 19.21        |
| 18.427 | 18.232 | 22.434  | 22.895  | 19.21       | 20.70        |
| 18.232 | 17.890 | 22.895  | 23.700  | 20.70       | 23.30        |
| 17.890 | 17.238 | 23.700  | 25.238  | 23.30       | 19.38        |
| 17.238 | 16.234 | 25.238  | 27.605  | 19.38       | 13.36        |
| 16.234 | 15.331 | 27.605  | 29.734  | 13.36       | 7.93         |
| 15.331 | 14.478 | 29.734  | 31.745  | 7.93        | 2.81         |
| 14.478 | 14.010 | 31.745  | 32.848  | 2.81        | 0.00         |
| 14.010 | 13.755 | 32.848  | 33.449  | 0.00        | 0.00         |
| 13.755 | 2.590  | 33.449  | 62.246  | 0.00        | 0.00         |
| 2.590  | 1.776  | 62.245  | 64.163  | 0.00        | 0.00         |
| 1.776  | -0.640 | 64.163  | 71.673  | 0.00        | 0.00         |

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rug

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | kpg   | kph   | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ |
|---------|-------|-------|-------|-------------|----------|----------|
| [-]     | [m]   | [-]   | [-]   | [°]         | [°]      | [°]      |
| 1       | -0.64 | 6.006 | 6.054 | 32.500      | -21.68   | 16.35    |

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30



Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| von<br>[m] | bis<br>[m] | oben<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | unten<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------------|------------|------------------------------|-------------------------------|
| 20.20      | 20.00      | 0.00                         | 0.00                          |
| 20.00      | 19.45      | 0.00                         | -10.30                        |
| 19.45      | 19.21      | -10.30                       | -14.99                        |
| 19.21      | 19.16      | -14.99                       | -15.92                        |
| 19.16      | 18.82      | -15.92                       | -22.30                        |
| 18.82      | 18.43      | -22.30                       | -29.66                        |
| 18.43      | 18.23      | -29.66                       | -33.35                        |
| 18.23      | 17.89      | -33.35                       | -39.79                        |
| 17.89      | 17.24      | -39.79                       | -52.09                        |
| 17.24      | 16.23      | -52.09                       | -71.02                        |
| 16.23      | 15.33      | -71.02                       | -88.05                        |
| 15.33      | 14.48      | -88.05                       | -104.14                       |
| 14.48      | 14.01      | -104.14                      | -117.97                       |
| 14.01      | 13.76      | -117.97                      | -125.51                       |
| 13.76      | 2.59       | -125.51                      | -455.63                       |
| 2.59       | 1.78       | -455.63                      | -479.68                       |
| 1.78       | -0.64      | -479.68                      | -551.12                       |

Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 24.09        | -0.2        | -0.1        | 0.0           |                |
| 23.86        | -0.8        | -0.8        | -0.1          |                |
| 23.25        | -2.8        | -4.0        | -1.5          |                |
| 22.50        | -6.3        | -10.8       | -6.8          | 74.6           |
| 22.50        | -19.5       | 63.8        | -6.8          |                |
| 22.25        | -20.9       | 60.9        | 8.8           |                |
| 21.20        | -28.5       | 44.9        | 64.8          |                |
| 20.95        | -30.6       | 40.2        | 75.5          |                |
| 20.20        | -37.7       | 22.0        | 99.3          |                |
| 20.00        | -39.7       | 16.0        | 103.1         |                |
| 19.45        | -44.4       | -0.4        | 107.2         |                |
| 19.21        | -46.0       | -7.3        | 106.3         |                |
| 19.16        | -46.2       | -8.6        | 105.9         |                |
| 18.82        | -47.4       | -16.7       | 101.6         |                |
| 18.43        | -47.9       | -25.1       | 93.4          |                |
| 18.23        | -47.8       | -28.8       | 88.1          |                |
| 17.89        | -47.0       | -34.8       | 77.2          |                |
| 17.24        | -43.4       | -40.5       | 52.1          |                |
| 16.23        | -32.4       | -29.8       | 14.9          |                |
| 15.33        | -17.0       | 0.0         | 0.0           |                |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 24.09        | -0.2        | -0.1        | 0.0           |                |
| 23.86        | -0.6        | -0.4        | -0.1          |                |
| 23.25        | -2.2        | -2.7        | -0.9          |                |
| 22.50        | -5.3        | -8.3        | -4.8          | 68.1           |
| 22.50        | -17.3       | 59.8        | -4.8          |                |
| 22.25        | -18.6       | 57.2        | 9.8           |                |
| 21.20        | -25.5       | 42.9        | 62.9          |                |
| 20.95        | -27.5       | 38.6        | 73.1          |                |
| 20.20        | -34.2       | 21.6        | 96.1          |                |
| 20.00        | -36.1       | 15.8        | 99.9          |                |
| 19.45        | -40.4       | 0.3         | 104.2         |                |
| 19.21        | -41.8       | -6.2        | 103.4         |                |
| 19.16        | -42.1       | -7.4        | 103.1         |                |
| 18.82        | -43.3       | -15.5       | 99.2          |                |
| 18.43        | -43.8       | -24.0       | 91.5          |                |
| 18.23        | -43.7       | -27.8       | 86.4          |                |
| 17.89        | -42.9       | -33.9       | 75.8          |                |
| 17.24        | -39.3       | -39.7       | 51.3          |                |
| 16.23        | -28.5       | -29.4       | 14.7          |                |
| 15.33        | -13.3       | 0.0         | 0.0           |                |

Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 24.09        | -0.2        | -0.1        | 0.0           |                |
| 23.86        | -0.6        | -0.6        | -0.1          |                |
| 23.25        | -2.3        | -3.3        | -1.2          |                |
| 22.50        | -5.2        | -8.8        | -5.5          | 61.7           |
| 22.50        | -16.1       | 52.9        | -5.5          |                |
| 22.25        | -17.3       | 50.5        | 7.4           |                |
| 21.20        | -23.5       | 37.3        | 53.9          |                |
| 20.95        | -25.3       | 33.4        | 62.7          |                |
| 20.20        | -31.2       | 18.3        | 82.5          |                |
| 20.00        | -32.9       | 13.3        | 85.7          |                |
| 19.45        | -36.8       | -0.3        | 89.2          |                |
| 19.21        | -38.1       | -6.0        | 88.4          |                |
| 19.16        | -38.3       | -7.1        | 88.1          |                |
| 18.82        | -39.3       | -13.8       | 84.5          |                |
| 18.43        | -39.7       | -20.8       | 77.7          |                |
| 18.23        | -39.6       | -24.0       | 73.3          |                |
| 17.89        | -38.9       | -29.0       | 64.3          |                |
| 17.24        | -35.9       | -33.7       | 43.4          |                |
| 16.23        | -26.8       | -24.8       | 12.4          |                |
| 15.33        | -14.0       | 0.0         | 0.0           |                |

Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 24.09        | -0.2        | -0.1        | 0.0           |                |
| 23.86        | -0.5        | -0.3        | 0.0           |                |
| 23.25        | -1.9        | -2.3        | -0.8          |                |
| 22.50        | -4.4        | -6.9        | -4.0          | 56.7           |
| 22.50        | -14.4       | 49.8        | -4.0          |                |
| 22.25        | -15.5       | 47.7        | 8.2           |                |
| 21.20        | -21.3       | 35.7        | 52.4          |                |
| 20.95        | -23.0       | 32.2        | 60.9          |                |
| 20.20        | -28.5       | 18.0        | 80.1          |                |
| 20.00        | -30.0       | 13.2        | 83.2          |                |
| 19.45        | -33.7       | 0.2         | 86.8          |                |
| 19.21        | -34.9       | -5.2        | 86.2          |                |
| 19.16        | -35.1       | -6.2        | 85.9          |                |
| 18.82        | -36.1       | -12.9       | 82.7          |                |
| 18.43        | -36.5       | -20.0       | 76.2          |                |
| 18.23        | -36.4       | -23.2       | 72.0          |                |
| 17.89        | -35.7       | -28.2       | 63.2          |                |
| 17.24        | -32.8       | -33.1       | 42.7          |                |
| 16.23        | -23.8       | -24.5       | 12.2          |                |
| 15.33        | -11.1       | 0.0         | 0.0           |                |

Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 24.09        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 23.86        | -0.1        | -0.3        | 0.0           |                |
| 23.25        | -0.4        | -1.0        | -0.4          |                |
| 22.50        | -0.8        | -1.9        | -1.5          | 5.0            |
| 22.50        | -1.6        | 3.1         | -1.5          |                |
| 22.25        | -1.8        | 2.8         | -0.8          |                |
| 21.20        | -2.3        | 1.5         | 1.5           |                |
| 20.95        | -2.4        | 1.2         | 1.8           |                |
| 20.20        | -2.7        | 0.3         | 2.4           |                |
| 20.00        | -2.8        | 0.1         | 2.5           |                |
| 19.45        | -3.1        | -0.5        | 2.3           |                |
| 19.21        | -3.2        | -0.8        | 2.2           |                |
| 19.16        | -3.2        | -0.9        | 2.1           |                |
| 18.82        | -3.2        | -0.9        | 1.8           |                |
| 18.43        | -3.2        | -0.8        | 1.5           |                |
| 18.23        | -3.2        | -0.8        | 1.3           |                |
| 17.89        | -3.2        | -0.7        | 1.1           |                |
| 17.24        | -3.1        | -0.6        | 0.6           |                |
| 16.23        | -3.0        | -0.3        | 0.2           |                |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

15.33    -2.9    0.0    0.0

Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 24.09        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 23.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 23.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           | 12.4           |
| 22.50        | -2.2        | 12.4        | 0.0           |                |
| 22.25        | -2.2        | 12.4        | 3.1           |                |
| 21.20        | -2.2        | 12.4        | 16.1          |                |
| 20.95        | -2.2        | 12.4        | 19.2          |                |
| 20.20        | -2.2        | 10.2        | 27.9          |                |
| 20.00        | -2.2        | 8.9         | 29.8          |                |
| 19.45        | -1.8        | 4.7         | 33.6          |                |
| 19.21        | -1.5        | 2.6         | 34.5          |                |
| 19.16        | -1.4        | 2.2         | 34.6          |                |
| 18.82        | -0.6        | -0.9        | 34.8          |                |
| 18.43        | 0.7         | -4.7        | 33.8          |                |
| 18.23        | 1.4         | -6.7        | 32.7          |                |
| 17.89        | 3.0         | -10.4       | 29.8          |                |
| 17.24        | 6.6         | -15.1       | 21.2          |                |
| 16.23        | 14.2        | -12.5       | 6.4           |                |
| 15.33        | 23.0        | 0.0         | 0.0           |                |

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit EI = 3.965E+4 kN·m²/m

| Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] |
|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 24.25        | 8.6       | 24.09        | 7.8       | 23.86        | 6.7       | 23.25        | 3.7       | 22.50        | 0.0       | 22.25        | -1.3      | 21.20        | -6.2      |
| 20.95        | -7.2      | 20.20        | -9.5      | 20.00        | -10.0     | 19.45        | -10.7     | 19.21        | -10.8     | 19.16        | -10.8     | 18.82        | -10.7     |
| 18.43        | -10.3     | 18.23        | -10.0     | 17.89        | -9.3      | 17.24        | -7.4      | 16.23        | -3.7      | 15.33        | 0.0       |              |           |

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

phi,[g+q],k: -0.23447648

Theoretischer Fußpunkt = 15.331 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max M,gq

M<sub>Ed</sub> = 107.2 kN·m/m

V<sub>Ed</sub> = 0.4 kN/m

N<sub>Ed</sub> = -44.4 kN/m (Druck)

Profil: AZ 12-700 Stahlgüte: S 240 GP

Wasserdruckdifferenz = 2.33 m

b = 700.0 mm / b<sub>f</sub> = 356.4 mm

t<sub>f</sub> = 8.5 mm / t<sub>w</sub> = 8.5 mm / A = 123.0 cm²/m

h = 314.0 mm / α = 42.8 °

W<sub>pl</sub> = 1415.0 cm³/m / I = 18880.0 cm⁴/m

γ<sub>M0</sub> = 1.00 / γ<sub>M1</sub> = 1.00

ε = 0.990 -> b<sub>f</sub> / t<sub>f</sub> / ε = 42.4

Querschnittsklasse: 2

f<sub>y,red</sub> = 240.0 N/mm²

M<sub>c,Rd</sub> = 339.6 kN·m/m

V<sub>pl,Rd</sub> = 514.0 kN/m (μ = 0.001)

N<sub>pl,Rd</sub> = 2952.0 kN/m (μ = 0.015)

Querkraft-Interaktion

V<sub>Ed</sub> ≤ 0.5 · V<sub>pl,Rd</sub> -> keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis M<sub>Rd</sub>

M<sub>c,Rd</sub> = 339.6 kN·m/m

μ = M<sub>Ed</sub> / M<sub>c,Rd</sub> = 0.316

Knicklänge = 7.17 m

N<sub>cr</sub> = 7611.7 kN/m

N<sub>Ed</sub> / N<sub>cr</sub> = 0.006 ≤ 0.04

-> Kein Knicknachweis

max μ = 0.316

max M<sub>d</sub> = 107.2 kN·m/m (Tiefe = 19.45 m)

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



Zugehörige Werte:  $N_d = -44.4 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = -0.4 \text{ kN/m}$ ;  $w_k = 10.7 \text{ mm}$

$\max Q_d = 63.8 \text{ kN/m}$  (Tiefe = 22.50 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -19.5 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = -6.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

$\max N_d = 47.9 \text{ kN/m}$  (Tiefe = 18.43 m)

Zugehörige Werte:  $Q_d = -25.1 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 93.4 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 12.4 \text{ mm}$

$\max w_k = 10.8 \text{ mm}$  (Tiefe = 19.11 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -46.5 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = -9.8 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 105.4 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Einbindetiefe  $t_g = 4.67 \text{ m}$

Profillänge = 8.92 m

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung:  $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$

$G_k = 8.61 \text{ kN/m}$

$P_{v,k} = 10.00 \text{ kN/m}$

$E_{av,k} = 63.06 \text{ kN/m}$  ( $E_{ah,k} = 158.64 \text{ kN/m}$ )

$C_{h,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$B_{v,k} = -68.58 \text{ kN/m}$

$\delta_p [^\circ] = -21.7$

$\delta_c [^\circ] = 10.8$

Summe  $V_k = 13.09 \text{ kN/m}$  (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (links)

Profil: AZ 12-700

$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_B) / \gamma_{Ep}$

$R_{Bv,d} = (172.54 - 1/2 \cdot 0.00) \cdot \tan(32.5^\circ) / 1.30 = 84.55 \text{ kN/m}$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) / \gamma_{Ep}$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 0.00 \cdot \tan(19.5^\circ) / 1.30 = 0.00 \text{ kN/m}$

Spitzendruck  $q_{c,m} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

(gemittelt von 15.64 bis 14.07 m)  $\Rightarrow q_{b,k} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0123 \cdot 10.00 \cdot 1000 / 1.40 = 87.86 \text{ kN/m}$

Keine Mantelreibung

$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} = 172.41 \text{ kN/m}$

Einwirkungen

$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 10.33 + 75.91 + 13.15 = 99.39 \text{ kN/m}$

$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 99.39 / 172.41 = 0.58$

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Hydraulische Grundbruchsicherheit

UK Schicht = 24.25

$\gamma_{\text{Gewicht}} = 0.95$

$\gamma_{\text{Strömungskraft}} = 1.45$

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.000

$= 0.000 = (1.45 \cdot 0.00) / (0.95 \cdot 0.00)$

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Tiefe Gleitfuge

(Blocklasten rechteckig auf Ersatzwand)

Ansatzpunkt der Gleitfuge im Wandbereich = 8.92 m

$A_{h,g,d} = A_{h,g,k} \cdot \gamma_G$  und  $A_{h,d} = A_{h,g,k} \cdot \gamma_G + A_{h,q,k} \cdot \gamma_Q$

mögl  $A_{h,g,d} = \text{mögl } A_{h,g,k} / \gamma_{Ep}$  und mögl  $A_d = \text{mögl } A_k / \gamma_{Ep}$

$\mu_{ue} = \text{Ausnutzungsgrad} \leq 1.0$

| Nr  | Tiefe | Länge | Höhe(Ankerw.) | $A_{h,d}$ | mögl $A_{h,d}$ | $\mu_{ue,gq}$ | $A_{h,g,d}$ | mögl $A_{h,g,d}$ | $\mu_{ue,g}$ |
|-----|-------|-------|---------------|-----------|----------------|---------------|-------------|------------------|--------------|
| [-] | [m]   | [m]   | [m]           | [kN/m]    | [kN/m]         | [-]           | [kN/m]      | [kN/m]           | [-]          |
| 1   | 22.50 | 8.00  | 0.63          | 84.06     | 109.10         | 0.771         | 68.08       | 104.65           | 0.651        |

Werte für ungünstigste Gleitfuge

Lastfall: g+q

| x    | y     | G <sub>k</sub> | E <sub>ah,k</sub> | E <sub>av,k</sub> | Q <sub>x</sub> | Q <sub>y</sub> | C <sub>k</sub> | H      | θ     | φ    |
|------|-------|----------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|--------|-------|------|
| [m]  | [m]   | [kN/m]         | [kN/m]            | [kN/m]            | [kN/m]         | [kN/m]         | [kN/m]         | [kN/m] | [°]   | [°]  |
| 0.00 | 15.33 | -              | 158.6             | 63.1              | -              | -              | -              | -      | -     | -    |
| 3.25 | 17.46 | 391.7          | 78.2              | 31.1              | 4.2            | -346.2         | 0.0            | 0.0    | 33.20 | 32.5 |
| 3.91 | 17.89 | 64.8           | 64.3              | 25.6              | 0.7            | -57.0          | 0.0            | 0.0    | 33.20 | 32.5 |
| 5.33 | 18.82 | 118.2          | 39.1              | 15.5              | 1.3            | -103.9         | 0.0            | 0.0    | 33.20 | 32.5 |
| 5.85 | 19.16 | 36.0           | 31.4              | 12.5              | 0.4            | -31.7          | 0.0            | 0.0    | 33.20 | 32.5 |
| 7.14 | 20.00 | 73.5           | 15.8              | 6.3               | 0.8            | -64.7          | 0.0            | 0.0    | 33.20 | 32.5 |
| 7.52 | 20.25 | 17.3           | 12.1              | 4.8               | 0.2            | -15.2          | 0.0            | 0.0    | 33.20 | 32.5 |
| 7.88 | 20.49 | 14.4           | 9.1               | 3.6               | 0.2            | -12.7          | 0.0            | 0.0    | 33.20 | 32.5 |

Werte für ungünstigste Gleitfuge

Lastfall: g

| x    | y     | G <sub>k</sub> | E <sub>ah,k</sub> | E <sub>av,k</sub> | Q <sub>x</sub> | Q <sub>y</sub> | C <sub>k</sub> | H      | θ     | φ    |
|------|-------|----------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|--------|-------|------|
| [m]  | [m]   | [kN/m]         | [kN/m]            | [kN/m]            | [kN/m]         | [kN/m]         | [kN/m]         | [kN/m] | [°]   | [°]  |
| 0.00 | 15.33 | -              | 152.7             | 60.7              | -              | -              | -              | -      | -     | -    |
| 3.25 | 17.46 | 376.7          | 78.2              | 31.1              | 4.1            | -334.6         | 0.0            | 0.0    | 33.20 | 32.5 |
| 3.91 | 17.89 | 64.8           | 64.3              | 25.6              | 0.7            | -57.0          | 0.0            | 0.0    | 33.20 | 32.5 |
| 5.33 | 18.82 | 118.2          | 39.1              | 15.5              | 1.3            | -103.9         | 0.0            | 0.0    | 33.20 | 32.5 |
| 5.85 | 19.16 | 36.0           | 31.4              | 12.5              | 0.4            | -31.7          | 0.0            | 0.0    | 33.20 | 32.5 |
| 7.14 | 20.00 | 73.5           | 15.8              | 6.3               | 0.8            | -64.7          | 0.0            | 0.0    | 33.20 | 32.5 |
| 7.52 | 20.25 | 17.3           | 12.1              | 4.8               | 0.2            | -15.2          | 0.0            | 0.0    | 33.20 | 32.5 |
| 7.88 | 20.49 | 14.4           | 9.1               | 3.6               | 0.2            | -12.7          | 0.0            | 0.0    | 33.20 | 32.5 |

(H = Horizontalkraft infolge Erdbeben)

Nachweis Verankerungsboden für Anker-Nr. 1

Eph,d (Ersatzwand) = 169.73

(Eph,d ohne veränderliche Lasten)

(Blocklasten rechteckig auf Ersatzwand)

Eh,d (Ersatzwand) = 10.95

Ev,d (Ersatzwand) = 4.35

Horizontale Ankerkraft Ah,d = 84.06

$\mu_e = (84.06 + 10.95) / 169.73 = 0.56$

Lastfall: (g+q)

Nachweis Aufbruchssicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten fQ = 1.300 / 1.200 = 1.083

Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{Rv} = 1.300$

Breite = 0.85 m

Gewicht G<sub>k</sub> (einschließlich Verkehr) = 160.73 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.083)

E<sub>av,k</sub> ( $\delta = 2/3 \cdot \varphi$ ) = 60.78 [kN/m]

Kohäsionskraft K<sub>k</sub> = 0.00 [kN/m]

Grundbruchlast R<sub>n,k</sub> = 1863.88 [kN/m]

Grundbruch mit:

Reibungswinkel  $\varphi_k = 32.50$  [°]

Kohäsion c<sub>k</sub> = 0.00 [kN/m<sup>2</sup>]

N<sub>d</sub> = 24.585 / N<sub>b</sub> = 15.025 / N<sub>c</sub> = 37.020

$\sigma_u = 80.675$  [kN/m<sup>2</sup>]

$\mu_e = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.130$

$\mu_e = [160.73 \cdot 1.20] / [(1863.88 + 0.00 + 60.78) / 1.300] = 0.130$

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

1.3

Böschungsberechnung nach EC 7  
mit Kreisgleitflächen

Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 20,00mNN)

Parameterliste

- $\phi$  [°] = Reibungswinkel
- $c$  [kN/m<sup>2</sup>] = Kohäsion
- $\gamma$  [kN/m<sup>3</sup>] = Wichte
- $q_s$  [kN/m<sup>2</sup>] = Mantelreibung
- $\max \psi(A)$  [°] = Winkel zwischen der Gleitrichtung des Bruchmechanismus und dem Zugglied
- $\mu$  [-] = Ausnutzungsgrad
- $x_m, y_m$  [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes
- $rad$  [m] = Radius des Gleitkreises

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- $\gamma_m(\phi) = 1.15$
- $\gamma_m(c') = 1.15$
- $\gamma_m(c_u) = 1.15$
- $\gamma_m(Wichten) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$
- $\gamma_m(\text{Herausziehen}) = 1.3000$  (GEO-2)

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach rechts

Koordinaten der Geländepunkte

| Nr. | x       | y      | Nr. | x       | y      | Nr. | x      | y      | Nr. | x     | y      | Nr. | x     | y      |
|-----|---------|--------|-----|---------|--------|-----|--------|--------|-----|-------|--------|-----|-------|--------|
| [-] | [m]     | [m]    | [-] | [m]     | [m]    | [-] | [m]    | [m]    | [-] | [m]   | [m]    | [-] | [m]   | [m]    |
| 1   | -19.754 | 21.417 | 2   | -11.750 | 21.417 | 3   | -3.250 | 24.250 | 4   | 0.000 | 24.250 | 5   | 0.000 | 20.000 |
| 6   | 10.000  | 18.000 | 7   | 19.754  | 18.000 |     |        |        |     |       |        |     |       |        |

Charakteristische Bodenkennwerte

| Boden | $\phi_k$ | $c_k$                | $\gamma_k$           | $q_{s,k}$            | $\max \psi(A)$ | Bezeichnung |
|-------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|-------------|
| [-]   | [°]      | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [°]            |             |
| 1     | 32.50    | 0.00                 | 18.00                | 0.00                 | 85.00          | Sand        |
| 2     | 32.50    | 0.00                 | 22.40                | 0.00                 | 85.00          | Sand        |
| 3     | 32.50    | 0.00                 | 16.40                | 0.00                 | 85.00          | Sand (pas)  |

Bemessungs-Bodenkennwerte

| Boden | $\phi_d$ | $c_d$                | $\gamma_d$           | Bezeichnung |
|-------|----------|----------------------|----------------------|-------------|
| [-]   | [°]      | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] |             |
| 1     | 28.99    | 0.00                 | 18.00                | Sand        |
| 2     | 28.99    | 0.00                 | 22.40                | Sand        |
| 3     | 28.99    | 0.00                 | 16.40                | Sand (pas)  |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

| Nr. | x(links) | y(links) | x(rechts) | y(rechts) | Boden-Nr. |
|-----|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| [-] | [m]      | [m]      | [m]       | [m]       |           |
| 1   | 0.000    | -5.640   | 19.754    | -5.640    | 3         |
| 2   | -19.754  | 20.950   | 0.000     | 20.950    | 1         |
| 3   | -19.754  | -5.640   | 0.000     | -5.640    | 2         |

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

| Nr. | x       | y      | Nr. | x      | y      | Nr. | x     | y      | Nr. | x      | y      |
|-----|---------|--------|-----|--------|--------|-----|-------|--------|-----|--------|--------|
| [-] | [m]     | [m]    | [-] | [m]    | [m]    | [-] | [m]   | [m]    | [-] | [m]    | [m]    |
| 1   | -19.754 | 20.950 | 2   | -0.001 | 20.950 | 3   | 0.000 | 20.950 | 4   | 19.754 | 20.950 |

Verkehrslasten

| Nr. | Größe(links)         | Größe(rechts)        | x(links) | x(rechts) | y     |
|-----|----------------------|----------------------|----------|-----------|-------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]      | [m]       | [m]   |
| 1   | 5.00                 | 5.00                 | -3.25    | -0.25     | 24.25 |
| 2   | 33.30                | 33.30                | -15.00   | -12.00    | 21.40 |

Einzelkräfte / Einzelmomente

| Nr. | H-Kraft | V-Kraft | Moment   | x     | y     |
|-----|---------|---------|----------|-------|-------|
| [-] | [kN/m]  | [kN/m]  | [kN·m/m] | [m]   | [m]   |
| 1   | 35.65   | 0.00    | 0.00     | -0.01 | 18.91 |
| 2   | 45.20   | 0.00    | 0.00     | -0.01 | 16.60 |

Zugglieder

- D [m] = Durchmesser
- FL [m] = freie Länge



R,d [kN/m] = aufnehmbare Bemessungskraft

Horizontaler Abstand = 2.000 m

| Nr. | x1   | y1    | x2    | y2    | D    | FL   | R,d    | Reib. |
|-----|------|-------|-------|-------|------|------|--------|-------|
| [-] | [m]  | [m]   | [m]   | [m]   | [m]  | [m]  | [kN]   | Lam.  |
| 1   | 0.00 | 22.50 | -7.98 | 21.09 | 0.10 | 8.00 | 170.72 | ja    |

Bauteil 1

| Nr. | x     | y     |
|-----|-------|-------|
| [-] | [m]   | [m]   |
| 1   | -0.05 | 24.25 |
| 2   | -0.05 | 15.34 |
| 3   | 0.05  | 15.34 |
| 4   | 0.05  | 24.25 |

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 20.95

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 20.95

$\gamma$  Wasser [kN/m<sup>3</sup>] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Anfangs- und Endradius

x / y (Anfang): 0.0000 15.3308

x / y (Ende): 0.0000 -4.6400

Anzahl Radien = 40

Ungünstigster Gleitkreis

| Nr  | xm     | ym      | Radius | Lamellen | $\mu$  | Zähler   | Nenner   | M(Ti)    | M(R)     | M(Gi)    | M(S)     |
|-----|--------|---------|--------|----------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| [-] | [m]    | [m]     | [m]    | [-]      | [-]    | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] |
| 142 | 2.8810 | 23.0100 | 8.6918 | 22       | 0.8399 | 3477.402 | 4140.137 | 4140.1   | 0.0      | 3216.6   | 260.8    |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

1.4

# Spundwand

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 21,00mNN)

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 24.25 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 21.00 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 20.95 m

Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-T

$\gamma_G = 1.20$

$\gamma_Q = 1.30$

$\gamma_{Ep} = 1.30$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Bermen auf der Aktivseite

| Nr. | x1   | x2    | dh    | a     | x    | y     | Auflast              | Verkehr |
|-----|------|-------|-------|-------|------|-------|----------------------|---------|
| [-] | [m]  | [m]   | [m]   | [m]   | [m]  | [m]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]     |
| 1   | 3.25 | 11.75 | -2.83 | -1.08 | 6.52 | 17.04 | 0.00                 | nein    |

Der Einfluss von Aktivbermen auf den aktiven Erddruck wird gemäß den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" berechnet.

| Bermen | auf  | der    | Passivseite |                      |
|--------|------|--------|-------------|----------------------|
| Nr.    | x1   | x2     | dh          | Auflast              |
| [-]    | [m]  | [m]    | [m]         | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 1      | 0.00 | -10.00 | -2.00       | 0.00                 |

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)               | sig(h)               | x(Luftseite) | x(Erdseite) | Tiefe |
|-----|----------------------|----------------------|--------------|-------------|-------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]          | [m]         | [m]   |
| 1   | 5.00                 | 0.00                 | 0.25         | 3.25        | 24.25 |
| 2   | 33.30                | 0.00                 | 12.00        | 15.00       | 21.40 |

| Nr. | y(oben) | y(mitte) | y(unten) | p(oben)              | p(mitte)             | p(unten)             | Typ            |
|-----|---------|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| [-] | [m]     | [m]      | [m]      | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |                |
| 1   | 24.09   | 23.86    | 19.16    | 1.19                 | 1.19                 | 1.19                 | 0 Verkehrslast |
| 2   | 13.76   | 2.59     | -2.11    | 2.47                 | 2.47                 | 2.47                 | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==> rechteckförmig verteilt

Zusatzdrücke

| Nr. | e(oben)              | e(unten)             | z(oben) | z(unten) | Typ         |
|-----|----------------------|----------------------|---------|----------|-------------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]     | [m]      | [-]         |
| 1   | 0.00                 | 23.30                | 20.95   | 17.89    | Wasserdruck |
| 2   | 23.30                | 0.00                 | 17.89   | 14.01    | Wasserdruck |

Blocklasten nicht umgelagert

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:  
 $E_{ph,d} = 324.24 \text{ kN/m}$  ( $E_{pv,d} = -74.86 \text{ kN/m}$ )  
 Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $B_{h,d} / E_{ph,d} = 1.000$   
 $B_{h(g+q),d} = 324.24 \text{ kN/m}$   
 $B_{h,g,d} = 300.28 \text{ kN/m}$   
 $B_{h,q,d} = 23.96 \text{ kN/m}$   
 $B_{h,w,d} = 64.70 \text{ kN/m}$

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)  
 $C_{h,k} = 107.42 \text{ kN/m}$   
 $C_{h,g,k} = 93.34 \text{ kN/m}$   
 $C_{h,q,k} = 14.08 \text{ kN/m}$   
 $C_{h,w,k} = 1.41 \text{ kN/m}$

| Schicht | UK    | $\gamma_k$  | $\gamma'_{k}$ | $\varphi_k$ | $c_k$      | $d(a)/\varphi$ | $d(p)/\varphi$ | Wasserdruck |
|---------|-------|-------------|---------------|-------------|------------|----------------|----------------|-------------|
| pas/akt | [m]   | [kN/m³]     | [kN/m³]       | [°]         | [kN/m²]    | [-]            | [-]            | [-]         |
| 1       | 20.95 | 18.00/18.00 | 10.00/10.00   | 32.50/32.50 | 0.00/ 0.00 | -0.400         |                | 0.667       |
| 2       | 17.89 | 18.00/18.00 | 18.00/12.40   | 32.50/32.50 | 0.00/ 0.00 | -0.400         |                | 0.667       |
| 3       | 0.00  | 18.00/18.00 | 6.40/12.40    | 32.50/32.50 | 0.00/ 0.00 | -0.400         |                | 0.667       |

Aktive Erddruckbeiwerte  
 bestimmt nach: DIN 4085  
 (Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{agh}$ | $k_{ach}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ | $k_{agh}(40^\circ)$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|---------------------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      | [-]                 |
| 1       | 20.95 | 0.251     | 0.866     | 32.500      | 21.68    | 57.46    | 0.179               |
| 2       | 17.89 | 0.251     | 0.866     | 32.500      | 21.68    | 57.46    | 0.179               |
| 3       | 0.00  | 0.251     | 0.866     | 32.500      | 21.68    | 57.46    | 0.179               |

Aktive Erddruckordinaten ( $[g+q],k$ )  
 mit Zusatzdrücke

| von    | bis    | oben    | unten   | Wasserdruck | Wasserdruck  |
|--------|--------|---------|---------|-------------|--------------|
| [m]    | [m]    | [kN/m²] | [kN/m²] | oben[kN/m²] | unten[kN/m²] |
| 24.250 | 24.091 | 0.000   | 0.718   | 0.00        | 0.00         |
| 24.091 | 23.858 | 1.913   | 2.962   | 0.00        | 0.00         |
| 23.858 | 23.250 | 2.962   | 5.705   | 0.00        | 0.00         |
| 23.250 | 22.250 | 5.705   | 10.216  | 0.00        | 0.00         |
| 22.250 | 21.200 | 10.216  | 14.953  | 0.00        | 0.00         |
| 21.200 | 21.000 | 14.953  | 15.855  | 0.00        | 0.00         |
| 21.000 | 20.950 | 15.855  | 16.081  | 0.00        | 0.00         |
| 20.950 | 20.202 | 16.081  | 18.404  | 0.00        | 5.69         |
| 20.202 | 20.003 | 18.404  | 19.024  | 5.69        | 7.21         |
| 20.003 | 19.205 | 19.024  | 21.502  | 7.21        | 13.28        |
| 19.205 | 19.156 | 21.502  | 20.463  | 13.28       | 13.66        |
| 19.156 | 18.818 | 20.463  | 21.513  | 13.66       | 16.24        |
| 18.818 | 18.232 | 21.513  | 22.895  | 16.24       | 20.70        |
| 18.232 | 17.890 | 22.895  | 23.700  | 20.70       | 23.30        |
| 17.890 | 17.237 | 23.700  | 25.241  | 23.30       | 19.38        |
| 17.237 | 17.086 | 25.241  | 25.596  | 19.38       | 18.47        |
| 17.086 | 15.478 | 25.596  | 29.388  | 18.47       | 8.81         |
| 15.478 | 14.010 | 29.388  | 32.848  | 8.81        | 0.00         |
| 14.010 | 13.755 | 32.848  | 35.922  | 0.00        | 0.00         |
| 13.755 | 2.590  | 35.922  | 62.246  | 0.00        | 0.00         |
| 2.590  | 1.776  | 62.246  | 64.163  | 0.00        | 0.00         |
| 1.776  | 0.000  | 64.163  | 69.684  | 0.00        | 0.00         |

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rug

Passive Erddruckbeiwerte  
 bestimmt nach: DIN 4085:2011  
 (Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{pgh}$ | $k_{pch}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      |
| 1       | 20.95 | 4.895     | 5.172     | 32.500      | -13.00   | 20.74    |
| 2       | 17.89 | 4.895     | 5.172     | 32.500      | -13.00   | 20.74    |
| 3       | 0.00  | 4.895     | 5.172     | 32.500      | -13.00   | 20.74    |

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)  
 Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30  
 Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| von | bis | oben    | unten   |
|-----|-----|---------|---------|
| [m] | [m] | [kN/m²] | [kN/m²] |



|       |       |         |         |
|-------|-------|---------|---------|
| 21.20 | 21.00 | 0.00    | 0.00    |
| 21.00 | 20.95 | 0.00    | -2.71   |
| 20.95 | 20.20 | -2.71   | -35.03  |
| 20.20 | 20.00 | -35.03  | -43.65  |
| 20.00 | 19.21 | -43.65  | -78.12  |
| 19.21 | 19.16 | -78.12  | -80.27  |
| 19.16 | 18.82 | -80.27  | -94.89  |
| 18.82 | 18.23 | -94.89  | -120.21 |
| 18.23 | 17.89 | -120.21 | -134.98 |
| 17.89 | 17.24 | -134.98 | -145.02 |
| 17.24 | 17.09 | -145.02 | -147.34 |
| 17.09 | 15.48 | -147.34 | -172.06 |
| 15.48 | 14.01 | -172.06 | -207.43 |
| 14.01 | 13.76 | -207.43 | -213.57 |
| 13.76 | 2.59  | -213.57 | -482.62 |
| 2.59  | 1.78  | -482.62 | -502.22 |
| 1.78  | 0.00  | -502.22 | -545.03 |

Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | -0.2        | -0.1        | 0.0           |
| 23.86        | -0.8        | -0.8        | -0.1          |
| 23.25        | -2.8        | -4.0        | -1.5          |
| 22.25        | -7.8        | -13.7       | -9.8          |
| 21.20        | -15.3       | -29.7       | -32.1         |
| 21.00        | -17.0       | -33.4       | -38.4         |
| 20.95        | -17.5       | -34.3       | -40.1         |
| 20.20        | -21.2       | -38.2       | -68.2         |
| 20.00        | -21.4       | -36.4       | -75.7         |
| 19.21        | -18.8       | -16.9       | -98.2         |
| 19.16        | -18.5       | -15.0       | -99.0         |
| 18.82        | -15.4       | 0.2         | -101.6        |
| 18.23        | -7.7        | 34.9        | -91.9         |
| 17.89        | -1.7        | 60.2        | -75.7         |
| 17.24        | 11.1        | 116.2       | -18.6         |
| 17.09        | 14.2        | 130.3       | 0.0           |

Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | -0.2        | -0.1        | 0.0           |
| 23.86        | -0.6        | -0.4        | -0.1          |
| 23.25        | -2.2        | -2.7        | -0.9          |
| 22.25        | -6.6        | -10.8       | -7.2          |
| 21.20        | -13.5       | -25.2       | -25.6         |
| 21.00        | -15.1       | -28.6       | -31.0         |
| 20.95        | -15.5       | -29.4       | -32.4         |
| 20.20        | -19.1       | -33.3       | -56.8         |
| 20.00        | -19.3       | -31.8       | -63.3         |
| 19.21        | -17.1       | -14.9       | -83.1         |
| 19.16        | -16.8       | -13.3       | -83.8         |
| 18.82        | -14.3       | -0.5        | -86.2         |
| 18.23        | -7.7        | 29.2        | -78.3         |
| 17.89        | -2.6        | 50.9        | -64.7         |
| 17.24        | 8.6         | 99.6        | -15.9         |
| 17.09        | 11.3        | 112.0       | 0.0           |

Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | -0.2        | -0.1        | 0.0           |
| 23.86        | -0.6        | -0.6        | -0.1          |
| 23.25        | -2.3        | -3.3        | -1.2          |
| 22.25        | -6.4        | -11.2       | -8.0          |
| 21.20        | -12.7       | -24.4       | -26.3         |
| 21.00        | -14.1       | -27.5       | -31.5         |
| 20.95        | -14.4       | -28.3       | -32.9         |
| 20.20        | -17.6       | -31.5       | -56.1         |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

|       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| 20.00 | -17.7 | -30.0 | -62.3 |
| 19.21 | -15.6 | -13.9 | -80.9 |
| 19.16 | -15.3 | -12.4 | -81.5 |
| 18.82 | -12.8 | 0.1   | -83.7 |
| 18.23 | -6.4  | 28.7  | -75.7 |
| 17.89 | -1.5  | 49.6  | -62.4 |
| 17.24 | 9.1   | 95.8  | -15.3 |
| 17.09 | 11.7  | 107.4 | 0.0   |

Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | -0.2        | -0.1        | 0.0           |
| 23.86        | -0.5        | -0.3        | 0.0           |
| 23.25        | -1.9        | -2.3        | -0.8          |
| 22.25        | -5.5        | -9.0        | -6.0          |
| 21.20        | -11.3       | -21.0       | -21.3         |
| 21.00        | -12.6       | -23.8       | -25.8         |
| 20.95        | -12.9       | -24.5       | -27.0         |
| 20.20        | -15.9       | -27.8       | -47.3         |
| 20.00        | -16.1       | -26.5       | -52.8         |
| 19.21        | -14.3       | -12.4       | -69.3         |
| 19.16        | -14.0       | -11.1       | -69.8         |
| 18.82        | -11.9       | -0.4        | -71.9         |
| 18.23        | -6.4        | 24.3        | -65.3         |
| 17.89        | -2.2        | 42.5        | -53.9         |
| 17.24        | 7.1         | 83.0        | -13.3         |
| 17.09        | 9.4         | 93.3        | 0.0           |

Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 23.86        | -0.1        | -0.3        | 0.0           |
| 23.25        | -0.4        | -1.0        | -0.4          |
| 22.25        | -0.9        | -2.2        | -2.0          |
| 21.20        | -1.4        | -3.5        | -5.0          |
| 21.00        | -1.5        | -3.7        | -5.7          |
| 20.95        | -1.5        | -3.7        | -5.9          |
| 20.20        | -1.6        | -3.8        | -8.8          |
| 20.00        | -1.6        | -3.5        | -9.5          |
| 19.21        | -1.3        | -1.5        | -11.6         |
| 19.16        | -1.3        | -1.3        | -11.7         |
| 18.82        | -0.9        | 0.5         | -11.8         |
| 18.23        | 0.0         | 4.4         | -10.4         |
| 17.89        | 0.7         | 7.1         | -8.5          |
| 17.24        | 2.0         | 12.7        | -2.0          |
| 17.09        | 2.3         | 14.1        | 0.0           |

Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 23.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 23.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.20        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.00        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 20.95        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 20.20        | 0.5         | 0.2         | 0.1           |
| 20.00        | 0.8         | 0.2         | 0.2           |
| 19.21        | 2.7         | 0.1         | 0.3           |
| 19.16        | 2.9         | 0.1         | 0.3           |
| 18.82        | 4.0         | 0.0         | 0.3           |
| 18.23        | 6.4         | -0.4        | 0.2           |
| 17.89        | 8.1         | -0.6        | 0.1           |
| 17.24        | 11.6        | 0.6         | -0.1          |
| 17.09        | 12.4        | 1.4         | 0.0           |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit EI = 3.965E+4 kN·m<sup>2</sup>/m

| Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] |
|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 24.25        | -32.6     | 24.09        | -31.5     | 23.86        | -30.0     | 23.25        | -25.9     | 22.25        | -19.3     | 21.20        | -12.7     | 21.00        | -11.5     |
| 20.95        | -11.2     | 20.20        | -7.0      | 20.00        | -6.0      | 19.21        | -2.8      | 19.16        | -2.6      | 18.82        | -1.7      | 18.23        | -0.5      |
| 17.89        | -0.2      | 17.24        | 0.0       | 17.09        | 0.0       |              |           |              |           |              |           |              |           |

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

phi,[g+q],k: 0.00000000

Theoretischer Fußpunkt = 17.086 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max M,gq

M<sub>Ed</sub> = 101.6 kN·m/m

V<sub>Ed</sub> = 0.2 kN/m

N<sub>Ed</sub> = -15.4 kN/m (Druck)

Profil: AZ 12-700 Stahlgüte: S 240 GP

Wasserdruckdifferenz = 2.33 m

b = 700.0 mm / b<sub>f</sub> = 356.4 mm

t<sub>f</sub> = 8.5 mm / t<sub>w</sub> = 8.5 mm / A = 123.0 cm<sup>2</sup>/m

h = 314.0 mm / α = 42.8 °

W<sub>pl</sub> = 1415.0 cm<sup>3</sup>/m / I = 18880.0 cm<sup>4</sup>/m

γ<sub>M0</sub> = 1.00 / γ<sub>M1</sub> = 1.00

ε = 0.990 → b<sub>f</sub> / t<sub>f</sub> / ε = 42.4

Querschnittsklasse: 2

f<sub>y,red</sub> = 240.0 N/mm<sup>2</sup>

M<sub>c,Rd</sub> = 339.6 kN·m/m

V<sub>pl,Rd</sub> = 514.0 kN/m (μ = 0.000)

N<sub>pl,Rd</sub> = 2952.0 kN/m (μ = 0.005)

Querkraft-Interaktion

V<sub>Ed</sub> ≤ 0.5 · V<sub>pl,Rd</sub> → keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis M<sub>Rd</sub>

M<sub>c,Rd</sub> = 339.6 kN·m/m

μ = M<sub>Ed</sub> / M<sub>c,Rd</sub> = 0.299

Knicklänge = 11.13 m

N<sub>cr</sub> = 3158.9 kN/m

N<sub>Ed</sub> / N<sub>cr</sub> = 0.005 ≤ 0.04

→ Kein Knicknachweis

max μ = 0.299

max M<sub>d</sub> = 101.6 kN·m/m (Tiefe = 18.82 m)

Zugehörige Werte: N<sub>d</sub> = -15.4 kN/m; Q<sub>d</sub> = 0.2 kN/m; w<sub>k</sub> = 1.7 mm

max Q<sub>d</sub> = 130.3 kN·m/m (Tiefe = 17.09 m)

Zugehörige Werte: N<sub>d</sub> = 14.2 kN/m; M<sub>d</sub> = 0.0 kN·m/m; w<sub>k</sub> = 0.0 mm

max N<sub>d</sub> = 21.4 kN/m (Tiefe = 20.00 m)

Zugehörige Werte: Q<sub>d</sub> = -36.4 kN/m; M<sub>d</sub> = -75.7 kN·m/m; w<sub>k</sub> = 7.3 mm

max w<sub>k</sub> = 32.6 mm (Tiefe = 24.25 m)

Zugehörige Werte: N<sub>d</sub> = 0.0 kN/m; Q<sub>d</sub> = 0.0 kN/m; M<sub>d</sub> = 0.0 kN·m/m

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %

Einbindetiefe t<sub>g</sub> = 4.70 m

Profillänge = 7.95 m

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße

nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung: G<sub>k</sub> + P<sub>v,k</sub> + E<sub>av,k</sub> + 0.5 · C<sub>h,k</sub> · tan(δ<sub>c</sub>) ≥ (B<sub>h,k</sub> - 0.5 · C<sub>h,k</sub>) · tan(δ<sub>p</sub>)

G<sub>k</sub> = 7.67 kN/m

P<sub>v,k</sub> = 0.00 kN/m

E<sub>av,k</sub> = 43.73 kN/m (E<sub>ah,k</sub> = 110.03 kN/m)

C<sub>h,k</sub> = 107.42 kN/m

B<sub>v,k</sub> = -62.31 kN/m

δ<sub>p</sub> [°] = -13.0

δ<sub>c</sub> [°] = 10.8

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



Summe  $V_k = 11.77 \text{ kN/m}$  (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (links)

Profil: AZ 12-700

$$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_B) / \gamma_{Ep}$$

$$R_{Bv,d} = (269.88 - 1/2 \cdot 107.42) \cdot \tan(32.5^\circ) / 1.30 = 105.94 \text{ kN/m}$$

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) / \gamma_{Ep}$$

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 107.42 \cdot \tan(19.5^\circ) / 1.30 = 14.63 \text{ kN/m}$$

Spitzendruck  $q_{c,m} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

(gemittelt von 16.62 bis 15.05 m)  $\Rightarrow q_{b,k} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

$$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0123 \cdot 10.00 \cdot 1000 / 1.40 = 87.86 \text{ kN/m}$$

Mantelreibung

| von   | bis   | $q_{s,k} [\text{kN/m}^2]$ | Bezeichnung |
|-------|-------|---------------------------|-------------|
| 21.00 | 20.95 | 26.67                     | Sand 1      |
| 20.95 | 17.89 | 26.67                     | Sand 2      |
| 17.89 | 16.30 | 26.67                     | Sand 3      |

Mantelfläche (TF + dt1) von 17.09 bis 16.30 m =  $1.169 \text{ m}^2/\text{m} \Rightarrow R_{s3,d}$

$$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 24.41 / 1.40 = 17.44 \text{ kN/m}$$

$$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 225.86 \text{ kN/m}$$

Einwirkungen

$$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 9.21 + 52.71 + 0.00 = 61.92 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 61.92 / 225.86 = 0.27$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Hydraulische Grundbruchsicherheit

UK Schicht = 24.25

gamma(Gewicht) = 0.95

gamma(Strömungskraft) = 1.45

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.000

$$= 0.000 = (1.45 \cdot 0.00) / (0.95 \cdot 0.00)$$

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Aufbruchsicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

$$\text{Faktor Verkehrslasten } f_Q = 1.300 / 1.200 = 1.083$$

$$\text{Teilsicherheit (Grundbruch) } \gamma_{Rv} = 1.300$$

Breite = 0.65 m

$$\text{Gewicht } G_k \text{ (einschließlich Verkehr)} = 108.44 [\text{kN/m}]$$

$$(\text{Verkehr erhöht mit Faktor} = 1.083)$$

$$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 50.68 [\text{kN/m}]$$

$$\text{Kohäsionskraft } K_k = 0.00 [\text{kN/m}]$$

$$\text{Grundbruchlast } R_{n,k} = 1914.29 [\text{kN/m}]$$

Grundbruch mit:

$$\text{Reibungswinkel } \varphi_k = 32.50 [^\circ]$$

$$\text{Kohäsion } c_k = 0.00 [\text{kN/m}^2]$$

$$N_d = 24.585 / N_b = 15.025 / N_c = 37.020$$

$$\sigma_u = 112.605 [\text{kN/m}^2]$$

$$\mu_e = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.086$$

$$\mu_e = [108.44 \cdot 1.20] / [(1914.29 + 0.00 + 50.68) / 1.300] = 0.086$$

Prüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Spundwand

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 22,00mNN)

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 24.25 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 22.00 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 17.89 m

Wasserdruck auf "0.0" gesetzt, wenn zur Erdseite gerichtet.

Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-T

 $\gamma_G = 1.20$  $\gamma_Q = 1.30$  $\gamma_{Ep} = 1.30$ 

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Bermen auf der Aktivseite

| Nr. | x1   | x2    | dh    | a     | x    | y     | Auflast              | Verkehr |
|-----|------|-------|-------|-------|------|-------|----------------------|---------|
| [-] | [m]  | [m]   | [m]   | [m]   | [m]  | [m]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]     |
| 1   | 3.25 | 11.75 | -2.83 | -1.08 | 6.52 | 17.04 | 0.00                 | nein    |

Der Einfluss von Aktivbermen auf den aktiven Erddruck wird gemäß den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" berechnet.

| Bermen | auf  | der    | Passivseite |                      |
|--------|------|--------|-------------|----------------------|
| Nr.    | x1   | x2     | dh          | Auflast              |
| [-]    | [m]  | [m]    | [m]         | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 1      | 0.00 | -10.00 | -2.00       | 0.00                 |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)               | sig(h)               | x(Luftseite) | x(Erdseite) | Tiefe |
|-----|----------------------|----------------------|--------------|-------------|-------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]          | [m]         | [m]   |
| 1   | 5.00                 | 0.00                 | 0.25         | 3.25        | 24.25 |
| 2   | 33.30                | 0.00                 | 12.00        | 15.00       | 21.50 |

| Nr. | y(oben) | y(mitte) | y(unten) | p(oben)              | p(mitte)             | p(unten)             | Typ            |
|-----|---------|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| [-] | [m]     | [m]      | [m]      | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |                |
| 1   | 24.09   | 23.86    | 19.16    | 1.19                 | 1.19                 | 1.19                 | 0 Verkehrslast |
| 2   | 13.86   | 2.69     | -2.01    | 2.47                 | 2.47                 | 2.47                 | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==&gt; rechteckförmig verteilt

Blocklasten nicht umgelagert

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

Eph,d = 140.31 kN/m (Epv,d = -36.61 kN/m)

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) = Bh,d / Eph,d = 1.000

Bh(g+q),d = 140.31 kN/m  
 Bh,g,d = 122.13 kN/m  
 Bh,q,d = 18.18 kN/m  
 Bh,w,d = 7.29 kN/m

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 51.90$  kN/m  
 $C_{h,g,k} = 42.28$  kN/m  
 $C_{h,q,k} = 9.62$  kN/m  
 $C_{h,w,k} = -4.40$  kN/m

Bodenkennwerte

| Schicht | UK    | $\gamma_k$ | $\gamma'_{k}$ | $\varphi_k$ | $c(pas)_k$ | $c(akt)_k$ | $d(p)/\varphi$ | $d(a)/\varphi$ | qc      | cu,k    |
|---------|-------|------------|---------------|-------------|------------|------------|----------------|----------------|---------|---------|
| [-]     | [m]   | [kN/m³]    | [kN/m³]       | [°]         | [kN/m²]    | [kN/m²]    | [-]            | [-]            | [MN/m²] | [kN/m²] |
| 1       | -0.64 | 18.00      | 10.00         | 32.50       | 0.00       | 0.00       | -0.450         | 0.667          | 10.00   | 0.00    |

Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{agh}$ | $k_{ach}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ | $k_{agh}(40^\circ)$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|---------------------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      | [-]                 |
| 1       | -0.64 | 0.251     | 0.866     | 32.500      | 21.68    | 57.46    | 0.179               |

Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

| von    | bis    | oben    | unten   | Wasserdruck | Wasserdruck  |
|--------|--------|---------|---------|-------------|--------------|
| [m]    | [m]    | [kN/m²] | [kN/m²] | oben[kN/m²] | unten[kN/m²] |
| 24.250 | 24.091 | 0.000   | 0.718   | 0.00        | 0.00         |
| 24.091 | 23.858 | 1.913   | 2.962   | 0.00        | 0.00         |
| 23.858 | 23.250 | 2.962   | 5.705   | 0.00        | 0.00         |
| 23.250 | 22.250 | 5.705   | 10.216  | 0.00        | 0.00         |
| 22.250 | 22.000 | 10.216  | 11.344  | 0.00        | 0.00         |
| 22.000 | 21.300 | 11.344  | 14.502  | 0.00        | 0.00         |
| 21.300 | 21.200 | 14.502  | 14.953  | 0.00        | 0.00         |
| 21.200 | 20.950 | 14.953  | 16.081  | 0.00        | 0.00         |
| 20.950 | 20.651 | 16.081  | 16.830  | 0.00        | 2.99         |
| 20.651 | 20.202 | 16.830  | 17.955  | 2.99        | 7.48         |
| 20.202 | 19.505 | 17.955  | 19.703  | 7.48        | 14.45        |
| 19.505 | 19.156 | 19.703  | 19.384  | 14.45       | 17.94        |
| 19.156 | 18.818 | 19.384  | 20.231  | 17.94       | 21.32        |
| 18.818 | 17.890 | 20.231  | 21.860  | 21.32       | 30.60        |
| 17.890 | 16.478 | 21.860  | 24.340  | 30.60       | 30.60        |
| 16.478 | 13.855 | 24.340  | 31.419  | 30.60       | 30.60        |
| 13.855 | 2.690  | 31.419  | 51.027  | 30.60       | 30.60        |
| 2.690  | 1.776  | 51.027  | 52.631  | 30.60       | 30.60        |
| 1.776  | -0.640 | 52.631  | 58.687  | 30.60       | 30.60        |

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Flug

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{pgh}$ | $k_{pch}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      |
| 1       | -0.64 | 5.102     | 5.349     | 32.500      | -14.63   | 19.88    |

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| von   | bis   | oben    | unten   |
|-------|-------|---------|---------|
| [m]   | [m]   | [kN/m²] | [kN/m²] |
| 22.25 | 22.00 | 0.00    | 0.00    |
| 22.00 | 21.30 | 0.00    | -31.54  |
| 21.30 | 21.20 | -31.54  | -36.05  |
| 21.20 | 20.95 | -36.05  | -47.31  |
| 20.95 | 20.65 | -47.31  | -60.79  |
| 20.65 | 20.20 | -60.79  | -81.01  |
| 20.20 | 19.50 | -81.01  | -112.45 |
| 19.50 | 19.16 | -112.45 | -128.17 |
| 19.16 | 18.82 | -128.17 | -143.40 |
| 18.82 | 17.89 | -143.40 | -185.20 |
| 17.89 | 16.48 | -185.20 | -220.56 |
| 16.48 | 13.86 | -220.56 | -323.49 |
| 13.86 | 2.69  | -323.49 | -761.72 |
| 2.69  | 1.78  | -761.72 | -797.57 |



1.78    -0.64    -797.57    -892.42

Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 24.25 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 24.09 | -0.2   | -0.1   | 0.0      |
| 23.86 | -0.8   | -0.8   | -0.1     |
| 23.25 | -2.8   | -4.0   | -1.5     |
| 22.25 | -7.8   | -13.7  | -9.8     |
| 22.00 | -9.3   | -16.9  | -13.7    |
| 21.30 | -11.6  | -16.8  | -26.6    |
| 21.20 | -11.5  | -15.1  | -28.2    |
| 20.95 | -10.9  | -9.3   | -31.3    |
| 20.65 | -9.4   | 0.5    | -32.7    |
| 20.20 | -5.3   | 20.3   | -28.3    |
| 19.50 | 5.3    | 63.2   | 0.0      |

Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 24.25 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 24.09 | -0.2   | -0.1   | 0.0      |
| 23.86 | -0.6   | -0.4   | -0.1     |
| 23.25 | -2.2   | -2.7   | -0.9     |
| 22.25 | -6.6   | -10.8  | -7.2     |
| 22.00 | -8.1   | -13.7  | -10.3    |
| 21.30 | -10.3  | -14.0  | -20.9    |
| 21.20 | -10.3  | -12.7  | -22.3    |
| 20.95 | -9.9   | -7.9   | -24.9    |
| 20.65 | -8.8   | 0.1    | -26.1    |
| 20.20 | -5.6   | 16.1   | -22.7    |
| 19.50 | 3.0    | 50.7   | 0.0      |

Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 24.25 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 24.09 | -0.2   | -0.1   | 0.0      |
| 23.86 | -0.6   | -0.6   | -0.1     |
| 23.25 | -2.3   | -3.3   | -1.2     |
| 22.25 | -6.4   | -11.2  | -8.0     |
| 22.00 | -7.7   | -13.9  | -11.2    |
| 21.30 | -9.6   | -13.8  | -21.8    |
| 21.20 | -9.5   | -12.5  | -23.1    |
| 20.95 | -9.1   | -7.7   | -25.7    |
| 20.65 | -7.8   | 0.4    | -26.8    |
| 20.20 | -4.4   | 16.6   | -23.2    |
| 19.50 | 4.3    | 51.9   | 0.0      |

Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 24.25 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 24.09 | -0.2   | -0.1   | 0.0      |
| 23.86 | -0.5   | -0.3   | 0.0      |
| 23.25 | -1.9   | -2.3   | -0.8     |
| 22.25 | -5.5   | -9.0   | -6.0     |
| 22.00 | -6.7   | -11.4  | -8.6     |
| 21.30 | -8.6   | -11.6  | -17.4    |
| 21.20 | -8.6   | -10.6  | -18.6    |
| 20.95 | -8.3   | -6.6   | -20.7    |
| 20.65 | -7.3   | 0.1    | -21.8    |
| 20.20 | -4.6   | 13.4   | -18.9    |
| 19.50 | 2.5    | 42.3   | 0.0      |

Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 24.25 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 24.09 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 23.86 | -0.1   | -0.3   | 0.0      |

|       |      |      |      |
|-------|------|------|------|
| 23.25 | -0.4 | -1.0 | -0.4 |
| 22.25 | -0.9 | -2.2 | -2.0 |
| 22.00 | -1.0 | -2.5 | -2.6 |
| 21.30 | -1.0 | -2.1 | -4.4 |
| 21.20 | -1.0 | -1.9 | -4.6 |
| 20.95 | -0.8 | -1.1 | -5.0 |
| 20.65 | -0.5 | 0.3  | -5.1 |
| 20.20 | 0.2  | 3.2  | -4.3 |
| 19.50 | 1.8  | 9.6  | 0.0  |

## Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 23.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 23.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.00        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.30        | 0.1         | 0.5         | 0.1           |
| 21.20        | 0.2         | 0.6         | 0.2           |
| 20.95        | 0.3         | 1.1         | 0.4           |
| 20.65        | 0.5         | 1.3         | 0.8           |
| 20.20        | 0.8         | 0.3         | 1.2           |
| 19.50        | 1.6         | -4.4        | 0.0           |

## Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $EI = 3.965E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$ 

| Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] |
|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 24.25        | -4.6      | 24.09        | -4.3      | 23.86        | -4.0      | 23.25        | -3.2      | 22.25        | -1.8      | 22.00        | -1.5      |
| 21.20        | -0.6      | 20.95        | -0.4      | 20.65        | -0.2      | 20.20        | -0.1      | 19.50        | 0.0       |              |           |

## Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

 $\phi_{[g+q],k} = 0.00000000$ 

Theoretischer Fußpunkt = 19.505 m

## Bemessung nach EC 3 (el.-el.)

Bemessungssituation: max  $M_{Ed}$  $M_{Ed} = 32.7 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$  $V_{Ed} = 0.5 \text{ kN/m}$  $N_{Ed} = -9.4 \text{ kN/m}$  (Druck)

Profil: AZ 12-700 Stahlgüte: S 240 GP

Wasserdruckdifferenz = 3.06 m

 $b = 700.0 \text{ mm} / b_f = 356.4 \text{ mm}$  $t_f = 8.5 \text{ mm} / t_w = 8.5 \text{ mm} / A = 123.0 \text{ cm}^2/\text{m}$  $h = 314.0 \text{ mm} / \alpha = 42.8^\circ$  $W_{el} = 1205.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 18880.0 \text{ cm}^4/\text{m}$  $\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.00$  $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 42.4$ 

Querschnittsklasse: 2

 $f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$  $M_{c,Rd} = 289.2 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$  $V_{pl,Rd} = 514.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.001$ ) $N_{pl,Rd} = 2952.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.003$ )

Querkraft-Interaktion

 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$  $M_{c,Rd} = 289.2 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$  $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.113$ 

Knicklänge = 7.34 m

 $N_{cr} = 7263.2 \text{ kN/m}$  $N_{Ed} / N_{cr} = 0.001 \leq 0.04$  $\rightarrow$  Kein Knicknachweismax  $\mu = 0.113$ max  $M_d = 32.7 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$  (Tiefe = 20.65 m)Zugehörige Werte:  $N_d = -9.4 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = 0.5 \text{ kN/m}$ ;  $w_k = 0.2 \text{ mm}$ 

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

max  $Q_d = 63.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 19.50 m)  
Zugehörige Werte:  $N_d = 5.3 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max  $N_d = 11.6 \text{ kN/m}$  (Tiefe = 21.30 m)  
Zugehörige Werte:  $Q_d = -16.8 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = -26.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.9 \text{ mm}$

max  $w_k = 4.6 \text{ mm}$  (Tiefe = 24.25 m)  
Zugehörige Werte:  $N_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %  
Einbindetiefe  $t_g = 2.99 \text{ m}$   
Profillänge = 5.24 m

#### Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung:  $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$

$G_k = 5.06 \text{ kN/m}$

$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$E_{av,k} = 21.53 \text{ kN/m}$  ( $E_{ah,k} = 54.18 \text{ kN/m}$ )

$C_{h,k} = 51.90 \text{ kN/m}$

$B_{v,k} = -30.41 \text{ kN/m}$

$\delta_p [^\circ] = -14.6$

$\delta_c [^\circ] = 10.8$

Summe  $V_k = 7.92 \text{ kN/m}$  (Druck)

#### Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (links)

Profil: AZ 12-700

Abminderung  $q_{b,k}$  und  $q_{s,k}$  wegen Einbindetiefe  $t_g < 3.00 \text{ m} = (t_g - 0.50) / 2.50 = 0.998$

$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_B) / \gamma_{Ep}$

$R_{Bv,d} = (116.53 - 1/2 \cdot 51.90) \cdot \tan(32.5^\circ) / 1.30 = 44.39 \text{ kN/m}$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) / \gamma_{Ep}$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 51.90 \cdot \tan(21.7^\circ) / 1.30 = 7.94 \text{ kN/m}$

Spitzendruck  $q_{c,m} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

(gemittelt von 19.32 bis 17.75 m)  $\Rightarrow q_{b,k} = 9.98 \text{ MN/m}^2$

$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0123 \cdot 9.98 \cdot 1000 / 1.40 = 87.67 \text{ kN/m}$

#### Mantelreibung

| von   | bis   | $q_{s,k} [\text{kN/m}^2]$ | Bezeichnung |
|-------|-------|---------------------------|-------------|
| 22.00 | 19.01 | 26.61                     | Sand        |

Mantelfläche (TF + dt1) von 19.50 bis 19.01 m =  $1.169 \text{ m}^2/\text{m} \Rightarrow R_{s3,d}$

$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 15.53 / 1.40 = 11.09 \text{ kN/m}$

$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 151.08 \text{ kN/m}$

#### Einwirkungen

$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 6.08 + 26.06 + 0.00 = 32.14 \text{ kN/m}$

$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 32.14 / 151.08 = 0.21$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

#### Hydraulische Grundbruchsicherheit

UK Schicht = 16.24

Gewicht =  $72.45 \text{ kN/m}^2$

Strömungskraft =  $10.17 \text{ kN/m}^2$

$\gamma(\text{Gewicht}) = 0.95$

$\gamma(\text{Strömungskraft}) = 1.45$

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.000

$= 0.000 = (1.45 \cdot 10.17) / (0.95 \cdot 72.45)$

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

#### Nachweis Aufbruchsicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten  $f_Q = 1.300 / 1.200 = 1.083$

Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma(R_v) = 1.300$

Breite = 0.45 m

Gewicht  $G_k$  (einschließlich Verkehr) =  $45.31 [\text{kN/m}]$

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.083)  
 $E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 25.29 \text{ [kN/m]}$   
Kohäsionskraft  $K_k = 0.00 \text{ [kN/m]}$   
Grundbruchlast  $R_{n,k} = 656.89 \text{ [kN/m]}$   
Grundbruch mit:  
Reibungswinkel  $\varphi_k = 32.50 [^\circ]$   
Kohäsion  $c_k = 0.00 \text{ [kN/m}^2\text{]}$   
 $N_d = 24.585 / N_b = 15.025 / N_c = 37.020$   
 $\sigma_u = 53.902 \text{ [kN/m}^2\text{]}$   
 $\mu_e = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.104$   
 $\mu_e = [45.31 \cdot 1.20] / [(656.89 + 0.00 + 25.29) / 1.300] = 0.104$

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

2.1

# Spundwand

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 18,00mNN)

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 23.50 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 18.00 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 20.95 m

Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-T

$\gamma_G = 1.20$

$\gamma_Q = 1.30$

$\gamma_{Ep} = 1.30$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| Bermen<br>Nr. | auf<br>x1<br>[m] | der<br>x2<br>[m] | Passivseite<br>dh<br>[m] | Auflast<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|---------------|------------------|------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 1             | 0.00             | -10.00           | -2.00                    | 0.00                            |

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | sig(h)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | x(Luftseite)<br>[m] | x(Erdseite)<br>[m] | Tiefe<br>[m] |
|-----|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------|--------------|
| 1   | 33.30                          | 0.00                           | 1.00                | 4.00               | 23.50        |
| 2   | 10.00                          | 0.00                           | 4.00                | 15.00              | 23.50        |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

| Nr. | y(oben)<br>[m] | y(mitte)<br>[m] | y(unten)<br>[m] | p(oben)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | p(mitte)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | p(unten)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Typ            |
|-----|----------------|-----------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------|
| 1   | 22.86          | 21.93           | 17.23           | 6.97                            | 6.97                             | 6.97                             | 0 Verkehrslast |
| 2   | 20.95          | 17.23           | -0.01           | 2.06                            | 2.06                             | 2.06                             | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==> rechteckförmig verteilt

Zusatzdrücke

| Nr. | e(oben)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | e(unten)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | z(oben)<br>[m] | z(unten)<br>[m] | Typ<br>[-]  |
|-----|---------------------------------|----------------------------------|----------------|-----------------|-------------|
| 1   | 0.00                            | 26.00                            | 20.95          | 17.89           | Wasserdruck |
| 2   | 26.00                           | 0.00                             | 17.89          | 10.01           | Wasserdruck |

Blocklasten nicht umgelagert

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch und Einspanngrad von 0.000 vorgegeben

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

$E_{ph,d} = 304.70 \text{ kN/m}$  ( $E_{pv,d} = -121.12 \text{ kN/m}$ )

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $B_{h,d} / E_{ph,d} = 1.000$

$B_{h,g+q,d} = 304.70 \text{ kN/m}$

$B_{h,g,d} = 279.66 \text{ kN/m}$

$B_{h,q,d} = 25.04 \text{ kN/m}$

$B_{h,w,d} = 108.80 \text{ kN/m}$

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$C_{h,g,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$C_{h,q,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$C_{h,w,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

Anker und Steifen

Bemessungswert (Anker) mit BS-P (1.35/1.50)

| Nr. | y     | Neigung | Länge | $N_d$  | $N_k$  | $N_{g,k}$ | $N_{w,k}$ | EA       | EI        | Anker |
|-----|-------|---------|-------|--------|--------|-----------|-----------|----------|-----------|-------|
| [-] | [m]   | [°]     | [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m]    | [kN/m]    | [kN/m]   | [kN·m²/m] |       |
| 1   | 21.75 | 0.00    | 12.00 | 181.75 | 130.71 | 95.47     | 38.14     | 2.100E+7 | -         |       |

Bodenkennwerte

| Schicht | UK    | $\gamma_k$  | $\gamma'_{k}$ | $\phi_k$    | $c_k$     | d(a)/ $\phi$ | d(p)/phiAnker |
|---------|-------|-------------|---------------|-------------|-----------|--------------|---------------|
| pas/akt | [m]   | [kN/m³]     | [kN/m³]       | [°]         | [kN/m²]   | [-]          | [-]           |
| 1       | -1.39 | 18.00/18.00 | 8.20/11.50    | 32.50/32.50 | 0.00/0.00 | -0.667       | 0.667         |

Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

| Schicht | UK    | $k_{agh}$ | $k_{ach}$ | $\phi_k$ | $\delta$ | $\theta$ | $k_{agh}(40^\circ)$ |
|---------|-------|-----------|-----------|----------|----------|----------|---------------------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]      | [°]      | [°]      | [-]                 |
| 1       | -1.39 | 0.251     | 0.866     | 32.500   | 21.68    | 57.46    | 0.179               |

Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

mit Zusatzdrücke

| von    | bis    | oben    | unten   | Wasserdruck | Wasserdruck  |
|--------|--------|---------|---------|-------------|--------------|
| [m]    | [m]    | [kN/m²] | [kN/m²] | oben[kN/m²] | unten[kN/m²] |
| 23.500 | 22.863 | 0.000   | 2.874   | 0.00        | 0.00         |
| 22.863 | 22.500 | 9.841   | 11.478  | 0.00        | 0.00         |
| 22.500 | 21.932 | 11.478  | 14.038  | 0.00        | 0.00         |
| 21.932 | 21.750 | 14.038  | 14.862  | 0.00        | 0.00         |
| 21.750 | 21.500 | 14.862  | 15.989  | 0.00        | 0.00         |
| 21.500 | 20.952 | 15.989  | 18.463  | 0.00        | 0.00         |
| 20.952 | 20.450 | 18.463  | 21.973  | -0.01       | 4.25         |
| 20.450 | 19.450 | 21.973  | 24.855  | 4.25        | 12.75        |
| 19.450 | 18.450 | 24.855  | 27.737  | 12.75       | 21.24        |
| 18.450 | 18.150 | 27.737  | 28.602  | 21.24       | 23.79        |
| 18.150 | 18.000 | 28.602  | 29.034  | 23.79       | 25.07        |
| 18.000 | 17.890 | 29.034  | 29.351  | 25.07       | 26.00        |
| 17.890 | 17.484 | 29.351  | 30.522  | 26.00       | 24.66        |
| 17.484 | 17.230 | 30.522  | 31.253  | 24.66       | 23.82        |
| 17.230 | 16.580 | 31.253  | 26.160  | 23.82       | 21.68        |
| 16.580 | 16.480 | 26.160  | 26.449  | 21.68       | 21.35        |
| 16.480 | 15.479 | 26.449  | 29.332  | 21.35       | 18.05        |
| 15.479 | 14.479 | 29.332  | 32.216  | 18.05       | 14.74        |
| 14.479 | 13.478 | 32.216  | 35.099  | 14.74       | 11.44        |
| 13.478 | 12.978 | 35.099  | 36.541  | 11.44       | 9.79         |
| 12.978 | 12.478 | 36.541  | 37.983  | 9.79        | 8.14         |
| 12.478 | 10.010 | 37.983  | 45.095  | 8.14        | 0.00         |
| 10.010 | -0.013 | 45.095  | 73.981  | 0.00        | 0.00         |
| -0.013 | -1.390 | 73.981  | 75.890  | 0.00        | 0.00         |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{pgh}$ | $k_{pch}$ | $\phi_k$ | $\delta$ | $\theta$ |
|---------|-------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]      | [°]      | [°]      |
| 1       | -1.39 | 6.006     | 6.054     | 32.500   | -21.68   | 16.35    |

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| von   | bis   | oben    | unten   |
|-------|-------|---------|---------|
| [m]   | [m]   | [kN/m²] | [kN/m²] |
| 18.15 | 18.00 | 0.00    | 0.00    |
| 18.00 | 17.89 | 0.00    | -2.66   |
| 17.89 | 17.48 | -2.66   | -12.47  |
| 17.48 | 17.23 | -12.47  | -18.61  |
| 17.23 | 16.58 | -18.61  | -34.32  |
| 16.58 | 16.48 | -34.32  | -36.74  |
| 16.48 | 15.48 | -36.74  | -60.91  |



|       |       |         |         |
|-------|-------|---------|---------|
| 15.48 | 14.48 | -60.91  | -85.08  |
| 14.48 | 13.48 | -85.08  | -109.26 |
| 13.48 | 12.98 | -109.26 | -121.34 |
| 12.98 | 12.48 | -121.34 | -133.43 |
| 12.48 | 10.01 | -133.43 | -226.92 |
| 10.01 | -0.01 | -226.92 | -606.60 |
| -0.01 | -1.39 | -606.60 | -658.78 |

Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.86        | -1.2        | -1.1        | -0.2          |                |
| 22.50        | -3.5        | -6.0        | -1.5          |                |
| 21.93        | -7.8        | -15.1       | -7.4          |                |
| 21.75        | -9.3        | -18.4       | -10.4         | 160.4          |
| 21.75        | -9.3        | 142.0       | -10.4         |                |
| 21.50        | -11.5       | 137.2       | 24.5          |                |
| 20.95        | -16.8       | 125.5       | 96.6          |                |
| 20.45        | -22.7       | 111.0       | 156.0         |                |
| 19.45        | -35.4       | 71.8        | 248.5         |                |
| 18.45        | -49.4       | 18.9        | 295.0         |                |
| 18.15        | -53.9       | 0.4         | 298.0         |                |
| 18.00        | -56.2       | -9.3        | 297.3         |                |
| 17.89        | -57.8       | -16.5       | 295.9         |                |
| 17.48        | -63.0       | -40.7       | 284.1         |                |
| 17.23        | -65.6       | -53.8       | 272.1         |                |
| 16.58        | -67.5       | -74.5       | 229.7         |                |
| 16.48        | -67.5       | -76.7       | 222.1         |                |
| 15.48        | -62.7       | -85.5       | 138.9         |                |
| 14.48        | -49.8       | -69.7       | 59.2          |                |
| 13.48        | -28.7       | -29.4       | 7.6           |                |
| 12.98        | -15.0       | 0.0         | 0.0           |                |

Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.86        | -1.2        | -1.1        | -0.2          |                |
| 22.50        | -2.2        | -2.7        | -0.9          |                |
| 21.93        | -4.5        | -6.7        | -3.5          |                |
| 21.75        | -5.3        | -8.3        | -4.8          | 114.6          |
| 21.75        | -5.3        | 106.3       | -4.8          |                |
| 21.50        | -6.6        | 103.7       | 21.4          |                |
| 20.95        | -9.9        | 97.0        | 76.5          |                |
| 20.45        | -13.4       | 88.4        | 123.2         |                |
| 19.45        | -21.5       | 60.9        | 198.9         |                |
| 18.45        | -30.9       | 19.8        | 240.4         |                |
| 18.15        | -33.9       | 4.8         | 244.1         |                |
| 18.00        | -35.5       | -3.2        | 244.2         |                |
| 17.89        | -36.7       | -9.1        | 243.6         |                |
| 17.48        | -40.1       | -28.8       | 235.7         |                |
| 17.23        | -41.6       | -39.3       | 227.1         |                |
| 16.58        | -43.3       | -59.5       | 194.4         |                |
| 16.48        | -43.3       | -61.8       | 188.3         |                |
| 15.48        | -39.2       | -72.2       | 119.5         |                |
| 14.48        | -27.8       | -60.1       | 51.4          |                |
| 13.48        | -9.0        | -25.6       | 6.6           |                |
| 12.98        | 3.2         | 0.0         | 0.0           |                |

Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.86        | -1.0        | -0.9        | -0.2          |                |
| 22.50        | -2.9        | -4.8        | -1.2          |                |
| 21.93        | -6.3        | -12.0       | -5.9          |                |
| 21.75        | -7.5        | -14.7       | -8.3          | 130.7          |
| 21.75        | -7.5        | 116.0       | -8.3          |                |
| 21.50        | -9.3        | 112.2       | 20.2          |                |
| 20.95        | -13.6       | 102.7       | 79.2          |                |
| 20.45        | -18.3       | 91.0        | 127.9         |                |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

|       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| 19.45 | -28.6 | 59.1  | 203.9 |
| 18.45 | -40.0 | 15.8  | 242.3 |
| 18.15 | -43.6 | 0.6   | 244.8 |
| 18.00 | -45.5 | -7.4  | 244.3 |
| 17.89 | -46.8 | -13.3 | 243.2 |
| 17.48 | -51.1 | -33.2 | 233.7 |
| 17.23 | -53.1 | -43.9 | 223.8 |
| 16.58 | -54.7 | -61.1 | 189.2 |
| 16.48 | -54.7 | -63.0 | 182.9 |
| 15.48 | -50.8 | -70.4 | 114.5 |
| 14.48 | -40.1 | -57.5 | 48.9  |
| 13.48 | -22.6 | -24.2 | 6.3   |
| 12.98 | -11.4 | 0.0   | 0.0   |

## Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.86        | -1.0        | -0.9        | -0.2          |                |
| 22.50        | -1.9        | -2.3        | -0.8          |                |
| 21.93        | -3.7        | -5.5        | -2.9          |                |
| 21.75        | -4.4        | -6.9        | -4.0          | 95.5           |
| 21.75        | -4.4        | 88.6        | -4.0          |                |
| 21.50        | -5.5        | 86.4        | 17.9          |                |
| 20.95        | -8.3        | 80.8        | 63.8          |                |
| 20.45        | -11.2       | 73.6        | 102.6         |                |
| 19.45        | -17.9       | 50.7        | 165.8         |                |
| 18.45        | -25.7       | 16.5        | 200.3         |                |
| 18.15        | -28.3       | 4.0         | 203.4         |                |
| 18.00        | -29.6       | -2.6        | 203.5         |                |
| 17.89        | -30.6       | -7.6        | 203.0         |                |
| 17.48        | -33.4       | -24.0       | 196.4         |                |
| 17.23        | -34.7       | -32.7       | 189.2         |                |
| 16.58        | -36.1       | -49.6       | 162.0         |                |
| 16.48        | -36.1       | -51.5       | 157.0         |                |
| 15.48        | -32.7       | -60.1       | 99.6          |                |
| 14.48        | -23.1       | -50.1       | 42.9          |                |
| 13.48        | -7.5        | -21.4       | 5.5           |                |
| 12.98        | 2.6         | 0.0         | 0.0           |                |

## Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.50        | -1.0        | -2.5        | -0.5          |                |
| 21.93        | -2.6        | -6.5        | -3.0          |                |
| 21.75        | -3.1        | -7.8        | -4.3          | 35.2           |
| 21.75        | -3.1        | 27.5        | -4.3          |                |
| 21.50        | -3.8        | 25.7        | 2.3           |                |
| 20.95        | -5.3        | 21.9        | 15.4          |                |
| 20.45        | -7.1        | 17.4        | 25.3          |                |
| 19.45        | -10.7       | 8.4         | 38.2          |                |
| 18.45        | -14.3       | -0.7        | 42.0          |                |
| 18.15        | -15.3       | -3.4        | 41.4          |                |
| 18.00        | -15.9       | -4.7        | 40.8          |                |
| 17.89        | -16.3       | -5.7        | 40.2          |                |
| 17.48        | -17.7       | -9.2        | 37.2          |                |
| 17.23        | -18.5       | -11.2       | 34.6          |                |
| 16.58        | -18.6       | -11.5       | 27.1          |                |
| 16.48        | -18.6       | -11.5       | 26.0          |                |
| 15.48        | -18.1       | -10.3       | 15.0          |                |
| 14.48        | -16.9       | -7.4        | 6.0           |                |
| 13.48        | -15.1       | -2.9        | 0.7           |                |
| 12.98        | -14.0       | 0.0         | 0.0           |                |

## Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rüdiger

|       |      |       |       |      |
|-------|------|-------|-------|------|
| 21.93 | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 38.1 |
| 21.75 | 0.0  | 0.0   | 0.0   |      |
| 21.75 | 0.0  | 38.1  | 0.0   |      |
| 21.50 | 0.0  | 38.1  | 9.5   |      |
| 20.95 | 0.0  | 38.1  | 30.4  |      |
| 20.45 | 0.0  | 37.1  | 49.4  |      |
| 19.45 | 0.0  | 28.6  | 82.9  |      |
| 18.45 | 0.0  | 11.6  | 103.7 |      |
| 18.15 | 0.0  | 4.8   | 106.2 |      |
| 18.00 | 0.0  | 1.2   | 106.7 |      |
| 17.89 | 0.0  | -1.6  | 106.6 |      |
| 17.48 | 0.4  | -11.0 | 104.0 |      |
| 17.23 | 0.8  | -16.0 | 100.6 |      |
| 16.58 | 2.8  | -25.7 | 86.8  |      |
| 16.48 | 3.3  | -26.8 | 84.2  |      |
| 15.48 | 9.0  | -32.2 | 53.8  |      |
| 14.48 | 17.5 | -27.1 | 23.3  |      |
| 13.48 | 28.9 | -11.6 | 3.0   |      |
| 12.98 | 35.6 | 0.0   | 0.0   |      |

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit EI = 3.965E+4 kN·m<sup>2</sup>/m

| Tiefe | w     | Tiefe | w     | Tiefe | w     | Tiefe | w     | Tiefe | w     | Tiefe | w     | Tiefe | w     |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| [m]   | [mm]  | [m]   | [mm]  | [m]   | [mm]  | [m]   | [mm]  | [m]   | [mm]  | [m]   | [mm]  | [m]   | [mm]  |
| 23.50 | 29.1  | 22.86 | 18.5  | 22.50 | 12.5  | 21.93 | 3.0   | 21.75 | -0.1  | 21.50 | -4.3  | 20.95 | -13.3 |
| 20.45 | -21.0 | 19.45 | -33.7 | 18.45 | -41.4 | 18.15 | -42.6 | 18.00 | -42.9 | 17.89 | -43.1 | 17.48 | -43.1 |
| 17.23 | -42.6 | 16.58 | -39.8 | 16.48 | -39.2 | 15.48 | -30.6 | 14.48 | -19.2 | 13.48 | -6.5  | 12.98 | 0.0   |

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

phi,[g+q],k: -0.74245451

Theoretischer Fußpunkt = 12.978 m

Bemessung nach EC 3 (el.-el.)

Bemessungssituation: max M,gq

M<sub>Ed</sub> = 297.9 kN·m/m

V<sub>Ed</sub> = 0.4 kN/m

N<sub>Ed</sub> = -53.9 kN/m (Druck)

Profil: AZ 12-700 Stahlgüte: S 355 GP

Wasserdruckdifferenz = 2.60 m

b = 700.0 mm / b<sub>f</sub> = 356.4 mm

t<sub>f</sub> = 8.5 mm / t<sub>w</sub> = 8.5 mm / A = 123.0 cm<sup>2</sup>/m

h = 314.0 mm / α = 42.8 °

W<sub>el</sub> = 1205.00 cm<sup>3</sup>/m / I = 18880.0 cm<sup>4</sup>/m

γ<sub>M0</sub> = 1.00 / γ<sub>M1</sub> = 1.00

ε = 0.810 → b<sub>f</sub> / t<sub>f</sub> / ε = 51.8

Querschnittsklasse: 3

f<sub>y,red</sub> = 355.0 N/mm<sup>2</sup>

M<sub>c,Rd</sub> = 427.8 kN·m/m

V<sub>pl,Rd</sub> = 760.3 kN/m (μ = 0.001)

N<sub>pl,Rd</sub> = 4366.5 kN/m (μ = 0.012)

Querkraft-Interaktion

V<sub>Ed</sub> ≤ 0.5 · V<sub>pl,Rd</sub> → keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis M<sub>Rd</sub>

M<sub>c,Rd</sub> = 427.8 kN·m/m

μ = M<sub>Ed</sub> / M<sub>c,Rd</sub> = 0.697

Knicklänge = 8.77 m

N<sub>cr</sub> = 5087.7 kN/m

N<sub>Ed</sub> / N<sub>cr</sub> = 0.011 ≤ 0.04

→ Kein Knicknachweis

max μ = 0.697

max M<sub>d</sub> = 298.0 kN·m/m (Tiefe = 18.15 m)

Zugehörige Werte: N<sub>d</sub> = -53.9 kN/m; Q<sub>d</sub> = 0.4 kN/m; w<sub>k</sub> = 42.6 mm

max Q<sub>d</sub> = 142.0 kN·m/m (Tiefe = 21.75 m)

Zugehörige Werte: N<sub>d</sub> = -9.3 kN/m; M<sub>d</sub> = -10.4 kN·m/m; w<sub>k</sub> = 0.1 mm

max N<sub>d</sub> = 67.5 kN/m (Tiefe = 16.58 m)

Zugehörige Werte: Q<sub>d</sub> = -74.5 kN/m; M<sub>d</sub> = 229.7 kN·m/m; w<sub>k</sub> = 48.4 mm

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



max  $w_k = 43.2$  mm (Tiefe = 17.69 m)  
 Zugehörige Werte:  $N_d = -60.6$  kN/m;  $Q_d = -29.1$  kN/m;  $M_d = 291.2$  kN·m/m

Einbindetiefe  $t_g = 5.02$  m  
 Profillänge = 10.52 m

#### Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung:  $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$

$G_k = 10.16$  kN/m

$P_{v,k} = 0.00$  kN/m

$E_{av,k} = 100.89$  kN/m ( $E_{ah,k} = 253.81$  kN/m)

$C_{h,k} = 0.00$  kN/m

$B_{v,k} = -99.69$  kN/m

$\delta_p [^\circ] = -21.7$

$\delta_c [^\circ] = 10.8$

Summe  $V_k = 11.36$  kN/m (Druck)

#### Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (links)

Profil: AZ 12-700

$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_B) / \gamma_{Ep}$

$R_{Bv,d} = (250.79 - 1/2 \cdot 0.00) \cdot \tan(32.5^\circ) / 1.30 = 122.90$  kN/m

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) / \gamma_{Ep}$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 0.00 \cdot \tan(19.5^\circ) / 1.30 = 0.00$  kN/m

Spitzendruck  $q_{c,m} = 10.00$  MN/m<sup>2</sup>

(gemittelt von 13.29 bis 11.72 m)  $\Rightarrow q_{b,k} = 10.00$  MN/m<sup>2</sup>

$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0123 \cdot 10.00 \cdot 1000 / 1.40 = 87.86$  kN/m

#### Keine Mantelreibung

$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} = 210.76$  kN/m

#### Einwirkungen

$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 12.19 + 123.29 + 0.00 = 135.48$  kN/m

$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 135.48 / 210.76 = 0.64$

Horizontaler Wasserdruk herkömmlich bestimmt.

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Flug

#### Hydraulische Grundbruchsicherheit

UK Schicht = 23.50

$\gamma_{\text{Gewicht}} = 0.95$

$\gamma_{\text{Strömungskraft}} = 1.45$

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.000

=  $0.000 = (1.45 \cdot 0.00) / (0.95 \cdot 0.00)$

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

#### Nachweis Tiefe Gleitfuge

(Blocklasten rechteckig auf Ersatzwand)

Ansatzpunkt der Gleitfuge im Wandbereich = 10.52 m

$A_{h,g,d} = A_{h,g,k} \cdot \gamma_G$  und  $A_{h,d} = A_{h,g,k} \cdot \gamma_G + A_{h,q,k} \cdot \gamma_Q$

mögl  $A_{h,g,d} = \text{mögl } A_{h,g,k} / \gamma_{Ep}$  und mögl  $A_d = \text{mögl } A_k / \gamma_{Ep}$

$\mu_e = \text{Ausnutzungsgrad} \leq 1.0$

| Nr  | Tiefe | Länge | Höhe (Ankerw.) | $A_{h,d}$ | mögl $A_{h,d}$ | $\mu_{e,gq}$ | $A_{h,g,d}$ | mögl $A_{h,g,d}$ | $\mu_{e,g}$ |
|-----|-------|-------|----------------|-----------|----------------|--------------|-------------|------------------|-------------|
| [-] | [m]   | [m]   | [m]            | [kN/m]    | [kN/m]         | [-]          | [kN/m]      | [kN/m]           | [-]         |
| 1   | 21.75 | 12.00 | 1.50           | 181.75    | 192.29         | 0.945        | 114.56      | 152.87           | 0.749       |

#### Werte für ungünstigste Gleitfuge

Lastfall: g+q

| x    | y     | $G_k$  | $E_{ah,k}$ | $E_{av,k}$ | $Q_x$  | $Q_y$  | $C_k$  | H      | $\theta$ | $\varphi$ |
|------|-------|--------|------------|------------|--------|--------|--------|--------|----------|-----------|
| [m]  | [m]   | [kN/m] | [kN/m]     | [kN/m]     | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [°]      | [°]       |
| 0.00 | 12.98 | -      | 253.7      | 100.9      | -      | -      | -      | -      | -        | -         |
| 7.02 | 17.23 | 923.8  | 93.1       | 37.0       | -19.3  | -860.0 | 0.0    | 0.0    | 31.22    | 32.5      |
| 8.11 | 17.89 | 103.3  | 77.4       | 30.8       | -2.2   | -97.1  | 0.0    | 0.0    | 31.22    | 32.5      |
| 8.29 | 18.00 | 16.4   | 74.9       | 29.8       | -0.3   | -15.4  | 0.0    | 0.0    | 31.22    | 32.5      |

|       |       |      |      |      |      |       |     |     |       |      |
|-------|-------|------|------|------|------|-------|-----|-----|-------|------|
| 9.11  | 18.50 | 71.7 | 64.0 | 25.5 | -1.5 | -67.4 | 0.0 | 0.0 | 31.22 | 32.5 |
| 9.94  | 19.00 | 67.0 | 53.9 | 21.4 | -1.4 | -63.0 | 0.0 | 0.0 | 31.22 | 32.5 |
| 10.76 | 19.50 | 62.3 | 44.4 | 17.6 | -1.3 | -58.5 | 0.0 | 0.0 | 31.22 | 32.5 |
| 11.59 | 20.00 | 57.5 | 35.7 | 14.2 | -1.2 | -54.0 | 0.0 | 0.0 | 31.22 | 32.5 |
| 12.00 | 20.25 | 27.0 | 31.6 | 12.5 | -0.6 | -25.3 | 0.0 | 0.0 | 31.22 | 32.5 |

Werte für ungünstigste Gleitfuge

Lastfall: g

| x     | y     | G <sub>k</sub> | E <sub>ah,k</sub> | E <sub>av,k</sub> | Q <sub>x</sub> | Q <sub>y</sub> | C <sub>k</sub> | H      | θ     | φ    |
|-------|-------|----------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|--------|-------|------|
| [m]   | [m]   | [kN/m]         | [kN/m]            | [kN/m]            | [kN/m]         | [kN/m]         | [kN/m]         | [kN/m] | [°]   | [°]  |
| 0.00  | 12.98 | -              | 198.0             | 78.7              | -              | -              | -              | -      | -     | -    |
| 7.02  | 17.23 | 793.8          | 77.4              | 30.8              | -16.7          | -745.9         | 0.0            | 0.0    | 31.22 | 32.5 |
| 8.11  | 17.89 | 92.5           | 63.4              | 25.2              | -1.9           | -86.9          | 0.0            | 0.0    | 31.22 | 32.5 |
| 8.29  | 18.00 | 14.6           | 61.1              | 24.3              | -0.3           | -13.7          | 0.0            | 0.0    | 31.22 | 32.5 |
| 9.11  | 18.50 | 63.5           | 51.5              | 20.5              | -1.3           | -59.7          | 0.0            | 0.0    | 31.22 | 32.5 |
| 9.94  | 19.00 | 58.7           | 42.6              | 16.9              | -1.2           | -55.2          | 0.0            | 0.0    | 31.22 | 32.5 |
| 10.76 | 19.50 | 54.0           | 34.4              | 13.7              | -1.1           | -50.7          | 0.0            | 0.0    | 31.22 | 32.5 |
| 11.59 | 20.00 | 49.3           | 26.9              | 10.7              | -1.0           | -46.3          | 0.0            | 0.0    | 31.22 | 32.5 |
| 12.00 | 20.25 | 22.8           | 23.4              | 9.3               | -0.5           | -21.5          | 0.0            | 0.0    | 31.22 | 32.5 |

(H = Horizontalkraft infolge Erdbeben)

Nachweis Verankerungsboden für Anker-Nr. 1

Eph,d (Ersatzwand) = 236.82

(Eph,d ohne veränderliche Lasten)

(Blocklasten rechteckig auf Ersatzwand)

Eh,d (Ersatzwand) = 38.70

Ev,d (Ersatzwand) = 15.38

Horizontale Ankerkraft Ah,d = 181.75

mue = (181.75 + 38.70) / 236.82 = 0.93

Lastfall: (g+q)

Nachweis Aufbruchsisicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten fQ = 1.300 / 1.200 = 1.083

Teilsicherheit (Grundbruch) gamma(Rv) = 1.300

Breite = 1.10 m

Gewicht G<sub>k</sub> (einschließlich Verkehr) = 242.64 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.083)

E<sub>av,k</sub> (δ = 2/3 · φ) = 101.29 [kN/m]

Kohäsionskraft K<sub>k</sub> = 0.00 [kN/m]

Grundbruchlast R<sub>n,k</sub> = 3272.28 [kN/m]

Grundbruch mit:

Reibungswinkel φ<sub>k</sub> = 32.50 [°]

Kohäsion c<sub>k</sub> = 0.00 [kN/m<sup>2</sup>]

N<sub>d</sub> = 24.585 / N<sub>b</sub> = 15.025 / N<sub>c</sub> = 37.020

σ<sub>ü</sub> = 108.768 [kN/m<sup>2</sup>]

mue = [G<sub>k</sub> · γ<sub>G</sub>] / [(P<sub>g,k</sub> + K<sub>k</sub> + E<sub>av,k</sub>) / γ<sub>Gr</sub>] = 0.112

mue = [242.64 · 1.20] / [(3272.28 + 0.00 + 101.29) / 1.300] = 0.112

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

2.1

# Böschungsberechnung nach EC 7 mit Kreisgleitflächen

Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 18,00mNN)

## Parameterliste

 $\varphi$  [°] = Reibungswinkel $c$  [kN/m<sup>2</sup>] = Kohäsion $\gamma$  [kN/m<sup>3</sup>] = Wichte $q_s$  [kN/m<sup>2</sup>] = Mantelreibung $\max \psi(A)$  [°] = Winkel zwischen der Gleitrichtung des Bruchmechanismus und dem Zugglied $\mu$  [-] = Ausnutzungsgrad $x_m, y_m$  [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes $rad$  [m] = Radius des Gleitkreises

Teilsicherheiten: (GEO-3)

-  $\gamma_m(\varphi) = 1.15$ -  $\gamma_m(c') = 1.15$ -  $\gamma_m(c_u) = 1.15$ -  $\gamma_m(\text{Wichten}) = 1.00$ -  $\gamma_m(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$ -  $\gamma_m(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$ -  $\gamma_m(\text{Herausziehen}) = 1.3000$  (GEO-2)

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach rechts

Koordinaten der Geländepunkte

| Nr. | x       | y      | Nr. | x     | y      | Nr. | x     | y      | Nr. | x      | y      | Nr. | x      | y      |
|-----|---------|--------|-----|-------|--------|-----|-------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|
| [-] | [m]     | [m]    | [-] | [m]   | [m]    | [-] | [m]   | [m]    | [-] | [m]    | [m]    | [-] | [m]    | [m]    |
| 1   | -24.033 | 23.500 | 2   | 0.000 | 23.500 | 3   | 0.000 | 18.000 | 4   | 10.000 | 16.000 | 5   | 24.033 | 16.000 |

Charakteristische Bodenkennwerte

| Boden | $\varphi_k$ | $c_k$                | $\gamma_k$           | $q_{s,k}$            | $\max \psi(A)$ | Bezeichnung |
|-------|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|-------------|
| [-]   | [°]         | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [°]            |             |
| 1     | 32.50       | 0.00                 | 18.00                | 0.00                 | 85.00          | Sand        |
| 2     | 32.50       | 0.00                 | 21.50                | 0.00                 | 85.00          | Sand        |
| 3     | 32.50       | 0.00                 | 18.20                | 0.00                 | 85.00          | Sand (pas)  |

Bemessungs-Bodenkennwerte

| Boden | $\varphi_d$ | $c_d$                | $\gamma_d$           | Bezeichnung |
|-------|-------------|----------------------|----------------------|-------------|
| [-]   | [°]         | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] |             |
| 1     | 28.99       | 0.00                 | 18.00                | Sand        |
| 2     | 28.99       | 0.00                 | 21.50                | Sand        |
| 3     | 28.99       | 0.00                 | 18.20                | Sand (pas)  |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

| Nr. | x(links) | y(links) | x(rechts) | y(rechts) | Boden-Nr. |
|-----|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| [-] | [m]      | [m]      | [m]       | [m]       |           |
| 1   | 0.000    | -6.390   | 24.033    | -6.390    | 3         |
| 2   | -24.033  | 20.950   | 0.000     | 20.950    | 1         |
| 3   | -24.033  | -6.390   | 0.000     | -6.390    | 2         |

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

| Nr. | x       | y      | Nr. | x      | y      | Nr. | x     | y      | Nr. | x      | y      |
|-----|---------|--------|-----|--------|--------|-----|-------|--------|-----|--------|--------|
| [-] | [m]     | [m]    | [-] | [m]    | [m]    | [-] | [m]   | [m]    | [-] | [m]    | [m]    |
| 1   | -24.033 | 20.950 | 2   | -0.001 | 20.950 | 3   | 0.000 | 20.950 | 4   | 24.033 | 20.950 |

Verkehrslasten

| Nr. | Größe(links)         | Größe(rechts)        | x(links) | x(rechts) | y     |
|-----|----------------------|----------------------|----------|-----------|-------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]      | [m]       | [m]   |
| 1   | 33.30                | 33.30                | -4.00    | -1.00     | 23.50 |
| 2   | 10.00                | 10.00                | -15.00   | -4.00     | 23.50 |

Einzelkräfte / Einzelmomente

| Nr. | H-Kraft | V-Kraft | Moment   | x     | y     |
|-----|---------|---------|----------|-------|-------|
| [-] | [kN/m]  | [kN/m]  | [kN·m/m] | [m]   | [m]   |
| 1   | 39.78   | 0.00    | 0.00     | -0.01 | 18.91 |
| 2   | 102.44  | 0.00    | 0.00     | -0.01 | 15.26 |

Zugglieder

 $D$  [m] = Durchmesser $FL$  [m] = freie Länge $R_d$  [kN/m] = aufnehmbare Bemessungskraft



Horizontaler Abstand = 2.000 m

| Nr. | x1   | y1    | x2     | y2    | D    | FL    | R,d    | Reib. |
|-----|------|-------|--------|-------|------|-------|--------|-------|
| [-] | [m]  | [m]   | [m]    | [m]   | [m]  | [m]   | [kN]   | Lam.  |
| 1   | 0.00 | 21.75 | -12.10 | 21.75 | 0.10 | 12.00 | 363.49 | ja    |

Bauteil 1

| Nr. | x     | y     |
|-----|-------|-------|
| [-] | [m]   | [m]   |
| 1   | -0.05 | 23.50 |
| 2   | -0.05 | 12.99 |
| 3   | 0.05  | 12.99 |
| 4   | 0.05  | 23.50 |

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 20.95

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 20.95

$\gamma$  Wasser [kN/m<sup>3</sup>] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Anfangs- und Endradius

x / y (Anfang): 0.0000 12.9780

x / y (Ende ): 0.0000 -5.3900

Anzahl Radien = 40

Ungünstigster Gleitkreis

| Nr  | xm     | ym      | Radius  | Lamellen | $\mu$  | Zähler   | Nenner   | M(Ti)    | M(R)     | M(Gi)    | M(S)     |
|-----|--------|---------|---------|----------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| [-] | [m]    | [m]     | [m]     | [-]      | [-]    | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] |
| 145 | 3.5052 | 22.0100 | 10.1367 | 22       | 0.8525 | 6210.424 | 7284.980 | 7285.0   | 0.0      | 5930.1   | 280.3    |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

2.2

# Spundwand

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 13,00mNN)

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 23.50 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 19.00 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 20.95 m

Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-T

$\gamma_G = 1.20$

$\gamma_Q = 1.30$

$\gamma_{Ep} = 1.30$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| Bermen<br>Nr.<br>[-] | auf<br>x1<br>[m] | der<br>x2<br>[m] | Passivseite<br>dh<br>[m] | Auflast<br>[kN/m²] |
|----------------------|------------------|------------------|--------------------------|--------------------|
| 1                    | 0.00             | -10.00           | -2.00                    | 0.00               |

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)<br>[kN/m²] | sig(h)<br>[kN/m²] | x(Luftseite)<br>[m] | x(Erdseite)<br>[m] | Tiefe<br>[m] |
|-----|-------------------|-------------------|---------------------|--------------------|--------------|
| 1   | 33.30             | 0.00              | 1.00                | 4.00               | 23.50        |
| 2   | 10.00             | 0.00              | 4.00                | 15.00              | 23.50        |

| Nr. | y(oben)<br>[m] | y(mitte)<br>[m] | y(unten)<br>[m] | p(oben)<br>[kN/m²] | p(mitte)<br>[kN/m²] | p(unten)<br>[kN/m²] | Typ            |
|-----|----------------|-----------------|-----------------|--------------------|---------------------|---------------------|----------------|
| 1   | 22.86          | 21.93           | 17.23           | 6.97               | 6.97                | 6.97                | 0 Verkehrslast |
| 2   | 20.95          | 17.23           | -0.01           | 2.06               | 2.06                | 2.06                | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==> rechteckförmig verteilt

Zusatzdrücke

| Nr. | e(oben)<br>[kN/m²] | e(unten)<br>[kN/m²] | z(oben)<br>[m] | z(unten)<br>[m] | Typ<br>[-]  |
|-----|--------------------|---------------------|----------------|-----------------|-------------|
| 1   | 0.00               | 25.10               | 20.95          | 17.89           | Wasserdruck |
| 2   | 25.10              | 0.00                | 17.89          | 12.05           | Wasserdruck |

Blocklasten nicht umgelagert

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch und Einspanngrad von 0.000 vorgegeben

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

$E_{ph,d} = 256.91 \text{ kN/m}$  ( $E_{pv,d} = -102.12 \text{ kN/m}$ )

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $B_{h,d} / E_{ph,d} = 1.000$

$B_{h(g+q),d} = 256.91 \text{ kN/m}$

$B_{h,g,d} = 231.37 \text{ kN/m}$

$B_{h,q,d} = 25.54 \text{ kN/m}$

$B_{h,w,d} = 92.18 \text{ kN/m}$

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 0.00 \text{ kN/m}$   
 $C_{h,g,k} = 0.00 \text{ kN/m}$   
 $C_{h,q,k} = 0.00 \text{ kN/m}$   
 $C_{h,w,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

Anker und Steifen

Bemessungswert (Anker) mit BS-P (1.35/1.50)

| Nr. | y     | Neigung | Länge | $N_d$  | $N_k$  | $N_{g,k}$ | $N_{w,k}$ | EA       | EI                     | Anker |
|-----|-------|---------|-------|--------|--------|-----------|-----------|----------|------------------------|-------|
| [-] | [m]   | [°]     | [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m]    | [kN/m]    | [kN/m]   | [kN·m <sup>2</sup> /m] |       |
| 1   | 21.74 | 0.00    | 10.50 | 144.79 | 103.66 | 71.37     | 25.88     | 2.100E+7 | -                      |       |

Bodenkennwerte

| Schicht | UK    | $\gamma_k$           | $\gamma'_{k}$        | $\varphi_k$ | $c_k$                | d(a)/ $\varphi$ | d(p)/phiAnker |
|---------|-------|----------------------|----------------------|-------------|----------------------|-----------------|---------------|
| pas/akt | [m]   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] | [°]         | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]             | [-]           |
| 1       | -1.39 | 18.00/18.00          | 7.50/11.80           | 32.50/32.50 | 0.00/0.00            | -0.667          | 0.667         |

Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

| Schicht | UK    | $k_{agh}$ | $k_{ach}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ | kagh(40°) |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|-----------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      | [-]       |
| 1       | -1.39 | 0.251     | 0.866     | 32.500      | 21.68    | 57.46    | 0.179     |

Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

mit Zusatzdrücke

| von    | bis    | oben                 | unten                | Wasserdruck              | Wasserdruck               |
|--------|--------|----------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|
| [m]    | [m]    | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | oben[kN/m <sup>2</sup> ] | unten[kN/m <sup>2</sup> ] |
| 23.500 | 22.863 | 0.000                | 2.874                | 0.00                     | 0.00                      |
| 22.863 | 22.500 | 9.841                | 11.478               | 0.00                     | 0.00                      |
| 22.500 | 21.932 | 11.478               | 14.038               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.932 | 21.740 | 14.038               | 14.907               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.740 | 21.450 | 14.907               | 16.215               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.450 | 20.952 | 16.215               | 18.463               | 0.00                     | 0.00                      |
| 20.952 | 20.450 | 18.463               | 22.010               | -0.01                    | 4.10                      |
| 20.450 | 19.450 | 22.010               | 24.968               | 4.10                     | 12.30                     |
| 19.450 | 19.000 | 24.968               | 26.298               | 12.30                    | 16.00                     |
| 19.000 | 18.647 | 26.298               | 27.343               | 16.00                    | 18.89                     |
| 18.647 | 18.495 | 27.343               | 27.791               | 18.89                    | 20.13                     |
| 18.495 | 17.890 | 27.791               | 29.581               | 20.13                    | 25.10                     |
| 17.890 | 17.484 | 29.581               | 30.782               | 25.10                    | 23.35                     |
| 17.484 | 17.230 | 30.782               | 31.533               | 23.35                    | 22.26                     |
| 17.230 | 16.480 | 31.533               | 26.785               | 22.26                    | 19.04                     |
| 16.480 | 15.479 | 26.785               | 29.744               | 19.04                    | 14.74                     |
| 15.479 | 14.478 | 29.744               | 32.703               | 14.74                    | 10.44                     |
| 14.478 | 14.178 | 32.703               | 33.591               | 10.44                    | 9.15                      |
| 14.178 | 13.478 | 33.591               | 35.662               | 9.15                     | 6.14                      |
| 13.478 | 12.050 | 35.662               | 39.885               | 6.14                     | 0.00                      |
| 12.050 | -0.013 | 39.885               | 73.496               | 0.00                     | 0.00                      |
| -0.013 | -1.390 | 73.496               | 77.569               | 0.00                     | 0.00                      |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{pgh}$ | $k_{pch}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      |
| 1       | -1.39 | 6.006     | 6.054     | 32.500      | -21.68   | 16.35    |

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| von   | bis   | oben                 | unten                |
|-------|-------|----------------------|----------------------|
| [m]   | [m]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 19.45 | 19.00 | 0.00                 | 0.00                 |
| 19.00 | 18.65 | 0.00                 | -7.81                |
| 18.65 | 18.50 | -7.81                | -11.15               |
| 18.50 | 17.89 | -11.15               | -24.53               |
| 17.89 | 17.48 | -24.53               | -33.51               |
| 17.48 | 17.23 | -33.51               | -39.12               |
| 17.23 | 16.48 | -39.12               | -55.70               |
| 16.48 | 15.48 | -55.70               | -77.82               |
| 15.48 | 14.48 | -77.82               | -99.93               |



|       |       |         |         |
|-------|-------|---------|---------|
| 14.48 | 14.18 | -99.93  | -106.56 |
| 14.18 | 13.48 | -106.56 | -122.04 |
| 13.48 | 12.05 | -122.04 | -171.51 |
| 12.05 | -0.01 | -171.51 | -589.46 |
| -0.01 | -1.39 | -589.46 | -637.19 |

Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe | N      | Q      | M        | A(h)   |
|-------|--------|--------|----------|--------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] | [kN/m] |
| 23.50 | 0.0    | 0.0    | 0.0      | 127.6  |
| 22.86 | -1.2   | -1.1   | -0.2     |        |
| 22.50 | -3.5   | -6.0   | -1.5     |        |
| 21.93 | -7.8   | -15.1  | -7.4     |        |
| 21.74 | -9.4   | -18.6  | -10.6    |        |
| 21.74 | -9.4   | 109.1  | -10.6    |        |
| 21.45 | -12.0  | 103.5  | 20.2     |        |
| 20.95 | -16.8  | 92.7   | 69.1     |        |
| 20.45 | -22.7  | 78.3   | 112.2    |        |
| 19.45 | -35.4  | 39.3   | 172.1    |        |
| 19.00 | -41.6  | 17.4   | 184.9    |        |
| 18.65 | -46.1  | -0.3   | 187.9    |        |
| 18.50 | -47.7  | -7.5   | 187.3    |        |
| 17.89 | -52.6  | -34.6  | 174.4    |        |
| 17.48 | -54.4  | -49.7  | 157.2    |        |
| 17.23 | -54.9  | -57.1  | 143.6    |        |
| 16.48 | -51.0  | -63.7  | 97.4     |        |
| 15.48 | -39.2  | -51.4  | 37.8     |        |
| 14.48 | -20.1  | -15.4  | 2.4      |        |
| 14.18 | -12.9  | 0.0    | 0.0      |        |

Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe | N      | Q      | M        | A(h)   |
|-------|--------|--------|----------|--------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] | [kN/m] |
| 23.50 | 0.0    | 0.0    | 0.0      | 85.6   |
| 22.86 | -1.2   | -1.1   | -0.2     |        |
| 22.50 | -2.2   | -2.7   | -0.9     |        |
| 21.93 | -4.5   | -6.7   | -3.5     |        |
| 21.74 | -5.4   | -8.4   | -4.9     |        |
| 21.74 | -5.4   | 77.3   | -4.9     |        |
| 21.45 | -6.9   | 74.3   | 17.1     |        |
| 20.95 | -9.9   | 68.1   | 52.6     |        |
| 20.45 | -13.4  | 59.5   | 84.7     |        |
| 19.45 | -21.5  | 32.3   | 131.7    |        |
| 19.00 | -25.6  | 15.7   | 142.6    |        |
| 18.65 | -28.5  | 2.0    | 145.7    |        |
| 18.50 | -29.5  | -3.7   | 145.5    |        |
| 17.89 | -32.1  | -24.8  | 136.8    |        |
| 17.48 | -32.5  | -36.4  | 124.3    |        |
| 17.23 | -32.2  | -41.8  | 114.3    |        |
| 16.48 | -28.9  | -50.0  | 79.1     |        |
| 15.48 | -18.8  | -42.1  | 31.3     |        |
| 14.48 | -2.4   | -12.9  | 2.0      |        |
| 14.18 | 3.8    | 0.0    | 0.0      |        |

Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe | N      | Q      | M        | A(h)   |
|-------|--------|--------|----------|--------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] | [kN/m] |
| 23.50 | 0.0    | 0.0    | 0.0      | 103.7  |
| 22.86 | -1.0   | -0.9   | -0.2     |        |
| 22.50 | -2.9   | -4.8   | -1.2     |        |
| 21.93 | -6.3   | -12.0  | -5.9     |        |
| 21.74 | -7.6   | -14.8  | -8.5     |        |
| 21.74 | -7.6   | 88.9   | -8.5     |        |
| 21.45 | -9.7   | 84.3   | 16.6     |        |
| 20.95 | -13.6  | 75.7   | 56.5     |        |
| 20.45 | -18.3  | 64.0   | 91.7     |        |
| 19.45 | -28.6  | 32.3   | 140.8    |        |
| 19.00 | -33.6  | 14.4   | 151.4    |        |
| 18.65 | -37.3  | -0.1   | 153.9    |        |
| 18.50 | -38.6  | -6.0   | 153.4    |        |
| 17.89 | -42.6  | -28.2  | 143.0    |        |
| 17.48 | -44.0  | -40.5  | 128.9    |        |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

|       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| 17.23 | -44.3 | -46.6 | 117.8 |
| 16.48 | -41.1 | -52.2 | 80.0  |
| 15.48 | -31.4 | -42.3 | 31.1  |
| 14.48 | -15.6 | -12.7 | 1.9   |
| 14.18 | -9.7  | 0.0   | 0.0   |

Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.86        | -1.0        | -0.9        | -0.2          |                |
| 22.50        | -1.9        | -2.3        | -0.8          |                |
| 21.93        | -3.7        | -5.5        | -2.9          |                |
| 21.74        | -4.5        | -7.0        | -4.1          | 71.4           |
| 21.74        | -4.5        | 64.4        | -4.1          |                |
| 21.45        | -5.7        | 61.9        | 14.2          |                |
| 20.95        | -8.3        | 56.7        | 43.8          |                |
| 20.45        | -11.2       | 49.6        | 70.6          |                |
| 19.45        | -17.9       | 26.9        | 109.7         |                |
| 19.00        | -21.3       | 13.1        | 118.8         |                |
| 18.65        | -23.8       | 1.6         | 121.4         |                |
| 18.50        | -24.6       | -3.1        | 121.3         |                |
| 17.89        | -26.7       | -20.6       | 114.0         |                |
| 17.48        | -27.0       | -30.3       | 103.6         |                |
| 17.23        | -26.8       | -34.9       | 95.3          |                |
| 16.48        | -24.1       | -41.6       | 65.9          |                |
| 15.48        | -15.7       | -35.1       | 26.1          |                |
| 14.48        | -2.0        | -10.8       | 1.7           |                |
| 14.18        | 3.2         | 0.0         | 0.0           |                |

Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.50        | -1.0        | -2.5        | -0.5          |                |
| 21.93        | -2.6        | -6.5        | -3.0          |                |
| 21.74        | -3.1        | -7.8        | -4.4          | 32.3           |
| 21.74        | -3.1        | 24.5        | -4.4          |                |
| 21.45        | -3.9        | 22.5        | 2.4           |                |
| 20.95        | -5.3        | 19.0        | 12.7          |                |
| 20.45        | -7.1        | 14.5        | 21.1          |                |
| 19.45        | -10.7       | 5.4         | 31.1          |                |
| 19.00        | -12.3       | 1.4         | 32.6          |                |
| 18.65        | -13.5       | -1.7        | 32.5          |                |
| 18.50        | -14.0       | -3.0        | 32.2          |                |
| 17.89        | -15.8       | -7.5        | 28.9          |                |
| 17.48        | -16.9       | -10.2       | 25.3          |                |
| 17.23        | -17.5       | -11.8       | 22.5          |                |
| 16.48        | -17.0       | -10.6       | 14.0          |                |
| 15.48        | -15.7       | -7.2        | 5.0           |                |
| 14.48        | -13.6       | -1.9        | 0.3           |                |
| 14.18        | -12.8       | 0.0         | 0.0           |                |

Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 21.93        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 21.74        | 0.0         | 0.0         | 0.0           | 25.9           |
| 21.74        | 0.0         | 25.9        | 0.0           |                |
| 21.45        | 0.0         | 25.9        | 7.5           |                |
| 20.95        | 0.0         | 25.9        | 20.4          |                |
| 20.45        | 0.0         | 24.9        | 33.2          |                |
| 19.45        | 0.0         | 16.7        | 54.7          |                |
| 19.00        | 0.0         | 10.3        | 60.8          |                |
| 18.65        | 0.2         | 4.5         | 63.4          |                |
| 18.50        | 0.3         | 2.0         | 63.9          |                |
| 17.89        | 1.6         | -8.5        | 62.0          |                |
| 17.48        | 3.0         | -14.8       | 57.2          |                |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

|       |      |       |      |
|-------|------|-------|------|
| 17.23 | 4.1  | -17.9 | 53.0 |
| 16.48 | 8.3  | -22.9 | 37.3 |
| 15.48 | 16.1 | -20.0 | 15.0 |
| 14.48 | 26.6 | -6.2  | 1.0  |
| 14.18 | 30.2 | 0.0   | 0.0  |

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $EI = 3.965E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

| Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] |
|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 23.50        | 15.8      | 22.86        | 10.1      | 22.50        | 6.8       | 21.93        | 1.7       | 21.74        | -0.1      | 21.45        | -2.7      | 20.95        | -7.1      |
| 20.45        | -11.2     | 19.45        | -17.4     | 19.00        | -19.2     | 18.65        | -20.0     | 18.50        | -20.2     | 17.89        | -20.1     | 17.48        | -19.3     |
| 17.23        | -18.5     | 16.48        | -15.2     | 15.48        | -9.1      | 14.48        | -2.1      | 14.18        | 0.0       |              |           |              |           |

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

$\phi_i, [g+q], k: -0.40448584$

Theoretischer Fußpunkt = 14.178 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max  $M_{ed}$

$M_{ed} = 187.9 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$

$V_{ed} = 0.3 \text{ kN}/\text{m}$

$N_{ed} = -46.1 \text{ kN}/\text{m}$  (Druck)

Profil: AZ 12-700 Stahlgüte: S 240 GP

Wasserdruckdifferenz = 2.51 m

$b = 700.0 \text{ mm} / b_f = 356.4 \text{ mm}$

$t_f = 8.5 \text{ mm} / t_w = 8.5 \text{ mm} / A = 123.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 314.0 \text{ mm} / \alpha = 42.8^\circ$

$W_{pl} = 1415.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 18880.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

$\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.00$

$\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 42.4$

Querschnittsklasse: 2

$f_{y,red} = 240.0 \text{ N}/\text{mm}^2$

$M_{c,Rd} = 339.6 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$

$V_{pl,Rd} = 514.0 \text{ kN}/\text{m}$  ( $\mu = 0.001$ )

$N_{pl,Rd} = 2952.0 \text{ kN}/\text{m}$  ( $\mu = 0.016$ )

Querkraft-Interaktion

$V_{ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$

$M_{c,Rd} = 339.6 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$

$\mu = M_{ed} / M_{c,Rd} = 0.553$

Knicklänge = 7.56 m

$N_{cr} = 6846.6 \text{ kN}/\text{m}$

$N_{ed} / N_{cr} = 0.007 \leq 0.04$

$\rightarrow$  Kein Knicknachweis

max  $\mu = 0.553$

max  $M_d = 187.9 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$  (Tiefe = 18.65 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -46.1 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $Q_d = -0.3 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $w_k = 20.0 \text{ mm}$

max  $Q_d = 109.1 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$  (Tiefe = 21.74 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -9.4 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $M_d = -10.6 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$ ;  $w_k = 0.1 \text{ mm}$

max  $N_d = 54.9 \text{ kN}/\text{m}$  (Tiefe = 17.23 m)

Zugehörige Werte:  $Q_d = -57.1 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $M_d = 143.6 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$ ;  $w_k = 22.6 \text{ mm}$

max  $w_k = 20.3 \text{ mm}$  (Tiefe = 18.24 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -50.1 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $Q_d = -19.2 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $M_d = 184.0 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$

Einbindetiefe  $t_g = 4.82 \text{ m}$

Profillänge = 9.32 m

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung:  $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$

$G_k = 9.00 \text{ kN}/\text{m}$

$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN}/\text{m}$

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



$$E_{av,k} = 84.97 \text{ kN/m} \quad (E_{ah,k} = 213.75 \text{ kN/m})$$

$$C_{h,k} = 0.00 \text{ kN/m}$$

$$B_{v,k} = -84.29 \text{ kN/m}$$

$$\delta_p [^\circ] = -21.7$$

$$\delta_c [^\circ] = 10.8$$

$$\text{Summe } V_k = 9.68 \text{ kN/m (Druck)}$$

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (links)

Profil: AZ 12-700

$$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_B) / \gamma_{Ep}$$

$$R_{Bv,d} = (212.05 - 1/2 \cdot 0.00) \cdot \tan(32.5^\circ) / 1.30 = 103.92 \text{ kN/m}$$

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) / \gamma_{Ep}$$

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 0.00 \cdot \tan(19.5^\circ) / 1.30 = 0.00 \text{ kN/m}$$

$$\text{Spitzendruck } q_{c,m} = 10.00 \text{ MN/m}^2$$

$$(\text{gemittelt von 14.49 bis 12.92 m}) \Rightarrow q_{b,k} = 10.00 \text{ MN/m}^2$$

$$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0123 \cdot 10.00 \cdot 1000 / 1.40 = 87.86 \text{ kN/m}$$

Keine Mantelreibung

$$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} = 191.77 \text{ kN/m}$$

Einwirkungen

$$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 10.80 + 104.08 + 0.00 = 114.88 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 114.88 / 191.77 = 0.60$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Hydraulische Grundbruchsicherheit

UK Schicht = 23.50

gamma(Gewicht) = 0.95

gamma(Strömungskraft) = 1.45

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.000

$$= 0.000 = (1.45 \cdot 0.00) / (0.95 \cdot 0.00)$$

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Nachweis Tiefe Gleitfuge

(Blocklasten rechteckig auf Ersatzwand)

Ansatzpunkt der Gleitfuge im Wandbereich = 9.32 m

$$A_{h,g,d} = A_{h,g,k} \cdot \gamma_G \text{ und } A_{h,d} = A_{h,g,k} \cdot \gamma_G + A_{h,q,k} \cdot \gamma_Q$$

$$\text{mögl } A_{h,g,d} = \text{mögl } A_{h,g,k} / \gamma_{Ep} \text{ und mögl } A_d = \text{mögl } A_k / \gamma_{Ep}$$

$$\mu_{ue} = \text{Ausnutzungsgrad} \leq 1.0$$

| Nr  | Tiefe | Länge | Höhe(Ankerw.) | A <sub>h,d</sub> | mögl A <sub>h,d</sub> | μ <sub>ue,gq</sub> | A <sub>h,g,d</sub> | mögl A <sub>h,g,d</sub> | μ <sub>ue,g</sub> |
|-----|-------|-------|---------------|------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|
| [-] | [m]   | [m]   | [m]           | [kN/m]           | [kN/m]                | [-]                | [kN/m]             | [kN/m]                  | [-]               |
| 1   | 21.74 | 10.50 | 1.00          | 144.79           | 152.35                | 0.950              | 85.64              | 115.90                  | 0.739             |

Werte für ungünstigste Gleitfuge

Lastfall: g+q

| x     | y     | G <sub>k</sub> | E <sub>ah,k</sub> | E <sub>av,k</sub> | Q <sub>x</sub> | Q <sub>y</sub> | C <sub>k</sub> | H      | θ     | φ    |
|-------|-------|----------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|--------|-------|------|
| [m]   | [m]   | [kN/m]         | [kN/m]            | [kN/m]            | [kN/m]         | [kN/m]         | [kN/m]         | [kN/m] | [°]   | [°]  |
| 0.00  | 14.18 | -              | 213.4             | 84.8              | -              | -              | -              | -      | -     | -    |
| 4.88  | 17.23 | 635.2          | 93.6              | 37.2              | -5.1           | -587.6         | 0.0            | 0.0    | 32.00 | 32.5 |
| 5.94  | 17.89 | 101.3          | 77.8              | 30.9              | -0.8           | -95.0          | 0.0            | 0.0    | 32.00 | 32.5 |
| 7.72  | 19.00 | 151.8          | 54.0              | 21.5              | -1.2           | -142.3         | 0.0            | 0.0    | 32.00 | 32.5 |
| 8.52  | 19.50 | 60.8           | 44.5              | 17.7              | -0.5           | -57.0          | 0.0            | 0.0    | 32.00 | 32.5 |
| 9.32  | 20.00 | 56.1           | 35.7              | 14.2              | -0.5           | -52.6          | 0.0            | 0.0    | 32.00 | 32.5 |
| 10.12 | 20.50 | 51.3           | 27.7              | 11.0              | -0.4           | -48.1          | 0.0            | 0.0    | 32.00 | 32.5 |
| 10.50 | 20.74 | 23.0           | 24.1              | 9.6               | -0.2           | -21.5          | 0.0            | 0.0    | 32.00 | 32.5 |

Werte für ungünstigste Gleitfuge

Lastfall: g

| x    | y     | G <sub>k</sub> | E <sub>ah,k</sub> | E <sub>av,k</sub> | Q <sub>x</sub> | Q <sub>y</sub> | C <sub>k</sub> | H      | θ     | φ    |
|------|-------|----------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|--------|-------|------|
| [m]  | [m]   | [kN/m]         | [kN/m]            | [kN/m]            | [kN/m]         | [kN/m]         | [kN/m]         | [kN/m] | [°]   | [°]  |
| 0.00 | 14.18 | -              | 160.4             | 63.7              | -              | -              | -              | -      | -     | -    |
| 4.88 | 17.23 | 526.4          | 77.9              | 31.0              | -4.3           | -493.7         | 0.0            | 0.0    | 32.00 | 32.5 |
| 5.94 | 17.89 | 90.7           | 63.7              | 25.3              | -0.7           | -85.1          | 0.0            | 0.0    | 32.00 | 32.5 |
| 7.72 | 19.00 | 134.0          | 42.7              | 17.0              | -1.1           | -125.7         | 0.0            | 0.0    | 32.00 | 32.5 |
| 8.52 | 19.50 | 52.8           | 34.5              | 13.7              | -0.4           | -49.5          | 0.0            | 0.0    | 32.00 | 32.5 |

|       |       |      |      |      |      |       |     |     |       |      |
|-------|-------|------|------|------|------|-------|-----|-----|-------|------|
| 9.32  | 20.00 | 48.1 | 26.9 | 10.7 | -0.4 | -45.1 | 0.0 | 0.0 | 32.00 | 32.5 |
| 10.12 | 20.50 | 43.3 | 20.1 | 8.0  | -0.4 | -40.6 | 0.0 | 0.0 | 32.00 | 32.5 |
| 10.50 | 20.74 | 19.1 | 17.1 | 6.8  | -0.2 | -17.9 | 0.0 | 0.0 | 32.00 | 32.5 |

(H = Horizontalkraft infolge Erdbeben)

Nachweis Verankerungsboden für Anker-Nr. 1

Eph,d (Ersatzwand) = 174.63

(Eph,d ohne veränderliche Lasten)

(Blocklasten rechteckig auf Ersatzwand)

Eh,d (Ersatzwand) = 29.57

Ev,d (Ersatzwand) = 11.75

Horizontale Ankerkraft Ah,d = 144.79

$\mu_e = (144.79 + 29.57) / 174.63 = 1.00$

Lastfall: (g+q)

Nachweis Aufbruchssicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten fQ = 1.300 / 1.200 = 1.083

Teilsicherheit (Grundbruch) gamma(Rv) = 1.300

Breite = 0.90 m

Gewicht G<sub>k</sub> (einschließlich Verkehr) = 174.17 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.083)

E<sub>av,k</sub> ( $\delta = 2/3 \cdot \varphi$ ) = 85.67 [kN/m]

Kohäsionskraft K<sub>k</sub> = 0.00 [kN/m]

Grundbruchlast R<sub>n,k</sub> = 2660.83 [kN/m]

Grundbruch mit:

Reibungswinkel  $\varphi_k = 32.50$  [°]

Kohäsion c<sub>k</sub> = 0.00 [kN/m<sup>2</sup>]

N<sub>d</sub> = 24.585 / N<sub>b</sub> = 15.025 / N<sub>c</sub> = 37.020

$\sigma_u = 110.632$  [kN/m<sup>2</sup>]

$\mu_e = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.099$

$\mu_e = [174.17 \cdot 1.20] / [(2660.83 + 0.00 + 85.67) / 1.300] = 0.099$

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

2.2

### Böschungsberechnung nach EC 7 mit Kreisgleitflächen

Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 19,00mNN)

Parameterliste

 $\varphi$  [°] = Reibungswinkel $c$  [kN/m<sup>2</sup>] = Kohäsion $\gamma$  [kN/m<sup>3</sup>] = Wichte $q_s$  [kN/m<sup>2</sup>] = Mantelreibung $\max \psi(A)$  [°] = Winkel zwischen der Gleitrichtung des Bruchmechanismus und dem Zugglied $\mu$  [-] = Ausnutzungsgrad $x_m, y_m$  [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes $rad$  [m] = Radius des Gleitkreises

Teilsicherheiten: (GEO-3)

-  $\gamma_m(\varphi) = 1.15$ -  $\gamma_m(c') = 1.15$ -  $\gamma_m(c_u) = 1.15$ -  $\gamma_m(\text{Wichten}) = 1.00$ -  $\gamma_m(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$ -  $\gamma_m(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$ -  $\gamma_m(\text{Herausziehen}) = 1.3000$  (GEO-2)

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach rechts

Koordinaten der Geländepunkte

| Nr. | x       | y      | Nr. | x     | y      | Nr. | x     | y      | Nr. | x      | y      | Nr. | x      | y      |
|-----|---------|--------|-----|-------|--------|-----|-------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|
| [-] | [m]     | [m]    | [-] | [m]   | [m]    | [-] | [m]   | [m]    | [-] | [m]    | [m]    | [-] | [m]    | [m]    |
| 1   | -20.733 | 23.500 | 2   | 0.000 | 23.500 | 3   | 0.000 | 19.000 | 4   | 10.000 | 17.000 | 5   | 20.733 | 17.000 |

Charakteristische Bodenkennwerte

| Boden | $\varphi_k$ | $c_k$                | $\gamma_k$           | $q_{s,k}$            | $\max \psi(A)$ | Bezeichnung |
|-------|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|-------------|
| [-]   | [°]         | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [°]            |             |
| 1     | 32.50       | 0.00                 | 18.00                | 0.00                 | 85.00          | Sand        |
| 2     | 32.50       | 0.00                 | 21.80                | 0.00                 | 85.00          | Sand        |
| 3     | 32.50       | 0.00                 | 17.50                | 0.00                 | 85.00          | Sand (pas)  |

Bemessungs-Bodenkennwerte

| Boden | $\varphi_d$ | $c_d$                | $\gamma_d$           | Bezeichnung |
|-------|-------------|----------------------|----------------------|-------------|
| [-]   | [°]         | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] |             |
| 1     | 28.99       | 0.00                 | 18.00                | Sand        |
| 2     | 28.99       | 0.00                 | 21.80                | Sand        |
| 3     | 28.99       | 0.00                 | 17.50                | Sand (pas)  |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

| Nr. | x(links) | y(links) | x(rechts) | y(rechts) | Boden-Nr. |
|-----|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| [-] | [m]      | [m]      | [m]       | [m]       |           |
| 1   | 0.000    | -6.390   | 20.733    | -6.390    | 3         |
| 2   | -20.733  | 20.950   | 0.000     | 20.950    | 1         |
| 3   | -20.733  | -6.390   | 0.000     | -6.390    | 2         |

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

| Nr. | x       | y      | Nr. | x      | y      | Nr. | x     | y      | Nr. | x      | y      |
|-----|---------|--------|-----|--------|--------|-----|-------|--------|-----|--------|--------|
| [-] | [m]     | [m]    | [-] | [m]    | [m]    | [-] | [m]   | [m]    | [-] | [m]    | [m]    |
| 1   | -20.733 | 20.950 | 2   | -0.001 | 20.950 | 3   | 0.000 | 20.950 | 4   | 20.733 | 20.950 |

Verkehrslasten

| Nr. | Größe(links)         | Größe(rechts)        | x(links) | x(rechts) | y     |
|-----|----------------------|----------------------|----------|-----------|-------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]      | [m]       | [m]   |
| 1   | 33.30                | 33.30                | -4.00    | -1.00     | 23.50 |
| 2   | 10.00                | 10.00                | -15.00   | -4.00     | 23.50 |

Einzelkräfte / Einzelmomente

| Nr. | H-Kraft | V-Kraft | Moment   | x     | y     |
|-----|---------|---------|----------|-------|-------|
| [-] | [kN/m]  | [kN/m]  | [kN·m/m] | [m]   | [m]   |
| 1   | 38.40   | 0.00    | 0.00     | -0.01 | 18.91 |
| 2   | 73.29   | 0.00    | 0.00     | -0.01 | 15.94 |

Zugglieder

 $D$  [m] = Durchmesser $FL$  [m] = freie Länge $R_d$  [kN/m] = aufnehmbare Bemessungskraft



Horizontaler Abstand = 2.000 m

| Nr. | x1   | y1    | x2     | y2    | D    | FL    | R,d    | Reib. |
|-----|------|-------|--------|-------|------|-------|--------|-------|
| [-] | [m]  | [m]   | [m]    | [m]   | [m]  | [m]   | [kN]   | Lam.  |
| 1   | 0.00 | 21.74 | -10.60 | 21.74 | 0.10 | 10.50 | 289.58 | ja    |

Bauteil 1

| Nr. | x     | y     |
|-----|-------|-------|
| [-] | [m]   | [m]   |
| 1   | -0.05 | 23.50 |
| 2   | -0.05 | 14.19 |
| 3   | 0.05  | 14.19 |
| 4   | 0.05  | 23.50 |

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 20.95  
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 20.95

$\gamma$  Wasser [kN/m<sup>3</sup>] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Anfangs- und Endradius

x / y (Anfang): 0.0000 14.1782

x / y (Ende): 0.0000 -5.3900

Anzahl Radien = 40

Ungünstigster Gleitkreis

| Nr  | xm     | ym      | Radius | Lamellen | $\mu$  | Zähler   | Nenner   | M(Ti)    | M(R)     | M(Gi)    | M(S)     |
|-----|--------|---------|--------|----------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| [-] | [m]    | [m]     | [m]    | [-]      | [-]    | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] |
| 142 | 3.0238 | 22.2100 | 9.0618 | 22       | 0.8596 | 4667.165 | 5429.453 | 5429.5   | 0.0      | 4384.9   | 282.3    |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

2.3

## Spundwand

### Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 20,00mNN)

#### Indices:

d = Bemessungswert  
k = charakteristisch  
g = Ständig, einschließlich Wasserdruck  
q = Veränderlich  
g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck  
w = Wasserdruck

Wandkopf = 23.50 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m  
Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 20.00 m  
Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m  
Grundwasserstand (Luftseite) = 20.95 m

#### Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-T

$\gamma_G = 1.20$

$\gamma_Q = 1.30$

$\gamma_{Ep} = 1.30$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| Bermen | auf  | der    | Passivseite |                      |
|--------|------|--------|-------------|----------------------|
| Nr.    | x1   | x2     | dh          | Auflast              |
| [-]    | [m]  | [m]    | [m]         | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 1      | 0.00 | -10.00 | -2.00       | 0.00                 |

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

#### Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)               | sig(h)               | x(Luftseite) | x(Erdseite) | Tiefe |
|-----|----------------------|----------------------|--------------|-------------|-------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]          | [m]         | [m]   |
| 1   | 33.30                | 0.00                 | 1.00         | 4.00        | 23.50 |
| 2   | 10.00                | 0.00                 | 4.00         | 15.00       | 23.50 |

| Nr. | y(oben) | y(mitte) | y(unten) | p(oben)              | p(mitte)             | p(unten)             | Typ            |
|-----|---------|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| [-] | [m]     | [m]      | [m]      | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |                |
| 1   | 22.86   | 21.93    | 17.23    | 6.97                 | 6.97                 | 6.97                 | 0 Verkehrslast |
| 2   | 20.95   | 17.23    | -0.01    | 2.06                 | 2.06                 | 2.06                 | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==> rechteckförmig verteilt

#### Zusatzdrücke

| Nr. | e(oben)              | e(unten)             | z(oben) | z(unten) | Typ         |
|-----|----------------------|----------------------|---------|----------|-------------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]     | [m]      | [-]         |
| 1   | 0.00                 | 23.30                | 20.95   | 17.89    | Wasserdruck |
| 2   | 23.30                | 0.00                 | 17.89   | 14.01    | Wasserdruck |

Blocklasten nicht umgelagert

#### Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch und Einspanngrad von 0.000 vorgegeben

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

$E_{ph,d} = 223.79 \text{ kN/m}$  ( $E_{pv,d} = -88.96 \text{ kN/m}$ )

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $B_{h,d} / E_{ph,d} = 1.000$

$B_{h(g+q),d} = 223.79 \text{ kN/m}$

$B_{h,g,d} = 196.34 \text{ kN/m}$

$B_{h,q,d} = 27.45 \text{ kN/m}$

$B_{h,w,d} = 75.36 \text{ kN/m}$

# Ersatzkräfte $C_h$ (Blum)

$C_{h,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$C_{h,g,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$C_{h,q,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$C_{h,w,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

## Anker und Steifen

Bemessungswert (Anker) mit BS-P (1.35/1.50)

| Nr. | y     | Neigung | Länge | $N_d$  | $N_k$  | $N_{g,k}$ | $N_{w,k}$ | EA       | EI        | Anker |
|-----|-------|---------|-------|--------|--------|-----------|-----------|----------|-----------|-------|
| [-] | [m]   | [°]     | [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m]    | [kN/m]    | [kN/m]   | [kN·m²/m] |       |
| 1   | 21.75 | 0.00    | 8.50  | 112.15 | 79.86  | 50.88     | 15.49     | 2.100E+7 | -         |       |

## Bodenkennwerte

| Schicht | UK    | $\gamma_k$  | $\gamma'_{k}$ | $\varphi_k$ | $c_k$     | d(a)/ $\varphi$ | d(p)/phiAnker |
|---------|-------|-------------|---------------|-------------|-----------|-----------------|---------------|
| pas/akt | [m]   | [kN/m³]     | [kN/m³]       | [°]         | [kN/m²]   | [-]             | [-]           |
| 1       | -1.39 | 18.00/18.00 | 6.40/12.40    | 32.50/32.50 | 0.00/0.00 | -0.667          | 0.667         |

## Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

| Schicht | UK    | $k_{agh}$ | $k_{ach}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ | $k_{agh}(40^\circ)$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|---------------------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      | [-]                 |
| 1       | -1.39 | 0.251     | 0.866     | 32.500      | 21.68    | 57.46    | 0.179               |

## Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

mit Zusatzdrücke

| von    | bis    | oben    | unten   | Wasserdruck | Wasserdruck  |
|--------|--------|---------|---------|-------------|--------------|
| [m]    | [m]    | [kN/m²] | [kN/m²] | oben[kN/m²] | unten[kN/m²] |
| 23.500 | 22.863 | 0.000   | 2.874   | 0.00        | 0.00         |
| 22.863 | 22.500 | 9.841   | 11.478  | 0.00        | 0.00         |
| 22.500 | 21.932 | 11.478  | 14.038  | 0.00        | 0.00         |
| 21.932 | 21.750 | 14.038  | 14.862  | 0.00        | 0.00         |
| 21.750 | 21.500 | 14.862  | 15.989  | 0.00        | 0.00         |
| 21.500 | 20.952 | 15.989  | 18.463  | 0.00        | 0.00         |
| 20.952 | 20.450 | 18.463  | 22.086  | -0.01       | 3.81         |
| 20.450 | 20.000 | 22.086  | 23.484  | 3.81        | 7.23         |
| 20.000 | 19.498 | 23.484  | 25.045  | 7.23        | 11.06        |
| 19.498 | 19.045 | 25.045  | 26.450  | 11.06       | 14.50        |
| 19.045 | 18.493 | 26.450  | 28.168  | 14.50       | 18.71        |
| 18.493 | 17.890 | 28.168  | 30.041  | 18.71       | 23.30        |
| 17.890 | 17.839 | 30.041  | 30.199  | 23.30       | 23.00        |
| 17.839 | 17.484 | 30.199  | 31.303  | 23.00       | 20.86        |
| 17.484 | 17.230 | 31.303  | 32.092  | 20.86       | 19.34        |
| 17.230 | 16.479 | 32.092  | 27.458  | 19.34       | 14.83        |
| 16.479 | 15.479 | 27.458  | 30.568  | 14.83       | 8.82         |
| 15.479 | 15.128 | 30.568  | 31.657  | 8.82        | 6.72         |
| 15.128 | 14.478 | 31.657  | 33.678  | 6.72        | 2.81         |
| 14.478 | 14.010 | 33.678  | 35.132  | 2.81        | 0.00         |
| 14.010 | -0.013 | 35.132  | 76.648  | 0.00        | 0.00         |
| -0.013 | -1.390 | 76.648  | 80.929  | 0.00        | 0.00         |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

## Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{pgh}$ | $k_{pch}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      |
| 1       | -1.39 | 6.006     | 6.054     | 32.500      | -21.68   | 16.35    |

## Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| von   | bis   | oben    | unten   |
|-------|-------|---------|---------|
| [m]   | [m]   | [kN/m²] | [kN/m²] |
| 20.45 | 20.00 | 0.00    | 0.00    |
| 20.00 | 19.50 | 0.00    | -9.47   |
| 19.50 | 19.05 | -9.47   | -18.00  |
| 19.05 | 18.49 | -18.00  | -28.42  |
| 18.49 | 17.89 | -28.42  | -39.79  |
| 17.89 | 17.84 | -39.79  | -40.75  |
| 17.84 | 17.48 | -40.75  | -47.45  |
| 17.48 | 17.23 | -47.45  | -52.24  |
| 17.23 | 16.48 | -52.24  | -66.39  |



|       |       |         |         |
|-------|-------|---------|---------|
| 16.48 | 15.48 | -66.39  | -85.27  |
| 15.48 | 15.13 | -85.27  | -91.87  |
| 15.13 | 14.48 | -91.87  | -104.14 |
| 14.48 | 14.01 | -104.14 | -117.97 |
| 14.01 | -0.01 | -117.97 | -532.57 |
| -0.01 | -1.39 | -532.57 | -573.30 |

Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.86        | -1.2        | -1.1        | -0.2          |                |
| 22.50        | -3.5        | -6.0        | -1.5          |                |
| 21.93        | -7.8        | -15.1       | -7.4          |                |
| 21.75        | -9.3        | -18.4       | -10.4         | 98.7           |
| 21.75        | -9.3        | 80.4        | -10.4         |                |
| 21.50        | -11.5       | 75.6        | 9.1           |                |
| 20.95        | -16.8       | 63.8        | 47.3          |                |
| 20.45        | -22.7       | 49.4        | 75.9          |                |
| 20.00        | -28.3       | 33.7        | 94.7          |                |
| 19.50        | -33.9       | 15.5        | 107.0         |                |
| 19.05        | -37.7       | 0.3         | 110.5         |                |
| 18.49        | -40.7       | -16.6       | 106.0         |                |
| 17.89        | -41.9       | -33.0       | 90.9          |                |
| 17.84        | -41.9       | -34.3       | 89.2          |                |
| 17.48        | -41.4       | -41.5       | 75.7          |                |
| 17.23        | -40.7       | -45.0       | 64.6          |                |
| 16.48        | -33.6       | -40.3       | 31.8          |                |
| 15.48        | -18.8       | -14.3       | 2.6           |                |
| 15.13        | -12.2       | 0.0         | 0.0           |                |

Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.86        | -1.2        | -1.1        | -0.2          |                |
| 22.50        | -2.2        | -2.7        | -0.9          |                |
| 21.93        | -4.5        | -6.7        | -3.5          |                |
| 21.75        | -5.3        | -8.3        | -4.8          | 61.1           |
| 21.75        | -5.3        | 52.8        | -4.8          |                |
| 21.50        | -6.6        | 50.2        | 8.0           |                |
| 20.95        | -9.9        | 43.5        | 33.8          |                |
| 20.45        | -13.5       | 34.9        | 53.6          |                |
| 20.00        | -16.9       | 24.5        | 67.1          |                |
| 19.50        | -20.4       | 11.9        | 76.2          |                |
| 19.05        | -22.4       | 1.2         | 79.2          |                |
| 18.49        | -23.4       | -10.9       | 76.4          |                |
| 17.89        | -22.9       | -22.9       | 66.2          |                |
| 17.84        | -22.7       | -23.8       | 65.0          |                |
| 17.48        | -21.5       | -29.0       | 55.6          |                |
| 17.23        | -20.2       | -31.1       | 47.9          |                |
| 16.48        | -14.5       | -30.0       | 24.3          |                |
| 15.48        | -2.5        | -11.2       | 2.0           |                |
| 15.13        | 2.8         | 0.0         | 0.0           |                |

Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.86        | -1.0        | -0.9        | -0.2          |                |
| 22.50        | -2.9        | -4.8        | -1.2          |                |
| 21.93        | -6.3        | -12.0       | -5.9          |                |
| 21.75        | -7.5        | -14.7       | -8.3          | 79.9           |
| 21.75        | -7.5        | 65.2        | -8.3          |                |
| 21.50        | -9.3        | 61.3        | 7.5           |                |
| 20.95        | -13.6       | 51.9        | 38.6          |                |
| 20.45        | -18.3       | 40.3        | 61.8          |                |
| 20.00        | -22.8       | 27.5        | 77.1          |                |
| 19.50        | -27.4       | 12.7        | 87.2          |                |
| 19.05        | -30.4       | 0.3         | 90.1          |                |
| 18.49        | -32.8       | -13.4       | 86.4          |                |
| 17.89        | -33.7       | -26.8       | 74.2          |                |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

|       |       |       |      |
|-------|-------|-------|------|
| 17.84 | -33.7 | -27.9 | 72.8 |
| 17.48 | -33.2 | -33.8 | 61.8 |
| 17.23 | -32.6 | -36.6 | 52.8 |
| 16.48 | -26.7 | -32.9 | 26.0 |
| 15.48 | -14.6 | -11.7 | 2.1  |
| 15.13 | -9.2  | 0.0   | 0.0  |

Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.86        | -1.0        | -0.9        | -0.2          |                |
| 22.50        | -1.9        | -2.3        | -0.8          |                |
| 21.93        | -3.7        | -5.5        | -2.9          |                |
| 21.75        | -4.4        | -6.9        | -4.0          | 50.9           |
| 21.75        | -4.4        | 44.0        | -4.0          |                |
| 21.50        | -5.5        | 41.9        | 6.7           |                |
| 20.95        | -8.3        | 36.2        | 28.2          |                |
| 20.45        | -11.2       | 29.1        | 44.7          |                |
| 20.00        | -14.1       | 20.4        | 55.9          |                |
| 19.50        | -17.0       | 9.9         | 63.5          |                |
| 19.05        | -18.6       | 1.0         | 66.0          |                |
| 18.49        | -19.5       | -9.1        | 63.7          |                |
| 17.89        | -19.1       | -19.1       | 55.2          |                |
| 17.84        | -18.9       | -19.9       | 54.2          |                |
| 17.48        | -17.9       | -24.1       | 46.3          |                |
| 17.23        | -16.8       | -25.9       | 39.9          |                |
| 16.48        | -12.1       | -25.0       | 20.3          |                |
| 15.48        | -2.1        | -9.4        | 1.7           |                |
| 15.13        | 2.3         | 0.0         | 0.0           |                |

Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.50        | -1.0        | -2.5        | -0.5          |                |
| 21.93        | -2.6        | -6.5        | -3.0          |                |
| 21.75        | -3.1        | -7.8        | -4.3          | 29.0           |
| 21.75        | -3.1        | 21.2        | -4.3          |                |
| 21.50        | -3.8        | 19.5        | 0.8           |                |
| 20.95        | -5.3        | 15.7        | 10.4          |                |
| 20.45        | -7.1        | 11.1        | 17.1          |                |
| 20.00        | -8.7        | 7.1         | 21.2          |                |
| 19.50        | -10.4       | 2.8         | 23.7          |                |
| 19.05        | -11.8       | -0.7        | 24.1          |                |
| 18.49        | -13.3       | -4.4        | 22.7          |                |
| 17.89        | -14.6       | -7.8        | 19.0          |                |
| 17.84        | -14.7       | -8.0        | 18.6          |                |
| 17.48        | -15.4       | -9.7        | 15.5          |                |
| 17.23        | -15.8       | -10.7       | 12.9          |                |
| 16.48        | -14.7       | -7.9        | 5.8           |                |
| 15.48        | -12.5       | -2.4        | 0.4           |                |
| 15.13        | -11.5       | 0.0         | 0.0           |                |

Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] | A(h)<br>[kN/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|----------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 22.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 21.93        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |                |
| 21.75        | 0.0         | 0.0         | 0.0           | 15.5           |
| 21.75        | 0.0         | 15.5        | 0.0           |                |
| 21.50        | 0.0         | 15.5        | 3.9           |                |
| 20.95        | 0.0         | 15.5        | 12.4          |                |
| 20.45        | 0.0         | 14.5        | 20.0          |                |
| 20.00        | 0.0         | 12.0        | 26.0          |                |
| 19.50        | 0.3         | 8.1         | 31.1          |                |
| 19.05        | 0.9         | 4.0         | 33.9          |                |
| 18.49        | 2.3         | -1.6        | 34.6          |                |
| 17.89        | 4.6         | -8.6        | 31.5          |                |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

|       |      |       |      |
|-------|------|-------|------|
| 17.84 | 4.8  | -9.2  | 31.1 |
| 17.48 | 6.5  | -12.7 | 27.2 |
| 17.23 | 7.9  | -14.3 | 23.7 |
| 16.48 | 12.8 | -14.9 | 12.4 |
| 15.48 | 21.1 | -5.8  | 1.1  |
| 15.13 | 24.5 | 0.0   | 0.0  |

Weggrößen  $([g+q], k)$

berechnet mit  $EI = 3.965E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

| Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] |
|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 23.50        | 8.1       | 22.86        | 5.1       | 22.50        | 3.5       | 21.93        | 0.8       | 21.75        | 0.0       | 21.50        | -1.2      | 20.95        | -3.7      |
| 20.45        | -5.8      | 20.00        | -7.3      | 19.50        | -8.5      | 19.05        | -9.1      | 18.49        | -9.3      | 17.89        | -8.6      | 17.84        | -8.6      |
| 17.48        | -7.9      | 17.23        | -7.2      | 16.48        | -4.9      | 15.48        | -1.3      | 15.13        | 0.0       |              |           |              |           |

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt)  $[\circ]$

$\phi_{[g+q],k} = -0.21317686$

Theoretischer Fußpunkt = 15.128 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max  $M_{gq}$

$M_{Ed} = 110.5 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$

$V_{Ed} = 0.3 \text{ kN}/\text{m}$

$N_{Ed} = -37.7 \text{ kN}/\text{m}$  (Druck)

Profil: AZ 12-700 Stahlgüte: S 240 GP

Wasserdruckdifferenz = 2.33 m

$b = 700.0 \text{ mm} / b_f = 356.4 \text{ mm}$

$t_f = 8.5 \text{ mm} / t_w = 8.5 \text{ mm} / A = 123.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 314.0 \text{ mm} / \alpha = 42.8^\circ$

$W_{pl} = 1415.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 18880.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

$\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.00$

$\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 42.4$

Querschnittsklasse: 2

$f_{y,red} = 240.0 \text{ N}/\text{mm}^2$

$M_{c,Rd} = 339.6 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$

$V_{pl,Rd} = 514.0 \text{ kN}/\text{m}$  ( $\mu = 0.001$ )

$N_{pl,Rd} = 2952.0 \text{ kN}/\text{m}$  ( $\mu = 0.013$ )

Querkraft-Interaktion

$V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$

$M_{c,Rd} = 339.6 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$

$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.325$

Knicklänge = 6.62 m

$N_{cr} = 8929.0 \text{ kN}/\text{m}$

$N_{Ed} / N_{cr} = 0.004 \leq 0.04$

$\rightarrow$  Kein Knicknachweis

max  $\mu = 0.325$

max  $M_d = 110.5 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$  (Tiefe = 19.05 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -37.7 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $Q_d = 0.3 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $w_k = 9.1 \text{ mm}$

max  $Q_d = 80.4 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$  (Tiefe = 21.75 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -9.3 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $M_d = -10.4 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max  $N_d = 41.9 \text{ kN}/\text{m}$  (Tiefe = 17.84 m)

Zugehörige Werte:  $Q_d = -34.3 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $M_d = 89.2 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$ ;  $w_k = 10.5 \text{ mm}$

max  $w_k = 9.3 \text{ mm}$  (Tiefe = 18.64 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -40.0 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $Q_d = -12.1 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $M_d = 108.1 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$

Einbindetiefe  $t_g = 4.87 \text{ m}$

Profillänge = 8.37 m

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße

nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung:  $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$

$G_k = 8.08 \text{ kN}/\text{m}$

Geprüft  
Prof. Dr.  
Wolfgang



$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$   
 $E_{av,k} = 73.82 \text{ kN/m}$  ( $E_{ah,k} = 185.72 \text{ kN/m}$ )  
 $C_{h,k} = 0.00 \text{ kN/m}$   
 $B_{v,k} = -72.73 \text{ kN/m}$   
 $\delta_p [^\circ] = -21.7$   
 $\delta_c [^\circ] = 10.8$   
 $\text{Summe } V_k = 9.18 \text{ kN/m (Druck)}$

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit  
 (Erfahrungswerte nach EAU 2012)  
 Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (links)  
 Profil: AZ 12-700

$$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_B) / \gamma_{Ep}$$

$$R_{Bv,d} = (182.96 - 1/2 \cdot 0.00) \cdot \tan(32.5^\circ) / 1.30 = 89.66 \text{ kN/m}$$

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_C) / \gamma_{Ep}$$

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 0.00 \cdot \tan(19.5^\circ) / 1.30 = 0.00 \text{ kN/m}$$

Spitzendruck  $q_{c,m} = 10.00 \text{ MN/m}^2$   
 (gemittelt von 15.44 bis 13.87 m)  $\Rightarrow q_{b,k} = 10.00 \text{ MN/m}^2$   
 $R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0123 \cdot 10.00 \cdot 1000 / 1.40 = 87.86 \text{ kN/m}$

Keine Mantelreibung

$$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} = 177.52 \text{ kN/m}$$

Einwirkungen

$$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 9.70 + 90.63 + 0.00 = 100.33 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 100.33 / 177.52 = 0.57$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Hydraulische Grundbruchsicherheit  
 UK Schicht = 23.50  
 $\gamma_{\text{Gewicht}} = 0.95$   
 $\gamma_{\text{Strömungskraft}} = 1.45$   
 Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.000  
 $= 0.000 = (1.45 \cdot 0.00) / (0.95 \cdot 0.00)$

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Tiefe Gleitfuge  
 (Blocklasten rechteckig auf Ersatzwand)  
 Ansatzpunkt der Gleitfuge im Wandbereich = 8.37 m  
 $A_{h,g,d} = A_{h,g,k} \cdot \gamma_G$  und  $A_{h,d} = A_{h,g,k} \cdot \gamma_G + A_{h,q,k} \cdot \gamma_Q$   
 $\text{mögl } A_{h,g,d} = \text{mögl } A_{h,g,k} / \gamma_{Ep}$  und  $\text{mögl } A_d = \text{mögl } A_k / \gamma_{Ep}$   
 $\mu_{ue} = \text{Ausnutzungsgrad} \leq 1.0$

| Nr  | Tiefe | Länge | Höhe(Ankerw.) | $A_{h,d}$ | $\text{mögl } A_{h,d}$ | $\mu_{ue,gq}$ | $A_{h,g,d}$ | $\text{mögl } A_{h,g,d}$ | $\mu_{ue,g}$ |
|-----|-------|-------|---------------|-----------|------------------------|---------------|-------------|--------------------------|--------------|
| [-] | [m]   | [m]   | [m]           | [kN/m]    | [kN/m]                 | [-]           | [kN/m]      | [kN/m]                   | [-]          |
| 1   | 21.75 | 8.50  | 1.00          | 112.15    | 114.05                 | 0.983         | 61.06       | 81.51                    | 0.749        |

Werte für ungünstigste Gleitfuge  
 Lastfall: g+q

| x    | y     | $G_k$  | $E_{ah,k}$ | $E_{av,k}$ | $Q_x$  | $Q_y$  | $C_k$  | H      | $\theta$ | $\phi$ |
|------|-------|--------|------------|------------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|
| [m]  | [m]   | [kN/m] | [kN/m]     | [kN/m]     | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [°]      | [°]    |
| 0.00 | 15.13 | -      | 185.7      | 73.8       | -      | -      | -      | -      | -        | -      |
| 3.18 | 17.23 | 406.4  | 103.2      | 41.0       | 6.4    | -373.6 | 0.0    | 0.0    | 33.48    | 32.5   |
| 4.18 | 17.89 | 116.9  | 78.5       | 31.2       | 1.8    | -107.0 | 0.0    | 0.0    | 33.48    | 32.5   |
| 7.37 | 20.00 | 257.7  | 35.8       | 14.2       | 4.1    | -240.7 | 0.0    | 0.0    | 33.48    | 32.5   |
| 8.12 | 20.50 | 48.8   | 27.7       | 11.0       | 0.8    | -45.6  | 0.0    | 0.0    | 33.48    | 32.5   |
| 8.50 | 20.75 | 22.7   | 23.9       | 9.5        | 0.4    | -21.2  | 0.0    | 0.0    | 33.48    | 32.5   |

Werte für ungünstigste Gleitfuge  
 Lastfall: g

| x    | y     | $G_k$  | $E_{ah,k}$ | $E_{av,k}$ | $Q_x$  | $Q_y$  | $C_k$  | H      | $\theta$ | $\phi$ |
|------|-------|--------|------------|------------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|
| [m]  | [m]   | [kN/m] | [kN/m]     | [kN/m]     | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [°]      | [°]    |
| 0.00 | 15.13 | -      | 134.3      | 53.4       | -      | -      | -      | -      | -        | -      |
| 3.18 | 17.23 | 333.9  | 79.0       | 31.4       | 5.3    | -311.9 | 0.0    | 0.0    | 33.48    | 32.5   |
| 4.18 | 17.89 | 87.8   | 64.4       | 25.6       | 1.4    | -82.0  | 0.0    | 0.0    | 33.48    | 32.5   |
| 7.37 | 20.00 | 225.8  | 27.0       | 10.7       | 3.6    | -210.9 | 0.0    | 0.0    | 33.48    | 32.5   |
| 8.12 | 20.50 | 41.3   | 20.2       | 8.0        | 0.7    | -38.5  | 0.0    | 0.0    | 33.48    | 32.5   |
| 8.50 | 20.75 | 18.9   | 17.0       | 6.8        | 0.3    | -17.6  | 0.0    | 0.0    | 33.48    | 32.5   |

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rug

(H = Horizontalkraft infolge Erdbeben)

Nachweis Verankerungsboden für Anker-Nr. 1

Eph,d (Ersatzwand) = 173.36

(Eph,d ohne veränderliche Lasten)

(Blocklasten rechteckig auf Ersatzwand)

Eh,d (Ersatzwand) = 29.40

Ev,d (Ersatzwand) = 11.68

Horizontale Ankerkraft Ah,d = 112.15

$\mu_{ue} = (112.15 + 29.40) / 173.36 = 0.82$

Lastfall: (g+q)

Nachweis Aufbruchssicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten  $f_Q = 1.300 / 1.200 = 1.083$

Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{Rv} = 1.300$

Breite = 0.70 m

Gewicht  $G_k$  (einschließlich Verkehr) = 123.41 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.083)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 74.19$  [kN/m]

Kohäsionskraft  $K_k = 0.00$  [kN/m]

Grundbruchlast  $R_{n,k} = 1763.81$  [kN/m]

Grundbruch mit:

Reibungswinkel  $\varphi_k = 32.50$  [°]

Kohäsion  $c_k = 0.00$  [kN/m²]

$N_d = 24.585 / N_b = 15.025 / N_c = 37.020$

$\sigma_u = 95.476$  [kN/m²]

$\mu_{ue} = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.105$

$\mu_{ue} = [123.41 \cdot 1.20] / [(1763.81 + 0.00 + 74.19) / 1.300] = 0.105$

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

2.3

Böschungsberechnung nach EC 7  
mit Kreisgleitflächen

Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 20,00mNN)

Parameterliste

$\phi$  [°] = Reibungswinkel

$c$  [kN/m<sup>2</sup>] = Kohäsion

$\gamma$  [kN/m<sup>3</sup>] = Wichte

$q_s$  [kN/m<sup>2</sup>] = Mantelreibung

$\max \psi(A)$  [°] = Winkel zwischen der Gleitrichtung des Bruchmechanismus und dem Zugglied

$\mu$  [-] = Ausnutzungsgrad

$x_m, y_m$  [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes

$rad$  [m] = Radius des Gleitkreises

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- $\gamma_m(\phi) = 1.15$
- $\gamma_m(c) = 1.15$
- $\gamma_m(c_u) = 1.15$
- $\gamma_m(Wichten) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$
- $\gamma_m(\text{Herausziehen}) = 1.3000$  (GEO-2)

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach rechts

Koordinaten der Geländepunkte

| Nr. | x       | y      | Nr. | x     | y      | Nr. | x     | y      | Nr. | x      | y      | Nr. | x      | y      |
|-----|---------|--------|-----|-------|--------|-----|-------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|
| [-] | [m]     | [m]    | [-] | [m]   | [m]    | [-] | [m]   | [m]    | [-] | [m]    | [m]    | [-] | [m]    | [m]    |
| 1   | -17.808 | 23.500 | 2   | 0.000 | 23.500 | 3   | 0.000 | 20.000 | 4   | 10.000 | 18.000 | 5   | 17.808 | 18.000 |

Charakteristische Bodenkennwerte

| Boden | $\phi_k$ | $c_k$                | $\gamma_k$           | $q_{s,k}$            | $\max \psi(A)$ | Bezeichnung |
|-------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|-------------|
| [-]   | [°]      | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [°]            |             |
| 1     | 32.50    | 0.00                 | 18.00                | 0.00                 | 85.00          | Sand        |
| 2     | 32.50    | 0.00                 | 22.40                | 0.00                 | 85.00          | Sand        |
| 3     | 32.50    | 0.00                 | 16.40                | 0.00                 | 85.00          | Sand (pas)  |

Bemessungs-Bodenkennwerte

| Boden | $\phi_d$ | $c_d$                | $\gamma_d$           | Bezeichnung |
|-------|----------|----------------------|----------------------|-------------|
| [-]   | [°]      | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] |             |
| 1     | 28.99    | 0.00                 | 18.00                | Sand        |
| 2     | 28.99    | 0.00                 | 22.40                | Sand        |
| 3     | 28.99    | 0.00                 | 16.40                | Sand (pas)  |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

| Nr. | x(links) | y(links) | x(rechts) | y(rechts) | Boden-Nr. |
|-----|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| [-] | [m]      | [m]      | [m]       | [m]       |           |
| 1   | 0.000    | -6.390   | 17.808    | -6.390    | 3         |
| 2   | -17.808  | 20.950   | 0.000     | 20.950    | 1         |
| 3   | -17.808  | -6.390   | 0.000     | -6.390    | 2         |

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

| Nr. | x       | y      | Nr. | x      | y      | Nr. | x     | y      | Nr. | x      | y      |
|-----|---------|--------|-----|--------|--------|-----|-------|--------|-----|--------|--------|
| [-] | [m]     | [m]    | [-] | [m]    | [m]    | [-] | [m]   | [m]    | [-] | [m]    | [m]    |
| 1   | -17.808 | 20.950 | 2   | -0.001 | 20.950 | 3   | 0.000 | 20.950 | 4   | 17.808 | 20.950 |

Verkehrslasten

| Nr. | Größe(links)         | Größe(rechts)        | x(links) | x(rechts) | y     |
|-----|----------------------|----------------------|----------|-----------|-------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]      | [m]       | [m]   |
| 1   | 33.30                | 33.30                | -4.00    | -1.00     | 23.50 |
| 2   | 10.00                | 10.00                | -15.00   | -4.00     | 23.50 |

Einzelkräfte / Einzelmomente

| Nr. | H-Kraft | V-Kraft | Moment   | x     | y     |
|-----|---------|---------|----------|-------|-------|
| [-] | [kN/m]  | [kN/m]  | [kN·m/m] | [m]   | [m]   |
| 1   | 35.65   | 0.00    | 0.00     | -0.01 | 18.91 |
| 2   | 45.20   | 0.00    | 0.00     | -0.01 | 16.60 |

Zugglieder

$D$  [m] = Durchmesser

$FL$  [m] = freie Länge

$R_d$  [kN/m] = aufnehmbare Bemessungskraft



Horizontaler Abstand = 2.000 m

| Nr. | x1   | y1    | x2    | y2    | D    | FL   | R,d    | Reib. |
|-----|------|-------|-------|-------|------|------|--------|-------|
| [-] | [m]  | [m]   | [m]   | [m]   | [m]  | [m]  | [kN]   | Lam.  |
| 1   | 0.00 | 21.75 | -8.60 | 21.75 | 0.10 | 8.50 | 224.30 | ja    |

Bauteil 1

| Nr. | x     | y     |
|-----|-------|-------|
| [-] | [m]   | [m]   |
| 1   | -0.05 | 23.50 |
| 2   | -0.05 | 15.14 |
| 3   | 0.05  | 15.14 |
| 4   | 0.05  | 23.50 |

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 20.95

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 20.95

$\gamma$  Wasser [kN/m<sup>3</sup>] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Anfangs- und Endradius

x / y (Anfang): 0.0000 15.1283

x / y (Ende ): 0.0000 -5.3900

Anzahl Radian = 40

Ungünstigster Gleitkreis

| Nr  | xm     | ym      | Radius | Lamellen | $\mu$  | Zähler   | Nenner   | M(Ti)    | M(R)     | M(Gi)    | M(S)     |
|-----|--------|---------|--------|----------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| [-] | [m]    | [m]     | [m]    | [-]      | [-]    | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] | [kN*m/m] |
| 138 | 2.5972 | 22.4100 | 8.2358 | 22       | 0.8555 | 3639.749 | 4254.294 | 4254.3   | 0.0      | 3401.3   | 238.4    |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

2.4

# Spundwand

## Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 21,00mNN)

### Indices:

d = Bemessungswert  
k = charakteristisch  
g = Ständig, einschließlich Wasserdruck  
q = Veränderlich  
g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck  
w = Wasserdruck

Wandkopf = 23.50 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m  
Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 21.00 m  
Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m  
Grundwasserstand (Luftseite) = 20.95 m

### Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-T

$\gamma_G = 1.20$

$\gamma_Q = 1.30$

$\gamma_{Ep} = 1.30$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| Bermen | auf  | der    | Passivseite |         |
|--------|------|--------|-------------|---------|
| Nr.    | x1   | x2     | dh          | Auflast |
| [-]    | [m]  | [m]    | [m]         | [kN/m²] |
| 1      | 0.00 | -10.00 | -2.00       | 0.00    |

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

Geprüft  
Prof. Dr.  
Wolfgang

### Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)  | sig(h)  | x(Luftseite) | x(Erdseite) | Tiefe |
|-----|---------|---------|--------------|-------------|-------|
| [-] | [kN/m²] | [kN/m²] | [m]          | [m]         | [m]   |
| 1   | 33.30   | 0.00    | 1.00         | 4.00        | 23.50 |
| 2   | 10.00   | 0.00    | 4.00         | 10.00       | 23.50 |

| Nr. | y(oben) | y(mitte) | y(unten) | p(oben) | p(mitte) | p(unten) | Typ            |
|-----|---------|----------|----------|---------|----------|----------|----------------|
| [-] | [m]     | [m]      | [m]      | [kN/m²] | [kN/m²]  | [kN/m²]  |                |
| 1   | 22.86   | 21.93    | 17.23    | 6.97    | 6.97     | 6.97     | 0 Verkehrslast |
| 2   | 20.95   | 17.23    | 7.82     | 1.80    | 1.80     | 1.80     | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==> rechteckförmig verteilt

### Zusatzdrücke

| Nr. | e(oben) | e(unten) | z(oben) | z(unten) | Typ         |
|-----|---------|----------|---------|----------|-------------|
| [-] | [kN/m²] | [kN/m²]  | [m]     | [m]      | [-]         |
| 1   | 0.00    | 23.30    | 20.95   | 17.89    | Wasserdruck |
| 2   | 23.30   | 0.00     | 17.89   | 14.01    | Wasserdruck |

### Blocklasten nicht umgelagert

### Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

$E_{ph,d} = 367.79 \text{ kN/m}$  ( $E_{pv,d} = -95.97 \text{ kN/m}$ )

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $B_{h,d} / E_{ph,d} = 1.000$

$B_{h(g+q),d} = 367.79 \text{ kN/m}$

$B_{h,g,d} = 247.27 \text{ kN/m}$

$B_{h,q,d} = 120.52 \text{ kN/m}$

$B_{h,w,d} = 72.06 \text{ kN/m}$

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 110.08 \text{ kN/m}$

$C_{h,q,k} = 58.45 \text{ kN/m}$

$C_{h,q,k} = 51.63 \text{ kN/m}$

$C_{h,w,k} = 2.69 \text{ kN/m}$

Bodenkennwerte

| Schicht | UK    | $\gamma_k$  | $\gamma'_{k,1}$ | $\phi_k$    | $c_k$      | $d(a)/\phi$ | $d(p)/\phi$ | Wasserdruck |
|---------|-------|-------------|-----------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| pas/akt | [m]   | [kN/m³]     | [kN/m³]         | [°]         | [kN/m²]    | [-]         | [-]         | [-]         |
| 1       | 20.95 | 18.00/18.00 | 10.00/10.00     | 32.50/32.50 | 0.00/ 0.00 | -0.450      |             | 0.667       |
| 2       | 17.89 | 18.00/18.00 | 18.00/12.40     | 32.50/32.50 | 0.00/ 0.00 | -0.450      |             | 0.667       |
| 3       | 0.00  | 18.00/18.00 | 6.40/12.40      | 32.50/32.50 | 0.00/ 0.00 | -0.450      |             | 0.667       |

Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

| Schicht | UK    | $k_{agh}$ | $k_{ach}$ | $\phi_k$ | $\delta$ | $\theta$ | $k_{agh}(40^\circ)$ |
|---------|-------|-----------|-----------|----------|----------|----------|---------------------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]      | [°]      | [°]      | [-]                 |
| 1       | 20.95 | 0.251     | 0.866     | 32.500   | 21.68    | 57.46    | 0.179               |
| 2       | 17.89 | 0.251     | 0.866     | 32.500   | 21.68    | 57.46    | 0.179               |
| 3       | 0.00  | 0.251     | 0.866     | 32.500   | 21.68    | 57.46    | 0.179               |

Aktive Erddruckordinaten ( $[g+q],k$ )

mit Zusatzdrücke

| von    | bis    | oben    | unten   | Wasserdruck | Wasserdruck  |
|--------|--------|---------|---------|-------------|--------------|
| [m]    | [m]    | [kN/m²] | [kN/m²] | oben[kN/m²] | unten[kN/m²] |
| 23.500 | 22.863 | 0.000   | 2.874   | 0.00        | 0.00         |
| 22.863 | 22.500 | 9.841   | 11.478  | 0.00        | 0.00         |
| 22.500 | 21.932 | 11.478  | 14.038  | 0.00        | 0.00         |
| 21.932 | 21.500 | 14.038  | 15.989  | 0.00        | 0.00         |
| 21.500 | 21.000 | 15.989  | 18.245  | 0.00        | 0.00         |
| 21.000 | 20.952 | 18.245  | 18.463  | 0.00        | 0.00         |
| 20.952 | 20.499 | 18.463  | 21.669  | -0.01       | 3.44         |
| 20.499 | 19.495 | 21.669  | 24.787  | 3.44        | 11.08        |
| 19.495 | 18.642 | 24.787  | 27.437  | 11.08       | 17.57        |
| 18.642 | 18.492 | 27.437  | 27.905  | 17.57       | 18.72        |
| 18.492 | 17.890 | 27.905  | 29.776  | 18.72       | 23.30        |
| 17.890 | 17.484 | 29.776  | 31.038  | 23.30       | 20.86        |
| 17.484 | 17.230 | 31.038  | 31.827  | 20.86       | 19.34        |
| 17.230 | 16.880 | 31.827  | 25.949  | 19.34       | 17.23        |
| 16.880 | 15.478 | 25.949  | 30.305  | 17.23       | 8.81         |
| 15.478 | 14.010 | 30.305  | 34.866  | 8.81        | 0.00         |
| 14.010 | 7.825  | 34.866  | 54.087  | 0.00        | 0.00         |
| 7.825  | 0.000  | 54.087  | 76.609  | 0.00        | 0.00         |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{pgh}$ | $k_{pch}$ | $\phi_k$ | $\delta$ | $\theta$ |
|---------|-------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]      | [°]      | [°]      |
| 1       | 20.95 | 5.102     | 5.349     | 32.500   | -14.63   | 19.88    |
| 2       | 17.89 | 5.102     | 5.349     | 32.500   | -14.63   | 19.88    |
| 3       | 0.00  | 5.102     | 5.349     | 32.500   | -14.63   | 19.88    |

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| von   | bis   | oben    | unten   |
|-------|-------|---------|---------|
| [m]   | [m]   | [kN/m²] | [kN/m²] |
| 21.50 | 21.00 | 0.00    | 0.00    |
| 21.00 | 20.95 | 0.00    | -2.18   |
| 20.95 | 20.50 | -2.18   | -22.62  |
| 20.50 | 19.50 | -22.62  | -67.83  |
| 19.50 | 18.64 | -67.83  | -106.25 |
| 18.64 | 18.49 | -106.25 | -113.04 |
| 18.49 | 17.89 | -113.04 | -140.16 |
| 17.89 | 17.48 | -140.16 | -146.67 |
| 17.48 | 17.23 | -146.67 | -150.74 |
| 17.23 | 16.88 | -150.74 | -156.35 |
| 16.88 | 15.48 | -156.35 | -178.81 |
| 15.48 | 14.01 | -178.81 | -215.68 |
| 14.01 | 7.82  | -215.68 | -371.04 |



7.82 0.00 -371.04 -567.60

Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 23.50 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 22.86 | -1.2   | -1.1   | -0.2     |
| 22.50 | -3.5   | -6.0   | -1.5     |
| 21.93 | -7.8   | -15.1  | -7.4     |
| 21.50 | -11.5  | -23.2  | -15.6    |
| 21.00 | -16.3  | -33.8  | -29.8    |
| 20.95 | -16.8  | -34.8  | -31.5    |
| 20.50 | -20.5  | -41.9  | -49.1    |
| 19.50 | -21.3  | -33.8  | -89.8    |
| 18.64 | -13.7  | -1.3   | -106.5   |
| 18.49 | -11.6  | 6.9    | -106.1   |
| 17.89 | -0.7   | 47.1   | -90.4    |
| 17.48 | 8.1    | 79.7   | -64.8    |
| 17.23 | 13.8   | 101.8  | -41.8    |
| 16.88 | 23.1   | 137.3  | 0.0      |

Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 23.50 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 22.86 | -1.2   | -1.1   | -0.2     |
| 22.50 | -2.2   | -2.7   | -0.9     |
| 21.93 | -4.5   | -6.7   | -3.5     |
| 21.50 | -6.6   | -10.8  | -7.2     |
| 21.00 | -9.6   | -16.9  | -14.1    |
| 20.95 | -9.9   | -17.5  | -14.9    |
| 20.50 | -12.1  | -21.4  | -23.9    |
| 19.50 | -12.4  | -17.7  | -44.9    |
| 18.64 | -7.7   | -1.2   | -53.8    |
| 18.49 | -6.4   | 2.9    | -53.7    |
| 17.89 | 0.2    | 23.5   | -46.1    |
| 17.48 | 5.6    | 40.5   | -33.2    |
| 17.23 | 9.0    | 52.3   | -21.4    |
| 16.88 | 13.9   | 70.1   | 0.0      |

Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 23.50 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 22.86 | -1.0   | -0.9   | -0.2     |
| 22.50 | -2.9   | -4.8   | -1.2     |
| 21.93 | -6.3   | -12.0  | -5.9     |
| 21.50 | -9.3   | -18.5  | -12.5    |
| 21.00 | -13.2  | -27.1  | -23.8    |
| 20.95 | -13.6  | -27.9  | -25.2    |
| 20.50 | -16.6  | -33.6  | -39.3    |
| 19.50 | -17.1  | -27.2  | -72.0    |
| 18.64 | -11.0  | -1.1   | -85.4    |
| 18.49 | -9.3   | 5.5    | -85.0    |
| 17.89 | -0.6   | 37.7   | -72.5    |
| 17.48 | 6.5    | 63.9   | -52.0    |
| 17.23 | 11.2   | 81.6   | -33.5    |
| 16.88 | 18.7   | 110.1  | 0.0      |

Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 23.50 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 22.86 | -1.0   | -0.9   | -0.2     |
| 22.50 | -1.9   | -2.3   | -0.8     |
| 21.93 | -3.7   | -5.5   | -2.9     |
| 21.50 | -5.5   | -9.0   | -6.0     |
| 21.00 | -8.0   | -14.1  | -11.7    |
| 20.95 | -8.3   | -14.6  | -12.4    |
| 20.50 | -10.1  | -17.8  | -19.9    |
| 19.50 | -10.3  | -14.7  | -37.4    |
| 18.64 | -6.4   | -1.0   | -44.9    |

Geprüft  
Prof. Dr. habil.  
Wolfgang Hoyer

|       |      |      |       |
|-------|------|------|-------|
| 18.49 | -5.3 | 2.5  | -44.8 |
| 17.89 | 0.2  | 19.5 | -38.4 |
| 17.48 | 4.6  | 33.7 | -27.6 |
| 17.23 | 7.5  | 43.6 | -17.8 |
| 16.88 | 11.6 | 58.4 | 0.0   |

#### Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.50        | -1.0        | -2.5        | -0.5          |
| 21.93        | -2.6        | -6.5        | -3.0          |
| 21.50        | -3.8        | -9.5        | -6.5          |
| 21.00        | -5.2        | -13.0       | -12.1         |
| 20.95        | -5.3        | -13.3       | -12.7         |
| 20.50        | -6.5        | -15.8       | -19.4         |
| 19.50        | -6.8        | -12.4       | -34.6         |
| 18.64        | -4.6        | 0.0         | -40.5         |
| 18.49        | -4.0        | 3.0         | -40.3         |
| 17.89        | -0.7        | 18.2        | -34.1         |
| 17.48        | 1.9         | 30.2        | -24.3         |
| 17.23        | 3.7         | 38.0        | -15.7         |
| 16.88        | 7.1         | 51.6        | 0.0           |

#### Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.93        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.00        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 20.95        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 20.50        | 0.2         | 0.1         | 0.0           |
| 19.50        | 2.1         | 0.1         | 0.2           |
| 18.64        | 5.2         | -0.2        | 0.2           |
| 18.49        | 5.9         | -0.3        | 0.1           |
| 17.89        | 9.1         | -0.8        | -0.2          |
| 17.48        | 11.5        | -0.4        | -0.5          |
| 17.23        | 13.1        | 0.5         | -0.5          |
| 16.88        | 15.3        | 2.7         | 0.0           |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

#### Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $EI = 3.965E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

| Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] |
|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 23.50        | -29.1     | 22.86        | -24.9     | 22.50        | -22.6     | 21.93        | -18.9     | 21.50        | -16.1     | 21.00        | -12.9     | 20.95        | -12.6     |
| 20.50        | -9.9      | 19.50        | -4.8      | 18.64        | -1.8      | 18.49        | -1.4      | 17.89        | -0.4      | 17.48        | -0.1      | 17.23        | 0.0       |
| 16.88        | 0.0       |              |           |              |           |              |           |              |           |              |           |              |           |

#### Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

$\phi_{i,[g+q],k} = 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 16.880 m

#### Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max  $M, gq$

$M_{Ed} = 106.5 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$

$V_{Ed} = 1.3 \text{ kN}/\text{m}$

$N_{Ed} = -13.7 \text{ kN}/\text{m}$  (Druck)

Profil: AZ 12-700 Stahlgüte: S 240 GP

Wasserdruckdifferenz = 2.33 m

$b = 700.0 \text{ mm} / b_f = 356.4 \text{ mm}$

$t_f = 8.5 \text{ mm} / t_w = 8.5 \text{ mm} / A = 123.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 314.0 \text{ mm} / \alpha = 42.8^\circ$

$W_{pl} = 1415.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 18880.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

$\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.00$

$\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 42.4$

Querschnittsklasse: 2

$f_{y,red} = 240.0 \text{ N}/\text{mm}^2$

$$M_{c,Rd} = 339.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$V_{pl,Rd} = 514.0 \text{ kN/m} (\mu = 0.002)$$

$$N_{pl,Rd} = 2952.0 \text{ kN/m} (\mu = 0.005)$$

Querkraft-Interaktion

$$V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow \text{keine Abm.}$$

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$

$$M_{c,Rd} = 339.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.314$$

$$\text{Knicklänge} = 10.42 \text{ m}$$

$$N_{cr} = 3604.0 \text{ kN/m}$$

$$N_{Ed} / N_{cr} = 0.004 \leq 0.04$$

$\rightarrow$  Kein Knicknachweis

$$\max \mu = 0.314$$

$$\max M_d = 106.5 \text{ kN}\cdot\text{m/m} (\text{Tiefe} = 18.64 \text{ m})$$

$$\text{Zugehörige Werte: } N_d = -13.7 \text{ kN/m; } Q_d = -1.3 \text{ kN/m; } w_k = 1.8 \text{ mm}$$

$$\max Q_d = 137.3 \text{ kN}\cdot\text{m/m} (\text{Tiefe} = 16.88 \text{ m})$$

$$\text{Zugehörige Werte: } N_d = 23.1 \text{ kN/m; } M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m; } w_k = 0.0 \text{ mm}$$

$$\max N_d = 23.1 \text{ kN/m} (\text{Tiefe} = 16.88 \text{ m})$$

$$\text{Zugehörige Werte: } Q_d = 137.3 \text{ kN/m; } M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m; } w_k = 0.0 \text{ mm}$$

$$\max w_k = 29.1 \text{ mm} (\text{Tiefe} = 23.50 \text{ m})$$

$$\text{Zugehörige Werte: } N_d = 0.0 \text{ kN/m; } Q_d = 0.0 \text{ kN/m; } M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %

$$\text{Einbindetiefe } t_g = 4.94 \text{ m}$$

$$\text{Profillänge} = 7.44 \text{ m}$$

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße

nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

$$\text{Bedingung: } G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$$

$$G_k = 7.19 \text{ kN/m}$$

$$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$$

$$E_{av,k} = 53.25 \text{ kN/m} (E_{ah,k} = 133.97 \text{ kN/m})$$

$$C_{h,k} = 110.08 \text{ kN/m}$$

$$B_{v,k} = -78.33 \text{ kN/m}$$

$$\delta_p [^\circ] = -14.6$$

$$\delta_c [^\circ] = 10.8$$

$$\text{Summe } V_k = 6.99 \text{ kN/m (Druck)}$$

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (links)

Profil: AZ 12-700

$$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_B) / \gamma_{Ep}$$

$$R_{Bv,d} = (300.17 - 1/2 \cdot 110.08) \cdot \tan(32.5^\circ) / 1.30 = 120.13 \text{ kN/m}$$

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) / \gamma_{Ep}$$

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 110.08 \cdot \tan(19.5^\circ) / 1.30 = 14.99 \text{ kN/m}$$

$$\text{Spitzendruck } q_{c,m} = 10.00 \text{ MN/m}^2$$

$$(\text{gemittelt von } 16.37 \text{ bis } 14.80 \text{ m}) \Rightarrow q_{b,k} = 10.00 \text{ MN/m}^2$$

$$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0123 \cdot 10.00 \cdot 1000 / 1.40 = 87.86 \text{ kN/m}$$

Mantelreibung

| von   | bis   | $q_{s,k} [\text{kN/m}^2]$ | Bezeichnung |
|-------|-------|---------------------------|-------------|
| 21.00 | 20.95 | 26.67                     | Sand 1      |
| 20.95 | 17.89 | 26.67                     | Sand 2      |
| 17.89 | 16.06 | 26.67                     | Sand 3      |

$$\text{Mantelfläche (TF + dt1) von } 16.88 \text{ bis } 16.06 \text{ m} = 1.169 \text{ m}^2/\text{m} \Rightarrow R_{s3,d}$$

$$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 25.70 / 1.40 = 18.36 \text{ kN/m}$$

$$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 241.33 \text{ kN/m}$$

Einwirkungen

$$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 8.63 + 65.76 + 0.00 = 74.38 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 74.38 / 241.33 = 0.31$$



Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Hydraulische Grundbruchsicherheit

UK Schicht = 23.50

$\gamma(\text{Gewicht}) = 0.95$

$\gamma(\text{Strömungskraft}) = 1.45$

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.000

$= 0.000 = (1.45 \cdot 0.00) / (0.95 \cdot 0.00)$

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Aufbruchsicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten  $f_Q = 1.300 / 1.200 = 1.083$

Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma(R_v) = 1.300$

Breite = 0.50 m

Gewicht  $G_k$  (einschließlich Verkehr) = 77.77 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.083)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 62.37$  [kN/m]

Kohäsionskraft  $K_k = 0.00$  [kN/m]

Grundbruchlast  $R_{n,k} = 1723.31$  [kN/m]

Grundbruch mit:

Reibungswinkel  $\varphi_k = 32.50$  [°]

Kohäsion  $c_k = 0.00$  [kN/m<sup>2</sup>]

$N_d = 24.585 / N_b = 15.025 / N_c = 37.020$

$\sigma_u = 134.667$  [kN/m<sup>2</sup>]

$\mu_e = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.068$

$\mu_e = [77.77 \cdot 1.20] / [(1723.31 + 0.00 + 62.37) / 1.300] = 0.068$

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rüg

2.5

# Spundwand

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 22,00mNN)

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 23.50 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 22.00 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 17.89 m

Wasserdruck auf "0.0" gesetzt, wenn zur Erdseite gerichtet.

Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-T

$\gamma_G = 1.20$

$\gamma_Q = 1.30$

$\gamma_{Ep} = 1.30$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| Bermen<br>Nr. | auf<br>x1<br>[m] | der<br>x2<br>[m] | Passivseite<br>dh<br>[m] | Auflast<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|---------------|------------------|------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 1             | 0.00             | -10.00           | -2.00                    | 0.00                            |

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | sig(h)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | x(Luftseite)<br>[m] | x(Erdseite)<br>[m] | Tiefe<br>[m] |
|-----|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------|--------------|
| 1   | 33.30                          | 0.00                           | 1.00                | 4.00               | 23.50        |

| Nr. | y(oben)<br>[m] | y(mitte)<br>[m] | y(unten)<br>[m] | p(oben)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | p(mitte)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | p(unten)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Typ            |
|-----|----------------|-----------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------|
| 1   | 22.86          | 21.93           | 17.23           | 6.97                            | 6.97                             | 6.97                             | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==> rechteckförmig verteilt

Blocklasten nicht umgelagert

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

$E_{ph,d} = 135.75 \text{ kN/m}$  ( $E_{pv,d} = -35.42 \text{ kN/m}$ )

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $B_{h,d} / E_{ph,d} = 1.000$

$B_{h(g+q),d} = 135.75 \text{ kN/m}$

$B_{h,g,d} = 76.96 \text{ kN/m}$

$B_{h,q,d} = 58.79 \text{ kN/m}$

$B_{h,w,d} = 7.08 \text{ kN/m}$

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 41.93 \text{ kN/m}$

$C_{h,g,k} = 18.18 \text{ kN/m}$

$C_{h,q,k} = 23.75 \text{ kN/m}$

$C_{h,w,k} = -4.22 \text{ kN/m}$

# Bodenkennwerte

| Schicht | UK    | $\gamma_k$           | $\gamma'_{k,1}$      | $\varphi_{k,1}$ | $c(pas),k$           | $c(akt),k$           | $d(p)/\varphi$ | $d(a)/\varphi$ | $q_c$                | $c_{u,k}$            |
|---------|-------|----------------------|----------------------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------|
| [-]     | [m]   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] | [°]             | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]            | [-]            | [MN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 1       | -1.39 | 18.00                | 10.00                | 32.50           | 0.00                 | 0.00                 | -0.450         | 0.667          | 10.00                | 0.00                 |

## Aktive Erddruckbeiwerte bestimmt nach: DIN 4085

| Schicht | UK    | $k_{agh}$ | $k_{ach}$ | $\varphi_{k,1}$ | $\delta$ | $\theta$ | $k_{agh}(40^\circ)$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-----------------|----------|----------|---------------------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]             | [°]      | [°]      | [-]                 |
| 1       | -1.39 | 0.251     | 0.866     | 32.500          | 21.68    | 57.46    | 0.179               |

## Aktive Erddruckkoordinaten ([g+q],k)

| von    | bis    | oben                 | unten                | Wasserdruck              | Wasserdruck               |
|--------|--------|----------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|
| [m]    | [m]    | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | oben[kN/m <sup>2</sup> ] | unten[kN/m <sup>2</sup> ] |
| 23.500 | 22.863 | 0.000                | 2.874                | 0.00                     | 0.00                      |
| 22.863 | 22.500 | 9.841                | 11.478               | 0.00                     | 0.00                      |
| 22.500 | 22.000 | 11.478               | 13.734               | 0.00                     | 0.00                      |
| 22.000 | 21.932 | 13.734               | 14.038               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.932 | 21.490 | 14.038               | 16.033               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.490 | 21.146 | 16.033               | 17.584               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.146 | 20.950 | 17.584               | 18.470               | 0.00                     | 0.00                      |
| 20.950 | 20.599 | 18.470               | 19.350               | 0.00                     | 3.51                      |
| 20.599 | 20.499 | 19.350               | 19.602               | 3.51                     | 4.51                      |
| 20.499 | 19.545 | 19.602               | 21.991               | 4.51                     | 14.05                     |
| 19.545 | 17.890 | 21.991               | 26.139               | 14.05                    | 30.60                     |
| 17.890 | 17.230 | 26.139               | 27.793               | 30.60                    | 30.60                     |
| 17.230 | 16.478 | 20.826               | 22.712               | 30.60                    | 30.60                     |
| 16.478 | -1.390 | 22.712               | 67.491               | 30.60                    | 30.60                     |

## Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{pgh}$ | $k_{pch}$ | $\varphi_{k,1}$ | $\delta$ | $\theta$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-----------------|----------|----------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]             | [°]      | [°]      |
| 1       | -1.39 | 5.102     | 5.349     | 32.500          | -14.63   | 19.88    |

## Passive Erddruckkoordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| von   | bis   | oben                 | unten                |
|-------|-------|----------------------|----------------------|
| [m]   | [m]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 22.50 | 22.00 | 0.00                 | 0.00                 |
| 22.00 | 21.93 | 0.00                 | -3.04                |
| 21.93 | 21.49 | -3.04                | -22.96               |
| 21.49 | 21.15 | -22.96               | -38.46               |
| 21.15 | 20.95 | -38.46               | -47.31               |
| 20.95 | 20.60 | -47.31               | -63.14               |
| 20.60 | 20.50 | -63.14               | -67.66               |
| 20.50 | 19.55 | -67.66               | -110.61              |
| 19.55 | 17.89 | -110.61              | -185.20              |
| 17.89 | 17.23 | -185.20              | -201.73              |
| 17.23 | 16.48 | -201.73              | -220.56              |
| 16.48 | -1.39 | -220.56              | -921.85              |

## Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 23.50 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 22.86 | -1.2   | -1.1   | -0.2     |
| 22.50 | -3.5   | -6.0   | -1.5     |
| 22.00 | -7.3   | -13.9  | -6.4     |
| 21.93 | -7.8   | -15.0  | -7.4     |
| 21.49 | -10.1  | -17.6  | -14.9    |
| 21.15 | -10.6  | -14.3  | -20.5    |
| 20.95 | -10.4  | -10.3  | -22.9    |
| 20.60 | -9.1   | 0.0    | -24.8    |
| 20.50 | -8.4   | 3.6    | -24.7    |
| 19.55 | 2.7    | 52.7   | 0.0      |

## Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe | N | Q | M |
|-------|---|---|---|
|-------|---|---|---|

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Ruz



| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
|-------|--------|--------|----------|
| 23.50 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 22.86 | -1.2   | -1.1   | -0.2     |
| 22.50 | -2.2   | -2.7   | -0.9     |
| 22.00 | -4.2   | -6.1   | -3.0     |
| 21.93 | -4.4   | -6.6   | -3.5     |
| 21.49 | -5.8   | -7.8   | -6.8     |
| 21.15 | -6.4   | -6.1   | -9.2     |
| 20.95 | -6.4   | -4.1   | -10.2    |
| 20.60 | -6.1   | 0.6    | -10.9    |
| 20.50 | -5.9   | 2.2    | -10.8    |
| 19.55 | -1.3   | 21.8   | 0.0      |

Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 23.50 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 22.86 | -1.0   | -0.9   | -0.2     |
| 22.50 | -2.9   | -4.8   | -1.2     |
| 22.00 | -5.9   | -11.1  | -5.1     |
| 21.93 | -6.3   | -11.9  | -5.9     |
| 21.49 | -8.1   | -14.0  | -11.9    |
| 21.15 | -8.6   | -11.4  | -16.3    |
| 20.95 | -8.4   | -8.2   | -18.3    |
| 20.60 | -7.4   | 0.0    | -19.8    |
| 20.50 | -6.9   | 2.9    | -19.7    |
| 19.55 | 2.0    | 41.9   | 0.0      |

Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 23.50 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 22.86 | -1.0   | -0.9   | -0.2     |
| 22.50 | -1.9   | -2.3   | -0.8     |
| 22.00 | -3.5   | -5.1   | -2.5     |
| 21.93 | -3.7   | -5.5   | -2.9     |
| 21.49 | -4.9   | -6.5   | -5.7     |
| 21.15 | -5.3   | -5.1   | -7.7     |
| 20.95 | -5.4   | -3.4   | -8.5     |
| 20.60 | -5.1   | 0.5    | -9.1     |
| 20.50 | -4.9   | 1.8    | -9.0     |
| 19.55 | -1.0   | 18.2   | 0.0      |

Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 23.50 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 22.86 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 22.50 | -1.0   | -2.5   | -0.5     |
| 22.00 | -2.4   | -6.0   | -2.6     |
| 21.93 | -2.6   | -6.4   | -3.0     |
| 21.49 | -3.3   | -7.5   | -6.2     |
| 21.15 | -3.3   | -6.3   | -8.7     |
| 20.95 | -3.1   | -4.8   | -9.7     |
| 20.60 | -2.3   | -0.5   | -10.7    |
| 20.50 | -2.0   | 1.1    | -10.7    |
| 19.55 | 3.0    | 23.7   | 0.0      |

Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 23.50 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 22.86 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 22.50 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 22.00 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 21.93 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 21.49 | 0.1    | 0.2    | 0.0      |
| 21.15 | 0.2    | 0.7    | 0.2      |
| 20.95 | 0.3    | 1.0    | 0.4      |
| 20.60 | 0.5    | 1.2    | 0.8      |
| 20.50 | 0.6    | 1.1    | 0.9      |
| 19.55 | 1.5    | -4.2   | 0.0      |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $EI = 3.965E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

| Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] |
|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 23.50        | -2.4      | 22.86        | -1.8      | 22.50        | -1.5      | 22.00        | -1.1      | 21.93        | -1.0      | 21.49        | -0.6      | 21.15        | -0.4      |
| 20.95        | -0.3      | 20.60        | -0.1      | 20.50        | -0.1      | 19.55        | 0.0       |              |           |              |           |              |           |

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

$\phi_{i,[g+q],k} = 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 19.545 m

Bemessung nach EC 3 (el.-el.)

Bemessungssituation: max  $M, gq$

$M_{Ed} = 24.8 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$

$V_{Ed} = 0.0 \text{ kN}/\text{m}$

$N_{Ed} = -9.1 \text{ kN}/\text{m}$  (Druck)

Profil: AZ 12-700 Stahlgüte: S 240 GP

Wasserdruckdifferenz = 3.06 m

$b = 700.0 \text{ mm} / b_f = 356.4 \text{ mm}$

$t_f = 8.5 \text{ mm} / t_w = 8.5 \text{ mm} / A = 123.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 314.0 \text{ mm} / \alpha = 42.8^\circ$

$W_{el} = 1205.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 18880.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

$\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.00$

$\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 42.4$

Querschnittsklasse: 2

$f_{y,red} = 240.0 \text{ N}/\text{mm}^2$

$M_{c,Rd} = 289.2 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$

$V_{pl,Rd} = 514.0 \text{ kN}/\text{m}$  ( $\mu = 0.000$ )

$N_{pl,Rd} = 2952.0 \text{ kN}/\text{m}$  ( $\mu = 0.003$ )

Querkraft-Interaktion

$V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$

$M_{c,Rd} = 289.2 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$

$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.086$

Knicklänge = 6.22 m

$N_{cr} = 10114.4 \text{ kN}/\text{m}$

$N_{Ed} / N_{cr} = 0.001 \leq 0.04$

$\rightarrow$  Kein Knicknachweis

max  $\mu = 0.086$

max  $M_d = 24.8 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$  (Tiefe = 20.60 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -9.1 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $Q_d = 0.0 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $w_k = 0.1 \text{ mm}$

max  $Q_d = 52.7 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$  (Tiefe = 19.55 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = 2.7 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max  $N_d = 10.6 \text{ kN}/\text{m}$  (Tiefe = 21.15 m)

Zugehörige Werte:  $Q_d = -14.3 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $M_d = -20.5 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$ ;  $w_k = 0.5 \text{ mm}$

max  $w_k = 2.4 \text{ mm}$  (Tiefe = 23.50 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = 0.0 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $Q_d = 0.0 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %

Einbindetiefe  $t_g = 2.95 \text{ m}$

Profillänge = 4.45 m

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße

nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung:  $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$

$G_k = 4.29 \text{ kN}/\text{m}$

$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN}/\text{m}$

$E_{av,k} = 22.42 \text{ kN}/\text{m}$  ( $E_{ah,k} = 56.41 \text{ kN}/\text{m}$ )

$C_{h,k} = 41.93 \text{ kN}/\text{m}$

$B_{v,k} = -28.23 \text{ kN}/\text{m}$

$\delta_p [^\circ] = -14.6$

$\delta_c [^\circ] = 10.8$

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Flug

-171-

Summe  $V_k = 7.96 \text{ kN/m}$  (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (links)

Profil: AZ 12-700

Abminderung  $q_{b,k}$  und  $q_{s,k}$  wegen Einbindetiefe  $t_g < 3.00 \text{ m} = (t_g - 0,50) / 2,50 = 0.978$

$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_B) / \gamma_{Ep}$

$R_{Bv,d} = (108.20 - 1/2 \cdot 41.93) \cdot \tan(32.5^\circ) / 1.30 = 42.75 \text{ kN/m}$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) / \gamma_{Ep}$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 41.93 \cdot \tan(21.7^\circ) / 1.30 = 6.41 \text{ kN/m}$

Spitzendruck  $q_{c,m} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

(gemittelt von 19.37 bis 17.80 m)  $\Rightarrow q_{b,k} = 9.78 \text{ MN/m}^2$

$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0123 \cdot 9.78 \cdot 1000 / 1.40 = 85.94 \text{ kN/m}$

Mantelreibung

| von   | bis   | $q_{s,k} [\text{kN/m}^2]$ | Bezeichnung |
|-------|-------|---------------------------|-------------|
| 22.00 | 19.05 | 26.09                     | Sand        |

Mantelfläche (TF + dt1) von 19.55 bis 19.05 m =  $1.169 \text{ m}^2/\text{m} \Rightarrow R_{s3,d}$

$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 14.97 / 1.40 = 10.70 \text{ kN/m}$

$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 145.80 \text{ kN/m}$

Einwirkungen

$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 5.15 + 27.83 + 0.00 = 32.98 \text{ kN/m}$

$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 32.98 / 145.80 = 0.23$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Hydraulische Grundbruchsicherheit

UK Schicht = 15.49

Gewicht =  $72.45 \text{ kN/m}^2$

Strömungskraft =  $10.17 \text{ kN/m}^2$

$\gamma(\text{Gewicht}) = 0.95$

$\gamma(\text{Strömungskraft}) = 1.45$

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.000

=  $0.000 = (1.45 \cdot 10.17) / (0.95 \cdot 72.45)$

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Aufbruchsicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten  $f_Q = 1.300 / 1.200 = 1.083$

Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma(R_v) = 1.300$

Breite = 0.30 m

Gewicht  $G_k$  (einschließlich Verkehr) =  $25.14 [\text{kN/m}]$

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.083)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 27.93 [\text{kN/m}]$

Kohäsionskraft  $K_k = 0.00 [\text{kN/m}]$

Grundbruchlast  $R_{n,k} = 484.28 [\text{kN/m}]$

Grundbruch mit:

Reibungswinkel  $\varphi_k = 32.50 [^\circ]$

Kohäsion  $c_k = 0.00 [\text{kN/m}^2]$

$N_d = 24.585 / N_b = 15.025 / N_c = 37.020$

$\sigma_0 = 62.019 [\text{kN/m}^2]$

$\mu_e = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.077$

$\mu_e = [25.14 \cdot 1.20] / [(484.28 + 0.00 + 27.93) / 1.300] = 0.077$

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Ruc.

Für die Statik

IBZ Ingenieurbüro für Tragwerksplanung  
Markus Böller GmbH & Co. KG  
861 der St. Johannis-Kirche 14, 21335 Lüneburg  
Tel. (04131) 7404-0, Fax 4 54 25, [ibz@ibz-lueneburg.de](mailto:ibz@ibz-lueneburg.de)

Lüneburg, 29.04.2019



# 1. Statischer Nachtrag

## Hochwasserschutz Ortslage Müggendorf

### Bau-km 2+000 bis 2+580,5

**Bauherr**

Landesamt für Umwelt  
Referat W 21  
Hochwasserschutz, Investiver Wasserbau  
Seeburger Chaussee 2

14476 Potsdam

**Entwurf**

Ingenieurbüro Rauchenberger GmbH  
Perleberger Straße 34

19322 Wittenberge

In bautechnischer Hinsicht geprüft:  
☒ Standsicherheit  
☐ Tragende und ausstufende Bauteile  
bei Brandbeanspruchung  
Prüf-Nr.: 19C030 des Prüfverzeichnisses  
Wittenberge, ..... 30. Aug. 2019  
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Rug  
Prüfingenieur für Standsicherheit  
Holz- und Massivbau  
Bad Wilsnacker Str. 55 • 19322 Wittenberge  
Tel.: +49 (0) 3877 79694 • Fax: +49 (0) 3877 60325  
info@holzbau-statik.de • www.holzbau-statik.de

**Statik**

IBZ Ing.-Büro für Tragwerksplanung  
Markus Böller GmbH & Co. KG  
Bei der St. Johanniskirche 14  
21335 Lüneburg  
Tel. 04131 / 74 94-0  
Fax 04131 / 4 54 25

**Statische Berechnung**

Seite 172 – 209  
Anlagen Seite 210 – 296

**Sachbearbeiter**

Mark Lyczynski

Lüneburg, 07.06.2019  
Auftr.-Nr. 19065/N1



**INHALTSVERZEICHNIS****Auftragsnr.:19065/N1**

| <b>Pos. Bauteil</b>           | <b>Seite</b> |
|-------------------------------|--------------|
| TITELBLATT                    | 172          |
| INHALTSVERZEICHNIS            | 173          |
| VORBEMERKUNG                  | 174          |
| 1.0_N1 Bau-km 2+000 bis 2+075 | 175 – 196    |
| 2.0_N1 Bau-km 2+075 bis 2+130 | 197 – 209    |
| <br>                          |              |
| Anlagen                       | 210          |
| 1.1_N1                        | 211 – 217    |
| 1.2_N1                        | 218 – 224    |
| 1.3_N1                        | 225 – 230    |
| 1.4_N1                        | 231 – 236    |
| 1.5_N1                        | 237 – 242    |
| 1.6_N1                        | 243 – 248    |
| 1.7_N1                        | 249 – 254    |
| 2.1_N1                        | 255 – 261    |
| 2.2_N1                        | 262 – 267    |
| 2.3_N1                        | 268 – 273    |
| 2.4_N1                        | 274 – 279    |
| 2.5_N1                        | 280 – 285    |
| 2.6_N1                        | 286 – 291    |
| 2.7_N1                        | 292 – 296    |

## Vorbemerkungen

Auftr.-Nr. 19065

Abweichend von der Hauptstatik sollen für die Spundwandabschnitte der Pos. 1.0 + 2.0 (Bau-km 2+000 bis 2+130) eine frei auskragende Hochwasserschutzwand ohne Rückverankerung statisch bemessen und nachgewiesen werden.

Hierbei werden unterschiedliche Kratertiefen von +18,50mNN bis 22,00mNN in unterschiedlichen Höhenabstufungen untersucht. Die Berechnungsergebnisse werden in einer Übersichtstabelle zusammengefasst.

Abweichend von der Hauptstatik wird für den maßgebenden Katastrophenlastfall (Baumwurf + Lastfall Sunk) die Verkehrslast auf dem Deichverteidigungsweg auf  $p_k = 16,7 \text{ kN/m}^2$  (SLW30) reduziert. Zudem wird dieser Lastfall als außergewöhnliche Bemessungssituation (BS-A) eingestuft!

Auf den nachfolgenden Seiten werden die hierfür erforderlichen Standsicherheitsnachweise für die Spundwand geführt!

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



# Statische Berechnung

Pos. 1.0 N1

*Bau-km 2+000 bis 2+075*

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

**Pos. 1.0 N1**

**Spundwand (Bau-km 2+000 bis 2+075)**

**Vorbemerkungen:**

Abweichend von der Hauptstatik soll bei der Pos. 1.0 (Bau-km 2+000 bis 2+075) auf eine Rückverankerung verzichtet werden.

Alternativ wird daher der Standsicherheitsnachweis als frei auskragende Spundwand mit entsprechend größeren Profilen, Einbindetiefen und Kopfverformungen im Katastrophenlastfall (Sunk + Baumwurf) geführt.

Zudem werden die Standsicherheitsnachweise als außergewöhnliche Bemessungssituation (BS-A) eingestuft.

Aus der Hauptstatik ist ersichtlich, dass für die Bemessung der Spundwand der Lastfall „Sunk + Baumwurf“ maßgebend ist. Aus diesem Grunde wird bezüglich der anderen Lastfälle auf die Hauptstatik verwiesen.

Die Mindestabsetztiefe auf +17,50mNN ist in jedem Falle einzuhalten!

Hierbei werden folgende Kratertiefen am an der Spundwand untersucht:

Pos. 1.1\_N1 – Kratergrube bei +18,50mNN

Pos. 1.2\_N1 – Kratergrube bei +19,00mNN

Pos. 1.3\_N1 – Kratergrube bei +19,50mNN

Pos. 1.4\_N1 – Kratergrube bei +20,00mNN

Pos. 1.5\_N1 – Kratergrube bei +20,50mNN

Pos. 1.6\_N1 – Kratergrube bei +21,00mNN

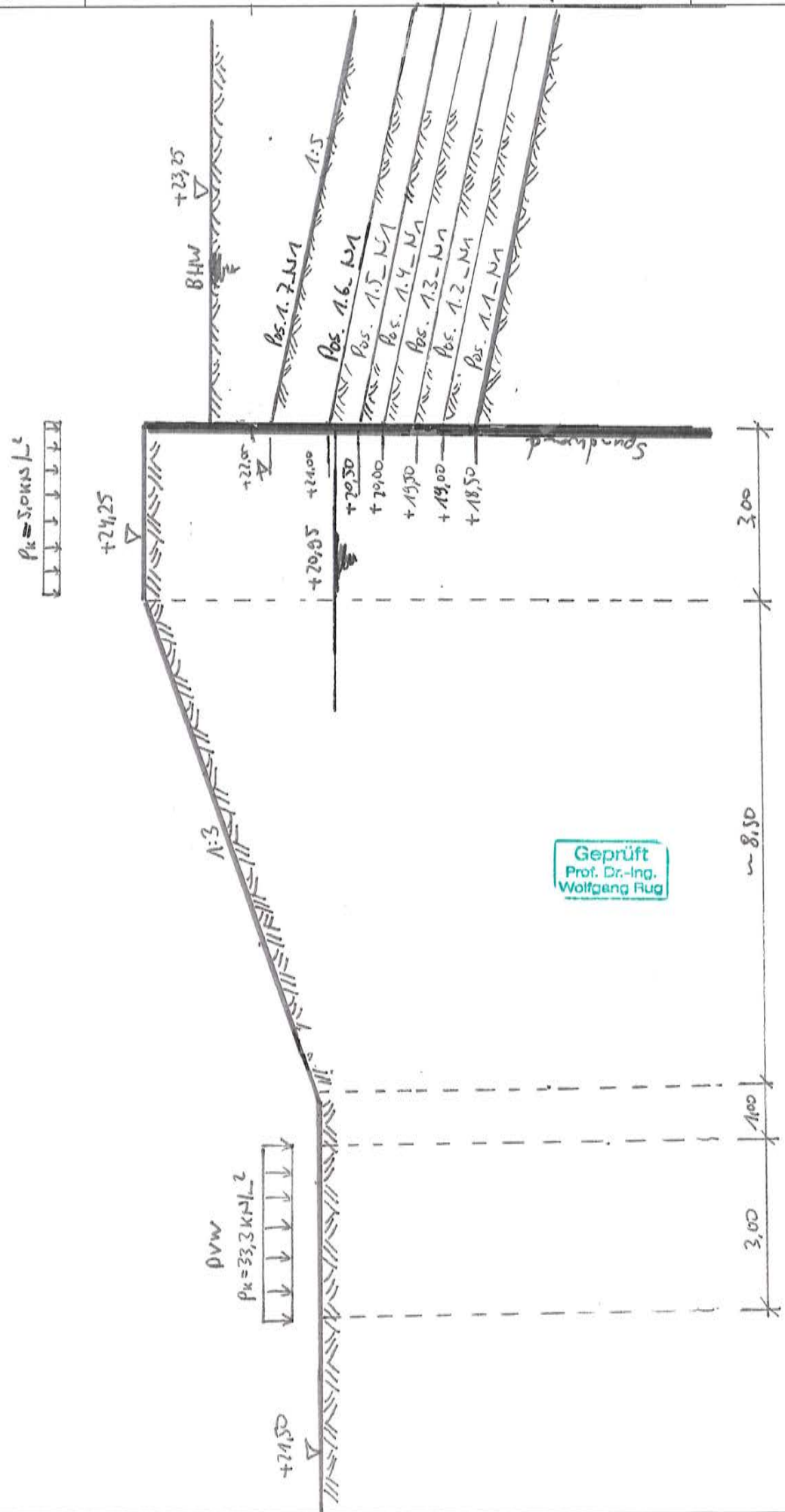
Pos. 1.7\_N1 – Kratergrube bei +22,00mNN



Die Berechnungsergebnisse werden tabellarisch zusammengefasst.

Berechnungsschnitt: Bm-km 2+000 bis 2+075

Pos. 1.0\_M1





**Pos. 1.0 N1- Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse für den Abschnitt: 2+000 bis 2+075**

| Position | Geländehöhe<br>wasserseitig der<br>HWS-Wand (mNN) | Spundwand  |          |                   |             |             |              | Berechnungsergebnisse      |                                                         |
|----------|---------------------------------------------------|------------|----------|-------------------|-------------|-------------|--------------|----------------------------|---------------------------------------------------------|
|          |                                                   | Profil     | Material | Gewicht<br>[kg/m] | OK<br>[mNN] | UK<br>(mNN) | Länge<br>[m] | Spannungsausnutzung<br>[%] | Kopfverformungen [mm]<br>Lastfall "Sunk" + Wurzelkrater |
| 1.1_N1   | 18,50                                             | AZ 50-700  | S240 GP  | 237,5             | 24,25       | 6,96        | 17,29        | 81,2                       | 240                                                     |
| 1.2_N1   | 19,00                                             | AZ 42-700N | S240 GP  | 203,1             | 24,25       | 8,17        | 16,08        | 74,1                       | 191                                                     |
| 1.3_N1   | 19,50                                             | AZ 36-700N | S240 GP  | 169,5             | 24,25       | 9,18        | 15,07        | 67,3                       | 152                                                     |
| 1.4_N1   | 20,00                                             | AZ 24-700  | S240 GP  | 136,7             | 24,25       | 10,35       | 13,90        | 72,9                       | 152                                                     |
| 1.5_N1   | 20,50                                             | AZ 18-700  | S240 GP  | 109,3             | 24,25       | 11,62       | 12,63        | 67,4                       | 127                                                     |
| 1.6_N1   | 21,00                                             | AZ 12-700  | S240 GP  | 96,7              | 24,25       | 16,91       | 7,34         | 28,5                       | 25                                                      |
| 1.7_N1   | 22,00                                             | AZ 12-700  | S240 GP  | 96,7              | 24,25       | 17,50       | 6,75         | 9,3                        | 4                                                       |

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rü.

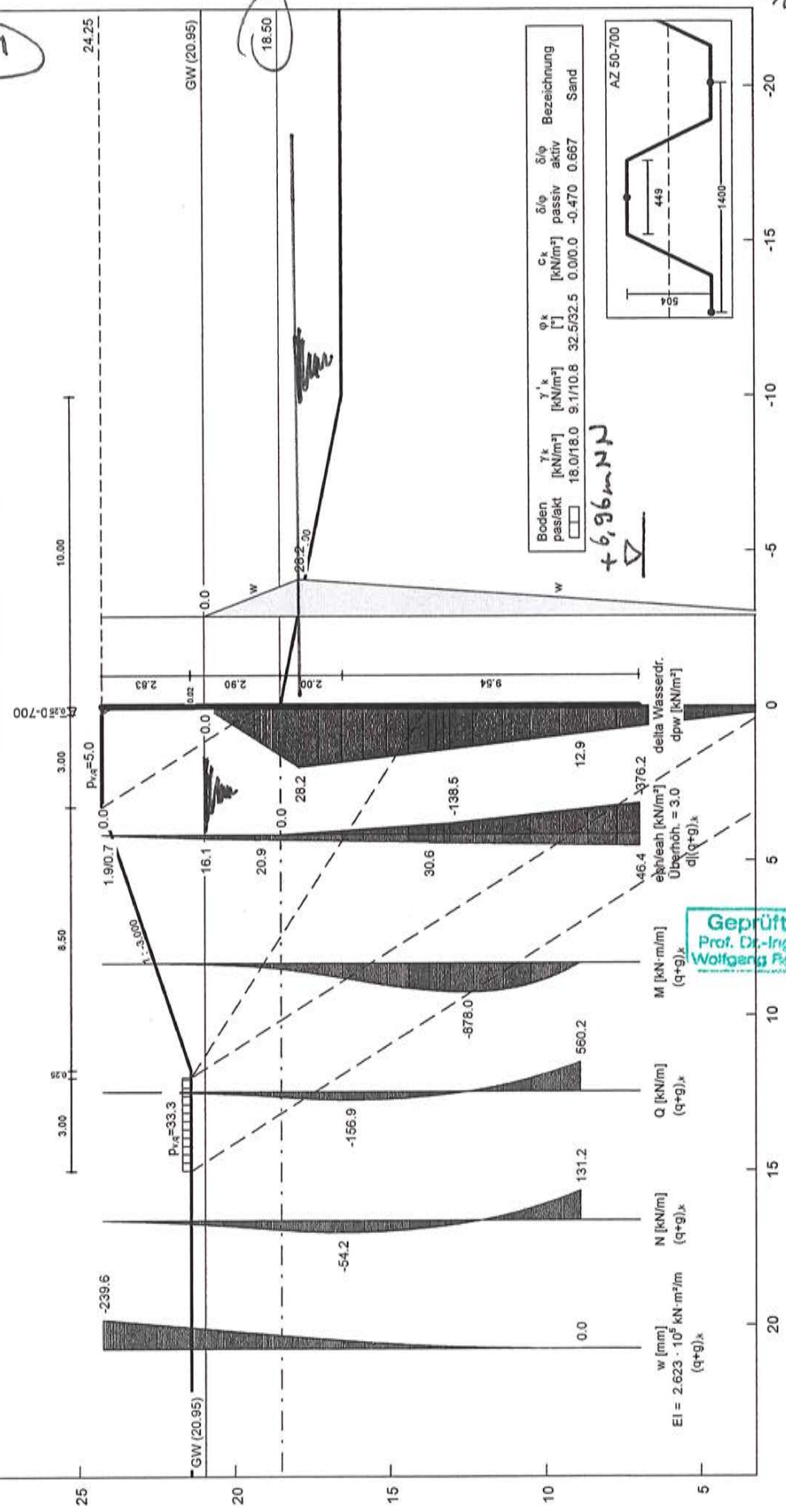
Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 18,30mNN)  
 Norm: EC 7  
 Spundwand  
 AZ 50-700  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Erf. Profillänge = 17,29 m  
 Erf. Einbindetiefe = 11,54 m  
 BS: DIN 1054: BS-A

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el-el) ☒  
 Bemessungssituation: max M<sub>90</sub>  
 M<sub>Ed</sub> = 965,8 kN·m/m  
 V<sub>Ed</sub> = 0,7 kN/m  
 N<sub>Ed</sub> = -12,3 kN/m (Druck)  
 Profil: AZ 50-700 Stahlschle: S 240 GP  
 Wasserdruckdifferenz = 2,82 m  
 b = 700,0 mm / b<sub>f</sub> = 449,4 mm  
 t<sub>w</sub> = 23,0 mm / t<sub>w</sub> = 16,0 mm / A = 303,0 cm<sup>2</sup>/m  
 h = 504,0 mm / α = 63,2°  
 W<sub>pl</sub> = 4955,0 cm<sup>3</sup>/m / I = 124890,0 cm<sup>4</sup>/m

γ<sub>so</sub> = 1,00 / γ<sub>sat</sub> = 1,00  
 ε = 0,990 → b<sub>f</sub>/t<sub>w</sub> = 19,7  
 Querschnittsklasse: 2  
 f<sub>y,red</sub> = 240,0 N/mm<sup>2</sup>  
 M<sub>Ed</sub> = 1189,2 kN·m/m  
 V<sub>Ed</sub> = 1523,4 kN/m (μ = 0,000)  
 N<sub>Ed</sub> = 7272,0 kN/m (μ = 0,002)  
 Querkraft-Interaktion  
 V<sub>Ed</sub> ≤ 0,5 · V<sub>pl,Ed</sub> → keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Nachweis M<sub>Ed</sub>

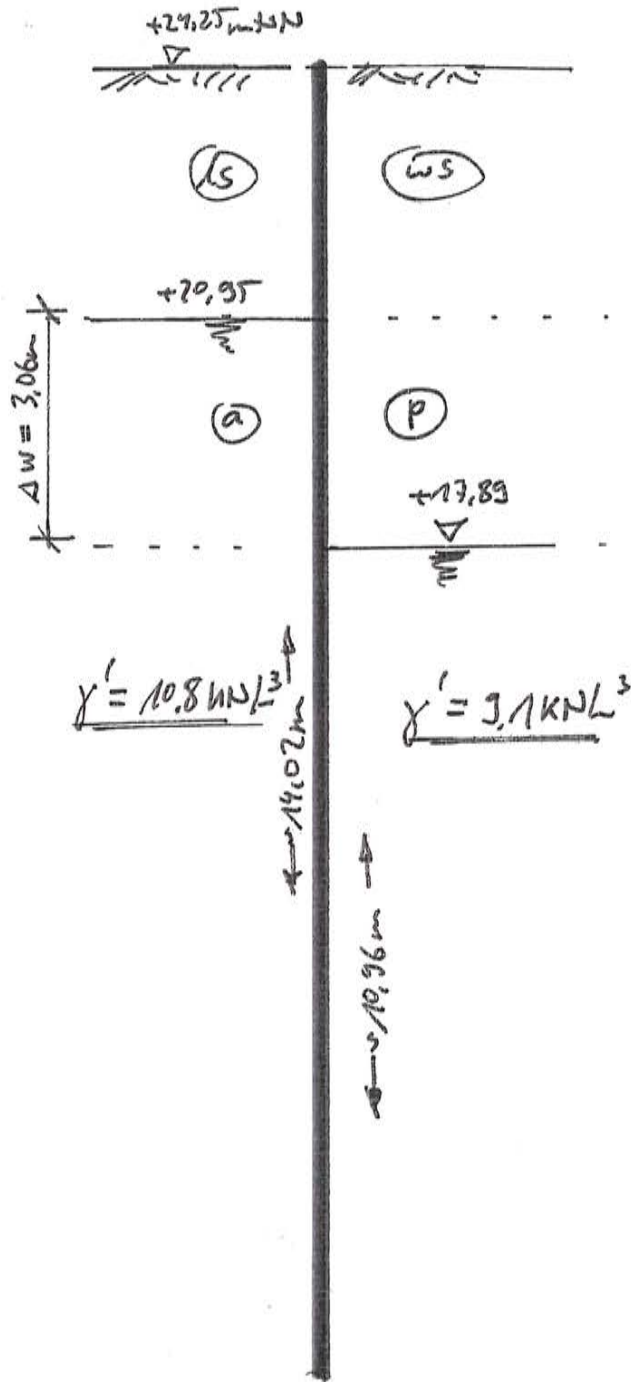
M<sub>Ed</sub> = 1189,2 kN·m/m  
 μ = M<sub>Ed</sub> / M<sub>pl,Ed</sub> = 0,812  
 Knicklänge = 24,21 m  
 N<sub>Ed</sub> = 4416,3 kN/m  
 N<sub>Ed</sub> / N<sub>pl</sub> = 0,003 ≤ 0,04  
 → Kein Knicknachweis  
 max μ = 0,812

Pos. 1.1.1.1

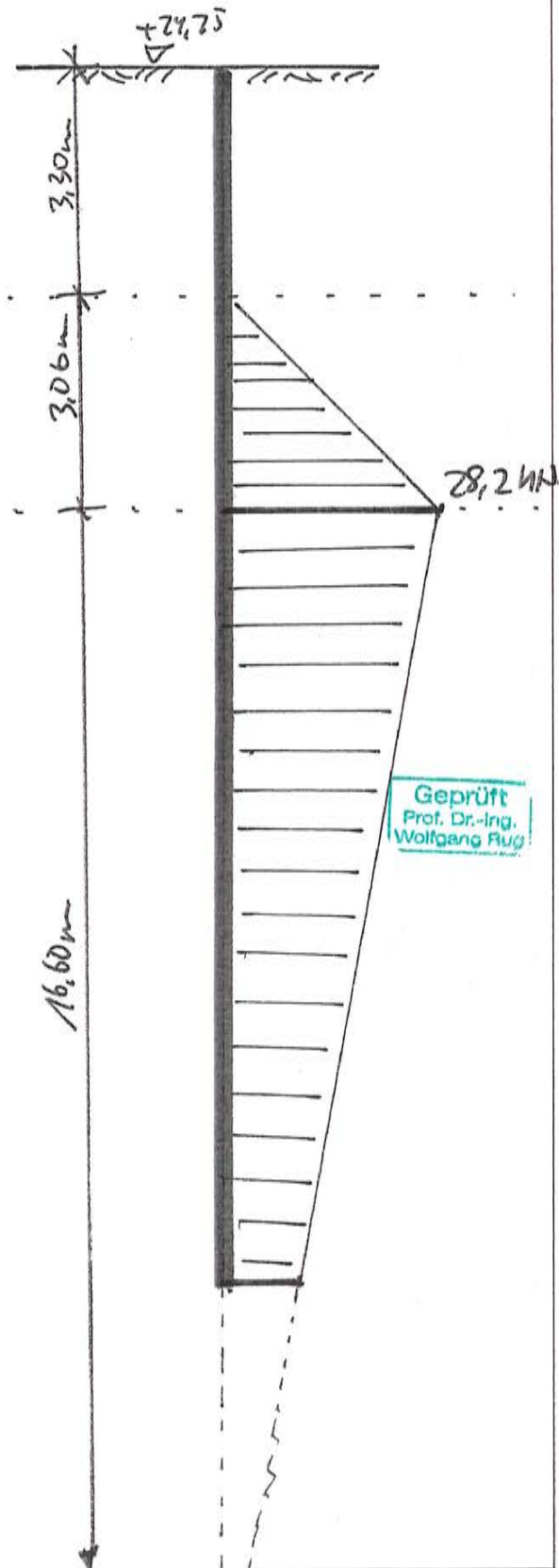


Wurzelkräfte + 18,50 mNN

Wichtenänderungen / GW-Strömung:



Resultierende Wasserdruk:  
[Wk]



Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Flug

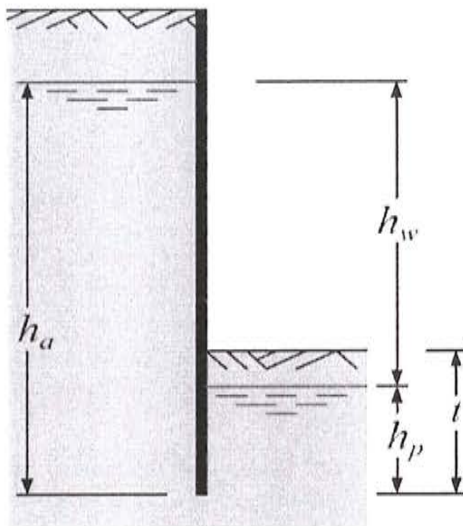


Beeinflussung des Erddrucks durch strömendes Wasser

Krafter + 18,50 m NN

Die Strömung von Grundwasser durch den Porenraum bewirkt Strömungskräfte, die auf das Korngerüst des Bodens wirken. Diese sind neben dem hydrostatischen wirkenden Wasserdruck bei erdstatistischen Berechnungen zu berücksichtigen. Bei Stützwänden im Grundwasser, z.B. Baugrubenumschließungen, wirken sich die Strömungskräfte unmittelbar auf die Erddrücke aus. Der belastende Erddruck wird durch die nach unten gerichtete Strömung erhöht und der stützende Erddruck wird durch die nach oben gerichtete Strömungskräfte verringert. Dies lässt sich näherungsweise durch die Erhöhung, bzw. Abminderung der Wichte berücksichtigen.

Berechnung der Wichte des Bodens unter Berücksichtigung der Strömung:



Umströmte Baugrubenwand

Rechenparameter:

lotrechte Sickerlinie (Aktivseite):  $h_a = 14,02 \text{ m}$

lotrechte Sickerlinie (Passivseite):  $h_p = 10,96 \text{ m}$

Wasserstandsdifferenz:  $\Delta h = h_w = 3,06 \text{ m}$

Wichten:

Wichte des Bodens:  $\gamma' = 10,0 \text{ kN/m}^3$

Wichte des Wassers:  $\gamma_w = 10,0 \text{ kN/m}^3$

Berechnung der hydraulischen Gradienten:

- aktive Seite  $i_a = 0,081$

- passive Seite  $i_p = -0,092$

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Aug

Korrigierte Wichten infolge der Strömungskräfte:

aktive Seite:

korrigierte Wichte des Bodens, aktive Seite:

$\text{korr. } \gamma'_a = 10,8 \text{ kN/m}^3$

korrigierte Wichte des Wassers, aktive Seite:

$\text{korr. } \gamma_{wa} = 9,2 \text{ kN/m}^3$

passive Seite:

korrigierte Wichte des Bodens, passive Seite:

$\text{korr. } \gamma'_p = 9,1 \text{ kN/m}^3$

korrigierte Wichte des Wassers, passive Seite:

$\text{korr. } \gamma_{wp} = 10,9 \text{ kN/m}^3$

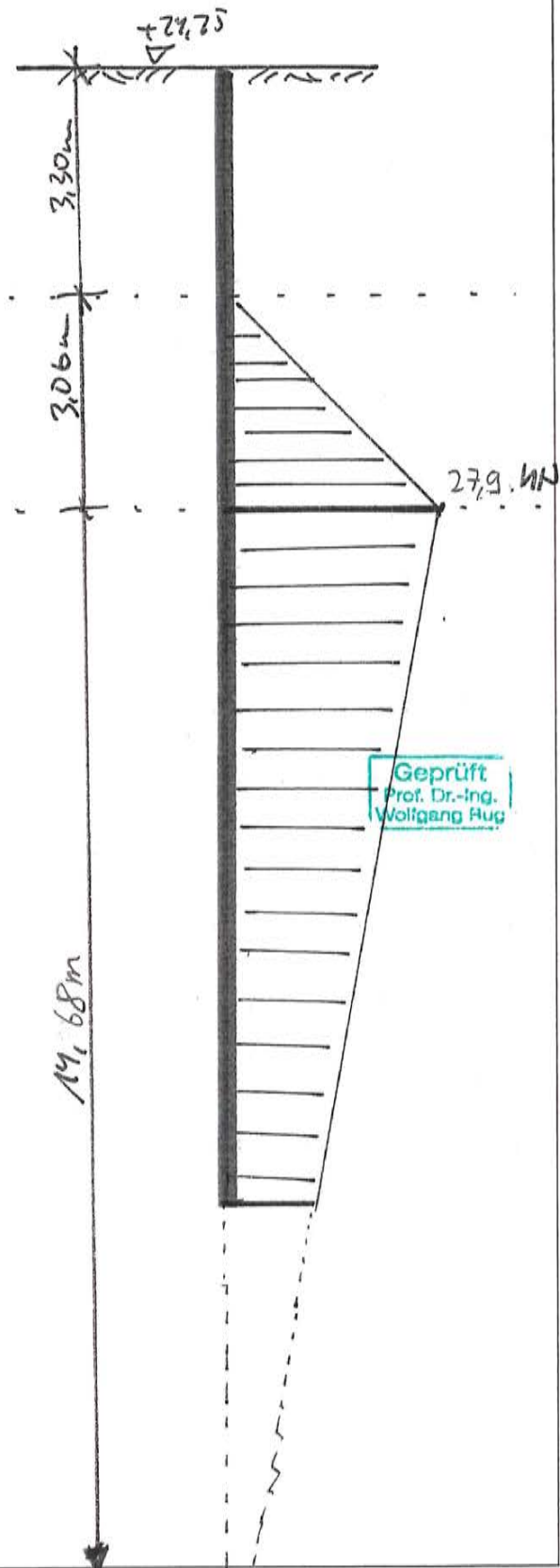
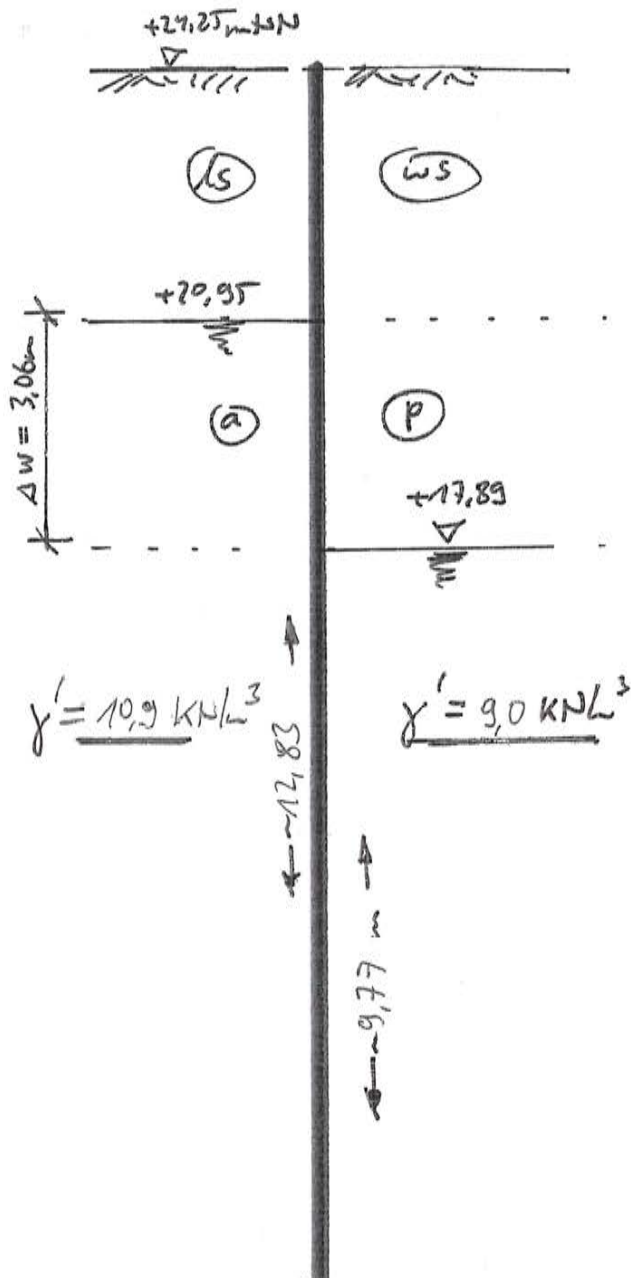
$\Delta w = 1,7 \text{ kN/m}^3$



Wurzelkräuter + 19,00 mNN

Wichtenänderungen / GW-Strömung:

Resultierende Wasserdruk:  
[Wk]



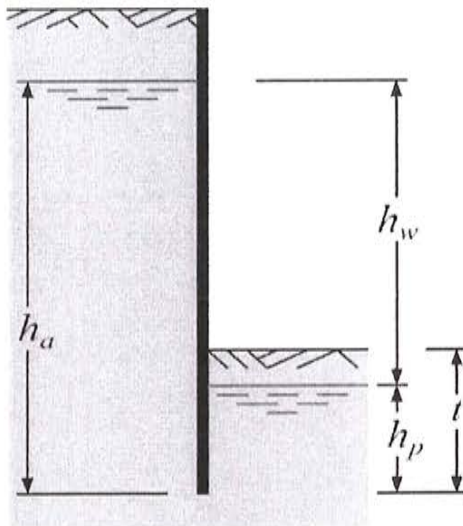


Beeinflussung des Erddrucks durch strömendes Wasser

Krafter + 19.00 mNN

Die Strömung von Grundwasser durch den Porenraum bewirkt Strömungskräfte, die auf das Korngerüst des Bodens wirken. Diese sind neben dem hydrostatischen wirkenden Wasserdruck bei erdstatischen Berechnungen zu berücksichtigen. Bei Stützwänden im Grundwasser, z.B. Baugrubenumschließungen, wirken sich die Strömungskräfte unmittelbar auf die Erddrücke aus. Der belastende Erddruck wird durch die nach unten gerichtete Strömung erhöht und der stützende Erddruck wird durch die nach oben gerichtete Strömungskräfte verringert. Dies lässt sich näherungsweise durch die Erhöhung, bzw. Abminderung der Wichte berücksichtigen.

Berechnung der Wichte des Bodens unter Berücksichtigung der Strömung:



Umströmte Baugrubenwand

Rechenparameter:

|                                      |                                   |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| lotrechte Sickerlinie (Aktivseite):  | $h_a = 12,83 \text{ m}$           |
| lotrechte Sickerlinie (Passivseite): | $h_p = 9,77 \text{ m}$            |
| Wasserstands Differenz:              | $\Delta h = h_w = 3,06 \text{ m}$ |

Wichten:

|                     |                                  |
|---------------------|----------------------------------|
| Wichte des Bodens:  | $\gamma' = 10,0 \text{ kN/m}^3$  |
| Wichte des Wassers: | $\gamma_w = 10,0 \text{ kN/m}^3$ |

Berechnung der hydraulischen Gradienten:

|                 |                |
|-----------------|----------------|
| - aktive Seite  | $i_a = 0,089$  |
| - passive Seite | $i_p = -0,102$ |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Korrigierte Wichten infolge der Strömungskräfte:

aktive Seite:

korrigierte Wichte des Bodens, aktive Seite:  
korrigierte Wichte des Wassers, aktive Seite:

|                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| $korr. \gamma'_a =$   | $10,9 \text{ kN/m}^3$ |
| $korr. \gamma_{wa} =$ | $9,1 \text{ kN/m}^3$  |

passive Seite:

korrigierte Wichte des Bodens, passive Seite:  
korrigierte Wichte des Wassers, passive Seite:

|                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| $korr. \gamma'_p =$   | $9,0 \text{ kN/m}^3$  |
| $korr. \gamma_{wp} =$ | $11,0 \text{ kN/m}^3$ |

$$\Delta w = 1,9 \text{ kN/L}^3$$

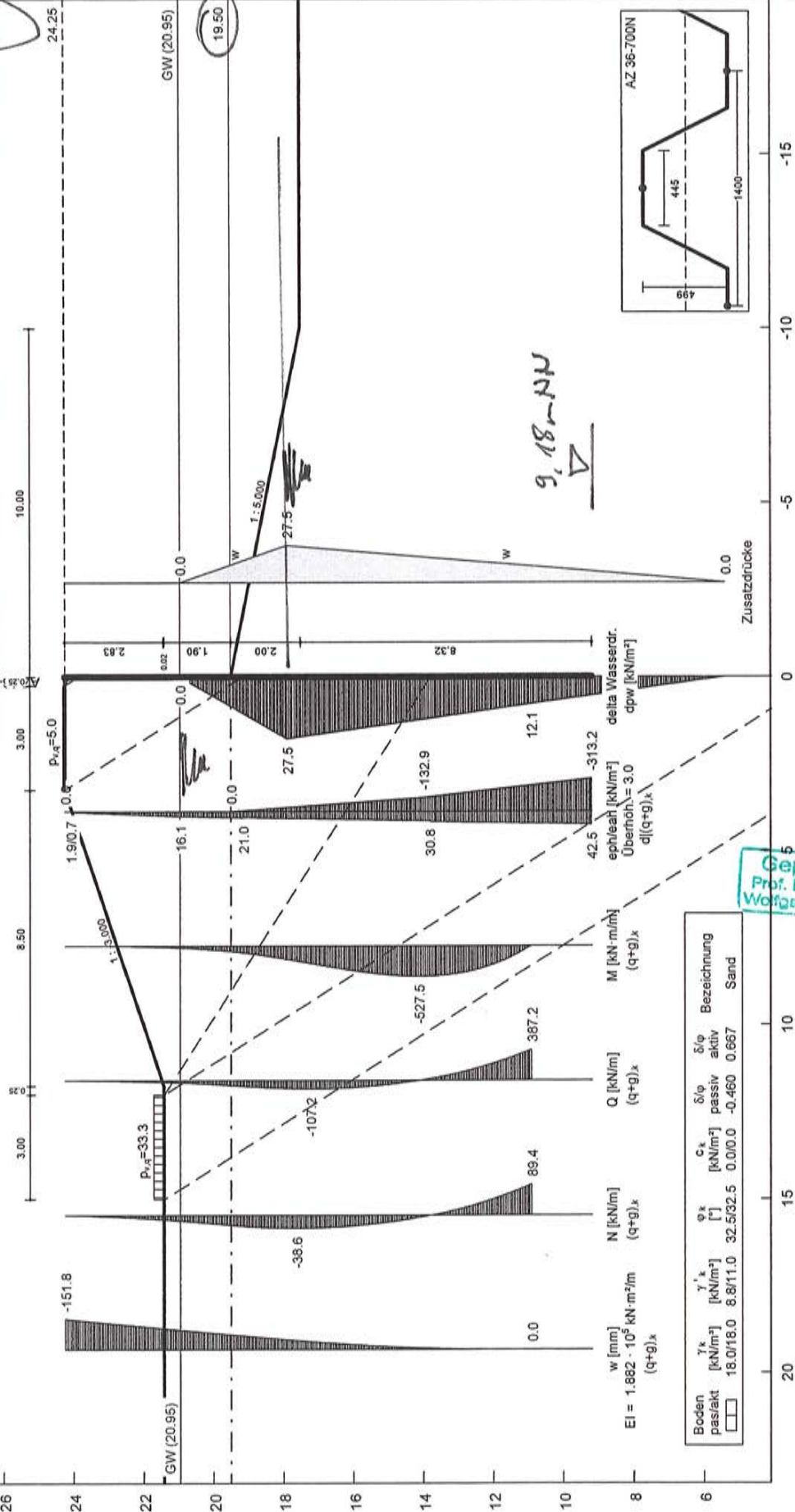
Pos. 1.3-N 1

$M_{Ed} = 861.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Ed} = 0.673$   
 Knickelänge = 21.10 m  
 $N_{Ed} = 4171.7 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} / N_{c} = 0.002 \leq 0.04$   
 -> Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0.673$

$\gamma_{w0} = 1.00 / \gamma_{w1} = 1.00$   
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_1 / t_1 / \varepsilon = 30.0$   
 Querschnittsfläche: 2  
 $M_{Ed} = 580.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $M_{c,Ed} = 861.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $V_{Ed} = 1.3 \text{ kN/m}$   
 $V_{c,Ed} = 1073.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.001$ )  
 $N_{Ed} = 5184.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.002$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{c,Ed} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Nachweis  $M_{Ed}$

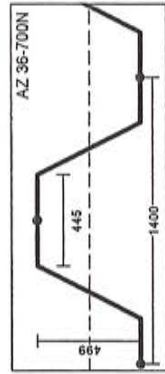
Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el-el.)  
 Bemessungssituation: max  $M_{Ed}$   
 $M_{Ed} = 580.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $V_{Ed} = 1.3 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} = -8.0 \text{ kN/m}$  (Druck)  
 Profil: AZ 36-700N, Stahlgröße: S 240 GP  
 Wasserdruckdifferenz = 2.75 m  
 $b = 700.0 \text{ mm} / b_1 = 444.8 \text{ mm}$   
 $t_1 = 15.0 \text{ mm} / t_{w1} = 11.2 \text{ mm} / A = 216.0 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 $h = 499.0 \text{ mm} / \alpha = 63.2^\circ$   
 $W_{pl} = 3590.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 89610.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 19,50mNN)  
 Norm: EC 7  
 Spundwand  
 AZ 36-700N  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Erf. Einbindelänge = 10.32 m  
 BS: DIN 1054: BS-A



Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rupp

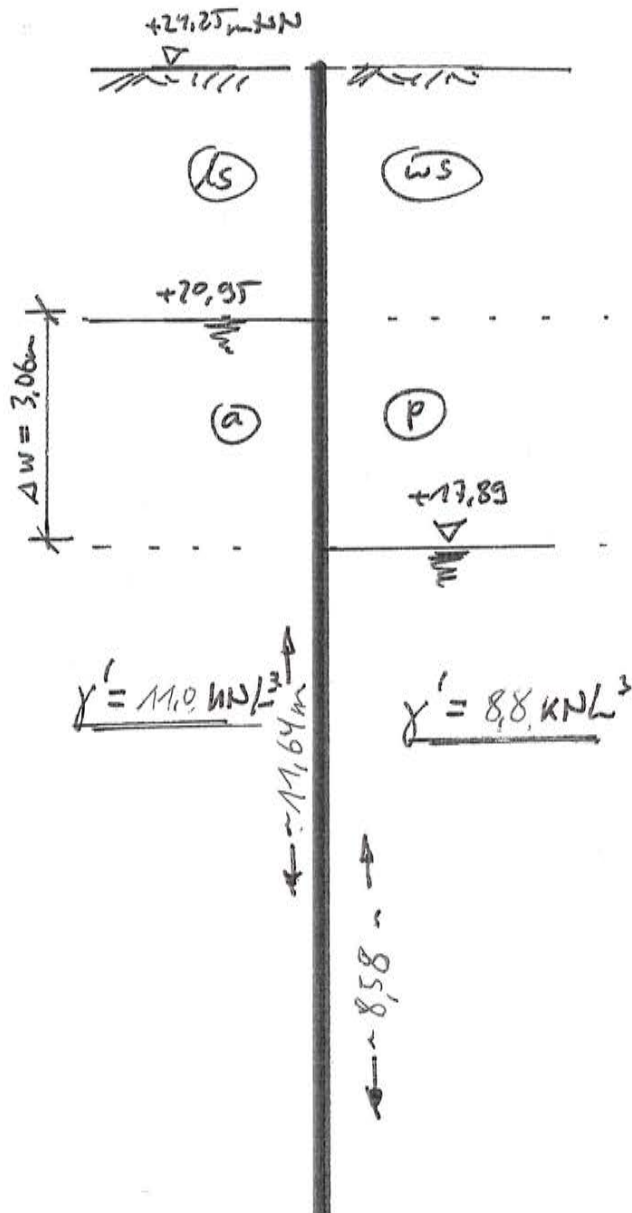
| Boden | $\gamma_k$ | $\gamma'_k$ | $\phi_k$  | $c_k$   | $\delta/\phi$ | Bezeichnung |
|-------|------------|-------------|-----------|---------|---------------|-------------|
| pasiv | 18.0/18.0  | 8.8/11.0    | 32.5/32.5 | 0.0/0.0 | -0.460        | aktiv       |
| aktiv | 18.0/18.0  | 8.8/11.0    | 32.5/32.5 | 0.0/0.0 | -0.460        | passiv      |
| Sand  |            |             |           |         | 0.667         | Sand        |



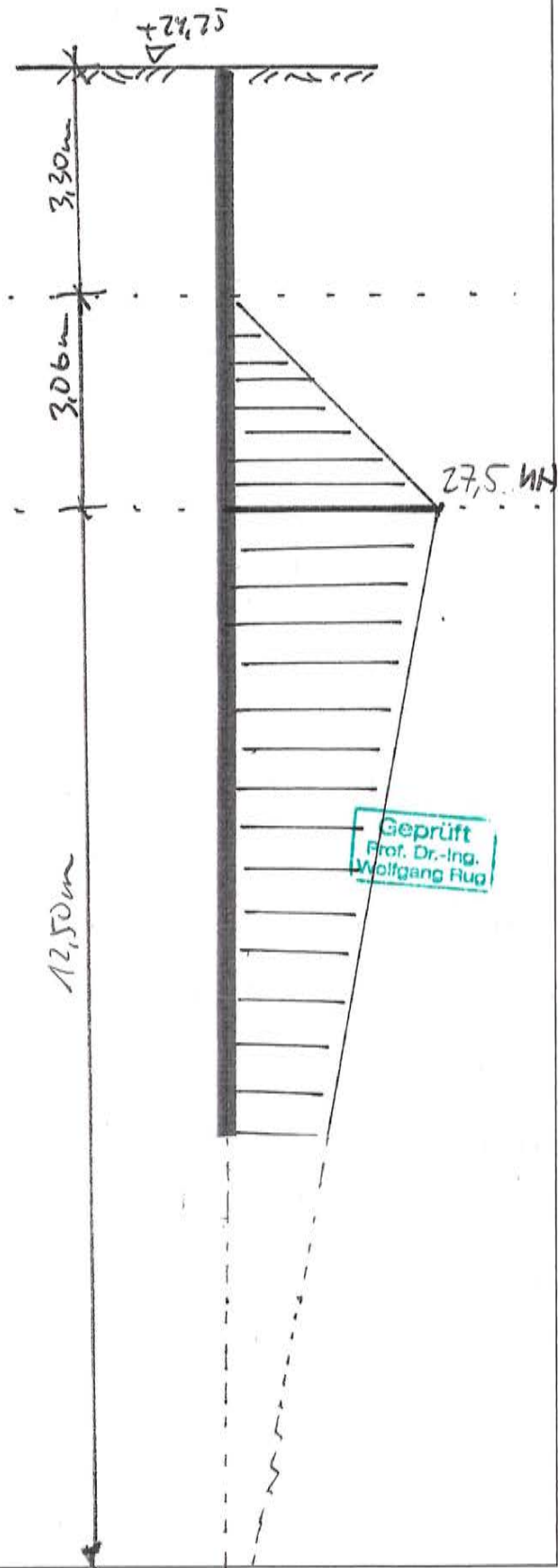
-185-

Wurzelkrater +19,50mNN

Wichtenänderungen / GW-Strömung:



Resultierende Wasserdruck:  
[Wk]



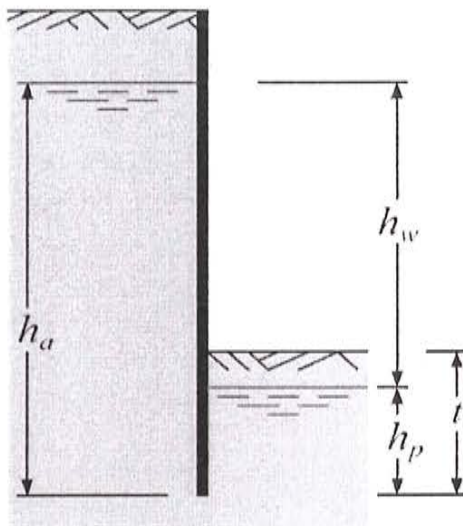


Beeinflussung des Erddrucks durch strömendes Wasser

Krafter + 19,50 mNN

Die Strömung von Grundwasser durch den Porenraum bewirkt Strömungskräfte, die auf das Korngerüst des Bodens wirken. Diese sind neben dem hydrostatischen wirkenden Wasserdruck bei erdstatischen Berechnungen zu berücksichtigen. Bei Stützwänden im Grundwasser, z.B. Baugrubenumschließungen, wirken sich die Strömungskräfte unmittelbar auf die Erddrücke aus. Der belastende Erddruck wird durch die nach unten gerichtete Strömung erhöht und der stützende Erddruck wird durch die nach oben gerichtete Strömungskräfte verringert. Dies lässt sich näherungsweise durch die Erhöhung, bzw. Abminderung der Wichte berücksichtigen.

Berechnung der Wichte des Bodens unter Berücksichtigung der Strömung:



Umströmte Baugrubenwand

Rechenparameter:

lotrechte Sickerlinie (Aktivseite):  $h_a = 11,64 \text{ m}$

lotrechte Sickerlinie (Passivseite):  $h_p = 8,58 \text{ m}$

Wasserstandsdifferenz:  $\Delta h = h_w = 3,06 \text{ m}$

Wichten:

Wichte des Bodens:  $\gamma' = 10,0 \text{ kN/m}^3$

Wichte des Wassers:  $\gamma_w = 10,0 \text{ kN/m}^3$

Berechnung der hydraulischen Gradienten:

- aktive Seite  $i_a = 0,099$

- passive Seite  $i_p = -0,115$

Korrigierte Wichten infolge der Strömungskräfte:

aktive Seite:

korrigierte Wichte des Bodens, aktive Seite:

$$\text{korr. } \gamma'_a = \underline{11,0 \text{ kN/m}^3}$$

korrigierte Wichte des Wassers, aktive Seite:

$$\text{korr. } \gamma_{wa} = \underline{9,0 \text{ kN/m}^3}$$

passive Seite:

korrigierte Wichte des Bodens, passive Seite:

$$\text{korr. } \gamma'_p = \underline{8,8 \text{ kN/m}^3}$$

korrigierte Wichte des Wassers, passive Seite:

$$\text{korr. } \gamma_{wp} = \underline{11,2 \text{ kN/m}^3}$$

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Flug

$$\Delta W = 2,2 \text{ kN/m}^3$$

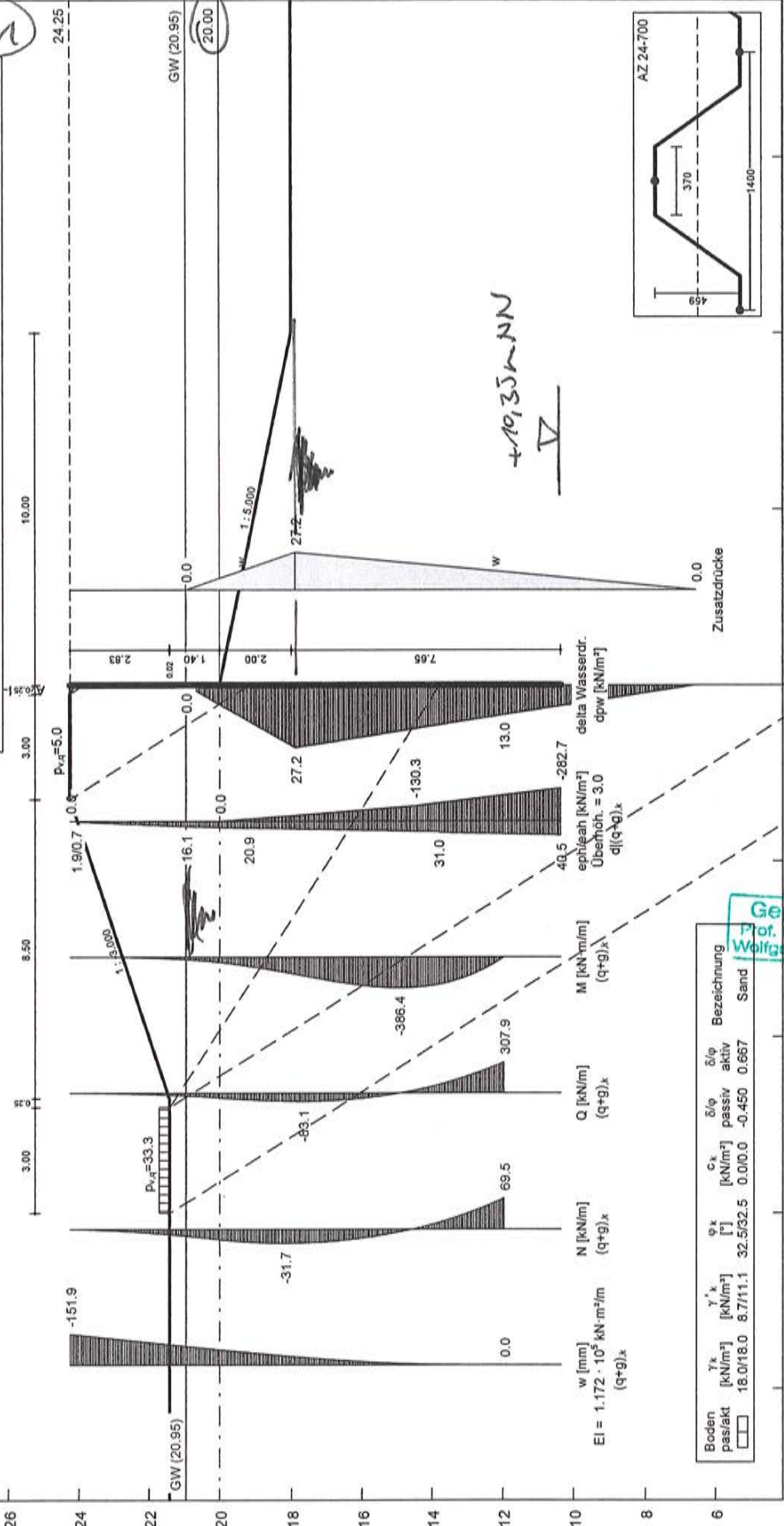
Pos. 1.4-NN

Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 20,00mNN)  
Norm: EC 7  
Spundwand  
AZ 24-700  
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
Erf. Profilänge = 13,90 m  
Erf. Einbindelänge = 9,65 m  
BS: DIN 1054: BS-A

Bemessungswerte:  
Bemessung nach EC 3 (el-el.)  
Querschnittssituation: max M<sub>1,q</sub>  
M<sub>Ed</sub> = 425,1 kN·m/m  
V<sub>Ed</sub> = 0,8 kN/m  
N<sub>Ed</sub> = -6,9 kN/m (Druck)  
Profil: AZ 24-700, Stahlröhre, S 240 GP  
Wasserdruckdifferenz = 2,72 m  
b = 700,0 mm / b<sub>y</sub> = 370,5 mm  
t<sub>y</sub> = 11,2 mm / t<sub>w</sub> = 11,2 mm / A = 174,0 cm<sup>2</sup>/m  
h = 459,0 mm / α = 55,2°  
W<sub>pl</sub> = 2430,0 cm<sup>3</sup>/m / I = 55820,0 cm<sup>4</sup>/m  
Nachweis M<sub>Ed</sub>

γ<sub>so</sub> = 1,00 / γ<sub>st</sub> = 1,00  
e = 0,990 → b<sub>r</sub> / t<sub>r</sub> / e = 33,4  
Querschnittsgruppe: 2  
f<sub>yk</sub> = 240,0 N/mm<sup>2</sup>  
M<sub>Ed</sub> = 583,2 kN·m/m  
V<sub>Ed</sub> = 992,8 kN/m (μ = 0,001)  
N<sub>Ed</sub> = 4176,0 kN/m (μ = 0,002)  
V<sub>Ed</sub> ≤ 0,5 · V<sub>pl,Ed</sub> → keine Abm.  
Querkraft-Interaktion  
V<sub>Ed</sub> ≤ 0,5 · V<sub>pl,Ed</sub> → keine Abm.  
Normalkraft-Interaktion  
keine Abm.  
max μ = 0,729  
→ Kein Knicknachweis

M<sub>Ed</sub> = 583,2 kN·m/m  
μ = M<sub>Ed</sub> / M<sub>pl,Ed</sub> = 0,729  
Knicklänge = 19,46 m  
N<sub>Ed</sub> = 3055,1 kN/m  
N<sub>Ed</sub> / N<sub>pl</sub> = 0,002 ≤ 0,04  
→ Kein Knicknachweis

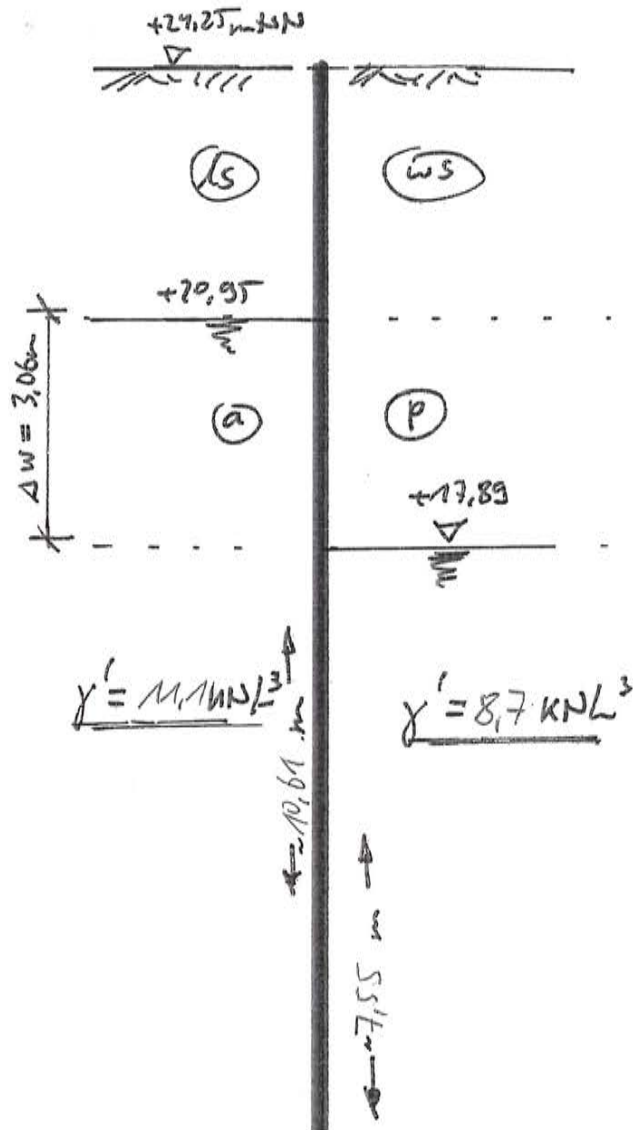


Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

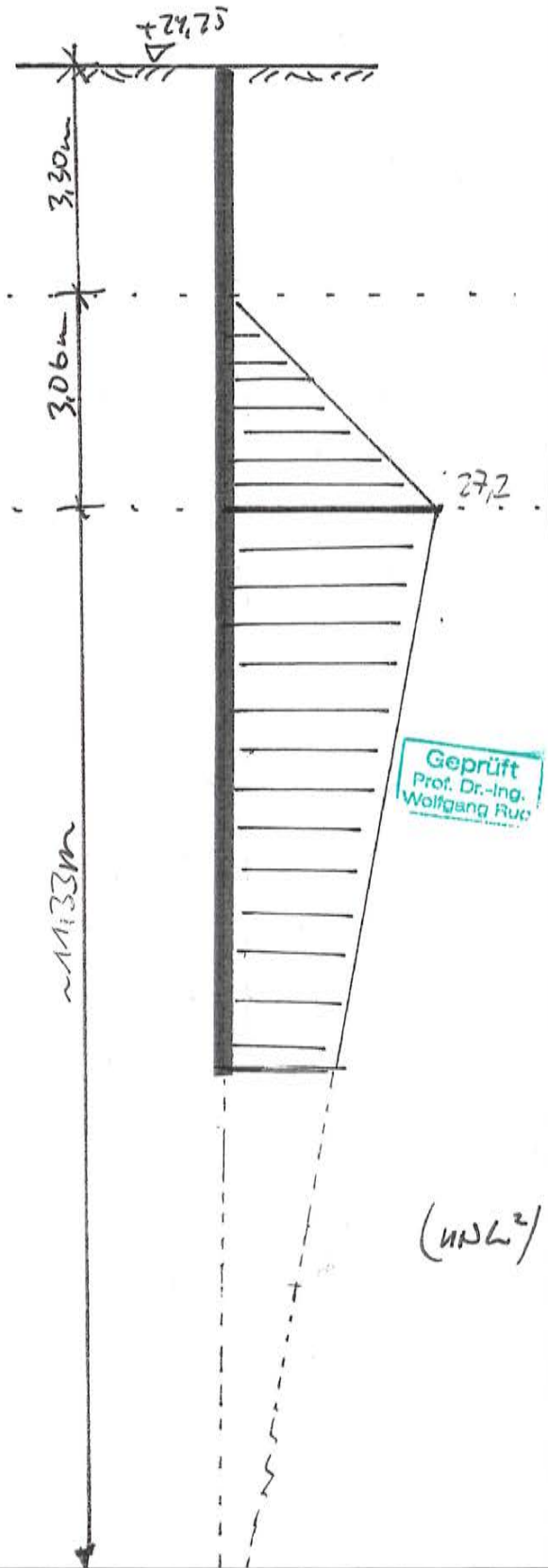
| Boden  | γ <sub>k</sub> | γ' <sub>k</sub> | φ <sub>k</sub> | c <sub>k</sub> | δ/φ    | Bezeichnung |
|--------|----------------|-----------------|----------------|----------------|--------|-------------|
| passiv | 18.0/18.0      | 8.7/11.1        | 32.5/32.5      | 0.0/0.0        | -0.450 | aktiv       |
| aktiv  | 18.0/18.0      | 8.7/11.1        | 32.5/32.5      | 0.0/0.0        | 0.667  | passiv      |

Wurzelkriater + 20,00mNN

Wichtenänderungen / GW-Strömung:



Resultierende Wasserdruk:  
[Wk]



Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Ruc

(kN/L<sup>2</sup>)

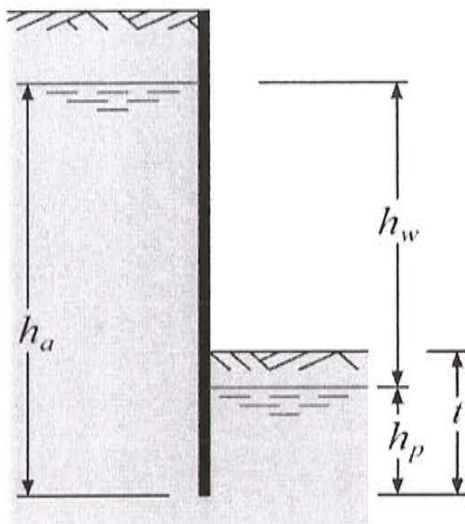


Beeinflussung des Erddrucks durch strömendes Wasser

Krater +20,00m NN

Die Strömung von Grundwasser durch den Porenraum bewirkt Strömungskräfte, die auf das Korngerüst des Bodens wirken. Diese sind neben dem hydrostatischen wirkenden Wasserdruck bei erdstatischen Berechnungen zu berücksichtigen. Bei Stützwänden im Grundwasser, z.B. Baugrubenumschließungen, wirken sich die Strömungskräfte unmittelbar auf die Erddrücke aus. Der belastende Erddruck wird durch die nach unten gerichtete Strömung erhöht und der stützende Erddruck wird durch die nach oben gerichtete Strömungskräfte verringert. Dies lässt sich näherungsweise durch die Erhöhung, bzw. Abminderung der Wichte berücksichtigen.

Berechnung der Wichte des Bodens unter Berücksichtigung der Strömung:



Umströmte Baugrubenwand

Rechenparameter:

|                                      |                                   |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| lotrechte Sickerlinie (Aktivseite):  | $h_a = 10,61 \text{ m}$           |
| lotrechte Sickerlinie (Passivseite): | $h_p = 7,55 \text{ m}$            |
| Wasserstands Differenz:              | $\Delta h = h_w = 3,06 \text{ m}$ |

Wichten:

|                     |                                  |
|---------------------|----------------------------------|
| Wichte des Bodens:  | $\gamma' = 10,0 \text{ kN/m}^3$  |
| Wichte des Wassers: | $\gamma_w = 10,0 \text{ kN/m}^3$ |

Berechnung der hydraulischen Gradienten:

|                 |                |
|-----------------|----------------|
| - aktive Seite  | $i_a = 0,110$  |
| - passive Seite | $i_p = -0,130$ |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Korrigierte Wichten infolge der Strömungskräfte:

aktive Seite:

|                                               |                                                  |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| korrigierte Wichte des Bodens, aktive Seite:  | $\text{korr. } \gamma'_a = 11,1 \text{ kN/m}^3$  |
| korrigierte Wichte des Wassers, aktive Seite: | $\text{korr. } \gamma_{wa} = 8,9 \text{ kN/m}^3$ |

passive Seite:

|                                                |                                                   |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| korrigierte Wichte des Bodens, passive Seite:  | $\text{korr. } \gamma'_p = 8,7 \text{ kN/m}^3$    |
| korrigierte Wichte des Wassers, passive Seite: | $\text{korr. } \gamma_{wp} = 11,3 \text{ kN/m}^3$ |

$$\Delta W = 2,4 \text{ kN/L}^3$$

fas. 1.5-M

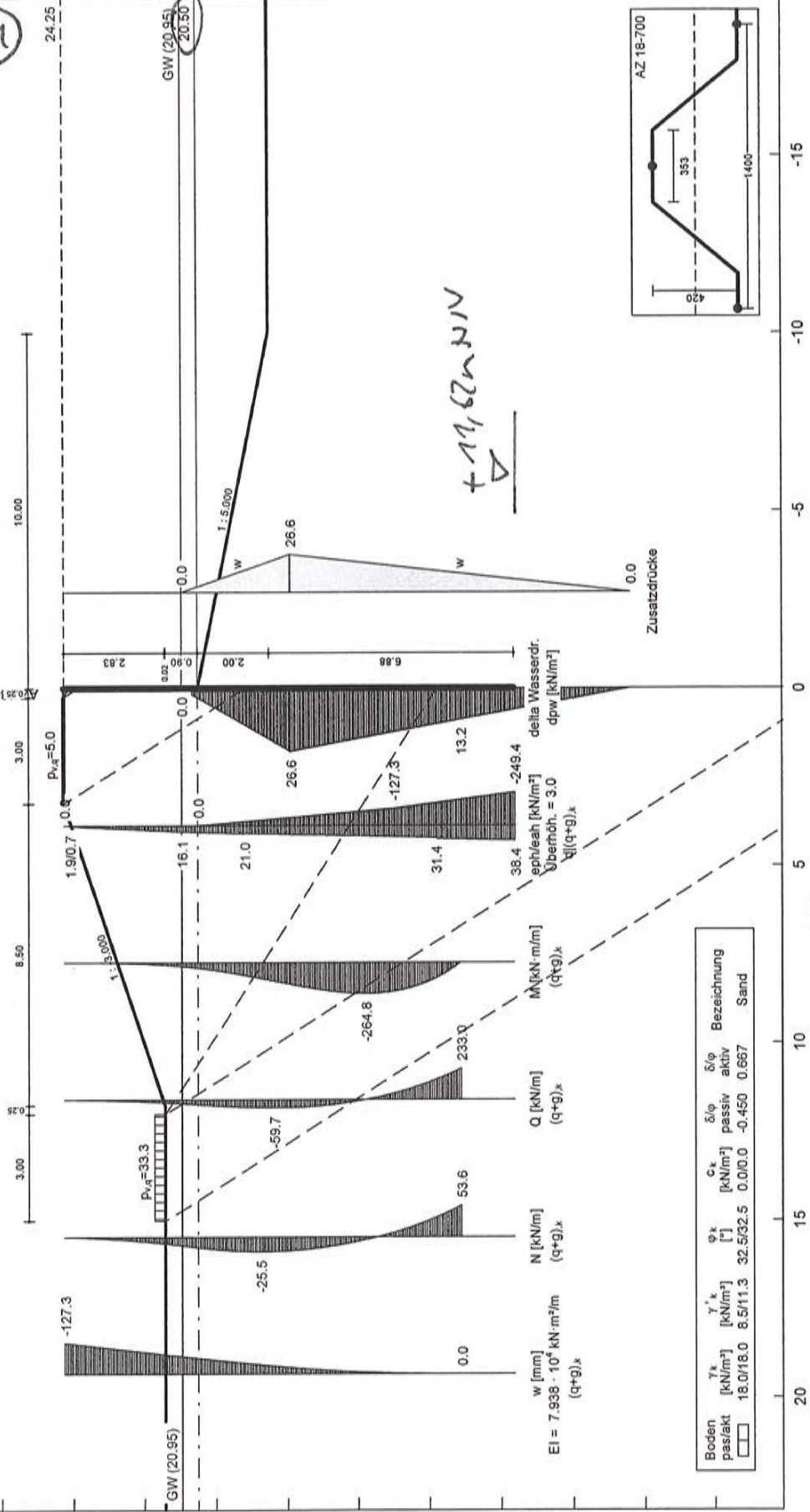
$M_{Ed} = 432.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $\mu = M_{Ed} / M_{cEd} = 0.674$   
 Knicklänge = 17.66 m  
 $N_{Ed} = 2506.4 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} / N_{cEd} = 0.002 \leq 0.04$   
 → Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0.674$

$\gamma_{w} = 1.00 / \gamma_{w1} = 1.00$   
 $\epsilon = 0.990 \rightarrow b_1 / t_1 / \epsilon = 39.6$   
 Querschnittsklasse: 2  
 $f_{yEd} = 240.0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{cEd} = 432.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $V_{cEd} = 732.2 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.001$ )  
 $N_{cEd} = 3336.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.002$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{cEd} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Nachweis  $M_{Ed}$

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el-el)  
 Bemessungssituation: max M, qg  
 $M_{Ed} = 291.3 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $V_{Ed} = 0.5 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} = -5.3 \text{ kN/m}$  (Druck)  
 Profil: AZ 18-700 Stahlgüte: S 240 GP  
 Wasserdruckdifferenz = 2.66 m  
 $b = 700.0 \text{ mm} / b_1 = 352.8 \text{ mm}$   
 $t_f = 9.0 \text{ mm} / t_w = 9.0 \text{ mm} / A = 139.0 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 $h = 420.0 \text{ mm} / \alpha = 51.2^\circ$   
 $W_{pl,y} = 1800.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 37800.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 20,50mNN)  
 Norm: EC 7  
 Spundwand  
 AZ 18-700  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Erf. Einbautiefe = 8.86 m  
 BS: DIN 1054: BS-A

$\gamma_0 = 1.10$   
 $\gamma_Q = 1.10$   
 $\gamma_{EP} = 1.20$   
 mob. Ep erfüllt /  $\mu = 0.99$

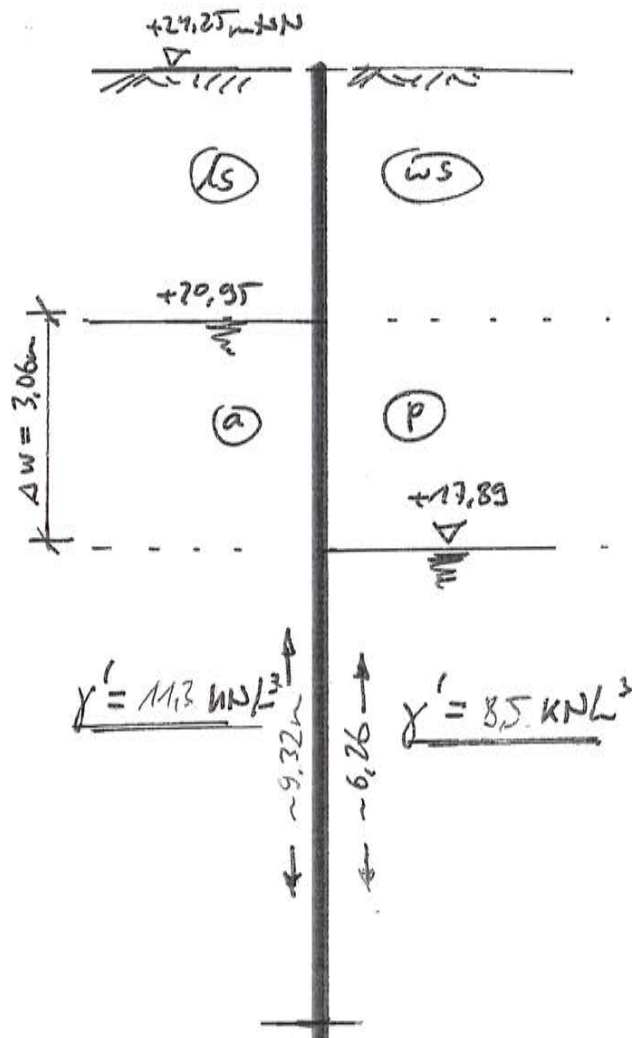


| Boden  | $\gamma_k$ | $\gamma'_k$ | $\phi_k$  | $c_k$   | $\delta/\phi$ | $\delta/\phi$ | Bezeichnung |
|--------|------------|-------------|-----------|---------|---------------|---------------|-------------|
| passiv | 18.0/18.0  | 8.5/11.3    | 32.5/32.5 | 0.0/0.0 | -0.450        | 0.667         | Sand        |
| aktiv  |            |             |           |         |               |               |             |

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Flug

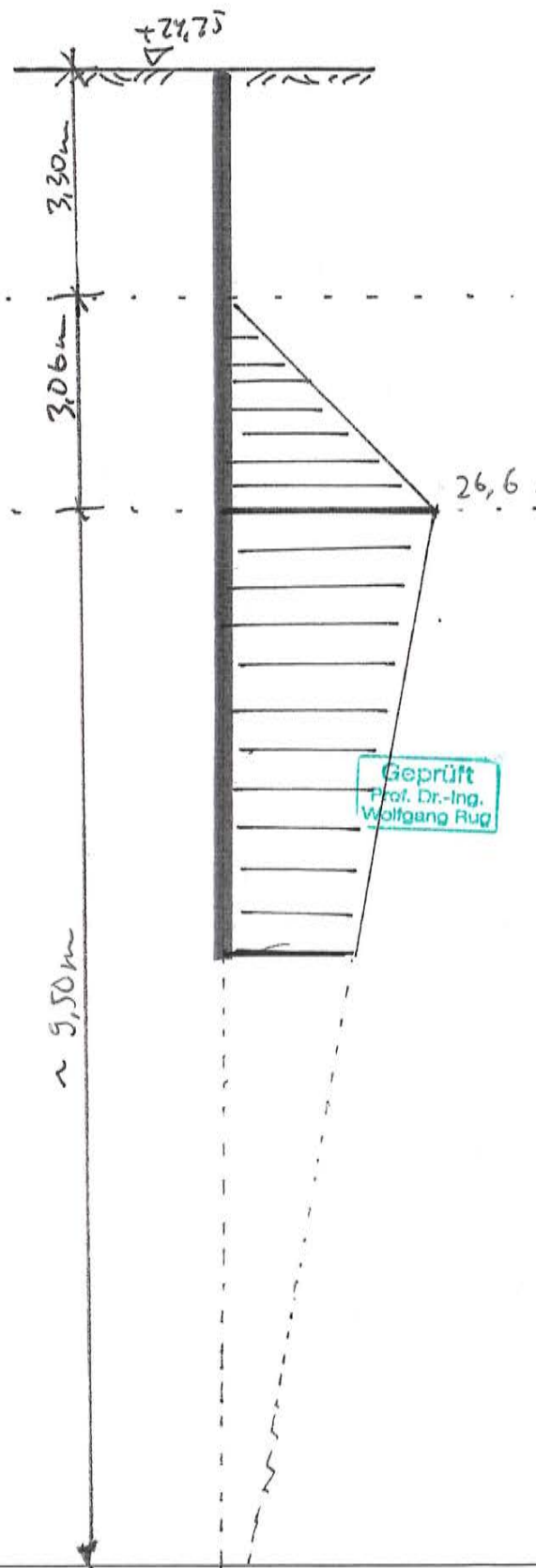
Wurzelerkrüter + 20,50 mNN

Wichtenänderungen / GW-Strömung:



Resultierende Wasserdruk:

[Wk]



Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

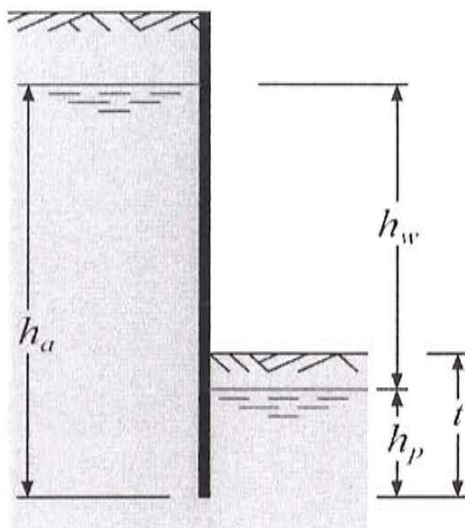


# Beeinflussung des Erddrucks durch strömendes Wasser

Kraft + 70,50 mN

Die Strömung von Grundwasser durch den Porenraum bewirkt Strömungskräfte, die auf das Korngerüst des Bodens wirken. Diese sind neben dem hydrostatischen wirkenden Wasserdruck bei erdstatistischen Berechnungen zu berücksichtigen. Bei Stützwänden im Grundwasser, z.B. Baugrubenumschließungen, wirken sich die Strömungskräfte unmittelbar auf die Erddrücke aus. Der belastende Erddruck wird durch die nach unten gerichtete Strömung erhöht und der stützende Erddruck wird durch die nach oben gerichtete Strömungskräfte verringert. Dies lässt sich näherungsweise durch die Erhöhung, bzw. Abminderung der Wichte berücksichtigen.

## Berechnung der Wichte des Bodens unter Berücksichtigung der Strömung:



Umströmte Baugrubenwand

### Rechenparameter:

|                                      |                                   |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| lotrechte Sickerlinie (Aktivseite):  | $h_a = 9,32 \text{ m}$            |
| lotrechte Sickerlinie (Passivseite): | $h_p = 6,26 \text{ m}$            |
| Wasserstands Differenz:              | $\Delta h = h_w = 3,06 \text{ m}$ |

### Wichten:

|                     |                                  |
|---------------------|----------------------------------|
| Wichte des Bodens:  | $\gamma' = 10,0 \text{ kN/m}^3$  |
| Wichte des Wassers: | $\gamma_w = 10,0 \text{ kN/m}^3$ |

### Berechnung der hydraulischen Gradienten:

|                 |                |
|-----------------|----------------|
| - aktive Seite  | $i_a = 0,126$  |
| - passive Seite | $i_p = -0,154$ |

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rug

## Korrigierte Wichten infolge der Strömungskräfte:

### aktive Seite:

|                                               |                                                  |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| korrigierte Wichte des Bodens, aktive Seite:  | $\text{korr. } \gamma'_a = 11,3 \text{ kN/m}^3$  |
| korrigierte Wichte des Wassers, aktive Seite: | $\text{korr. } \gamma_{wa} = 8,7 \text{ kN/m}^3$ |

### passive Seite:

|                                                |                                                   |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| korrigierte Wichte des Bodens, passive Seite:  | $\text{korr. } \gamma'_p = 8,5 \text{ kN/m}^3$    |
| korrigierte Wichte des Wassers, passive Seite: | $\text{korr. } \gamma_{wp} = 11,5 \text{ kN/m}^3$ |

$$\Delta W = 2,84 \text{ kN/m}^3$$

Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 21,00mNN)  
 Norm: EC 7  
 Spundwand  
 AZ 12-700  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Erf. Profilänge = 7.34 m  
 Erf. Einbindetiefe = 4.09 m  
 BS: DIN 1054: BS-A

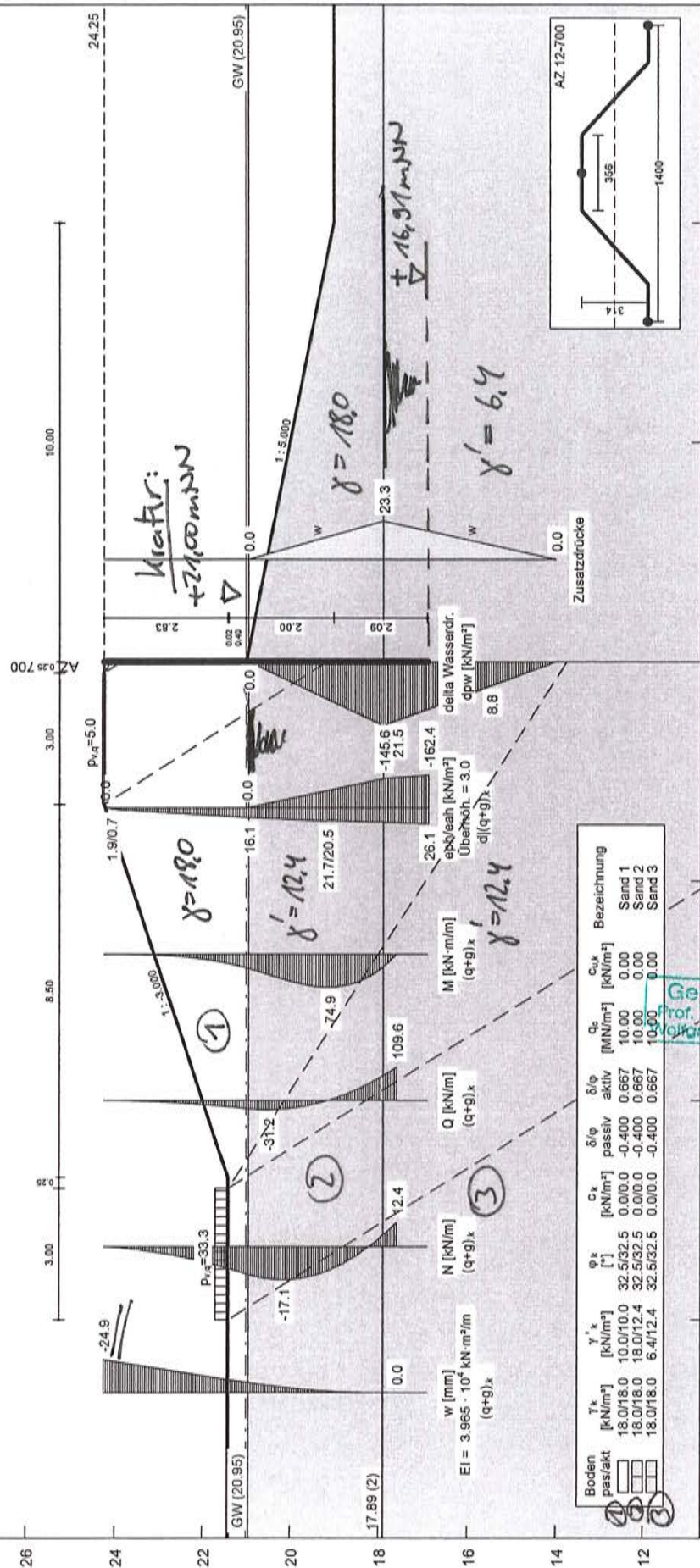
$\gamma_0 = 1.10$   
 $\gamma_0 = 1.10$   
 $\gamma_{sa} = 1.20$   
 $\mu$  (Hydr. Grundbruch) = 0.00  
 mob. Ep erfüllt /  $\mu = 0.80$   
 $\mu$  (Vert. Tragfähigkeit) = 0.23

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)  
 Querschnittsfläche: max M, qg  
 $M_{Ed} = 82.3 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $V_{Ed} = 1.2 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} = -13.5 \text{ kN/m}$  (Druck)  
 Profil: AZ 12-700 (Stahlblech: S 240 GP)  
 Wasserdruckdifferenz = 2.33 m  
 $b = 700.0 \text{ mm}$  /  $b_f = 356.4 \text{ mm}$   
 $t_f = 8.5 \text{ mm}$  /  $t_w = 8.5 \text{ mm}$  /  $A = 123.0 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 $h = 314.0 \text{ mm}$  /  $\alpha = 42.8^\circ$   
 $W_{pl} = 1415.0 \text{ cm}^3/\text{m}$  /  $I = 18880.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

$M_{y,Ed} = 339.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $\mu = M_{Ed} / M_{y,Ed} = 0.242$   
 Knickelänge = 10.28 m  
 $N_{y,Ed} = 3702.8 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} / N_{y,Ed} = 0.004 < 0.04$   
 -> Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0.242$

$\gamma_{m0} = 1.00$  /  $\gamma_{m1} = 1.00$   
 $e = 0.990$  ->  $b_f / t_f = 42.4$   
 Querschnittsfläche: 2  
 $f_{y,Ed} = 240.0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{y,Ed} = 339.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $V_{y,Ed} = 514.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.002$ )  
 $N_{y,Ed} = 2952.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.005$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} < 0.5 \cdot V_{y,Ed}$  -> keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Nachweis  $M_{Ed}$

$\sigma_{l-1l} = 0.285 < 1.100$   
 Eigenbrg.



| Boden | $\gamma_k$ | $\gamma'_k$ | $\gamma''_k$ | $\phi_k$ | $c_k$   | $\delta/\phi$ | $\delta/\phi$ | $q_k$ | $c_{uk}$ | Bezeichnung |
|-------|------------|-------------|--------------|----------|---------|---------------|---------------|-------|----------|-------------|
| 1     | 18.0/18.0  | 10.0/10.0   | 32.5/32.5    | 0.0/0.0  | 0.0/0.0 | 0.0/0.0       | 0.0/0.0       | 10.00 | 0.00     | Sand 1      |
| 2     | 18.0/18.0  | 18.0/12.4   | 32.5/32.5    | 0.0/0.0  | 0.0/0.0 | 0.0/0.0       | 0.0/0.0       | 10.00 | 0.00     | Sand 2      |
| 3     | 18.0/18.0  | 6.4/12.4    | 32.5/32.5    | 0.0/0.0  | 0.0/0.0 | 0.0/0.0       | 0.0/0.0       | 10.00 | 0.00     | Sand 3      |

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rupp

Wicht- + Wasserdurch gem./Hauptstatik



Pos. A.7-N1

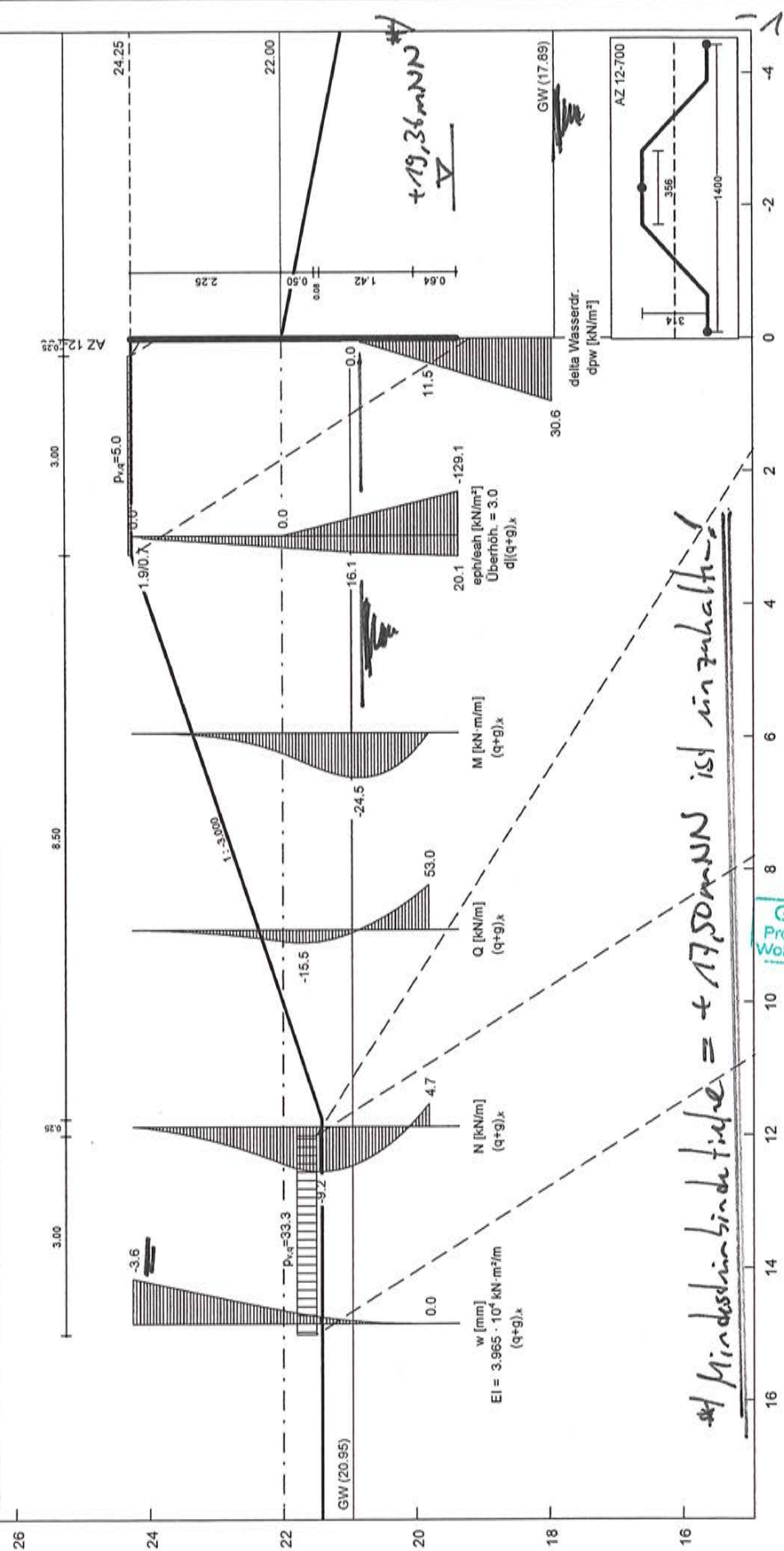
Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 22,00mNN)  
 Norm: EC 7  
 Spundwand  
 AZ 12-700  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Erf. Profilänge = 4.89 m  
 Erf. Einbindetiefe = 2.84 m  
 BS: DIN 1054: BS-A

| Boden | $\gamma_k$ | $\gamma'_k$ | $\gamma''_k$ | $\varphi_k$ | $c(p)_k$ | $c(a)_k$ | $\delta/\phi$ | $\delta/\phi$ | $q_0$ | $c_{u,k}$ | Bezeichnung |
|-------|------------|-------------|--------------|-------------|----------|----------|---------------|---------------|-------|-----------|-------------|
|       | 18.0       | 10.0        | 10.0         | 32.5        | 0.0      | 0.0      | passiv        | aktiv         | 10.00 | 0.00      | Sand        |

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el.-el.)  
 Bemessungssituation: max M,qg  
 $M_{Ed} = 26.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $V_{Ed} = 0.4 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} = -8.2 \text{ kN/m}$  (Druck)  
 Profil: AZ 12-700 Stahlgüter: S 240 GP  
 $t_f = 8.5 \text{ mm}$  /  $t_w = 8.5 \text{ mm}$  /  $A = 123.0 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 Wasserdrukdifferenz = 3.06 m  
 $b = 700.0 \text{ mm}$  /  $b_f = 356.4 \text{ mm}$   
 $h = 314.0 \text{ mm}$  /  $\alpha = 42.8^\circ$   
 $W_{pl} = 1205.0 \text{ cm}^3/\text{m}$  /  $I = 18880.0 \text{ cm}^4/\text{m}$   
 Nachweis  $M_{Ed}$

$\gamma_{wo} = 1.00$  /  $\gamma_{wv} = 1.00$   
 $\epsilon = 0.990 \rightarrow b_f/t_f/\epsilon = 42.4$   
 Querschnittsklasse: 2  
 $f_{y,Ed} = 240.0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{y,Ed} = 289.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $N_{y,Ed} = 514.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.001$ )  
 $N_{x,Ed} = 2952.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.003$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} < 0.5 \cdot V_{y,Ed} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Nachweis  $M_{Ed}$

$M_{y,Ed} = 289.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $\mu = M_{y,Ed}/M_{x,Ed} = 0.093$   
 Kriechlänge = 6.84 m  
 $N_{y,Ed} = 8353.9 \text{ kN/m}$   
 $N_{x,Ed}/N_{y,Ed} = 0.001 < 0.04$   
 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis  
 $\rightarrow$  max  $\mu = 0.093$



Mindesteinbindetiefe = +17,50mNN ist einzuhalten!

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rüd



AbrosungsnachweiseZeitraum: 100 JahreAbrosungsrate: 0,01 mm/Jahr pro Seite

1,0 mm je Seite

Pos. 1.1

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el.-el.)  
 Bemessungssituation: max M,gq  
 $M_{Ed} = 966,0 \text{ kN-m/m}$   
 $V_{Ed} = 0,7 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} = -9,6 \text{ kN/m}$  (Druck)  
 Profil: AZ 50-700(1/1) Stahlgüte: S 240 GP  
 Wasserdruckdifferenz = 2,82 m  
 $b = 700,0 \text{ mm} / b_f = 449,4 \text{ mm}$   
 $t_f = 21,0 \text{ mm} / t_w = 14,0 \text{ mm} / A = 274,0 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 $h = 502,0 \text{ mm} / \alpha = 63,2^\circ$   
 $W_{el} = 4525,1 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 114032,8 \text{ cm}^4/\text{m}$

$\gamma_{M0} = 1,00 / \gamma_{M1} = 1,00$   
 $\varepsilon = 0,990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 21,6$   
 Querschnittsklasse: 2  
 $f_{y,red} = 240,0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{c,Rd} = 1086,0 \text{ kN-m/m}$   
 $V_{pl,Rd} = 1333,0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0,001$ )  
 $N_{pl,Rd} = 6576,0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0,001$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Nachweis  $M_{Rd}$

$M_{c,Rd} = 1086,0 \text{ kN-m/m}$   
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,889$   
 Knicklänge = 24,21 m  
 $N_{cr} = 4032,4 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0,002 \leq 0,04$   
 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0,889$

Pos. 1.2

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el.-el.)  
 Bemessungssituation: max M,gq  
 $M_{Ed} = 748,2 \text{ kN-m/m}$   
 $V_{Ed} = 0,7 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} = -7,8 \text{ kN/m}$  (Druck)  
 Profil: AZ 42-700N(1/1) Stahlgüte: S 240 GP  
 Wasserdruckdifferenz = 2,79 m  
 $b = 700,0 \text{ mm} / b_f = 449,5 \text{ mm}$   
 $t_f = 16,0 \text{ mm} / t_w = 12,0 \text{ mm} / A = 230,2 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 $h = 497,0 \text{ mm} / \alpha = 63,2^\circ$   
 $W_{el} = 3774,7 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 94178,0 \text{ cm}^4/\text{m}$

$\gamma_{M0} = 1,00 / \gamma_{M1} = 1,00$   
 $\varepsilon = 0,990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 28,4$   
 Querschnittsklasse: 2  
 $f_{y,red} = 240,0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{c,Rd} = 905,9 \text{ kN-m/m}$   
 $V_{pl,Rd} = 1142,6 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0,001$ )  
 $N_{pl,Rd} = 5524,8 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0,001$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Nachweis  $M_{Rd}$

$M_{c,Rd} = 905,9 \text{ kN-m/m}$   
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,826$   
 Knicklänge = 22,52 m  
 $N_{cr} = 3848,9 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0,002 \leq 0,04$   
 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0,826$

Pos. 1.3

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el.-el.)  
 Bemessungssituation: max M,gq  
 $M_{Ed} = 580,2 \text{ kN-m/m}$   
 $V_{Ed} = 1,3 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} = -5,5 \text{ kN/m}$  (Druck)  
 Profil: AZ 36-700N(1/1) Stahlgüte: S 240 GP  
 Wasserdruckdifferenz = 2,75 m  
 $b = 700,0 \text{ mm} / b_f = 444,8 \text{ mm}$   
 $t_f = 13,0 \text{ mm} / t_w = 9,2 \text{ mm} / A = 187,3 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 $h = 497,0 \text{ mm} / \alpha = 63,2^\circ$   
 $W_{el} = 3160,2 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 78846,7 \text{ cm}^4/\text{m}$

$\gamma_{M0} = 1,00 / \gamma_{M1} = 1,00$   
 $\varepsilon = 0,990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 34,6$   
 Querschnittsklasse: 2  
 $f_{y,red} = 240,0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{c,Rd} = 758,4 \text{ kN-m/m}$   
 $V_{pl,Rd} = 881,4 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0,002$ )  
 $N_{pl,Rd} = 4495,2 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0,001$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Nachweis  $M_{Rd}$

$M_{c,Rd} = 758,4 \text{ kN-m/m}$   
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,765$   
 Knicklänge = 21,10 m  
 $N_{cr} = 3670,6 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0,002 \leq 0,04$   
 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0,765$

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rug

Pos. 1.4

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el.-el.)  
 Bemessungssituation: max M,gq  
 $M_{Ed} = 425,1 \text{ kN-m/m}$   
 $V_{Ed} = 0,8 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} = -4,8 \text{ kN/m}$  (Druck)  
 Profil: AZ 24-700(1/1) Stahlgüte: S 240 GP  
 Wasserdruckdifferenz = 2,72 m  
 $b = 700,0 \text{ mm} / b_f = 370,5 \text{ mm}$   
 $t_f = 9,2 \text{ mm} / t_w = 9,2 \text{ mm} / A = 147,4 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 $h = 457,0 \text{ mm} / \alpha = 55,2^\circ$   
 $W_{el} = 2078,7 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 47706,6 \text{ cm}^4/\text{m}$

$\gamma_{M0} = 1,00 / \gamma_{M1} = 1,00$   
 $\varepsilon = 0,990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 40,7$   
 Querschnittsklasse: 2  
 $f_{y,red} = 240,0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{c,Rd} = 498,9 \text{ kN-m/m}$   
 $V_{pl,Rd} = 815,5 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0,001$ )  
 $N_{pl,Rd} = 3537,6 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0,001$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Nachweis  $M_{Rd}$

$M_{c,Rd} = 498,9 \text{ kN-m/m}$   
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,852$   
 Knicklänge = 19,46 m  
 $N_{cr} = 2611,0 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0,002 \leq 0,04$   
 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0,852$

Pos. 1.5

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el.-el.)  
 Bemessungssituation: max M,gq  
 $M_{Ed} = 291,3 \text{ kN-m/m}$   
 $V_{Ed} = 0,5 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} = -3,5 \text{ kN/m}$  (Druck)  
 Profil: AZ 18-700(1/1) Stahlgüte: S 240 GP  
 Wasserdruckdifferenz = 2,66 m  
 $b = 700,0 \text{ mm} / b_f = 352,8 \text{ mm}$   
 $t_f = 7,0 \text{ mm} / t_w = 7,0 \text{ mm} / A = 113,5 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 $h = 418,0 \text{ mm} / \alpha = 51,2^\circ$   
 $W_{el} = 1489,40 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 31278,1 \text{ cm}^4/\text{m}$

$\gamma_{M0} = 1,00 / \gamma_{M1} = 1,00$   
 $\varepsilon = 0,990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 50,9$   
 Querschnittsklasse: 3  
 $f_{y,red} = 240,0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{c,Rd} = 357,5 \text{ kN-m/m}$   
 $V_{pl,Rd} = 569,5 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0,001$ )  
 $N_{pl,Rd} = 2724,0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0,001$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Nachweis  $M_{Rd}$

$M_{c,Rd} = 357,5 \text{ kN-m/m}$   
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,815$   
 Schubbeulnachweis  
 $V_{b,Rd} = 537,3 \text{ kN/m} \rightarrow \mu = 0,001$   
 Knicklänge = 17,68 m  
 $N_{cr} = 2073,9 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0,002 \leq 0,04$   
 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0,815$

Pos. 1.6 + Pos. 1.7  $\rightarrow$  siehe Hauptstatik!

# Statische Berechnung

Pos. 2.0 N1

*Bau-km 2+075 bis 2+130*

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

**Pos. 2.0 N1**

**Spundwand (Bau-km 2+075 bis 2+130)**

**Vorbemerkungen:**

Abweichend von der Hauptstatik soll bei der Pos. 2.0 (Bau-km 2+075 bis 2+130) auf eine Rückverankerung verzichtet werden.

Alternativ wird daher der Standsicherheitsnachweis als frei auskragende Spundwand mit entsprechend größeren Profilen, Einbindetiefen und Kopfverformungen im Katastrophenlastfall (Sunk + Baumwurf) geführt.

Zudem werden die Standsicherheitsnachweise als außergewöhnliche Bemessungssituation (BS-A) eingestuft.

Aus der Hauptstatik ist ersichtlich, dass für die Bemessung der Spundwand der Lastfall „Sunk + Baumwurf“ maßgebend ist. Aus diesem Grunde wird bezüglich der anderen Lastfälle auf die Hauptstatik verwiesen.

Die Mindestabsetztiefe auf +17,50mNN ist in jedem Falle einzuhalten!

Hierbei werden folgende Kratertiefen am an der Spundwand untersucht:

Pos. 1.1\_N1 – Kratergrube bei +18,50mNN

Pos. 1.2\_N1 – Kratergrube bei +19,00mNN

Pos. 1.3\_N1 – Kratergrube bei +19,50mNN

Pos. 1.4\_N1 – Kratergrube bei +20,00mNN

Pos. 1.5\_N1 – Kratergrube bei +20,50mNN

Pos. 1.6\_N1 – Kratergrube bei +21,00mNN

Pos. 1.7\_N1 – Kratergrube bei +22,00mNN



Die Berechnungsergebnisse werden tabellarisch zusammengefasst.





**Pos. 2.0 N1- Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse für den Abschnitt: 2+075 bis 2+130**

| Position | Geländehöhe<br>wasserseitig der<br>HWS-Wand (mNN) | Spundwand  |          |                   |             |             |              | Berechnungsergebnisse      |                                                         |
|----------|---------------------------------------------------|------------|----------|-------------------|-------------|-------------|--------------|----------------------------|---------------------------------------------------------|
|          |                                                   | Profil     | Material | Gewicht<br>[kg/m] | OK<br>[mNN] | UK<br>(mNN) | Länge<br>[m] | Spannungsausnutzung<br>[%] | Kopfverformungen [mm]<br>Lastfall "Sunk" + Wurzelkrater |
| 2.1_N1   | 18,50                                             | AZ 46-700N | S240 GP  | 225,3             | 23,50       | 7,02        | 16,48        | 82,6                       | 224                                                     |
| 2.2_N1   | 19,00                                             | AZ 36-700N | S240 GP  | 169,5             | 23,50       | 8,17        | 15,33        | 81,9                       | 192                                                     |
| 2.3_N1   | 19,50                                             | AZ 24-700  | S240 GP  | 136,7             | 23,50       | 9,28        | 14,22        | 91,2                       | 199                                                     |
| 2.4_N1   | 20,00                                             | AZ 18-700  | S240 GP  | 109,3             | 23,50       | 10,49       | 13,01        | 87,8                       | 175                                                     |
| 2.5_N1   | 20,50                                             | AZ 12-700  | S240 GP  | 96,7              | 23,50       | 11,84       | 11,66        | 85,6                       | 184                                                     |
| 2.6_N1   | 21,00                                             | AZ 12-700  | S240 GP  | 96,7              | 23,50       | 17,50       | 6,00         | 15,1                       | 10                                                      |
| 2.7_N1   | 22,00                                             | AZ 12-700  | S240 GP  | 96,7              | 23,50       | 17,50       | 6,00         | 4                          | 1                                                       |

Der Spundwandquerschnitt konnte nur für eine Abrostung von 0,7 mm je Seite rechnerisch nachgewiesen werden.  
Dies entspricht in etwa einem Zeitraum von 70 Jahren.  
Soll der Querschnitt analog zu den anderen Spundwandprofilen für einen Zeitraum von 100 Jahren ausgelegt werden,  
ist die Stahlgüte auf S 270 GP zu erhöhen!

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

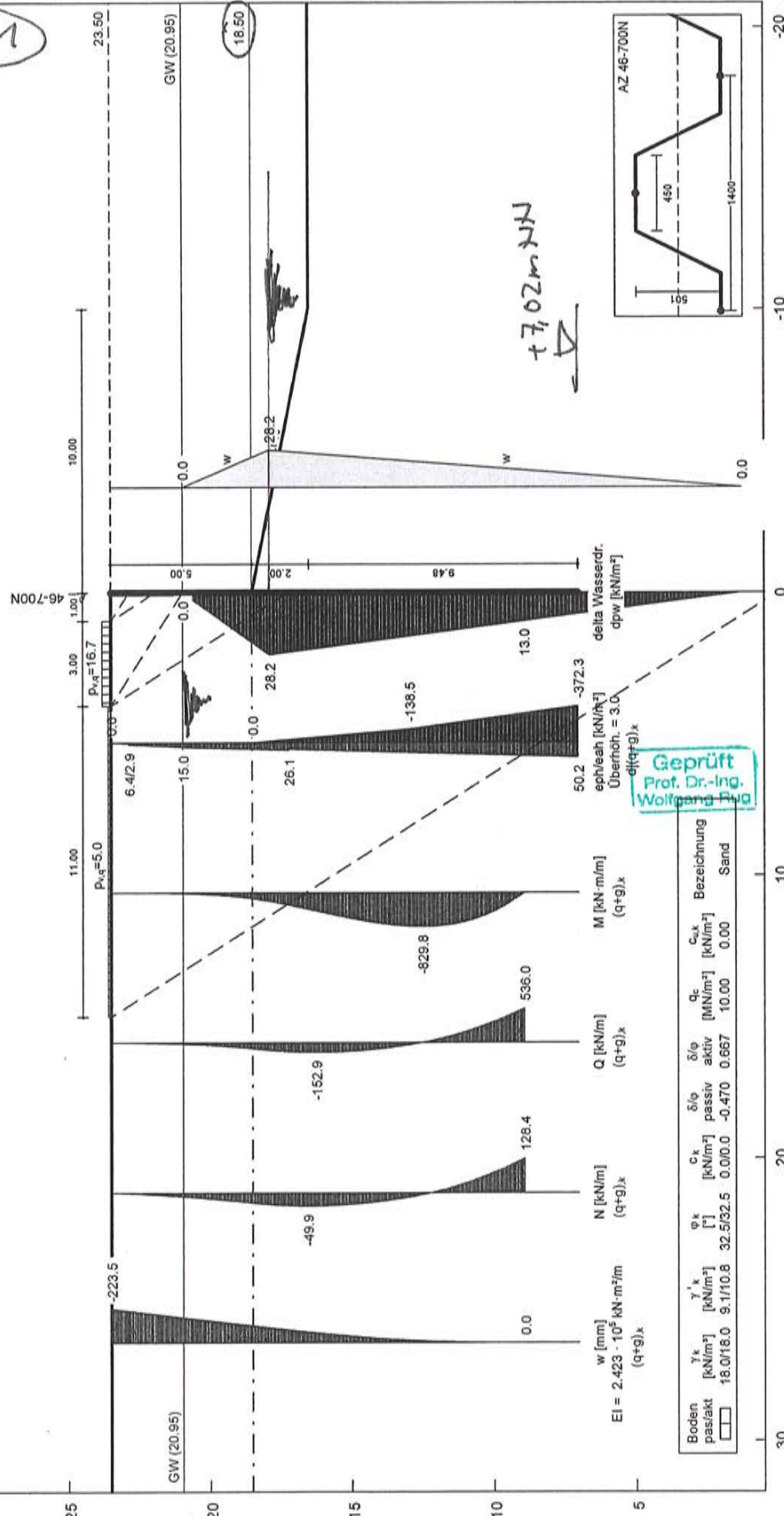
Pos. 2.1-N1

Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 18,3 mNN)  
 Norm: EC 7  
 Spundwand  
 AZ 46-700N  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Erf. Profillänge = 18.48 m  
 BS: DIN 1054: BS-A

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el-el.)  
 Bemessungssituation: max M,qg  
 M<sub>Ed</sub> = 912.8 kN·m/m  
 V<sub>Ed</sub> = 0.0 kN/m  
 N<sub>Ed</sub> = -8.4 kN/m (Druck)  
 Profil: AZ 46-700N Stahlgüte: S 240 GP  
 Wasserdruckdifferenz = 2.82 m  
 b = 700.0 mm / b<sub>f</sub> = 449.5 mm  
 t<sub>f</sub> = 20.0 mm / t<sub>w</sub> = 16.0 mm / A = 287.0 cm<sup>2</sup>/m  
 h = 501.0 mm / α = 63.2°  
 W<sub>pl</sub> = 4605.0 cm<sup>3</sup>/m / I = 115370.0 cm<sup>4</sup>/m

γ<sub>m0</sub> = 1.00 / γ<sub>m1</sub> = 1.00  
 z = 0.990 → b<sub>f</sub> / t<sub>f</sub> = 22.7  
 Querschnittsklasse: 2  
 t<sub>f,red</sub> = 240.0 N/mm<sup>2</sup>  
 M<sub>Ed</sub> = 1105.2 kN·m/m  
 V<sub>Ed</sub> = 1523.4 kN/m (μ = 0.000)  
 N<sub>Ed</sub> = 6888.0 kN/m (μ = 0.001)  
 Querkraft-Interaktion  
 V<sub>Ed</sub> ≤ 0.5 · V<sub>pl,Ed</sub> → keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Nachweis M<sub>Ed</sub>

M<sub>Ed</sub> = 1105.2 kN·m/m  
 μ = M<sub>Ed</sub> / M<sub>pl,Ed</sub> = 0.826  
 Knickelänge = 23.07 m  
 N<sub>Ed</sub> = 4492.8 kN/m  
 N<sub>Ed</sub> / N<sub>pl</sub> = 0.002 ≤ 0.04  
 → Kein Knicknachweis  
 max μ = 0.826



Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Hög

wichten + Wasserdurchsatz wie Pos. 1.1-N1

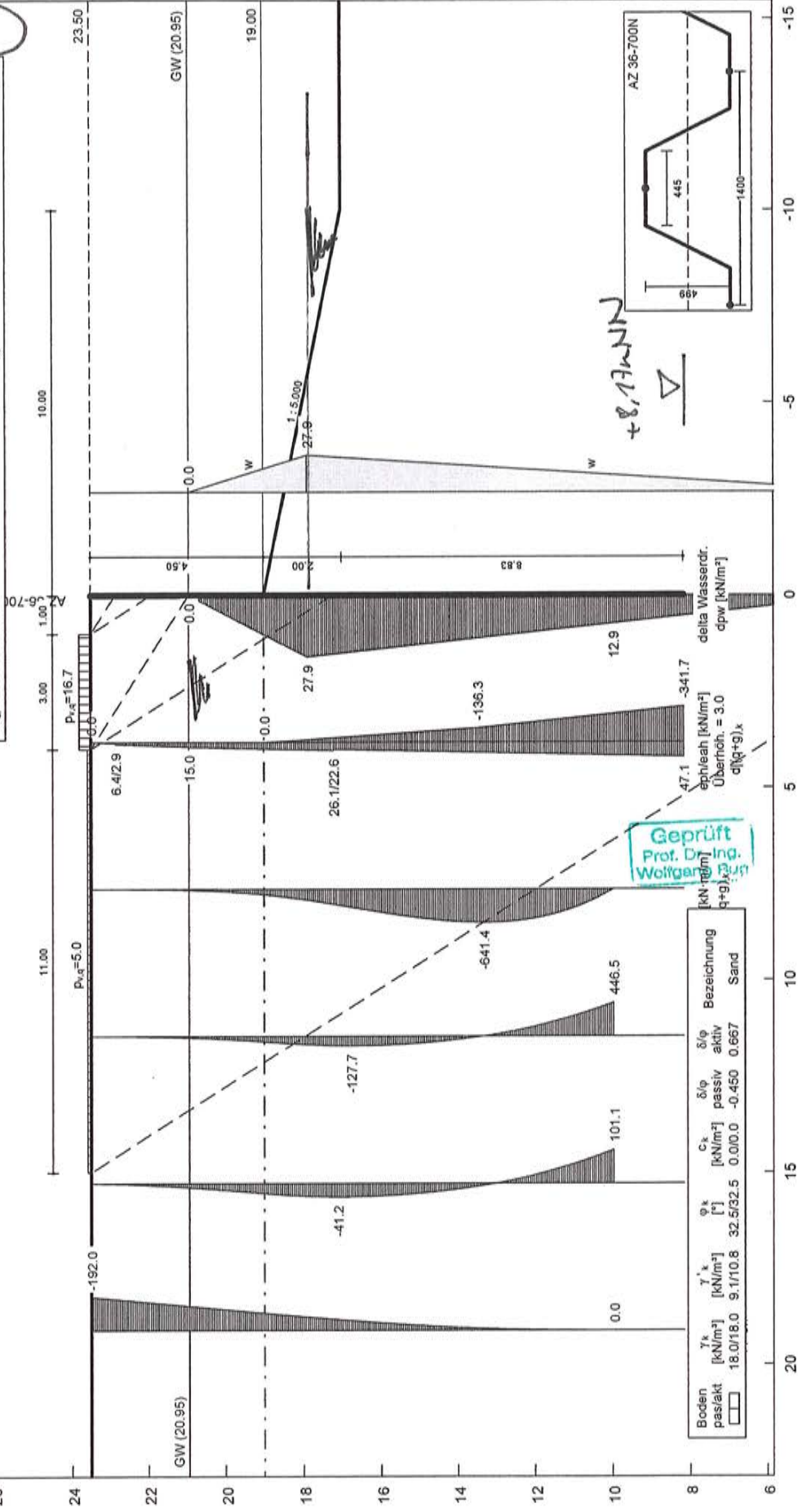


Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 19,00mNN)  
 Norm: EC 7  
 Spundwand  
 AZ 36-700N  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Erf. Profillänge = 15,33 m  
 Erf. Einbindeliefe = 10,83 m  
 BS: DIN 1054: BS-A

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el-el.)  
 Bemessungssituation: max M<sub>gq</sub>  
 M<sub>Ed</sub> = 705,5 kN·m/m  
 N<sub>Ed</sub> = 0,2 kN/m  
 V<sub>Ed</sub> = -7,2 kN/m (Druck)  
 Profil: AZ 36-700N, Stahlgüte: S 240 GP  
 Wasserdruckdifferenz = 2,79 m  
 b = 700,0 mm / b<sub>f</sub> = 444,8 mm  
 t<sub>f</sub> = 15,0 mm / t<sub>w</sub> = 11,2 mm / A = 216,0 cm<sup>2</sup>/m  
 h = 495,0 mm / α = 63,2°  
 W<sub>Ed</sub> = 3590,0 cm<sup>3</sup>/m / I = 89610,0 cm<sup>4</sup>/m

γ<sub>wp</sub> = 1,00 / γ<sub>wt</sub> = 1,00  
 ε = 0,990 → b<sub>f</sub> / t<sub>f</sub> ≤ 30,0  
 Querschnittsklasse: 2  
 γ<sub>red</sub> = 240,0 N/mm<sup>2</sup>  
 M<sub>Ed</sub> = 861,6 kN·m/m  
 V<sub>Ed</sub> = 1073,0 kN/m (μ = 0,000)  
 N<sub>Ed</sub> = 5184,0 kN/m (μ = 0,001)  
 Querkraft-Interaktion  
 V<sub>Ed</sub> ≤ 0,5 · V<sub>Ed</sub> → keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Nachweis M<sub>Ed</sub>

Pos. 2.2-N1



Geprüft  
 Prof. Dr. Ing.  
 Wolfgang Bui

| Boden    | γ <sub>k</sub> | γ <sub>'</sub> | φ <sub>k</sub> | c <sub>k</sub> | δ/φ    | Bezeichnung |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|-------------|
| passiert | 18,0/18,0      | 9,1/10,8       | 32,5/32,5      | 0,010,0        | -0,450 | aktiv       |
| Sand     |                |                |                |                | 0,667  | passiv      |

Wichten + Wasserdurchsätze wie Pos. 1.2-N1

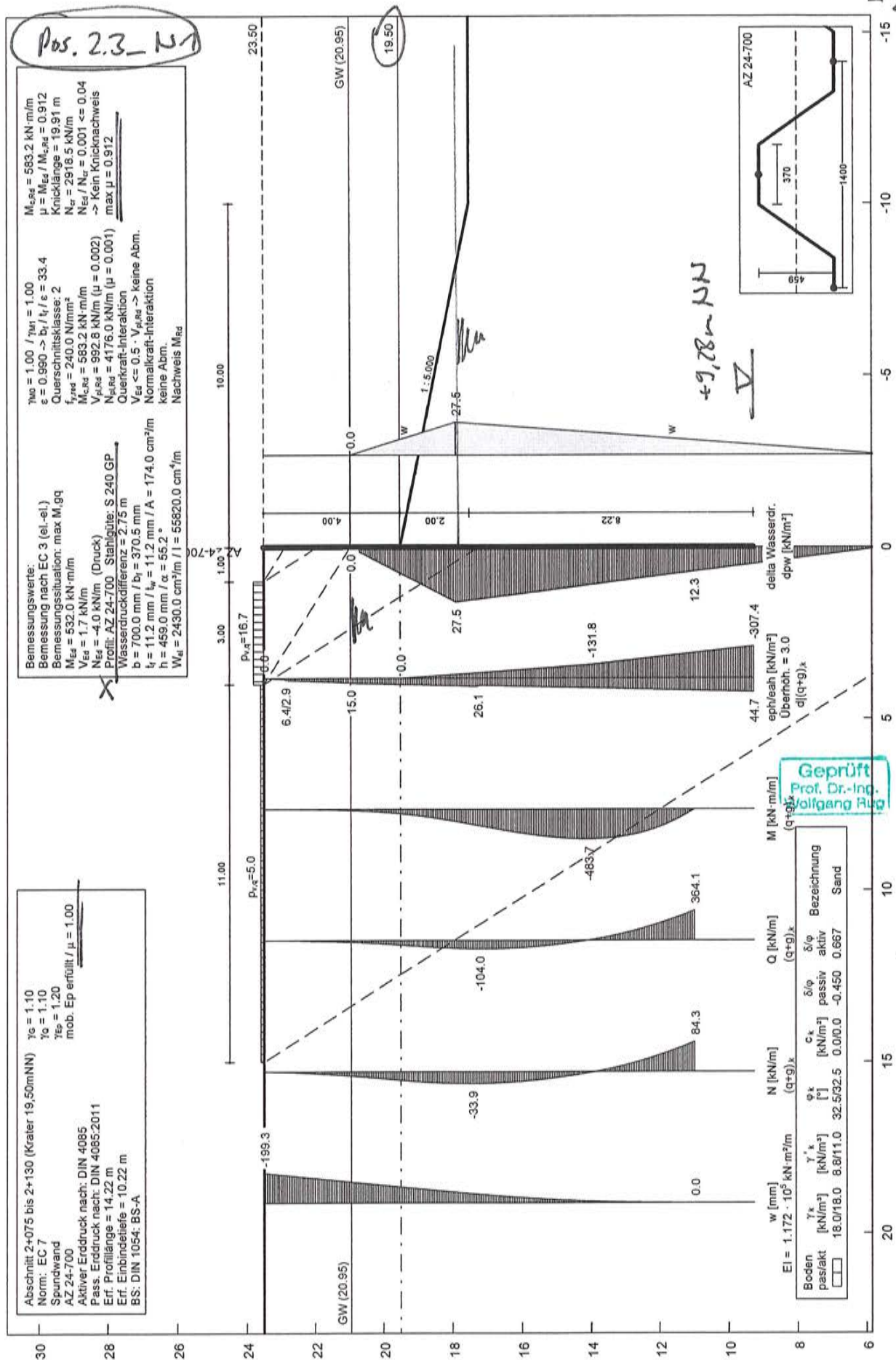
Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 19,50mNN)  
 Norm. EG 7  
 Spundwand  
 AZ 24-700  
 Aktiver Erdruck nach: DIN 4085  
 Pass. Erdruck nach: DIN 4085:2011  
 Erf. Profillänge = 14,22 m  
 Erf. Einbindeliefe = 10,22 m  
 BS: DIN 1054: BS-A

$\gamma_s = 1,10$   
 $\gamma_{sp} = 1,10$   
 $\gamma_{sp} = 1,20$   
 mob. Ep erfüllt /  $\mu = 1,00$

Bemessungswerte:  
Bemessung nach EC 3 (el.-el.)  
Bemessungssituation: max M<sub>1,q</sub>  
M<sub>Ed</sub> = 532,0 kN·m/m  
V<sub>Ed</sub> = 1,7 kN/m

$M_{c, Rd} = 583.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $\mu = M_{Ed} / M_{c, Rd} = 0.912$   
 Knicklänge = 19.91 m  
 $N_{cr} = 2918.5 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.001 < 0.04$   
 -> Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0.912$

$\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.00$   
 $\epsilon = 0.990 \rightarrow b_1 / t_f / e = 33.4$   
 Querschnittsklasse: 2  
 $f_{yk} = 240.0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{Ed} = 583.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $V_{Ed} = 992.8 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.002$ )  
 $N_{Ed} = 4176.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.001$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} < 0.5 \cdot V_{Rd} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Nachweis M1a



Wicht. & Wasserdurchm. auf 7 in Pos. 1.3\_M



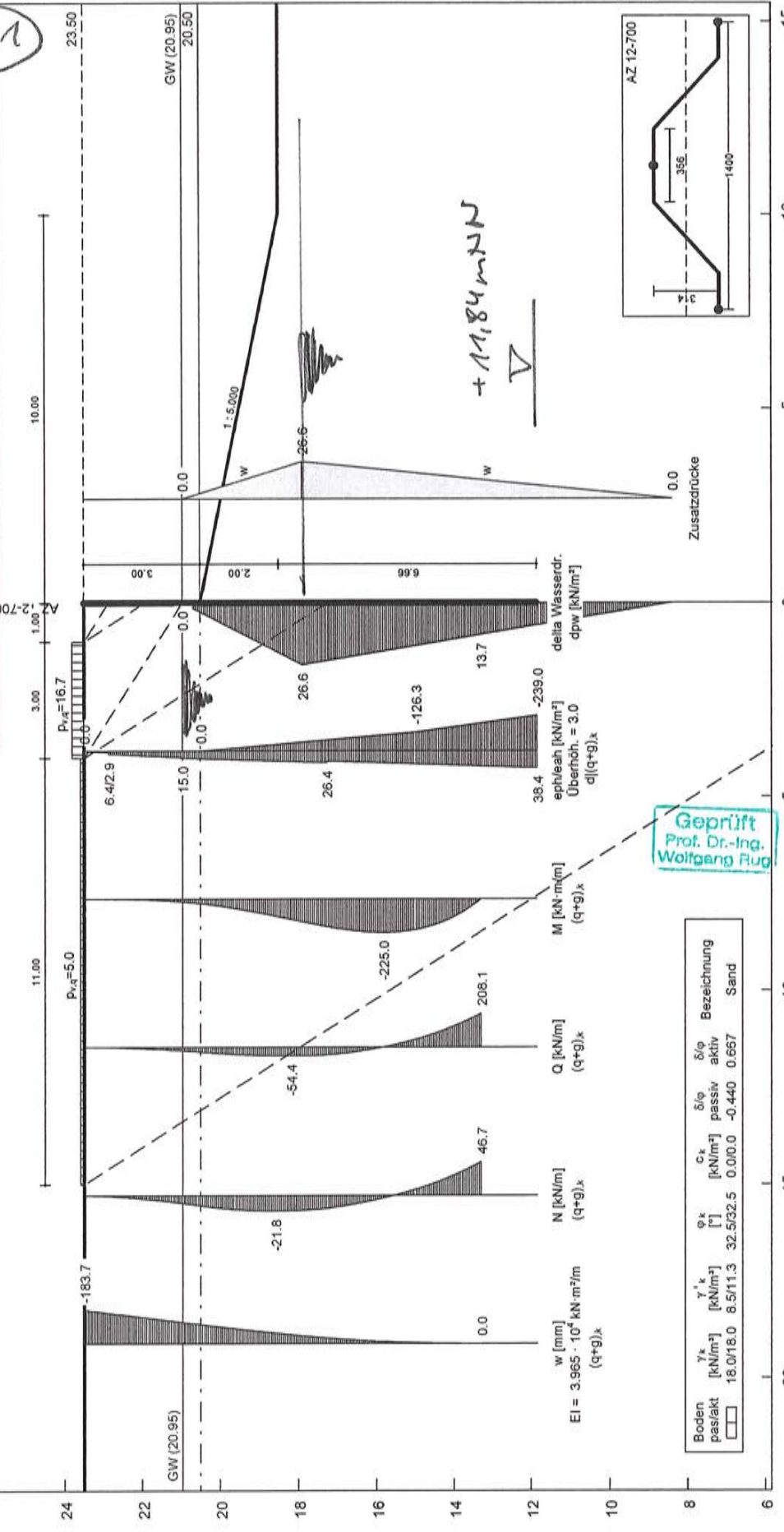


Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 20,50mNN)  
 Norm: EC 7  
 Spundwand  
 AZ 12-700  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Erf. Profilänge = 11,66 m  
 Erf. Einbindetiefe = 8,66 m  
 BS: DIN 1054; BS-A

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el-el.)  
 Bemessungssituation: max M,qg  
 $M_{Ed} = 247,5 \text{ kN/m}$   
 $V_{Ed} = 0,3 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} = -4,2 \text{ kN/m}$  (Druck)  
 Profil: AZ 12-700 Stahlquerschnitt: S 240 GP  
 Wasserdrukdifferenz = 2,66 m  
 $b = 700,0 \text{ mm}$  /  $b_f = 356,4 \text{ mm}$   
 $t_f = 8,5 \text{ mm}$  /  $t_w = 8,5 \text{ mm}$  /  $A = 123,0 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 $h = 314,0 \text{ mm}$  /  $\alpha = 42,8^\circ$   
 $W_{pl,y} = 1205,0 \text{ cm}^3/\text{m}$  /  $I = 18880,0 \text{ cm}^4/\text{m}$

$\gamma_{m0} = 1,00$  /  $\gamma_{m1} = 1,00$   
 $\epsilon = 0,990 \rightarrow b_f / t_f / \epsilon = 42,4$   
 Querschnittsklasse: 2  
 $f_{y,Ed} = 240,0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{pl,Ed} = 289,2 \text{ kN/m}$   
 $V_{pl,Ed} = 514,0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0,001$ )  
 $N_{pl,Ed} = 2952,0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0,001$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{pl,Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Ed} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Nachweis  $M_{Ed}$

Pos. 2.5-N1



Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rug

Werten + Wasserdruksatz  $\rightarrow$  wie Pos. 1.5-N1

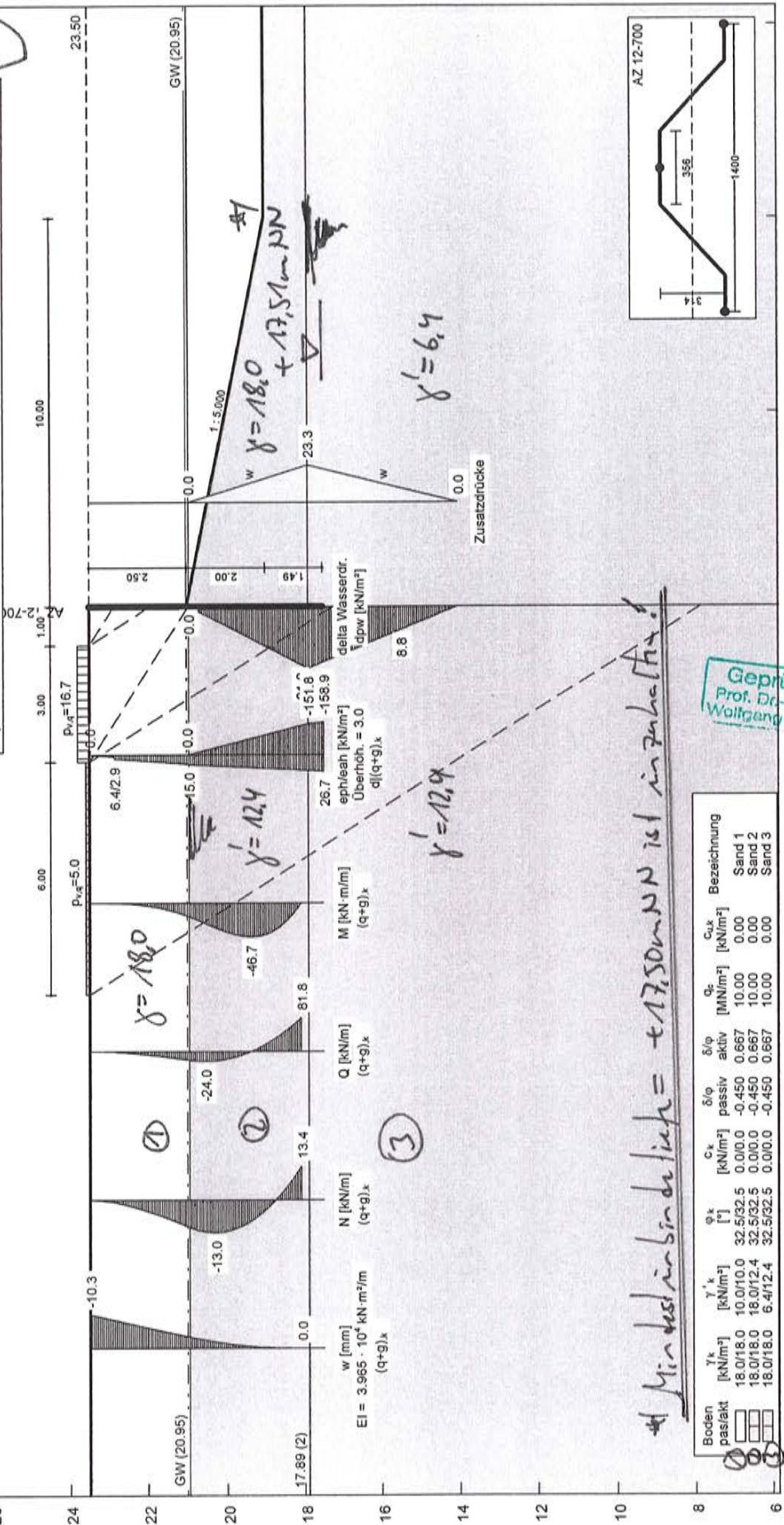
205-

Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 21,00mNN)  
 Norm: EC 7  
 Spundwand  
 AZ 12-700  
 $\gamma_g = 1.10$   
 $\gamma_{sp} = 1.20$   
 $\mu$  (Hydr. Grundbruch) = 0.00  
 mob. Ep erfüllt /  $\mu = 0.87$   
 $\mu$  (Vert. Tragfähigkeit) = 0.21  
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085  
 Akt. Erddruck nach: DIN 4085/2011  
 Erf. Profillänge = 5.99 m  
 Erf. Einbindetiefe = 3.49 m  
 BS: DIN 1054; BS-A

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)  
 Bemessungssituation: max M<sub>1,q</sub>  
 M<sub>Ed</sub> = 51.3 kN·m/m  
 V<sub>Ed</sub> = 0.5 kN/m  
 N<sub>Ed</sub> = -9.3 kN/m (Druck)  
 Profil: AZ 12-700 Stahlgüte: S 240 GP  
 Wasserdruckdifferenz = 2.33 m  
 b = 700.0 mm / b<sub>y</sub> = 356.4 mm  
 t<sub>y</sub> = 8.5 mm / t<sub>w</sub> = 8.5 mm / A = 123.0 cm<sup>2</sup>/m  
 h = 314.0 mm /  $\alpha = 42.8^\circ$   
 W<sub>pl,y</sub> = 1415.0 cm<sup>3</sup>/m / I = 18880.0 cm<sup>4</sup>/m

M<sub>Ed</sub> = 339.6 kN·m/m  
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Ed} = 0.151$   
 Knickeklänge = 8.39 m  
 N<sub>Ed</sub> = 5559.0 kN/m  
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.002 \leq 0.04$   
 → Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0.151$

$\gamma_{w,Ed} = 1.00$  /  $\gamma_{w,1} = 1.00$   
 $\epsilon = 0.990 \rightarrow b_y / t_y = 42.4$   
 Querschnittsklasse: 2  
 $f_{y,Ed} = 240.0$  N/mm<sup>2</sup>  
 M<sub>c,Ed</sub> = 339.6 kN·m/m  
 V<sub>c,Ed</sub> = 514.0 kN/m ( $\mu = 0.001$ )  
 N<sub>c,Ed</sub> = 2952.0 kN/m ( $\mu = 0.003$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{c,Ed} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Nachweis M<sub>Ed</sub>



| Boden | $\gamma_k$ | $\gamma'_{k1}$ | $\gamma'_{k2}$ | $\phi_k$ | $c_k$   | $\delta/q$ passiv | $\delta/q$ aktiv | $q_k$ | $c_{u,k}$ | Bezeichnung |
|-------|------------|----------------|----------------|----------|---------|-------------------|------------------|-------|-----------|-------------|
| 1     | 18.0/18.0  | 10.0/10.0      | 32.5/32.5      | 0.0/0.0  | 0.0/0.0 | -0.450            | 0.667            | 10.00 | 0.00      | Sand 1      |
| 2     | 18.0/18.0  | 18.0/12.4      | 32.5/32.5      | 0.0/0.0  | 0.0/0.0 | -0.450            | 0.667            | 10.00 | 0.00      | Sand 2      |
| 3     | 18.0/18.0  | 6.4/12.4       | 32.5/32.5      | 0.0/0.0  | 0.0/0.0 | -0.450            | 0.667            | 10.00 | 0.00      | Sand 3      |

Mindesteinbindetiefe = +17,50mNN ist anzuhalten!

Wichten + Wassen durch  $\gamma_w \approx \beta$  Hauptstatik

→ vgl. Hauptstatik S. 64

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rup







AbrostungsmechanischeZeitraum: 100 JahreAbrostungsrate: 0,01 mm/Jahr pro Seite } 1,0 mm  
je SeitePos. 2.1-N1

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bemessungswerte:<br>Bemessung nach EC 3 (el.-el.)<br>Bemessungssituation: max M,gq<br>$M_{Ed} = 912,8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$V_{Ed} = 0,0 \text{ kN/m}$<br>$N_{Ed} = -5,7 \text{ kN/m}$ (Druck)<br>Profil: AZ 46-700N(1/1) Stahlgüte: S 240 GP<br>Wasserdruckdifferenz = 2,82 m<br>$b = 700,0 \text{ mm}$ / $b_f = 449,5 \text{ mm}$<br>$t_f = 18,0 \text{ mm}$ / $t_w = 14,0 \text{ mm}$ / $A = 258,1 \text{ cm}^2/\text{m}$<br>$h = 499,0 \text{ mm}$ / $\alpha = 63,2^\circ$<br>$W_{pl} = 4174,7 \text{ cm}^3/\text{m}$ / $I = 104575,7 \text{ cm}^4/\text{m}$ | $\gamma_{M0} = 1,00$ / $\gamma_{M1} = 1,00$<br>$\varepsilon = 0,990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 25,2$<br>Querschnittsklasse: 2<br>$f_{y,red} = 240,0 \text{ N/mm}^2$<br>$M_{c,Rd} = 1001,9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$V_{pl,Rd} = 1333,0 \text{ kN/m}$ ( $\mu = 0,000$ )<br>$N_{pl,Rd} = 6194,4 \text{ kN/m}$ ( $\mu = 0,001$ )<br>Querkraft-Interaktion<br>$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.<br>Normalkraft-Interaktion<br>keine Abm.<br>Nachweis $M_{Rd}$ | $M_{c,Rd} = 1001,9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,911$<br>Knicklänge = 23,07 m<br>$N_{cr} = 4072,4 \text{ kN/m}$<br>$N_{Ed} / N_{cr} = 0,001 \leq 0,04$<br>$\rightarrow$ Kein Knicknachweis<br>max $\mu = 0,911$ |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Pos. 2.2-N1

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bemessungswerte:<br>Bemessung nach EC 3 (el.-el.)<br>Bemessungssituation: max M,gq<br>$M_{Ed} = 705,7 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$V_{Ed} = 0,2 \text{ kN/m}$<br>$N_{Ed} = -4,7 \text{ kN/m}$ (Druck)<br>Profil: AZ 36-700N(1/1) Stahlgüte: S 240 GP<br>Wasserdruckdifferenz = 2,79 m<br>$b = 700,0 \text{ mm}$ / $b_f = 444,8 \text{ mm}$<br>$t_f = 13,0 \text{ mm}$ / $t_w = 9,2 \text{ mm}$ / $A = 187,3 \text{ cm}^2/\text{m}$<br>$h = 497,0 \text{ mm}$ / $\alpha = 63,2^\circ$<br>$W_{pl} = 3160,2 \text{ cm}^3/\text{m}$ / $I = 78846,7 \text{ cm}^4/\text{m}$ | $\gamma_{M0} = 1,00$ / $\gamma_{M1} = 1,00$<br>$\varepsilon = 0,990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 34,6$<br>Querschnittsklasse: 2<br>$f_{y,red} = 240,0 \text{ N/mm}^2$<br>$M_{c,Rd} = 758,4 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$V_{pl,Rd} = 881,4 \text{ kN/m}$ ( $\mu = 0,000$ )<br>$N_{pl,Rd} = 4495,2 \text{ kN/m}$ ( $\mu = 0,001$ )<br>Querkraft-Interaktion<br>$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.<br>Normalkraft-Interaktion<br>keine Abm.<br>Nachweis $M_{Rd}$ | $M_{c,Rd} = 758,4 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,931$<br>Knicklänge = 21,47 m<br>$N_{cr} = 3545,2 \text{ kN/m}$<br>$N_{Ed} / N_{cr} = 0,001 \leq 0,04$<br>$\rightarrow$ Kein Knicknachweis<br>max $\mu = 0,931$ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Pos. 2.3-N1

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bemessungswerte:<br>Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)<br>Bemessungssituation: max M,gq<br>$M_{Ed} = 532,0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$V_{Ed} = 1,7 \text{ kN/m}$<br>$N_{Ed} = -1,8 \text{ kN/m}$ (Druck)<br>Profil: AZ 24-700(1/1) Stahlgüte: S 240 GP<br>Wasserdruckdifferenz = 2,75 m<br>$b = 700,0 \text{ mm}$ / $b_f = 370,5 \text{ mm}$<br>$t_f = 9,2 \text{ mm}$ / $t_w = 9,2 \text{ mm}$ / $A = 147,4 \text{ cm}^2/\text{m}$<br>$h = 457,0 \text{ mm}$ / $\alpha = 55,2^\circ$<br>$W_{pl} = 2446,7 \text{ cm}^3/\text{m}$ / $I = 47706,6 \text{ cm}^4/\text{m}$ | $\gamma_{M0} = 1,00$ / $\gamma_{M1} = 1,00$<br>$\varepsilon = 0,990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 40,7$<br>Querschnittsklasse: 2<br>$f_{y,red} = 240,0 \text{ N/mm}^2$<br>$M_{c,Rd} = 587,2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$V_{pl,Rd} = 815,5 \text{ kN/m}$ ( $\mu = 0,002$ )<br>$N_{pl,Rd} = 3537,6 \text{ kN/m}$ ( $\mu = 0,001$ )<br>Querkraft-Interaktion<br>$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.<br>Normalkraft-Interaktion<br>keine Abm.<br>Nachweis $M_{Rd}$ | $M_{c,Rd} = 587,2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,906$<br>Knicklänge = 19,91 m<br>$N_{cr} = 2494,3 \text{ kN/m}$<br>$N_{Ed} / N_{cr} = 0,001 \leq 0,04$<br>$\rightarrow$ Kein Knicknachweis<br>max $\mu = 0,906$ |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang RügPos. 2.4-N1

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bemessungswerte:<br>Bemessung nach EC 3 (el.-el.)<br>Bemessungssituation: max M,gq<br>$M_{Ed} = 379,4 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$V_{Ed} = 0,1 \text{ kN/m}$<br>$N_{Ed} = -2,8 \text{ kN/m}$ (Druck)<br>Profil: AZ 18-700(0,7/0,7) Stahlgüte: S 240 GP<br>Wasserdruckdifferenz = 2,72 m<br>$b = 700,0 \text{ mm}$ / $b_f = 352,8 \text{ mm}$<br>$t_f = 7,6 \text{ mm}$ / $t_w = 7,6 \text{ mm}$ / $A = 121,2 \text{ cm}^2/\text{m}$<br>$h = 418,6 \text{ mm}$ / $\alpha = 51,2^\circ$<br>$W_{pl} = 1582,60 \text{ cm}^3/\text{m}$ / $I = 33234,6 \text{ cm}^4/\text{m}$ | $\gamma_{M0} = 1,00$ / $\gamma_{M1} = 1,00$<br>$\varepsilon = 0,990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 46,9$<br>Querschnittsklasse: 3<br>$f_{y,red} = 240,0 \text{ N/mm}^2$<br>$M_{c,Rd} = 379,8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$V_{pl,Rd} = 618,3 \text{ kN/m}$ ( $\mu = 0,000$ )<br>$N_{pl,Rd} = 2908,8 \text{ kN/m}$ ( $\mu = 0,001$ )<br>Querkraft-Interaktion<br>$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.<br>Normalkraft-Interaktion<br>keine Abm.<br>Nachweis $M_{Rd}$ | $M_{c,Rd} = 379,8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,999$<br>Knicklänge = 18,22 m<br>$N_{cr} = 2075,0 \text{ kN/m}$<br>$N_{Ed} / N_{cr} = 0,001 \leq 0,04$<br>$\rightarrow$ Kein Knicknachweis<br>max $\mu = 0,999$ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Der Spundwandquerschnitt konnte nur für eine Abrostung von 0,7 mm je Seite rechnerisch nachgewiesen werden.  
Dies entspricht in etwa einem Zeitraum von 70 Jahren.  
Soll der Querschnitt analog zu den anderen Spundwandprofilen für einen Zeitraum von 100 Jahren ausgelegt werden,  
ist die Stahlgüte auf S 270 GP zu erhöhen! Siehe nachfolgender Nachweis:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bemessungswerte:<br>Bemessung nach EC 3 (el.-el.)<br>Bemessungssituation: max M,gq<br>$M_{Ed} = 379,4 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$V_{Ed} = 0,1 \text{ kN/m}$<br>$N_{Ed} = -2,8 \text{ kN/m}$ (Druck)<br>Profil: AZ 18-700(1/1) Stahlgüte: S 270 GP<br>Wasserdruckdifferenz = 2,72 m<br>$b = 700,0 \text{ mm}$ / $b_f = 352,8 \text{ mm}$<br>$t_f = 7,0 \text{ mm}$ / $t_w = 7,0 \text{ mm}$ / $A = 113,5 \text{ cm}^2/\text{m}$<br>$h = 418,0 \text{ mm}$ / $\alpha = 51,2^\circ$<br>$W_{pl} = 1489,40 \text{ cm}^3/\text{m}$ / $I = 31278,1 \text{ cm}^4/\text{m}$ | $\gamma_{M0} = 1,00$ / $\gamma_{M1} = 1,00$<br>$\varepsilon = 0,930 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 54,2$<br>Querschnittsklasse: 3<br>$f_{y,red} = 270,0 \text{ N/mm}^2$<br>$M_{c,Rd} = 402,1 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$V_{pl,Rd} = 640,7 \text{ kN/m}$ ( $\mu = 0,000$ )<br>$N_{pl,Rd} = 3064,5 \text{ kN/m}$ ( $\mu = 0,001$ )<br>Querkraft-Interaktion<br>$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.<br>Normalkraft-Interaktion<br>keine Abm.<br>Nachweis $M_{Rd}$ | $M_{c,Rd} = 402,1 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$<br>$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,943$<br>Schubbeulnachweis<br>$V_{b,Rd} = 569,9 \text{ kN/m}$ ( $\mu = 0,000$ )<br>Knicklänge = 18,22 m<br>$N_{cr} = 1952,8 \text{ kN/m}$<br>$N_{Ed} / N_{cr} = 0,001 \leq 0,04$<br>$\rightarrow$ Kein Knicknachweis<br>max $\mu = 0,943$ |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Pos. 2.5-N1

|                                                                                 |                                                                  |                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Bemessungswerte:                                                                | $\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.00$                        | $M_{e,Rd} = 283.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ |
| Bemessung nach EC 3 (el.-el.)                                                   | $\varepsilon = 0.930 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 54.0$ | $\mu = M_{e,d} / M_{e,Rd} = 0.875$           |
| Bemessungssituation: max $M_{i,gq}$                                             | Querschnittsklasse: 3                                            | Knicklänge = 16.33 m                         |
| $M_{e,d} = 247.5 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$                                     | $f_{y,red} = 270.0 \text{ N/mm}^2$                               | $N_{e,r} = 1279.0 \text{ kN/m}$              |
| $V_{e,d} = 0.3 \text{ kN/m}$                                                    | $M_{e,Rd} = 283.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$                     | $N_{e,d} / N_{e,r} = 0.002 \leq 0.04$        |
| $N_{e,d} = -3.1 \text{ kN/m}$ (Druck)                                           | $V_{pl,Rd} = 483.0 \text{ kN/m}$ ( $\mu = 0.001$ )               | $\rightarrow$ Kein Knicknachweis             |
| Profil: AZ 12-700(0.7/0.7) Stahlgüte: S 270 GP                                  | $N_{pl,Rd} = 2878.2 \text{ kN/m}$ ( $\mu = 0.001$ )              | <u>max <math>\mu = 0.875</math></u>          |
| Wasserdruckdifferenz = 2.66 m                                                   | Querkraft-Interaktion                                            |                                              |
| $b = 700.0 \text{ mm} / b_f = 356.4 \text{ mm}$                                 | $V_{e,d} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.        |                                              |
| $t_f = 7.1 \text{ mm} / t_w = 7.1 \text{ mm} / A = 106.6 \text{ cm}^2/\text{m}$ | Normalkraft-Interaktion                                          |                                              |
| $h = 312.6 \text{ mm} / \alpha = 42.8^\circ$                                    | keine Abm.                                                       |                                              |
| $W_{el} = 1048.20 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 16456.3 \text{ cm}^4/\text{m}$    | Nachweis $M_{Rd}$                                                |                                              |

Der Spundwandquerschnitt konnte nur für eine Abrostung von 0,7 mm je Seite rechnerisch nachgewiesen werden. Dies entspricht in etwa einem Zeitraum von 70 Jahren. Soll der Querschnitt analog zu den anderen Spundwandprofilen für einen Zeitraum von 100 Jahren ausgelegt werden, ist die Stahlgüte auf S 270 GP zu erhöhen! Siehe nachfolgender Nachweis:

|                                                                                 |                                                                  |                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Bemessungswerte:                                                                | $\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.00$                        | $M_{e,Rd} = 251.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ |
| Bemessung nach EC 3 (el.-el.)                                                   | $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 50.7$ | $\mu = M_{e,d} / M_{e,Rd} = 0.984$           |
| Bemessungssituation: max $M_{i,gq}$                                             | Querschnittsklasse: 3                                            | Knicklänge = 16.33 m                         |
| $M_{e,d} = 247.5 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$                                     | $f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$                               | $N_{e,r} = 1279.0 \text{ kN/m}$              |
| $V_{e,d} = 0.3 \text{ kN/m}$                                                    | $M_{e,Rd} = 251.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$                     | $N_{e,d} / N_{e,r} = 0.002 \leq 0.04$        |
| $N_{e,d} = -3.1 \text{ kN/m}$ (Druck)                                           | $V_{pl,Rd} = 429.4 \text{ kN/m}$ ( $\mu = 0.001$ )               | $\rightarrow$ Kein Knicknachweis             |
| Profil: AZ 12-700(0.7/0.7) Stahlgüte: S 240 GP                                  | $N_{pl,Rd} = 2558.4 \text{ kN/m}$ ( $\mu = 0.001$ )              | <u>max <math>\mu = 0.984</math></u>          |
| Wasserdruckdifferenz = 2.66 m                                                   | Querkraft-Interaktion                                            |                                              |
| $b = 700.0 \text{ mm} / b_f = 356.4 \text{ mm}$                                 | $V_{e,d} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.        |                                              |
| $t_f = 7.1 \text{ mm} / t_w = 7.1 \text{ mm} / A = 106.6 \text{ cm}^2/\text{m}$ | Normalkraft-Interaktion                                          |                                              |
| $h = 312.6 \text{ mm} / \alpha = 42.8^\circ$                                    | keine Abm.                                                       |                                              |
| $W_{el} = 1048.20 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 16456.3 \text{ cm}^4/\text{m}$    | Nachweis $M_{Rd}$                                                |                                              |

Pos 2.6-N1 + Pos 2.7-N1 → siehe Hauptstatik!

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

# ANLAGEN

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 18,50mNN)

Indices:

d = Bemessungswert  
k = charakteristisch  
g = Ständig, einschließlich Wasserdruck  
q = Veränderlich  
g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck  
w = Wasserdruck

Wandkopf = 24.25 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 18.50 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 20.95 m

Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-A

$\gamma_G = 1.10$

$\gamma_Q = 1.10$

$\gamma_{Ep} = 1.20$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Bermen auf der Aktivseite

| Nr. | x1   | x2    | dh    | a     | x    | y     | Auflast              | Verkehr |
|-----|------|-------|-------|-------|------|-------|----------------------|---------|
| [-] | [m]  | [m]   | [m]   | [m]   | [m]  | [m]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]     |
| 1   | 3.25 | 11.75 | -2.83 | -1.08 | 6.52 | 17.04 | 0.00                 | nein    |

Der Einfluss von Aktivbermen auf den aktiven Erddruck wird gemäß den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" berechnet.

| Bermen | auf  | der    | Passivseite |                      |
|--------|------|--------|-------------|----------------------|
| Nr.    | x1   | x2     | dh          | Auflast              |
| [-]    | [m]  | [m]    | [m]         | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 1      | 0.00 | -10.00 | -2.00       | 0.00                 |

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)               | sig(h)               | x(Luftseite) | x(Erdseite) | Tiefe |
|-----|----------------------|----------------------|--------------|-------------|-------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]          | [m]         | [m]   |
| 1   | 5.00                 | 0.00                 | 0.25         | 3.25        | 24.25 |
| 2   | 33.30                | 0.00                 | 12.00        | 15.00       | 21.40 |

| Nr. | y(oben) | y(mitte) | y(unten) | p(oben)              | p(mitte)             | p(unten)             | Typ            |
|-----|---------|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| [-] | [m]     | [m]      | [m]      | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |                |
| 1   | 24.09   | 23.86    | 19.16    | 1.19                 | 1.19                 | 1.19                 | 0 Verkehrslast |
| 2   | 13.76   | 2.59     | -2.11    | 2.47                 | 2.47                 | 2.47                 | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==> rechteckförmig verteilt

Zusatzdrücke

| Nr. | e(oben)              | e(unten)             | z(oben) | z(unten) | Typ         |
|-----|----------------------|----------------------|---------|----------|-------------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]     | [m]      | [-]         |
| 1   | 0.00                 | 28.20                | 20.95   | 17.89    | Wasserdruck |
| 2   | 28.20                | 0.00                 | 17.89   | 1.29     | Wasserdruck |

Blocklasten nicht umgelagert

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

$E_{ph,d} = 1279.45 \text{ kN/m}$  ( $E_{pv,d} = -349.42 \text{ kN/m}$ )

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $B_{h,d} / E_{ph,d} = 1.000$

$B_{h(g+q),d} = 1279.45 \text{ kN/m}$

$B_{h,g,d} = 1241.82 \text{ kN/m}$

$B_{h,q,d} = 37.62 \text{ kN/m}$

$B_{h,w,d} = 493.42 \text{ kN/m}$

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 560.20 \text{ kN/m}$

$C_{h,g,k} = 543.69 \text{ kN/m}$

$C_{h,q,k} = 16.51 \text{ kN/m}$

$C_{h,w,k} = 223.22 \text{ kN/m}$

Bodenkennwerte

| Schicht | UK    | $\gamma_{s,k}$ | $\gamma'_{s,k}$ | $\varphi_{s,k}$ | $c_{s,k}$  | $d(a)/\varphi$ | $d(p)/\varphi$ | Wasserdruck |
|---------|-------|----------------|-----------------|-----------------|------------|----------------|----------------|-------------|
| pas/akt | [m]   | [kN/m³]        | [kN/m³]         | [°]             | [kN/m²]    | [-]            | [-]            | [-]         |
| 1       | -0.64 | 18.00/18.00    | 9.10/10.80      | 32.50/32.50     | 0.00/ 0.00 | -0.470         |                | 0.667       |

Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{agh}$ | $k_{ach}$ | $\varphi_{s,k}$ | $\delta$ | $\theta$ | $k_{agh}(40^\circ)$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-----------------|----------|----------|---------------------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]             | [°]      | [°]      | [-]                 |
| 1       | -0.64 | 0.251     | 0.866     | 32.500          | 21.68    | 57.46    | 0.179               |

Aktive Erddruckordinaten ( $[g+q],k$ )

mit Zusatzdrücke

| von    | bis    | oben    | unten   | Wasserdruck | Wasserdruck  |
|--------|--------|---------|---------|-------------|--------------|
| [m]    | [m]    | [kN/m²] | [kN/m²] | oben[kN/m²] | unten[kN/m²] |
| 24.250 | 24.091 | 0.000   | 0.718   | 0.00        | 0.00         |
| 24.091 | 23.858 | 1.913   | 2.962   | 0.00        | 0.00         |
| 23.858 | 23.250 | 2.962   | 5.705   | 0.00        | 0.00         |
| 23.250 | 22.250 | 5.705   | 10.216  | 0.00        | 0.00         |
| 22.250 | 21.200 | 10.216  | 14.953  | 0.00        | 0.00         |
| 21.200 | 20.950 | 14.953  | 16.081  | 0.00        | 0.00         |
| 20.950 | 20.200 | 16.081  | 18.111  | 0.00        | 6.91         |
| 20.200 | 19.203 | 18.111  | 20.810  | 6.91        | 16.10        |
| 19.203 | 19.156 | 20.810  | 20.938  | 16.10       | 16.54        |
| 19.156 | 18.818 | 20.938  | 20.658  | 16.54       | 19.65        |
| 18.818 | 18.500 | 20.658  | 21.280  | 19.65       | 22.58        |
| 18.500 | 18.246 | 21.280  | 21.777  | 22.58       | 24.92        |
| 18.246 | 17.890 | 21.777  | 22.473  | 24.92       | 28.20        |
| 17.890 | 17.242 | 22.473  | 23.741  | 28.20       | 27.10        |
| 17.242 | 16.246 | 23.741  | 25.690  | 27.10       | 25.41        |
| 16.246 | 15.250 | 25.690  | 27.640  | 25.41       | 23.71        |
| 15.250 | 14.204 | 27.640  | 29.687  | 23.71       | 21.94        |
| 14.204 | 13.755 | 29.687  | 30.564  | 21.94       | 21.18        |
| 13.755 | 13.221 | 30.564  | 34.083  | 21.18       | 20.27        |
| 13.221 | 12.978 | 34.083  | 34.558  | 20.27       | 19.86        |
| 12.978 | 12.528 | 34.558  | 35.438  | 19.86       | 19.09        |
| 12.528 | 12.229 | 35.438  | 36.024  | 19.09       | 18.58        |
| 12.229 | 11.230 | 36.024  | 37.978  | 18.58       | 16.89        |
| 11.230 | 10.231 | 37.978  | 39.933  | 16.89       | 15.19        |
| 10.231 | 9.232  | 39.933  | 41.887  | 15.19       | 13.49        |
| 9.232  | 8.883  | 41.887  | 42.571  | 13.49       | 12.90        |
| 8.883  | 2.590  | 42.571  | 54.883  | 12.90       | 2.21         |
| 2.590  | 1.776  | 54.883  | 56.475  | 2.21        | 0.83         |
| 1.776  | 1.290  | 56.475  | 57.792  | 0.83        | 0.00         |
| 1.290  | -0.640 | 57.792  | 63.016  | 0.00        | 0.00         |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{pgh}$ | $k_{pch}$ | $\varphi_{s,k}$ | $\delta$ | $\theta$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-----------------|----------|----------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]             | [°]      | [°]      |
| 1       | -0.64 | 5.186     | 5.418     | 32.500          | -15.27   | 19.54    |

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.20

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| von<br>[m] | bis<br>[m] | oben<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | unten<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------------|------------|------------------------------|-------------------------------|
| 18.82      | 18.50      | 0.00                         | 0.00                          |
| 18.50      | 18.25      | 0.00                         | -6.38                         |
| 18.25      | 17.89      | -6.38                        | -15.30                        |
| 17.89      | 17.24      | -15.30                       | -31.54                        |
| 17.24      | 16.25      | -31.54                       | -56.54                        |
| 16.25      | 15.25      | -56.54                       | -81.53                        |
| 15.25      | 14.20      | -81.53                       | -107.77                       |
| 14.20      | 13.76      | -107.77                      | -119.01                       |
| 13.76      | 13.22      | -119.01                      | -132.42                       |
| 13.22      | 12.98      | -132.42                      | -138.51                       |
| 12.98      | 12.53      | -138.51                      | -156.19                       |
| 12.53      | 12.23      | -156.19                      | -167.97                       |
| 12.23      | 11.23      | -167.97                      | -207.25                       |
| 11.23      | 10.23      | -207.25                      | -246.53                       |
| 10.23      | 9.23       | -246.53                      | -285.81                       |
| 9.23       | 8.88       | -285.81                      | -299.56                       |
| 8.88       | 2.59       | -299.56                      | -547.02                       |
| 2.59       | 1.78       | -547.02                      | -579.01                       |
| 1.78       | 1.29       | -579.01                      | -598.14                       |
| 1.29       | -0.64      | -598.14                      | -674.03                       |

## Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | -0.4        | -0.1        | 0.0           |
| 23.86        | -1.3        | -0.7        | -0.1          |
| 23.25        | -4.0        | -3.6        | -1.3          |
| 22.25        | -10.1       | -12.3       | -8.8          |
| 21.20        | -18.7       | -26.9       | -29.0         |
| 20.95        | -21.0       | -31.1       | -36.2         |
| 20.20        | -28.6       | -48.1       | -65.5         |
| 19.20        | -39.7       | -82.1       | -129.3        |
| 19.16        | -40.2       | -84.0       | -133.2        |
| 18.82        | -44.1       | -98.3       | -164.0        |
| 18.50        | -47.9       | -113.0      | -197.5        |
| 18.25        | -50.7       | -124.8      | -227.7        |
| 17.89        | -54.0       | -140.0      | -274.9        |
| 17.24        | -58.1       | -160.9      | -372.9        |
| 16.25        | -59.4       | -172.6      | -541.0        |
| 15.25        | -54.7       | -159.5      | -708.5        |
| 14.20        | -43.3       | -119.1      | -856.6        |
| 13.76        | -36.4       | -93.4       | -904.5        |
| 13.22        | -27.2       | -57.6       | -945.1        |
| 12.98        | -22.4       | -39.1       | -956.9        |
| 12.53        | -12.3       | 0.7         | -965.8        |
| 12.23        | -4.4        | 31.6        | -961.1        |
| 11.23        | 28.3        | 160.0       | -868.7        |
| 10.23        | 71.0        | 327.7       | -628.4        |
| 9.23         | 123.6       | 534.6       | -201.0        |
| 8.88         | 144.4       | 616.2       | 0.0           |

## Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | -0.4        | -0.1        | 0.0           |
| 23.86        | -1.2        | -0.4        | 0.0           |
| 23.25        | -3.6        | -2.5        | -0.8          |
| 22.25        | -9.2        | -9.9        | -6.6          |
| 21.20        | -17.2       | -23.1       | -23.5         |
| 20.95        | -19.4       | -27.0       | -29.7         |
| 20.20        | -26.6       | -43.0       | -55.5         |
| 19.20        | -37.1       | -75.6       | -113.6        |
| 19.16        | -37.7       | -77.5       | -117.2        |
| 18.82        | -41.5       | -91.8       | -145.8        |
| 18.50        | -45.3       | -106.5      | -177.2        |
| 18.25        | -48.1       | -118.3      | -205.8        |
| 17.89        | -51.5       | -133.6      | -250.7        |
| 17.24        | -55.6       | -155.0      | -344.6        |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



|       |       |        |        |
|-------|-------|--------|--------|
| 16.25 | -57.3 | -168.0 | -507.5 |
| 15.25 | -53.2 | -156.9 | -671.3 |
| 14.20 | -42.6 | -119.4 | -818.2 |
| 13.76 | -36.1 | -95.3  | -866.5 |
| 13.22 | -26.9 | -60.1  | -908.3 |
| 12.98 | -22.1 | -41.8  | -920.7 |
| 12.53 | -12.0 | -2.8   | -931.1 |
| 12.23 | -4.2  | 27.5   | -927.5 |
| 11.23 | 28.1  | 153.1  | -840.5 |
| 10.23 | 70.0  | 316.8  | -609.0 |
| 9.23  | 121.5 | 518.5  | -195.0 |
| 8.88  | 141.8 | 598.1  | 0.0    |

## Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | -0.4        | -0.1        | 0.0           |
| 23.86        | -1.2        | -0.6        | -0.1          |
| 23.25        | -3.7        | -3.3        | -1.2          |
| 22.25        | -9.2        | -11.2       | -8.0          |
| 21.20        | -17.0       | -24.4       | -26.3         |
| 20.95        | -19.1       | -28.3       | -32.9         |
| 20.20        | -26.0       | -43.7       | -59.5         |
| 19.20        | -36.1       | -74.6       | -117.5        |
| 19.16        | -36.6       | -76.4       | -121.1        |
| 18.82        | -40.1       | -89.3       | -149.1        |
| 18.50        | -43.5       | -102.7      | -179.5        |
| 18.25        | -46.1       | -113.5      | -207.0        |
| 17.89        | -49.1       | -127.3      | -249.9        |
| 17.24        | -52.8       | -146.3      | -339.0        |
| 16.25        | -54.0       | -156.9      | -491.9        |
| 15.25        | -49.7       | -145.0      | -644.1        |
| 14.20        | -39.4       | -108.3      | -778.8        |
| 13.76        | -33.1       | -84.9       | -822.2        |
| 13.22        | -24.7       | -52.4       | -859.2        |
| 12.98        | -20.4       | -35.5       | -869.9        |
| 12.53        | -11.2       | 0.6         | -878.0        |
| 12.23        | -4.0        | 28.7        | -873.7        |
| 11.23        | 25.8        | 145.5       | -789.7        |
| 10.23        | 64.6        | 297.9       | -571.2        |
| 9.23         | 112.4       | 486.0       | -182.7        |
| 8.88         | 131.2       | 560.2       | 0.0           |

## Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | -0.4        | -0.1        | 0.0           |
| 23.86        | -1.1        | -0.3        | 0.0           |
| 23.25        | -3.3        | -2.3        | -0.8          |
| 22.25        | -8.3        | -9.0        | -6.0          |
| 21.20        | -15.6       | -21.0       | -21.3         |
| 20.95        | -17.6       | -24.6       | -27.0         |
| 20.20        | -24.1       | -39.1       | -50.5         |
| 19.20        | -33.7       | -68.8       | -103.3        |
| 19.16        | -34.2       | -70.5       | -106.5        |
| 18.82        | -37.7       | -83.4       | -132.5        |
| 18.50        | -41.2       | -96.8       | -161.1        |
| 18.25        | -43.7       | -107.6      | -187.1        |
| 17.89        | -46.8       | -121.5      | -227.9        |
| 17.24        | -50.6       | -140.9      | -313.3        |
| 16.25        | -52.1       | -152.7      | -461.4        |
| 15.25        | -48.4       | -142.6      | -610.3        |
| 14.20        | -38.7       | -108.6      | -743.8        |
| 13.76        | -32.9       | -86.6       | -787.7        |
| 13.22        | -24.4       | -54.6       | -825.8        |
| 12.98        | -20.1       | -38.0       | -837.0        |
| 12.53        | -10.9       | -2.6        | -846.4        |
| 12.23        | -3.8        | 25.0        | -843.1        |
| 11.23        | 25.5        | 139.2       | -764.1        |
| 10.23        | 63.7        | 288.0       | -553.6        |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rupp

|      |       |       |        |
|------|-------|-------|--------|
| 9.23 | 110.5 | 471.3 | -177.3 |
| 8.88 | 129.0 | 543.7 | 0.0    |

## Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 23.86        | -0.1        | -0.3        | 0.0           |
| 23.25        | -0.4        | -1.0        | -0.4          |
| 22.25        | -0.9        | -2.2        | -2.0          |
| 21.20        | -1.4        | -3.5        | -5.0          |
| 20.95        | -1.5        | -3.8        | -5.9          |
| 20.20        | -1.8        | -4.6        | -9.0          |
| 19.20        | -2.3        | -5.8        | -14.3         |
| 19.16        | -2.3        | -5.9        | -14.5         |
| 18.82        | -2.4        | -5.9        | -16.5         |
| 18.50        | -2.4        | -5.9        | -18.4         |
| 18.25        | -2.3        | -5.9        | -19.9         |
| 17.89        | -2.3        | -5.8        | -22.0         |
| 17.24        | -2.2        | -5.4        | -25.6         |
| 16.25        | -1.9        | -4.2        | -30.5         |
| 15.25        | -1.4        | -2.4        | -33.8         |
| 14.20        | -0.7        | 0.3         | -34.9         |
| 13.76        | -0.3        | 1.7         | -34.5         |
| 13.22        | -0.3        | 2.2         | -33.5         |
| 12.98        | -0.3        | 2.5         | -32.9         |
| 12.53        | -0.2        | 3.2         | -31.6         |
| 12.23        | -0.2        | 3.7         | -30.6         |
| 11.23        | 0.2         | 6.3         | -25.6         |
| 10.23        | 0.9         | 9.9         | -17.6         |
| 9.23         | 1.9         | 14.6        | -5.4          |
| 8.88         | 2.3         | 16.5        | 0.0           |

## Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 23.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 23.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.20        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 20.95        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 20.20        | 0.0         | -2.6        | -0.6          |
| 19.20        | 0.0         | -14.1       | -8.2          |
| 19.16        | 0.0         | -14.8       | -8.9          |
| 18.82        | 0.0         | -21.0       | -14.9         |
| 18.50        | 0.0         | -27.7       | -22.6         |
| 18.25        | 0.1         | -33.4       | -30.3         |
| 17.89        | 0.4         | -41.5       | -43.7         |
| 17.24        | 1.9         | -54.1       | -74.9         |
| 16.25        | 6.1         | -64.7       | -134.9        |
| 15.25        | 12.8        | -64.9       | -200.4        |
| 14.20        | 22.3        | -53.9       | -263.5        |
| 13.76        | 27.2        | -45.6       | -285.9        |
| 13.22        | 33.7        | -33.0       | -307.0        |
| 12.98        | 36.9        | -26.2       | -314.2        |
| 12.53        | 43.2        | -11.6       | -322.8        |
| 12.23        | 47.9        | -0.1        | -324.6        |
| 11.23        | 66.0        | 48.3        | -301.9        |
| 10.23        | 87.8        | 112.2       | -223.0        |
| 9.23         | 113.4       | 191.7       | -72.5         |
| 8.88         | 123.3       | 223.2       | 0.0           |

## Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $EI = 2.623E+5 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$ 

| Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] |
|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 24.25        | -239.6    | 24.09        | -236.0    | 23.86        | -230.7    | 23.25        | -217.0    | 22.25        | -194.3    | 21.20        | -170.6    | 20.95        | -165.0    |
| 20.20        | -148.2    | 19.20        | -126.0    | 19.16        | -124.9    | 18.82        | -117.5    | 18.50        | -110.6    | 18.25        | -105.1    | 17.89        | -97.5     |
| 17.24        | -84.1     | 16.25        | -64.4     | 15.25        | -46.7     | 14.20        | -30.6     | 13.76        | -24.7     | 13.22        | -18.5     | 12.98        | -16.0     |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

12.53   -11.8   12.23   -9.5   11.23   -3.6   10.23   -0.8   9.23   0.0   8.88   0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

$\phi_{i,[g+q],k}$ : 0.00000000

Theoretischer Fußpunkt = 8.883 m

Bemessung nach EC 3 (el.-el.)

Bemessungssituation: max  $M, q$

$M_{Ed} = 965.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$V_{Ed} = 0.7 \text{ kN/m}$

$N_{Ed} = -12.3 \text{ kN/m}$  (Druck)

Profil: AZ 50-700   Stahlgüte: S 240 GP

Wasserdruckdifferenz = 2.82 m

$b = 700.0 \text{ mm}$  /  $b_f = 449.4 \text{ mm}$

$t_f = 23.0 \text{ mm}$  /  $t_w = 16.0 \text{ mm}$  /  $A = 303.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 504.0 \text{ mm}$  /  $\alpha = 63.2^\circ$

$W_{el} = 4955.0 \text{ cm}^3/\text{m}$  /  $I = 124890.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

$\gamma_{M0} = 1.00$  /  $\gamma_{M1} = 1.00$

$\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 19.7$

Querschnittsklasse: 2

$f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$

$M_{c,Rd} = 1189.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$V_{pl,Rd} = 1523.4 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.000$ )

$N_{pl,Rd} = 7272.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.002$ )

Querkraft-Interaktion

$V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$

$M_{c,Rd} = 1189.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.812$

Knicklänge = 24.21 m

$N_{cr} = 4416.3 \text{ kN/m}$

$N_{Ed} / N_{cr} = 0.003 \leq 0.04$

$\rightarrow$  Kein Knicknachweis

max  $\mu = 0.812$

max  $M_d = 965.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 12.53 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -12.3 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = 0.7 \text{ kN/m}$ ;  $w_k = 11.8 \text{ mm}$

max  $Q_d = 616.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 8.88 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = 144.4 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max  $N_d = 144.4 \text{ kN/m}$  (Tiefe = 8.88 m)

Zugehörige Werte:  $Q_d = 616.2 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max  $w_k = 239.6 \text{ mm}$  (Tiefe = 24.25 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %

Einbindetiefe  $t_g = 11.54 \text{ m}$

Profillänge = 17.29 m

Nachweis Summe  $V$

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung:  $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$

$G_k = 41.13 \text{ kN/m}$

$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$E_{av,k} = 151.91 \text{ kN/m}$  ( $E_{ah,k} = 382.18 \text{ kN/m}$ )

$C_{h,k} = 560.20 \text{ kN/m}$

$B_{v,k} = -319.70 \text{ kN/m}$

$\delta_p [^\circ] = -15.3$

$\delta_c [^\circ] = 10.8$

Summe  $V_k = 3.39 \text{ kN/m}$  (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

Nachweis mit Bemessungsgrößen

$(Q_{g,k} + B_{v,k} - 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_p)) / \gamma_p \geq P_{v,d} + E_{av,d} + G_d + 0.5 \cdot C_{h,d} \cdot \tan(\delta_c)$

( $Q_{g,k}$  = Druckkraft infolge Mantelreibung und Spitzendruck)



(Mantelreibung nur unterhalb des rechnerischen Fußpunktes)

$\gamma_p \text{ i.a.} = 1.40$

$P_{v,d} = 0.00 \text{ kN/m}$

$E_{av,d} = 167.11 \text{ kN/m}$

$G_d = 45.24 \text{ kN/m}$

$C_{h,d} = 616.22 \text{ kN/m}$

Folgender Nachweis ist zu erbringen:

$(Q_{g,k} + 319.70 - 76.50) / \gamma_p \geq 271.25$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rüd

Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 19,00mNN)

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 24.25 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 19.00 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 20.95 m

Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-A

$\gamma_G = 1.10$

$\gamma_Q = 1.10$

$\gamma_{Ep} = 1.20$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Bermen auf der Aktivseite

| Nr. | x1   | x2    | dh    | a     | x    | y     | Auflast              | Verkehr |
|-----|------|-------|-------|-------|------|-------|----------------------|---------|
| [-] | [m]  | [m]   | [m]   | [m]   | [m]  | [m]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]     |
| 1   | 3.25 | 11.75 | -2.83 | -1.08 | 6.52 | 17.04 | 0.00                 | nein    |

Der Einfluss von Aktivbermen auf den aktiven Erddruck wird gemäß den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" berechnet.

| Bermen | auf  | der    | Passivseite |                      |
|--------|------|--------|-------------|----------------------|
| Nr.    | x1   | x2     | dh          | Auflast              |
| [-]    | [m]  | [m]    | [m]         | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 1      | 0.00 | -10.00 | -2.00       | 0.00                 |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rüd

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)               | sig(h)               | x(Luftseite) | x(Erdseite) | Tiefe |
|-----|----------------------|----------------------|--------------|-------------|-------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]          | [m]         | [m]   |
| 1   | 5.00                 | 0.00                 | 0.25         | 3.25        | 24.25 |
| 2   | 33.30                | 0.00                 | 12.00        | 15.00       | 21.40 |

| Nr. | y(oben) | y(mitte) | y(unten) | p(oben)              | p(mitte)             | p(unten)             | Typ            |
|-----|---------|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| [-] | [m]     | [m]      | [m]      | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |                |
| 1   | 24.09   | 23.86    | 19.16    | 1.19                 | 1.19                 | 1.19                 | 0 Verkehrslast |
| 2   | 13.76   | 2.59     | -2.11    | 2.47                 | 2.47                 | 2.47                 | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==> rechteckförmig verteilt

Zusatzdrücke

| Nr. | e(oben)              | e(unten)             | z(oben) | z(unten) | Typ         |
|-----|----------------------|----------------------|---------|----------|-------------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]     | [m]      | [-]         |
| 1   | 0.00                 | 27.90                | 20.95   | 17.89    | Wasserdruck |
| 2   | 27.90                | 0.00                 | 17.89   | 3.21     | Wasserdruck |

Blocklasten nicht umgelagert

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

$E_{ph,d} = 1100.87 \text{ kN/m}$  ( $E_{pv,d} = -293.95 \text{ kN/m}$ )

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $B_{h,d} / E_{ph,d} = 1.000$

$B_{h(g+q),d} = 1100.87 \text{ kN/m}$

$B_{h,g,d} = 1067.94 \text{ kN/m}$

$B_{h,q,d} = 32.93 \text{ kN/m}$

$B_{h,w,d} = 418.69 \text{ kN/m}$

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 467.81 \text{ kN/m}$

$C_{h,g,k} = 452.86 \text{ kN/m}$

$C_{h,q,k} = 14.95 \text{ kN/m}$

$C_{h,w,k} = 179.65 \text{ kN/m}$

Bodenkennwerte

| Schicht | UK    | $\gamma_k$  | $\gamma'_{k}$ | $\varphi_k$ | $c_k$      | $d(a)/\varphi$ | $d(p)/\varphi$ | Wasserdruck |
|---------|-------|-------------|---------------|-------------|------------|----------------|----------------|-------------|
| pas/akt | [m]   | [kN/m³]     | [kN/m³]       | [°]         | [kN/m²]    | [-]            | [-]            | [-]         |
| 1       | -0.64 | 18.00/18.00 | 9.10/10.80    | 32.50/32.50 | 0.00/ 0.00 | -0.460         |                | 0.667       |

Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{agh}$ | $k_{ach}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ | $k_{agh}(40^\circ)$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|---------------------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      | [-]                 |
| 1       | -0.64 | 0.251     | 0.866     | 32.500      | 21.68    | 57.46    | 0.179               |

Aktive Erddruckordinaten ( $[g+q],k$ )

mit Zusatzdrücke

| von    | bis    | oben    | unten   | Wasserdruck | Wasserdruck  |
|--------|--------|---------|---------|-------------|--------------|
| [m]    | [m]    | [kN/m²] | [kN/m²] | oben[kN/m²] | unten[kN/m²] |
| 24.250 | 24.091 | 0.000   | 0.718   | 0.00        | 0.00         |
| 24.091 | 23.858 | 1.913   | 2.962   | 0.00        | 0.00         |
| 23.858 | 23.250 | 2.962   | 5.705   | 0.00        | 0.00         |
| 23.250 | 22.250 | 5.705   | 10.216  | 0.00        | 0.00         |
| 22.250 | 21.200 | 10.216  | 14.953  | 0.00        | 0.00         |
| 21.200 | 20.950 | 14.953  | 16.081  | 0.00        | 0.00         |
| 20.950 | 20.200 | 16.081  | 18.111  | 0.00        | 6.84         |
| 20.200 | 19.203 | 18.111  | 20.810  | 6.84        | 15.93        |
| 19.203 | 19.156 | 20.810  | 20.938  | 15.93       | 16.36        |
| 19.156 | 19.000 | 20.938  | 20.165  | 16.36       | 17.78        |
| 19.000 | 18.818 | 20.165  | 20.658  | 17.78       | 19.44        |
| 18.818 | 18.232 | 20.658  | 21.805  | 19.44       | 24.78        |
| 18.232 | 17.890 | 21.805  | 22.473  | 24.78       | 27.90        |
| 17.890 | 17.242 | 22.473  | 23.741  | 27.90       | 26.67        |
| 17.242 | 16.246 | 23.741  | 25.690  | 26.67       | 24.78        |
| 16.246 | 15.250 | 25.690  | 27.640  | 24.78       | 22.88        |
| 15.250 | 14.204 | 27.640  | 29.687  | 22.88       | 20.89        |
| 14.204 | 13.755 | 29.687  | 30.564  | 20.89       | 20.04        |
| 13.755 | 13.478 | 30.564  | 33.580  | 20.04       | 19.51        |
| 13.478 | 13.378 | 33.580  | 33.776  | 19.51       | 19.32        |
| 13.378 | 13.227 | 33.776  | 34.070  | 19.32       | 19.04        |
| 13.227 | 12.226 | 34.070  | 36.030  | 19.04       | 17.13        |
| 12.226 | 11.224 | 36.030  | 37.990  | 17.13       | 15.23        |
| 11.224 | 10.222 | 37.990  | 39.950  | 15.23       | 13.33        |
| 10.222 | 9.972  | 39.950  | 40.440  | 13.33       | 12.85        |
| 9.972  | 3.210  | 40.440  | 53.670  | 12.85       | 0.00         |
| 3.210  | 2.590  | 53.670  | 54.883  | 0.00        | 0.00         |
| 2.590  | 1.776  | 54.883  | 56.475  | 0.00        | 0.00         |
| 1.776  | -0.640 | 56.475  | 63.016  | 0.00        | 0.00         |

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{pgh}$ | $k_{pch}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      |
| 1       | -0.64 | 5.144     | 5.384     | 32.500      | -14.95   | 19.71    |

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.20

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von bis oben unten

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rüger



| [m]   | [m]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |
|-------|-------|----------------------|----------------------|
| 19.16 | 19.00 | 0.00                 | 0.00                 |
| 19.00 | 18.82 | 0.00                 | -4.54                |
| 18.82 | 18.23 | -4.54                | -19.11               |
| 18.23 | 17.89 | -19.11               | -27.62               |
| 17.89 | 17.24 | -27.62               | -43.73               |
| 17.24 | 16.25 | -43.73               | -68.52               |
| 16.25 | 15.25 | -68.52               | -93.31               |
| 15.25 | 14.20 | -93.31               | -119.34              |
| 14.20 | 13.76 | -119.34              | -130.50              |
| 13.76 | 13.48 | -130.50              | -137.40              |
| 13.48 | 13.38 | -137.40              | -141.31              |
| 13.38 | 13.23 | -141.31              | -147.17              |
| 13.23 | 12.23 | -147.17              | -186.25              |
| 12.23 | 11.22 | -186.25              | -225.32              |
| 11.22 | 10.22 | -225.32              | -264.40              |
| 10.22 | 9.97  | -264.40              | -274.17              |
| 9.97  | 3.21  | -274.17              | -537.94              |
| 3.21  | 2.59  | -537.94              | -562.12              |
| 2.59  | 1.78  | -562.12              | -593.86              |
| 1.78  | -0.64 | -593.86              | -688.12              |

## Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 24.25 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 24.09 | -0.4   | -0.1   | 0.0      |
| 23.86 | -1.1   | -0.7   | -0.1     |
| 23.25 | -3.7   | -3.6   | -1.3     |
| 22.25 | -9.4   | -12.3  | -8.8     |
| 21.20 | -17.5  | -26.9  | -29.0    |
| 20.95 | -19.8  | -31.1  | -36.2    |
| 20.20 | -27.0  | -48.1  | -65.4    |
| 19.20 | -37.8  | -81.9  | -129.2   |
| 19.16 | -38.3  | -83.8  | -133.1   |
| 19.00 | -40.0  | -90.2  | -146.6   |
| 18.82 | -41.9  | -97.6  | -163.8   |
| 18.23 | -46.8  | -118.6 | -227.3   |
| 17.89 | -48.7  | -128.7 | -269.6   |
| 17.24 | -50.5  | -141.3 | -357.6   |
| 16.25 | -48.5  | -140.3 | -500.0   |
| 15.25 | -40.6  | -114.3 | -628.8   |
| 14.20 | -26.1  | -60.4  | -722.6   |
| 13.76 | -18.0  | -28.9  | -742.8   |
| 13.48 | -12.6  | -7.5   | -747.9   |
| 13.38 | -10.5  | 0.7    | -748.2   |
| 13.23 | -7.3   | 13.8   | -747.2   |
| 12.23 | 20.1   | 123.5  | -681.7   |
| 11.22 | 57.1   | 272.7  | -486.5   |
| 10.22 | 103.8  | 461.3  | -122.1   |
| 9.97  | 117.0  | 514.6  | 0.0      |

## Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 24.25 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 24.09 | -0.4   | -0.1   | 0.0      |
| 23.86 | -1.0   | -0.4   | 0.0      |
| 23.25 | -3.2   | -2.5   | -0.8     |
| 22.25 | -8.4   | -9.9   | -6.6     |
| 21.20 | -16.0  | -23.1  | -23.5    |
| 20.95 | -18.1  | -27.0  | -29.7    |
| 20.20 | -25.0  | -43.0  | -55.5    |
| 19.20 | -35.2  | -75.5  | -113.5   |
| 19.16 | -35.7  | -77.3  | -117.1   |
| 19.00 | -37.4  | -83.7  | -129.6   |
| 18.82 | -39.4  | -91.1  | -145.6   |
| 18.23 | -44.3  | -112.3 | -205.3   |
| 17.89 | -46.3  | -122.7 | -245.5   |
| 17.24 | -48.2  | -136.0 | -329.8   |
| 16.25 | -46.6  | -136.6 | -467.6   |
| 15.25 | -39.4  | -113.1 | -594.0   |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

|       |       |       |        |
|-------|-------|-------|--------|
| 14.20 | -25.8 | -62.5 | -688.1 |
| 13.76 | -18.1 | -32.7 | -709.7 |
| 13.48 | -12.8 | -11.8 | -715.9 |
| 13.38 | -10.7 | -3.7  | -716.6 |
| 13.23 | -7.5  | 9.1   | -716.2 |
| 12.23 | 19.6  | 116.6 | -656.5 |
| 11.22 | 56.1  | 262.3 | -469.9 |
| 10.22 | 101.9 | 446.2 | -118.2 |
| 9.97  | 114.8 | 498.1 | 0.0    |

## Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | -0.3        | -0.1        | 0.0           |
| 23.86        | -1.0        | -0.6        | -0.1          |
| 23.25        | -3.3        | -3.3        | -1.2          |
| 22.25        | -8.5        | -11.2       | -8.0          |
| 21.20        | -15.9       | -24.4       | -26.3         |
| 20.95        | -18.0       | -28.3       | -32.9         |
| 20.20        | -24.6       | -43.7       | -59.5         |
| 19.20        | -34.3       | -74.5       | -117.4        |
| 19.16        | -34.8       | -76.2       | -121.0        |
| 19.00        | -36.4       | -82.0       | -133.3        |
| 18.82        | -38.1       | -88.7       | -148.9        |
| 18.23        | -42.6       | -107.8      | -206.6        |
| 17.89        | -44.3       | -117.0      | -245.1        |
| 17.24        | -45.9       | -128.5      | -325.1        |
| 16.25        | -44.1       | -127.5      | -454.5        |
| 15.25        | -36.9       | -103.9      | -571.7        |
| 14.20        | -23.7       | -54.9       | -656.9        |
| 13.76        | -16.3       | -26.2       | -675.3        |
| 13.48        | -11.4       | -6.9        | -679.9        |
| 13.38        | -9.6        | 0.6         | -680.2        |
| 13.23        | -6.6        | 12.5        | -679.2        |
| 12.23        | 18.3        | 112.3       | -619.7        |
| 11.22        | 51.9        | 247.9       | -442.3        |
| 10.22        | 94.4        | 419.4       | -111.0        |
| 9.97         | 106.4       | 467.8       | 0.0           |

## Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | -0.3        | -0.1        | 0.0           |
| 23.86        | -0.9        | -0.3        | 0.0           |
| 23.25        | -2.9        | -2.3        | -0.8          |
| 22.25        | -7.7        | -9.0        | -6.0          |
| 21.20        | -14.5       | -21.0       | -21.3         |
| 20.95        | -16.5       | -24.6       | -27.0         |
| 20.20        | -22.7       | -39.1       | -50.5         |
| 19.20        | -32.0       | -68.6       | -103.2        |
| 19.16        | -32.5       | -70.3       | -106.4        |
| 19.00        | -34.0       | -76.1       | -117.8        |
| 18.82        | -35.8       | -82.8       | -132.3        |
| 18.23        | -40.3       | -102.1      | -186.7        |
| 17.89        | -42.1       | -111.5      | -223.2        |
| 17.24        | -43.9       | -123.6      | -299.8        |
| 16.25        | -42.4       | -124.2      | -425.1        |
| 15.25        | -35.8       | -102.8      | -540.0        |
| 14.20        | -23.5       | -56.8       | -625.6        |
| 13.76        | -16.5       | -29.7       | -645.1        |
| 13.48        | -11.6       | -10.7       | -650.8        |
| 13.38        | -9.7        | -3.4        | -651.5        |
| 13.23        | -6.8        | 8.3         | -651.1        |
| 12.23        | 17.8        | 106.0       | -596.8        |
| 11.22        | 51.0        | 238.4       | -427.2        |
| 10.22        | 92.6        | 405.6       | -107.5        |
| 9.97         | 104.4       | 452.9       | 0.0           |

## Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe | N | Q | M |
|-------|---|---|---|
|-------|---|---|---|

| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
|-------|--------|--------|----------|
| 24.25 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 24.09 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 23.86 | -0.1   | -0.3   | 0.0      |
| 23.25 | -0.4   | -1.0   | -0.4     |
| 22.25 | -0.9   | -2.2   | -2.0     |
| 21.20 | -1.4   | -3.5   | -5.0     |
| 20.95 | -1.5   | -3.8   | -5.9     |
| 20.20 | -1.8   | -4.6   | -9.0     |
| 19.20 | -2.3   | -5.8   | -14.3    |
| 19.16 | -2.3   | -5.9   | -14.5    |
| 19.00 | -2.4   | -5.9   | -15.5    |
| 18.82 | -2.4   | -5.9   | -16.5    |
| 18.23 | -2.3   | -5.7   | -20.0    |
| 17.89 | -2.2   | -5.5   | -21.9    |
| 17.24 | -2.1   | -4.9   | -25.3    |
| 16.25 | -1.7   | -3.3   | -29.4    |
| 15.25 | -1.1   | -1.1   | -31.7    |
| 14.20 | -0.3   | 1.9    | -31.3    |
| 13.76 | 0.2    | 3.5    | -30.1    |
| 13.48 | 0.2    | 3.8    | -29.1    |
| 13.38 | 0.2    | 4.0    | -28.7    |
| 13.23 | 0.2    | 4.2    | -28.1    |
| 12.23 | 0.4    | 6.3    | -22.9    |
| 11.22 | 0.9    | 9.5    | -15.1    |
| 10.22 | 1.8    | 13.7   | -3.6     |
| 9.97  | 2.0    | 15.0   | 0.0      |

## Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 24.25 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 24.09 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 23.86 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 23.25 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 22.25 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 21.20 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 20.95 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 20.20 | 0.0    | -2.6   | -0.6     |
| 19.20 | 0.0    | -13.9  | -8.1     |
| 19.16 | 0.0    | -14.7  | -8.8     |
| 19.00 | 0.0    | -17.3  | -11.3    |
| 18.82 | 0.0    | -20.6  | -14.7    |
| 18.23 | 0.7    | -31.1  | -29.9    |
| 17.89 | 1.4    | -37.3  | -41.6    |
| 17.24 | 3.6    | -47.0  | -69.1    |
| 16.25 | 8.8    | -53.1  | -119.8   |
| 15.25 | 16.3   | -48.7  | -171.4   |
| 14.20 | 26.6   | -32.9  | -215.1   |
| 13.76 | 31.8   | -22.5  | -227.6   |
| 13.48 | 35.3   | -15.1  | -232.9   |
| 13.38 | 36.6   | -12.1  | -234.2   |
| 13.23 | 38.6   | -7.5   | -235.7   |
| 12.23 | 54.2   | 32.6   | -224.4   |
| 11.22 | 73.3   | 88.2   | -165.2   |
| 10.22 | 96.2   | 159.4  | -42.4    |
| 9.97  | 102.4  | 179.7  | 0.0      |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

## Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $EI = 2.204E+5 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$ 

| Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w      |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   |
| 24.25 | -190.9 | 24.09 | -187.8 | 23.86 | -183.3 | 23.25 | -171.5 | 22.25 | -152.1 | 21.20 | -131.7 | 20.95 | -126.9 |
| 20.20 | -112.5 | 19.20 | -93.6  | 19.16 | -92.7  | 19.00 | -89.8  | 18.82 | -86.4  | 18.23 | -75.7  | 17.89 | -69.6  |
| 17.24 | -58.4  | 16.25 | -42.4  | 15.25 | -28.5  | 14.20 | -16.6  | 13.76 | -12.5  | 13.48 | -10.3  | 13.38 | -9.6   |
| 13.23 | -8.5   | 12.23 | -3.2   | 11.22 | -0.6   | 10.22 | 0.0    | 9.97  | 0.0    |       |        |       |        |

## Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

phi,[g+q],k: 0.00000000

Theoretischer Fußpunkt = 9.972 m



Bemessung nach EC 3 (el.-el.)

Bemessungssituation: max  $M_{\text{Ed}}$

$M_{\text{Ed}} = 748.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$V_{\text{Ed}} = 0.7 \text{ kN/m}$

$N_{\text{Ed}} = -10.5 \text{ kN/m}$  (Druck)

Profil: AZ 42-700N Stahlgüte: S 240 GP

Wasserdruckdifferenz = 2.79 m

$b = 700.0 \text{ mm}$  /  $b_f = 449.5 \text{ mm}$

$t_f = 18.0 \text{ mm}$  /  $t_w = 14.0 \text{ mm}$  /  $A = 259.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 499.0 \text{ mm}$  /  $\alpha = 63.2^\circ$

$W_{\text{el}} = 4205.0 \text{ cm}^3/\text{m}$  /  $I = 104930.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

$\gamma_{\text{M0}} = 1.00$  /  $\gamma_{\text{M1}} = 1.00$

$\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 25.2$

Querschnittsklasse: 2

$f_{y,\text{red}} = 240.0 \text{ N/mm}^2$

$M_{\text{c,Rd}} = 1009.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$V_{\text{pl,Rd}} = 1333.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.001$ )

$N_{\text{pl,Rd}} = 6216.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.002$ )

Querkraft-Interaktion

$V_{\text{Ed}} \leq 0.5 \cdot V_{\text{pl,Rd}} \rightarrow$  keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{\text{Rd}}$

$M_{\text{c,Rd}} = 1009.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$\mu = M_{\text{Ed}} / M_{\text{c,Rd}} = 0.741$

Knicklänge = 22.52 m

$N_{\text{cr}} = 4288.3 \text{ kN/m}$

$N_{\text{Ed}} / N_{\text{cr}} = 0.002 \leq 0.04$

$\rightarrow$  Kein Knicknachweis

max  $\mu = 0.741$

max  $M_{\text{d}} = 748.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 13.38 m)

Zugehörige Werte:  $N_{\text{d}} = -10.5 \text{ kN/m}$ ;  $Q_{\text{d}} = 0.7 \text{ kN/m}$ ;  $w_{\text{k}} = 9.6 \text{ mm}$

max  $Q_{\text{d}} = 514.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 9.97 m)

Zugehörige Werte:  $N_{\text{d}} = 117.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_{\text{d}} = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_{\text{k}} = 0.0 \text{ mm}$

max  $N_{\text{d}} = 117.0 \text{ kN/m}$  (Tiefe = 9.97 m)

Zugehörige Werte:  $Q_{\text{d}} = 514.6 \text{ kN/m}$ ;  $M_{\text{d}} = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_{\text{k}} = 0.0 \text{ mm}$

max  $w_{\text{k}} = 190.9 \text{ mm}$  (Tiefe = 24.25 m)

Zugehörige Werte:  $N_{\text{d}} = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $Q_{\text{d}} = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_{\text{d}} = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %

Einbindetiefe  $t_{\text{g}} = 10.83 \text{ m}$

Profillänge = 16.08 m

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße

nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung:  $G_{\text{k}} + P_{\text{v,k}} + E_{\text{av,k}} + 0.5 \cdot C_{\text{h,k}} \cdot \tan(\delta_{\text{c}}) \geq (B_{\text{h,k}} - 0.5 \cdot C_{\text{h,k}}) \cdot \tan(\delta_{\text{p}})$

$G_{\text{k}} = 32.70 \text{ kN/m}$

$P_{\text{v,k}} = 0.00 \text{ kN/m}$

$E_{\text{av,k}} = 133.95 \text{ kN/m}$  ( $E_{\text{ah,k}} = 336.98 \text{ kN/m}$ )

$C_{\text{h,k}} = 467.81 \text{ kN/m}$

$B_{\text{v,k}} = -269.37 \text{ kN/m}$

$\delta_{\text{p}} [^\circ] = -15.0$

$\delta_{\text{c}} [^\circ] = 10.8$

Summe  $V_{\text{k}} = 4.45 \text{ kN/m}$  (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

Nachweis mit Bemessungsgrößen

$(Q_{\text{g,k}} + B_{\text{v,k}} - 0.5 \cdot C_{\text{h,k}} \cdot \tan(\delta_{\text{p}})) / \gamma_{\text{p}} \geq P_{\text{v,d}} + E_{\text{av,d}} + G_{\text{d}} + 0.5 \cdot C_{\text{h,d}} \cdot \tan(\delta_{\text{c}})$

( $Q_{\text{g,k}}$  = Druckkraft infolge Mantelreibung und Spitzendruck)

(Mantelreibung nur unterhalb des rechnerischen Fußpunktes)

$\gamma_{\text{p}} \text{ i. a.} = 1.40$

$P_{\text{v,d}} = 0.00 \text{ kN/m}$

$E_{\text{av,d}} = 147.34 \text{ kN/m}$

$G_{\text{d}} = 35.97 \text{ kN/m}$

$C_{\text{h,d}} = 514.60 \text{ kN/m}$

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Folgender Nachweis ist zu erbringen:  
 $(Q_{g,k} + 269.37 - 62.46) / \gamma_p \geq 232.50$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Pos. 1.3 - NN

225

Spundwand

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 19,50mNN)

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 24.25 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 19.50 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 20.95 m

Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-A

$\gamma_G = 1.10$

$\gamma_Q = 1.10$

$\gamma_{Ep} = 1.20$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Bermen auf der Aktivseite

| Nr. | x1   | x2    | dh    | a     | x    | y     | Auflast              | Verkehr |
|-----|------|-------|-------|-------|------|-------|----------------------|---------|
| [-] | [m]  | [m]   | [m]   | [m]   | [m]  | [m]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]     |
| 1   | 3.25 | 11.75 | -2.83 | -1.08 | 6.52 | 17.04 | 0.00                 | nein    |

Der Einfluss von Aktivbermen auf den aktiven Erddruck wird gemäß den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" berechnet.

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

| Bermen | auf  | der    | Passivseite | Auflast              |
|--------|------|--------|-------------|----------------------|
| Nr.    | x1   | x2     | dh          | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| [-]    | [m]  | [m]    | [m]         |                      |
| 1      | 0.00 | -10.00 | -2.00       | 0.00                 |

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)               | sig(h)               | x(Luftseite) | x(Erdseite) | Tiefe |
|-----|----------------------|----------------------|--------------|-------------|-------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]          | [m]         | [m]   |
| 1   | 5.00                 | 0.00                 | 0.25         | 3.25        | 24.25 |
| 2   | 33.30                | 0.00                 | 12.00        | 15.00       | 21.40 |

| Nr. | y(oben) | y(mitte) | y(unten) | p(oben)              | p(mitte)             | p(unten)             | Typ            |
|-----|---------|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| [-] | [m]     | [m]      | [m]      | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |                |
| 1   | 24.09   | 23.86    | 19.16    | 1.19                 | 1.19                 | 1.19                 | 0 Verkehrslast |
| 2   | 13.76   | 2.59     | -2.11    | 2.47                 | 2.47                 | 2.47                 | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==> rechteckförmig verteilt

Zusatzdrücke

| Nr. | e(oben)              | e(unten)             | z(oben) | z(unten) | Typ         |
|-----|----------------------|----------------------|---------|----------|-------------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]     | [m]      | [-]         |
| 1   | 0.00                 | 27.50                | 20.95   | 17.89    | Wasserdruck |
| 2   | 27.50                | 0.00                 | 17.89   | 5.39     | Wasserdruck |

Blocklasten nicht umgelagert

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch



Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

$E_{ph,d} = 954.48 \text{ kN/m}$  ( $E_{pv,d} = -254.86 \text{ kN/m}$ )

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $B_{h,d} / E_{ph,d} = 1.000$

$B_{h(g+q),d} = 954.48 \text{ kN/m}$

$B_{h,g,d} = 925.02 \text{ kN/m}$

$B_{h,q,d} = 29.47 \text{ kN/m}$

$B_{h,w,d} = 353.28 \text{ kN/m}$

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 387.21 \text{ kN/m}$

$C_{h,g,k} = 373.38 \text{ kN/m}$

$C_{h,q,k} = 13.83 \text{ kN/m}$

$C_{h,w,k} = 141.71 \text{ kN/m}$

Bodenkennwerte

| Schicht | UK    | $\gamma_k$  | $\gamma'_{k}$ | $\varphi_k$ | $c_k$      | $d(a)/\varphi$ | $d(p)/\varphi$ | Wasserdruck |
|---------|-------|-------------|---------------|-------------|------------|----------------|----------------|-------------|
| pas/akt | [m]   | [kN/m³]     | [kN/m³]       | [°]         | [kN/m²]    | [-]            | [-]            | [-]         |
| 1       | -0.64 | 18.00/18.00 | 8.80/11.00    | 32.50/32.50 | 0.00/ 0.00 | -0.460         |                | 0.667       |

Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{agh}$ | $k_{ach}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ | $k_{agh}(40^\circ)$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|---------------------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      | [-]                 |
| 1       | -0.64 | 0.251     | 0.866     | 32.500      | 21.68    | 57.46    | 0.179               |

Aktive Erddruckordinaten ( $[g+q],k$ )

mit Zusatzdrücke

| von    | bis    | oben    | unten   | Wasserdruck | Wasserdruck  |
|--------|--------|---------|---------|-------------|--------------|
| [m]    | [m]    | [kN/m²] | [kN/m²] | oben[kN/m²] | unten[kN/m²] |
| 24.250 | 24.091 | 0.000   | 0.718   | 0.00        | 0.00         |
| 24.091 | 23.858 | 1.913   | 2.962   | 0.00        | 0.00         |
| 23.858 | 23.250 | 2.962   | 5.705   | 0.00        | 0.00         |
| 23.250 | 22.250 | 5.705   | 10.216  | 0.00        | 0.00         |
| 22.250 | 21.200 | 10.216  | 14.953  | 0.00        | 0.00         |
| 21.200 | 20.950 | 14.953  | 16.081  | 0.00        | 0.00         |
| 20.950 | 20.200 | 16.081  | 18.148  | 0.00        | 6.74         |
| 20.200 | 19.500 | 18.148  | 20.078  | 6.74        | 13.03        |
| 19.500 | 19.205 | 20.078  | 20.892  | 13.03       | 15.68        |
| 19.205 | 19.156 | 20.892  | 21.028  | 15.68       | 16.13        |
| 19.156 | 18.818 | 21.028  | 20.765  | 16.13       | 19.16        |
| 18.818 | 18.232 | 20.765  | 21.941  | 19.16       | 24.43        |
| 18.232 | 17.890 | 21.941  | 22.627  | 24.43       | 27.50        |
| 17.890 | 17.238 | 22.627  | 23.935  | 27.50       | 26.07        |
| 17.238 | 16.235 | 23.935  | 25.948  | 26.07       | 23.86        |
| 16.235 | 15.232 | 25.948  | 27.961  | 23.86       | 21.65        |
| 15.232 | 14.229 | 27.961  | 29.974  | 21.65       | 19.44        |
| 14.229 | 14.128 | 29.974  | 30.176  | 19.44       | 19.22        |
| 14.128 | 13.978 | 30.176  | 30.478  | 19.22       | 18.89        |
| 13.978 | 13.755 | 30.478  | 33.398  | 18.89       | 18.40        |
| 13.755 | 13.204 | 33.398  | 34.503  | 18.40       | 17.19        |
| 13.204 | 12.202 | 34.503  | 36.514  | 17.19       | 14.99        |
| 12.202 | 11.201 | 36.514  | 38.524  | 14.99       | 12.78        |
| 11.201 | 10.900 | 38.524  | 39.127  | 12.78       | 12.12        |
| 10.900 | 5.390  | 39.127  | 50.185  | 12.12       | 0.00         |
| 5.390  | 2.590  | 50.185  | 55.804  | 0.00        | 0.00         |
| 2.590  | 1.776  | 55.804  | 57.436  | 0.00        | 0.00         |
| 1.776  | -0.640 | 57.436  | 64.098  | 0.00        | 0.00         |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rupp

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{pgh}$ | $k_{pch}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      |
| 1       | -0.64 | 5.144     | 5.384     | 32.500      | -14.95   | 19.71    |

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.20

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| von | bis | oben    | unten   |
|-----|-----|---------|---------|
| [m] | [m] | [kN/m²] | [kN/m²] |

|       |       |         |         |
|-------|-------|---------|---------|
| 20.20 | 19.50 | 0.00    | 0.00    |
| 19.50 | 19.20 | 0.00    | -7.10   |
| 19.20 | 19.16 | -7.10   | -8.29   |
| 19.16 | 18.82 | -8.29   | -16.42  |
| 18.82 | 18.23 | -16.42  | -30.52  |
| 18.23 | 17.89 | -30.52  | -38.74  |
| 17.89 | 17.24 | -38.74  | -54.43  |
| 17.24 | 16.23 | -54.43  | -78.56  |
| 16.23 | 15.23 | -78.56  | -102.70 |
| 15.23 | 14.23 | -102.70 | -126.84 |
| 14.23 | 14.13 | -126.84 | -129.25 |
| 14.13 | 13.98 | -129.25 | -132.87 |
| 13.98 | 13.76 | -132.87 | -141.27 |
| 13.76 | 13.20 | -141.27 | -162.05 |
| 13.20 | 12.20 | -162.05 | -199.84 |
| 12.20 | 11.20 | -199.84 | -237.64 |
| 11.20 | 10.90 | -237.64 | -248.97 |
| 10.90 | 5.39  | -248.97 | -456.83 |
| 5.39  | 2.59  | -456.83 | -562.45 |
| 2.59  | 1.78  | -562.45 | -593.14 |
| 1.78  | -0.64 | -593.14 | -684.30 |

## Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 24.25 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 24.09 | -0.3   | -0.1   | 0.0      |
| 23.86 | -1.0   | -0.7   | -0.1     |
| 23.25 | -3.3   | -3.6   | -1.3     |
| 22.25 | -8.6   | -12.3  | -8.8     |
| 21.20 | -16.4  | -26.9  | -29.0    |
| 20.95 | -18.5  | -31.1  | -36.2    |
| 20.20 | -25.5  | -48.0  | -65.4    |
| 19.50 | -32.7  | -70.4  | -106.5   |
| 19.20 | -35.6  | -80.6  | -128.8   |
| 19.16 | -36.1  | -82.3  | -132.8   |
| 18.82 | -38.6  | -92.2  | -162.4   |
| 18.23 | -41.5  | -106.2 | -220.7   |
| 17.89 | -42.3  | -112.5 | -258.1   |
| 17.24 | -42.0  | -117.9 | -333.8   |
| 16.23 | -36.9  | -106.0 | -448.1   |
| 15.23 | -26.2  | -69.7  | -538.3   |
| 14.23 | -10.0  | -8.8   | -579.7   |
| 14.13 | -8.0   | -1.3   | -580.2   |
| 13.98 | -5.0   | 10.3   | -579.5   |
| 13.76 | -0.3   | 28.7   | -575.2   |
| 13.20 | 12.9   | 81.2   | -545.5   |
| 12.20 | 44.0   | 206.3  | -404.7   |
| 11.20 | 84.5   | 369.5  | -119.4   |
| 10.90 | 98.4   | 425.9  | 0.0      |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rüger

## Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 24.25 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 24.09 | -0.3   | -0.1   | 0.0      |
| 23.86 | -0.9   | -0.4   | 0.0      |
| 23.25 | -2.9   | -2.5   | -0.8     |
| 22.25 | -7.7   | -9.9   | -6.6     |
| 21.20 | -14.9  | -23.1  | -23.5    |
| 20.95 | -16.9  | -27.0  | -29.7    |
| 20.20 | -23.5  | -42.9  | -55.5    |
| 19.50 | -30.3  | -64.3  | -92.7    |
| 19.20 | -33.1  | -74.3  | -113.2   |
| 19.16 | -33.5  | -75.8  | -116.8   |
| 18.82 | -36.0  | -85.9  | -144.2   |
| 18.23 | -39.0  | -100.3 | -198.9   |
| 17.89 | -39.9  | -106.9 | -234.4   |
| 17.24 | -39.9  | -113.3 | -306.7   |
| 16.23 | -35.4  | -103.5 | -417.4   |
| 15.23 | -25.5  | -69.9  | -506.4   |
| 14.23 | -10.2  | -12.6  | -549.8   |

|       |      |       |        |
|-------|------|-------|--------|
| 14.13 | -8.3 | -5.6  | -550.7 |
| 13.98 | -5.5 | 5.4   | -550.7 |
| 13.76 | -1.0 | 23.0  | -547.6 |
| 13.20 | 12.1 | 74.4  | -521.3 |
| 12.20 | 42.9 | 196.6 | -388.7 |
| 11.20 | 82.5 | 355.7 | -115.1 |
| 10.90 | 96.2 | 410.7 | 0.0    |

## Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | -0.3        | -0.1        | 0.0           |
| 23.86        | -0.9        | -0.6        | -0.1          |
| 23.25        | -3.0        | -3.3        | -1.2          |
| 22.25        | -7.9        | -11.2       | -8.0          |
| 21.20        | -14.9       | -24.4       | -26.3         |
| 20.95        | -16.8       | -28.3       | -32.9         |
| 20.20        | -23.2       | -43.7       | -59.5         |
| 19.50        | -29.7       | -64.0       | -96.8         |
| 19.20        | -32.4       | -73.3       | -117.1        |
| 19.16        | -32.8       | -74.8       | -120.8        |
| 18.82        | -35.1       | -83.8       | -147.6        |
| 18.23        | -37.7       | -96.6       | -200.6        |
| 17.89        | -38.4       | -102.3      | -234.6        |
| 17.24        | -38.2       | -107.2      | -303.4        |
| 16.23        | -33.6       | -96.4       | -407.4        |
| 15.23        | -23.9       | -63.3       | -489.4        |
| 14.23        | -9.1        | -8.0        | -527.0        |
| 14.13        | -7.3        | -1.2        | -527.5        |
| 13.98        | -4.6        | 9.3         | -526.9        |
| 13.76        | -0.3        | 26.1        | -522.9        |
| 13.20        | 11.7        | 73.8        | -495.9        |
| 12.20        | 40.0        | 187.5       | -367.9        |
| 11.20        | 76.8        | 335.9       | -108.6        |
| 10.90        | 89.4        | 387.2       | 0.0           |

## Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | -0.3        | -0.1        | 0.0           |
| 23.86        | -0.8        | -0.3        | 0.0           |
| 23.25        | -2.6        | -2.3        | -0.8          |
| 22.25        | -7.0        | -9.0        | -6.0          |
| 21.20        | -13.5       | -21.0       | -21.3         |
| 20.95        | -15.4       | -24.6       | -27.0         |
| 20.20        | -21.4       | -39.0       | -50.5         |
| 19.50        | -27.5       | -58.5       | -84.3         |
| 19.20        | -30.1       | -67.5       | -102.9        |
| 19.16        | -30.4       | -68.9       | -106.2        |
| 18.82        | -32.8       | -78.1       | -131.1        |
| 18.23        | -35.5       | -91.2       | -180.8        |
| 17.89        | -36.3       | -97.2       | -213.1        |
| 17.24        | -36.3       | -103.0      | -278.8        |
| 16.23        | -32.2       | -94.1       | -379.5        |
| 15.23        | -23.2       | -63.6       | -460.4        |
| 14.23        | -9.2        | -11.5       | -499.8        |
| 14.13        | -7.6        | -5.1        | -500.7        |
| 13.98        | -5.0        | 4.9         | -500.7        |
| 13.76        | -0.9        | 20.9        | -497.8        |
| 13.20        | 11.0        | 67.6        | -473.9        |
| 12.20        | 39.0        | 178.7       | -353.3        |
| 11.20        | 75.0        | 323.4       | -104.6        |
| 10.90        | 87.4        | 373.4       | 0.0           |

## Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 23.86        | -0.1        | -0.3        | 0.0           |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



|       |      |      |       |
|-------|------|------|-------|
| 23.25 | -0.4 | -1.0 | -0.4  |
| 22.25 | -0.9 | -2.2 | -2.0  |
| 21.20 | -1.4 | -3.5 | -5.0  |
| 20.95 | -1.5 | -3.8 | -5.9  |
| 20.20 | -1.8 | -4.6 | -9.0  |
| 19.50 | -2.2 | -5.5 | -12.6 |
| 19.20 | -2.3 | -5.8 | -14.2 |
| 19.16 | -2.3 | -5.9 | -14.5 |
| 18.82 | -2.3 | -5.8 | -16.5 |
| 18.23 | -2.2 | -5.4 | -19.8 |
| 17.89 | -2.1 | -5.0 | -21.6 |
| 17.24 | -1.9 | -4.2 | -24.6 |
| 16.23 | -1.4 | -2.3 | -27.9 |
| 15.23 | -0.7 | 0.3  | -29.0 |
| 14.23 | 0.2  | 3.5  | -27.2 |
| 14.13 | 0.3  | 3.9  | -26.8 |
| 13.98 | 0.4  | 4.4  | -26.2 |
| 13.76 | 0.6  | 5.2  | -25.1 |
| 13.20 | 0.7  | 6.2  | -22.0 |
| 12.20 | 1.1  | 8.8  | -14.6 |
| 11.20 | 1.7  | 12.5 | -4.0  |
| 10.90 | 2.0  | 13.8 | 0.0   |

## Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 23.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 23.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.20        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 20.95        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 20.20        | 0.0         | -2.5        | -0.6          |
| 19.50        | 0.0         | -9.4        | -4.6          |
| 19.20        | 0.1         | -13.3       | -7.9          |
| 19.16        | 0.1         | -14.0       | -8.6          |
| 18.82        | 0.5         | -18.5       | -14.1         |
| 18.23        | 1.7         | -26.7       | -27.3         |
| 17.89        | 2.8         | -31.5       | -37.3         |
| 17.24        | 5.5         | -38.8       | -60.4         |
| 16.23        | 11.6        | -41.3       | -101.4        |
| 15.23        | 19.8        | -33.4       | -139.8        |
| 14.23        | 30.1        | -15.1       | -165.0        |
| 14.13        | 31.3        | -12.7       | -166.4        |
| 13.98        | 33.1        | -9.0        | -168.0        |
| 13.76        | 35.8        | -2.8        | -169.3        |
| 13.20        | 43.4        | 15.6        | -166.0        |
| 12.20        | 59.7        | 60.7        | -129.1        |
| 11.20        | 79.5        | 120.8       | -39.4         |
| 10.90        | 86.1        | 141.7       | 0.0           |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rüg

## Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $EI = 1.882E+5 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$ 

| Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] |
|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 24.25        | -151.8    | 24.09        | -149.2    | 23.86        | -145.3    | 23.25        | -135.3    | 22.25        | -118.7    | 21.20        | -101.4    | 20.95        | -97.3     |
| 20.20        | -85.0     | 19.50        | -73.8     | 19.20        | -69.1     | 19.16        | -68.3     | 18.82        | -63.0     | 18.23        | -54.1     | 17.89        | -49.1     |
| 17.24        | -39.9     | 16.23        | -27.1     | 15.23        | -16.5     | 14.23        | -8.5      | 14.13        | -7.8      | 13.98        | -6.9      | 13.76        | -5.7      |
| 13.20        | -3.2      | 12.20        | -0.7      | 11.20        | 0.0       | 10.90        | 0.0       |              |           |              |           |              |           |

## Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

 $\phi_{[g+q],k} = 0.00000000$ 

Theoretischer Fußpunkt = 10.900 m

Bemessung nach EC 3 (el.-el.)

Bemessungssituation: max M,gq

 $M_{Ed} = 580.2 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$  $V_{Ed} = 1.3 \text{ kN/m}$  $N_{Ed} = -8.0 \text{ kN/m}$  (Druck)

Profil: AZ 36-700N Stahlgüte: S 240 GP

Wasserdruckdifferenz = 2.75 m  
 $b = 700.0 \text{ mm} / b_f = 444.8 \text{ mm}$   
 $t_f = 15.0 \text{ mm} / t_w = 11.2 \text{ mm} / A = 216.0 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 $h = 499.0 \text{ mm} / \alpha = 63.2^\circ$   
 $W_{el} = 3590.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 89610.0 \text{ cm}^4/\text{m}$   
 $\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.00$   
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 30.0$   
 Querschnittsklasse: 2  
 $f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{c,Rd} = 861.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $V_{pl,Rd} = 1073.0 \text{ kN/m} (\mu = 0.001)$   
 $N_{pl,Rd} = 5184.0 \text{ kN/m} (\mu = 0.002)$   
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Nachweis  $M_{Rd}$   
 $M_{c,Rd} = 861.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.673$   
 Knicklänge = 21.10 m  
 $N_{cr} = 4171.7 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.002 \leq 0.04$   
 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0.673$

max  $M_d = 580.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 14.13 m)  
 Zugehörige Werte:  $N_d = -8.0 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = -1.3 \text{ kN/m}$ ;  $w_k = 7.8 \text{ mm}$

max  $Q_d = 425.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 10.90 m)  
 Zugehörige Werte:  $N_d = 98.4 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max  $N_d = 98.4 \text{ kN/m}$  (Tiefe = 10.90 m)  
 Zugehörige Werte:  $Q_d = 425.9 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max  $w_k = 151.8 \text{ mm}$  (Tiefe = 24.25 m)  
 Zugehörige Werte:  $N_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %  
 Einbindetiefe  $t_g = 10.32 \text{ m}$   
 Profillänge = 15.07 m

Nachweis Summe V  
 Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße  
 nach unten gerichtet ist.  
 Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands  
 Bedingung:  $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$   
 $G_k = 25.55 \text{ kN/m}$   
 $P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$   
 $E_{av,k} = 120.42 \text{ kN/m}$  ( $E_{ah,k} = 302.94 \text{ kN/m}$ )  
 $C_{h,k} = 387.21 \text{ kN/m}$   
 $B_{v,k} = -232.49 \text{ kN/m}$   
 $\delta_p [^\circ] = -15.0$   
 $\delta_c [^\circ] = 10.8$   
 Summe  $V_k = 2.19 \text{ kN/m}$  (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit  
 Nachweis mit Bemessungsgrößen  
 $(Q_{g,k} + B_{v,k} - 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_p)) / \gamma_P \geq P_{v,d} + E_{av,d} + G_d + 0.5 \cdot C_{h,d} \cdot \tan(\delta_c)$   
 $(Q_{g,k} = \text{Druckkraft infolge Mantelreibung und Spitzendruck})$   
 $(\text{Mantelreibung nur unterhalb des rechnerischen Fußpunktes})$   
 $\gamma_P \text{ i.a.} = 1.40$   
 $P_{v,d} = 0.00 \text{ kN/m}$   
 $E_{av,d} = 132.46 \text{ kN/m}$   
 $G_d = 28.11 \text{ kN/m}$   
 $C_{h,d} = 425.93 \text{ kN/m}$

Folgender Nachweis ist zu erbringen:  
 $(Q_{g,k} + 232.49 - 51.69) / \gamma_P \geq 201.28$

Horizontaler Wasserdruk herkömmlich bestimmt.

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang P.

## Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 20,00mNN)

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 24.25 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 20.00 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 20.95 m

Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-A

 $\gamma_G = 1.10$  $\gamma_Q = 1.10$  $\gamma_{Ep} = 1.20$ 

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Bermen auf der Aktivseite

| Nr. | x1   | x2    | dh    | a     | x    | y     | Auflast              | Verkehr |
|-----|------|-------|-------|-------|------|-------|----------------------|---------|
| [-] | [m]  | [m]   | [m]   | [m]   | [m]  | [m]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]     |
| 1   | 3.25 | 11.75 | -2.83 | -1.08 | 6.52 | 17.04 | 0.00                 | nein    |

Der Einfluss von Aktivbermen auf den aktiven Erddruck wird gemäß den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" berechnet.



| Bermen | auf  | der    | Passivseite |                      |
|--------|------|--------|-------------|----------------------|
| Nr.    | x1   | x2     | dh          | Auflast              |
| [-]    | [m]  | [m]    | [m]         | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 1      | 0.00 | -10.00 | -2.00       | 0.00                 |

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)               | sig(h)               | x(Luftseite) | x(Erdseite) | Tiefe |
|-----|----------------------|----------------------|--------------|-------------|-------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]          | [m]         | [m]   |
| 1   | 5.00                 | 0.00                 | 0.25         | 3.25        | 24.25 |
| 2   | 33.30                | 0.00                 | 12.00        | 15.00       | 21.40 |

| Nr. | y(oben) | y(mitte) | y(unten) | p(oben)              | p(mitte)             | p(unten)             | Typ            |
|-----|---------|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| [-] | [m]     | [m]      | [m]      | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |                |
| 1   | 24.09   | 23.86    | 19.16    | 1.19                 | 1.19                 | 1.19                 | 0 Verkehrslast |
| 2   | 13.76   | 2.59     | -2.11    | 2.47                 | 2.47                 | 2.47                 | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==&gt; rechteckförmig verteilt

Zusatzdrücke

| Nr. | e(oben)              | e(unten)             | z(oben) | z(unten) | Typ         |
|-----|----------------------|----------------------|---------|----------|-------------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]     | [m]      | [-]         |
| 1   | 0.00                 | 27.20                | 20.95   | 17.89    | Wasserdruck |
| 2   | 27.20                | 0.00                 | 17.89   | 6.56     | Wasserdruck |

Blocklasten nicht umgelagert

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch



Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

$E_{ph,d} = 805.88 \text{ kN/m}$  ( $E_{pv,d} = -210.29 \text{ kN/m}$ )

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $B_{h,d} / E_{ph,d} = 1.000$

$B_{h(g+q),d} = 805.88 \text{ kN/m}$

$B_{h,g,d} = 779.96 \text{ kN/m}$

$B_{h,q,d} = 25.92 \text{ kN/m}$

$B_{h,w,d} = 291.55 \text{ kN/m}$

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 307.94 \text{ kN/m}$

$C_{h,g,k} = 294.76 \text{ kN/m}$

$C_{h,q,k} = 13.18 \text{ kN/m}$

$C_{h,w,k} = 104.20 \text{ kN/m}$

Bodenkennwerte

| Schicht | UK    | $\gamma_k$  | $\gamma'_{k}$ | $\varphi_k$ | $c_k$      | $d(a)/\varphi$ | $d(p)/\varphi$ | Wasserdruck |
|---------|-------|-------------|---------------|-------------|------------|----------------|----------------|-------------|
| pas/akt | [m]   | [kN/m³]     | [kN/m³]       | [°]         | [kN/m²]    | [-]            | [-]            | [-]         |
| 1       | -0.64 | 18.00/18.00 | 8.70/11.10    | 32.50/32.50 | 0.00/ 0.00 | -0.450         |                | 0.667       |

Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{agh}$ | $k_{ach}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ | $k_{agh}(40^\circ)$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|---------------------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      | [-]                 |
| 1       | -0.64 | 0.251     | 0.866     | 32.500      | 21.68    | 57.46    | 0.179               |

Aktive Erddruckordinaten ( $[g+q],k$ )

mit Zusatzdrücke

| von    | bis    | oben    | unten   | Wasserdruck | Wasserdruck  |
|--------|--------|---------|---------|-------------|--------------|
| [m]    | [m]    | [kN/m²] | [kN/m²] | oben[kN/m²] | unten[kN/m²] |
| 24.250 | 24.091 | 0.000   | 0.718   | 0.00        | 0.00         |
| 24.091 | 23.858 | 1.913   | 2.962   | 0.00        | 0.00         |
| 23.858 | 23.250 | 2.962   | 5.705   | 0.00        | 0.00         |
| 23.250 | 22.250 | 5.705   | 10.216  | 0.00        | 0.00         |
| 22.250 | 21.200 | 10.216  | 14.953  | 0.00        | 0.00         |
| 21.200 | 20.950 | 14.953  | 16.081  | 0.00        | 0.00         |
| 20.950 | 20.200 | 16.081  | 18.167  | 0.00        | 6.67         |
| 20.200 | 20.000 | 18.167  | 18.724  | 6.67        | 8.44         |
| 20.000 | 19.205 | 18.724  | 20.934  | 8.44        | 15.51        |
| 19.205 | 19.156 | 20.934  | 19.878  | 15.51       | 15.95        |
| 19.156 | 18.818 | 19.878  | 20.819  | 15.95       | 18.95        |
| 18.818 | 18.232 | 20.819  | 22.009  | 18.95       | 24.16        |
| 18.232 | 17.890 | 22.009  | 22.703  | 24.16       | 27.20        |
| 17.890 | 17.238 | 22.703  | 24.029  | 27.20       | 25.63        |
| 17.238 | 16.234 | 24.029  | 26.068  | 25.63       | 23.22        |
| 16.234 | 15.230 | 26.068  | 28.107  | 23.22       | 20.82        |
| 15.230 | 14.929 | 28.107  | 28.719  | 20.82       | 20.09        |
| 14.929 | 14.478 | 28.719  | 29.637  | 20.09       | 19.01        |
| 14.478 | 14.220 | 29.637  | 30.161  | 19.01       | 18.39        |
| 14.220 | 13.755 | 30.161  | 33.578  | 18.39       | 17.27        |
| 13.755 | 13.206 | 33.578  | 34.695  | 17.27       | 15.95        |
| 13.206 | 12.206 | 34.695  | 36.725  | 15.95       | 13.55        |
| 12.206 | 11.956 | 36.725  | 37.233  | 13.55       | 12.96        |
| 11.956 | 6.560  | 37.233  | 48.197  | 12.96       | 0.00         |
| 6.560  | 2.590  | 48.197  | 56.264  | 0.00        | 0.00         |
| 2.590  | 1.776  | 56.264  | 57.917  | 0.00        | 0.00         |
| 1.776  | -0.640 | 57.917  | 64.639  | 0.00        | 0.00         |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{pgh}$ | $k_{pch}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      |
| 1       | -0.64 | 5.102     | 5.349     | 32.500      | -14.63   | 19.88    |

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.20

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| von   | bis   | oben    | unten   |
|-------|-------|---------|---------|
| [m]   | [m]   | [kN/m²] | [kN/m²] |
| 20.20 | 20.00 | 0.00    | 0.00    |

|       |       |         |         |
|-------|-------|---------|---------|
| 20.00 | 19.21 | 0.00    | -18.75  |
| 19.21 | 19.16 | -18.75  | -19.92  |
| 19.16 | 18.82 | -19.92  | -27.90  |
| 18.82 | 18.23 | -27.90  | -41.72  |
| 18.23 | 17.89 | -41.72  | -49.79  |
| 17.89 | 17.24 | -49.79  | -65.18  |
| 17.24 | 16.23 | -65.18  | -88.86  |
| 16.23 | 15.23 | -88.86  | -112.54 |
| 15.23 | 14.93 | -112.54 | -119.64 |
| 14.93 | 14.48 | -119.64 | -130.30 |
| 14.48 | 14.22 | -130.30 | -139.84 |
| 14.22 | 13.76 | -139.84 | -157.03 |
| 13.76 | 13.21 | -157.03 | -177.36 |
| 13.21 | 12.21 | -177.36 | -214.33 |
| 12.21 | 11.96 | -214.33 | -223.57 |
| 11.96 | 6.56  | -223.57 | -423.19 |
| 6.56  | 2.59  | -423.19 | -570.05 |
| 2.59  | 1.78  | -570.05 | -600.15 |
| 1.78  | -0.64 | -600.15 | -689.54 |

## Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | -0.3        | -0.1        | 0.0           |
| 23.86        | -0.9        | -0.7        | -0.1          |
| 23.25        | -2.9        | -3.6        | -1.3          |
| 22.25        | -7.9        | -12.3       | -8.8          |
| 21.20        | -15.3       | -26.9       | -29.0         |
| 20.95        | -17.3       | -31.1       | -36.2         |
| 20.20        | -24.1       | -48.0       | -65.4         |
| 20.00        | -26.0       | -53.7       | -75.6         |
| 19.21        | -32.1       | -74.1       | -126.9        |
| 19.16        | -32.4       | -75.1       | -130.6        |
| 18.82        | -33.8       | -81.1       | -157.0        |
| 18.23        | -34.9       | -88.4       | -206.8        |
| 17.89        | -34.6       | -90.8       | -237.5        |
| 17.24        | -32.5       | -89.1       | -296.7        |
| 16.23        | -24.8       | -66.4       | -376.8        |
| 15.23        | -11.9       | -19.6       | -421.9        |
| 14.93        | -6.9        | -0.8        | -425.1        |
| 14.48        | 1.3         | 31.4        | -418.4        |
| 14.22        | 6.7         | 52.4        | -407.6        |
| 13.76        | 17.7        | 96.5        | -373.3        |
| 13.21        | 32.7        | 157.7       | -304.0        |
| 12.21        | 66.6        | 297.9       | -79.5         |
| 11.96        | 76.5        | 338.7       | 0.0           |

## Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | -0.3        | -0.1        | 0.0           |
| 23.86        | -0.7        | -0.4        | 0.0           |
| 23.25        | -2.5        | -2.5        | -0.8          |
| 22.25        | -6.9        | -9.9        | -6.6          |
| 21.20        | -13.8       | -23.1       | -23.5         |
| 20.95        | -15.7       | -27.0       | -29.7         |
| 20.20        | -22.0       | -42.9       | -55.5         |
| 20.00        | -23.9       | -48.4       | -64.6         |
| 19.21        | -29.6       | -67.9       | -111.2        |
| 19.16        | -29.9       | -68.9       | -114.6        |
| 18.82        | -31.4       | -75.2       | -139.0        |
| 18.23        | -32.6       | -83.1       | -185.6        |
| 17.89        | -32.5       | -86.1       | -214.5        |
| 17.24        | -30.7       | -85.5       | -271.0        |
| 16.23        | -23.7       | -65.3       | -348.7        |
| 15.23        | -11.6       | -21.8       | -394.4        |
| 14.93        | -6.9        | -4.2        | -398.3        |
| 14.48        | 0.9         | 26.2        | -393.5        |
| 14.22        | 5.9         | 46.2        | -384.2        |
| 13.76        | 16.4        | 88.1        | -353.3        |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

|       |      |       |        |
|-------|------|-------|--------|
| 13.21 | 31.2 | 147.8 | -289.0 |
| 12.21 | 64.6 | 284.4 | -76.0  |
| 11.96 | 74.2 | 324.2 | 0.0    |

## Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | -0.2        | -0.1        | 0.0           |
| 23.86        | -0.8        | -0.6        | -0.1          |
| 23.25        | -2.7        | -3.3        | -1.2          |
| 22.25        | -7.2        | -11.2       | -8.0          |
| 21.20        | -13.9       | -24.4       | -26.3         |
| 20.95        | -15.8       | -28.3       | -32.9         |
| 20.20        | -21.9       | -43.7       | -59.5         |
| 20.00        | -23.6       | -48.9       | -68.7         |
| 19.21        | -29.2       | -67.4       | -115.3        |
| 19.16        | -29.5       | -68.3       | -118.7        |
| 18.82        | -30.7       | -73.7       | -142.7        |
| 18.23        | -31.7       | -80.4       | -188.0        |
| 17.89        | -31.5       | -82.6       | -215.9        |
| 17.24        | -29.5       | -81.0       | -269.7        |
| 16.23        | -22.6       | -60.4       | -342.5        |
| 15.23        | -10.8       | -17.8       | -383.6        |
| 14.93        | -6.3        | -0.8        | -386.4        |
| 14.48        | 1.2         | 28.5        | -380.3        |
| 14.22        | 6.1         | 47.6        | -370.6        |
| 13.76        | 16.1        | 87.7        | -339.4        |
| 13.21        | 29.7        | 143.4       | -276.3        |
| 12.21        | 60.5        | 270.8       | -72.2         |
| 11.96        | 69.5        | 307.9       | 0.0           |

## Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | -0.2        | -0.1        | 0.0           |
| 23.86        | -0.7        | -0.3        | 0.0           |
| 23.25        | -2.3        | -2.3        | -0.8          |
| 22.25        | -6.3        | -9.0        | -6.0          |
| 21.20        | -12.5       | -21.0       | -21.3         |
| 20.95        | -14.3       | -24.6       | -27.0         |
| 20.20        | -20.0       | -39.0       | -50.4         |
| 20.00        | -21.7       | -44.0       | -58.7         |
| 19.21        | -27.0       | -61.7       | -101.1        |
| 19.16        | -27.2       | -62.7       | -104.2        |
| 18.82        | -28.5       | -68.3       | -126.4        |
| 18.23        | -29.6       | -75.6       | -168.7        |
| 17.89        | -29.6       | -78.2       | -195.0        |
| 17.24        | -27.9       | -77.7       | -246.4        |
| 16.23        | -21.5       | -59.4       | -317.0        |
| 15.23        | -10.5       | -19.8       | -358.5        |
| 14.93        | -6.3        | -3.8        | -362.1        |
| 14.48        | 0.8         | 23.9        | -357.7        |
| 14.22        | 5.4         | 42.0        | -349.3        |
| 13.76        | 14.9        | 80.1        | -321.2        |
| 13.21        | 28.3        | 134.4       | -262.7        |
| 12.21        | 58.7        | 258.6       | -69.1         |
| 11.96        | 67.5        | 294.8       | 0.0           |

## Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 23.86        | -0.1        | -0.3        | 0.0           |
| 23.25        | -0.4        | -1.0        | -0.4          |
| 22.25        | -0.9        | -2.2        | -2.0          |
| 21.20        | -1.4        | -3.5        | -5.0          |
| 20.95        | -1.5        | -3.8        | -5.9          |
| 20.20        | -1.8        | -4.6        | -9.0          |
| 20.00        | -1.9        | -4.9        | -10.0         |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang



|       |      |      |       |
|-------|------|------|-------|
| 19.21 | -2.3 | -5.6 | -14.2 |
| 19.16 | -2.3 | -5.6 | -14.5 |
| 18.82 | -2.2 | -5.4 | -16.3 |
| 18.23 | -2.0 | -4.8 | -19.3 |
| 17.89 | -1.9 | -4.3 | -20.9 |
| 17.24 | -1.6 | -3.2 | -23.4 |
| 16.23 | -1.1 | -1.0 | -25.5 |
| 15.23 | -0.3 | 2.0  | -25.1 |
| 14.93 | 0.0  | 3.0  | -24.3 |
| 14.48 | 0.4  | 4.7  | -22.6 |
| 14.22 | 0.7  | 5.7  | -21.3 |
| 13.76 | 1.2  | 7.6  | -18.2 |
| 13.21 | 1.3  | 9.0  | -13.6 |
| 12.21 | 1.9  | 12.2 | -3.2  |
| 11.96 | 2.0  | 13.2 | 0.0   |

## Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 24.25 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 24.09 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 23.86 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 23.25 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 22.25 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 21.20 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 20.95 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 20.20 | 0.0    | -2.5   | -0.6     |
| 20.00 | 0.0    | -4.0   | -1.3     |
| 19.21 | 0.6    | -11.1  | -7.2     |
| 19.16 | 0.7    | -11.5  | -7.8     |
| 18.82 | 1.4    | -14.8  | -12.2    |
| 18.23 | 3.2    | -20.7  | -22.6    |
| 17.89 | 4.5    | -24.3  | -30.3    |
| 17.24 | 7.7    | -29.3  | -48.0    |
| 16.23 | 14.4   | -28.4  | -77.8    |
| 15.23 | 23.0   | -17.2  | -101.5   |
| 14.93 | 26.0   | -11.9  | -105.9   |
| 14.48 | 30.9   | -2.2   | -109.2   |
| 14.22 | 33.9   | 4.5    | -108.9   |
| 13.76 | 39.8   | 18.9   | -103.6   |
| 13.21 | 47.7   | 39.9   | -87.7    |
| 12.21 | 64.4   | 89.5   | -24.2    |
| 11.96 | 69.1   | 104.2  | 0.0      |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang

## Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $EI = 1.172E+5 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$ 

| Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w     | Tiefe | w     |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]  | [m]   | [mm]  |
| 24.25 | -151.9 | 24.09 | -149.0 | 23.86 | -144.8 | 23.25 | -133.9 | 22.25 | -115.8 | 21.20 | -97.0 | 20.95 | -92.5 |
| 20.20 | -79.3  | 20.00 | -75.8  | 19.21 | -62.2  | 19.16 | -61.3  | 18.82 | -55.7  | 18.23 | -46.4 | 17.89 | -41.2 |
| 17.24 | -31.9  | 16.23 | -19.5  | 15.23 | -10.0  | 14.93 | -7.8   | 14.48 | -5.1   | 14.22 | -3.8  | 13.76 | -2.0  |
| 13.21 | -0.7   | 12.21 | 0.0    | 11.96 | 0.0    |       |        |       |        |       |       |       |       |

## Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

phi,[g+q],k: 0.00000000

Theoretischer Fußpunkt = 11.956 m

## Bemessung nach EC 3 (el.-el.)

Bemessungssituation: max M,gq

 $M_{Ed} = 425.1 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$  $V_{Ed} = 0.8 \text{ kN/m}$  $N_{Ed} = -6.9 \text{ kN/m}$  (Druck)

Profil: AZ 24-700 Stahlgüte: S 240 GP

Wasserdruckdifferenz = 2.72 m

 $b = 700.0 \text{ mm} / b_f = 370.5 \text{ mm}$  $t_f = 11.2 \text{ mm} / t_w = 11.2 \text{ mm} / A = 174.0 \text{ cm}^2/\text{m}$  $h = 459.0 \text{ mm} / \alpha = 55.2^\circ$  $W_{el} = 2430.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 55820.0 \text{ cm}^4/\text{m}$  $\gamma_{Mo} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.00$  $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 33.4$ 

Querschnittsklasse: 2

$f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{c,Rd} = 583.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $V_{pl,Rd} = 992.8 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.001$ )  
 $N_{pl,Rd} = 4176.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.002$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Nachweis  $M_{Rd}$   
 $M_{c,Rd} = 583.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.729$   
 Knicklänge = 19.46 m  
 $N_{cr} = 3055.1 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.002 \leq 0.04$   
 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0.729$

max  $M_d = 425.1 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 14.93 m)  
 Zugehörige Werte:  $N_d = -6.9 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = -0.8 \text{ kN/m}$ ;  $w_k = 7.8 \text{ mm}$

max  $Q_d = 338.7 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 11.96 m)  
 Zugehörige Werte:  $N_d = 76.5 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max  $N_d = 76.5 \text{ kN/m}$  (Tiefe = 11.96 m)  
 Zugehörige Werte:  $Q_d = 338.7 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max  $w_k = 151.9 \text{ mm}$  (Tiefe = 24.25 m)  
 Zugehörige Werte:  $N_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %  
 Einbindetiefe  $t_b = 9.65 \text{ m}$   
 Profillänge = 13.90 m

Nachweis Summe V  
 Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.  
 Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands  
 Bedingung:  $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$   
 $G_k = 18.99 \text{ kN/m}$   
 $P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$   
 $E_{av,k} = 104.81 \text{ kN/m}$  ( $E_{ah,k} = 263.68 \text{ kN/m}$ )  
 $C_{h,k} = 307.94 \text{ kN/m}$   
 $B_{v,k} = -191.11 \text{ kN/m}$   
 $\delta_p [^\circ] = -14.6$   
 $\delta_c [^\circ] = 10.8$   
 Summe  $V_k = 2.30 \text{ kN/m}$  (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit  
 Nachweis mit Bemessungsgrößen  
 $(Q_{g,k} + B_{v,k} - 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_p)) / \gamma_p \geq P_{v,d} + E_{av,d} + G_d + 0.5 \cdot C_{h,d} \cdot \tan(\delta_c)$   
 ( $Q_{g,k}$  = Druckkraft infolge Mantelreibung und Spitzendruck)  
 (Mantelreibung nur unterhalb des rechnerischen Fußpunktes)  
 $\gamma_p \text{ i.a.} = 1.40$   
 $P_{v,d} = 0.00 \text{ kN/m}$   
 $E_{av,d} = 115.29 \text{ kN/m}$   
 $G_d = 20.89 \text{ kN/m}$   
 $C_{h,d} = 338.73 \text{ kN/m}$

Folgender Nachweis ist zu erbringen:  
 $(Q_{g,k} + 191.11 - 40.18) / \gamma_p \geq 168.56$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

## Spundwand

=====

## Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 20,50mNN)

## Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 24.25 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 20.50 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 20.95 m

## Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-A

 $\gamma_G = 1.10$  $\gamma_Q = 1.10$  $\gamma_{EP} = 1.20$ 

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

## Bermen auf der Aktivseite

| Nr. | x1   | x2    | dh    | a     | x    | y     | Auflast              | Verkehr |
|-----|------|-------|-------|-------|------|-------|----------------------|---------|
| [-] | [m]  | [m]   | [m]   | [m]   | [m]  | [m]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]     |
| 1   | 3.25 | 11.75 | -2.83 | -1.08 | 6.52 | 17.04 | 0.00                 | nein    |

Der Einfluss von Aktivbermen auf den aktiven Erddruck wird gemäß den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" berechnet.

| Bermen | auf  | der    | Passivseite |                      |
|--------|------|--------|-------------|----------------------|
| Nr.    | x1   | x2     | dh          | Auflast              |
| [-]    | [m]  | [m]    | [m]         | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 1      | 0.00 | -10.00 | -2.00       | 0.00                 |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

## Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)               | sig(h)               | x(Luftseite) | x(Erdseite) | Tiefe |
|-----|----------------------|----------------------|--------------|-------------|-------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]          | [m]         | [m]   |
| 1   | 5.00                 | 0.00                 | 0.25         | 3.25        | 24.25 |
| 2   | 33.30                | 0.00                 | 12.00        | 15.00       | 21.40 |

| Nr. | y(oben) | y(mitte) | y(unten) | p(oben)              | p(mitte)             | p(unten)             | Typ            |
|-----|---------|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| [-] | [m]     | [m]      | [m]      | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |                |
| 1   | 24.09   | 23.86    | 19.16    | 1.19                 | 1.19                 | 1.19                 | 0 Verkehrslast |
| 2   | 13.76   | 2.59     | -2.11    | 2.47                 | 2.47                 | 2.47                 | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==&gt; rechteckförmig verteilt

## Zusatzdrücke

| Nr. | e(oben)              | e(unten)             | z(oben) | z(unten) | Typ         |
|-----|----------------------|----------------------|---------|----------|-------------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]     | [m]      | [-]         |
| 1   | 0.00                 | 26.60                | 20.95   | 17.89    | Wasserdruck |
| 2   | 26.60                | 0.00                 | 17.89   | 8.39     | Wasserdruck |

Blocklasten nicht umgelagert

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch



Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

$E_{ph,d} = 653.60 \text{ kN/m}$  ( $E_{pv,d} = -170.56 \text{ kN/m}$ )

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $B_{h,d} / E_{ph,d} = 1.000$

$B_{h(g+q),d} = 653.60 \text{ kN/m}$

$B_{h,g,d} = 630.37 \text{ kN/m}$

$B_{h,q,d} = 23.23 \text{ kN/m}$

$B_{h,w,d} = 224.97 \text{ kN/m}$

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 233.01 \text{ kN/m}$

$C_{h,g,k} = 219.48 \text{ kN/m}$

$C_{h,q,k} = 13.53 \text{ kN/m}$

$C_{h,w,k} = 68.10 \text{ kN/m}$

Bodenkennwerte

| Schicht | UK    | $\gamma_k$  | $\gamma'_{k}$ | $\varphi_k$ | $c_k$      | $d(a)/\varphi$ | $d(p)/\varphi$ | Wasserdruck |
|---------|-------|-------------|---------------|-------------|------------|----------------|----------------|-------------|
| pas/akt | [m]   | [kN/m³]     | [kN/m³]       | [°]         | [kN/m²]    | [-]            | [-]            | [-]         |
| 1       | -0.64 | 18.00/18.00 | 8.50/11.30    | 32.50/32.50 | 0.00/ 0.00 | -0.450         |                | 0.667       |

Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{agh}$ | $k_{ach}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ | $k_{agh}(40^\circ)$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|---------------------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      | [-]                 |
| 1       | -0.64 | 0.251     | 0.866     | 32.500      | 21.68    | 57.46    | 0.179               |

Aktive Erddruckordinaten ( $[g+q],k$ )

mit Zusatzdrücke

| von    | bis    | oben    | unten   | Wasserdruck | Wasserdruck  |
|--------|--------|---------|---------|-------------|--------------|
| [m]    | [m]    | [kN/m²] | [kN/m²] | oben[kN/m²] | unten[kN/m²] |
| 24.250 | 24.091 | 0.000   | 0.718   | 0.00        | 0.00         |
| 24.091 | 23.858 | 1.913   | 2.962   | 0.00        | 0.00         |
| 23.858 | 23.250 | 2.962   | 5.705   | 0.00        | 0.00         |
| 23.250 | 22.250 | 5.705   | 10.216  | 0.00        | 0.00         |
| 22.250 | 21.200 | 10.216  | 14.953  | 0.00        | 0.00         |
| 21.200 | 20.950 | 14.953  | 16.081  | 0.00        | 0.00         |
| 20.950 | 20.500 | 16.081  | 17.355  | 0.00        | 3.91         |
| 20.500 | 20.201 | 17.355  | 18.201  | 3.91        | 6.51         |
| 20.201 | 19.205 | 18.201  | 21.021  | 6.51        | 15.17        |
| 19.205 | 19.156 | 21.021  | 19.968  | 15.17       | 15.60        |
| 19.156 | 18.818 | 19.968  | 20.926  | 15.60       | 18.54        |
| 18.818 | 18.232 | 20.926  | 22.145  | 18.54       | 23.63        |
| 18.232 | 17.890 | 22.145  | 22.857  | 23.63       | 26.60        |
| 17.890 | 17.237 | 22.857  | 24.216  | 26.60       | 24.77        |
| 17.237 | 16.233 | 24.216  | 26.307  | 24.77       | 21.96        |
| 16.233 | 15.781 | 26.307  | 27.247  | 21.96       | 20.70        |
| 15.781 | 15.229 | 27.247  | 28.397  | 20.70       | 19.15        |
| 15.229 | 14.978 | 28.397  | 28.920  | 19.15       | 18.45        |
| 14.978 | 14.214 | 28.920  | 30.511  | 18.45       | 16.31        |
| 14.214 | 13.755 | 30.511  | 33.939  | 16.31       | 15.02        |
| 13.755 | 13.204 | 33.939  | 35.087  | 15.02       | 13.48        |
| 13.204 | 13.103 | 35.087  | 35.296  | 13.48       | 13.20        |
| 13.103 | 8.390  | 35.296  | 45.109  | 13.20       | 0.00         |
| 8.390  | 2.590  | 45.109  | 57.184  | 0.00        | 0.00         |
| 2.590  | 1.776  | 57.184  | 58.878  | 0.00        | 0.00         |
| 1.776  | -0.640 | 58.878  | 65.721  | 0.00        | 0.00         |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{pgh}$ | $k_{pch}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      |
| 1       | -0.64 | 5.102     | 5.349     | 32.500      | -14.63   | 19.88    |

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.20

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| von   | bis   | oben    | unten   |
|-------|-------|---------|---------|
| [m]   | [m]   | [kN/m²] | [kN/m²] |
| 20.95 | 20.50 | 0.00    | 0.00    |
| 20.50 | 20.20 | 0.00    | -6.89   |

|       |       |         |         |
|-------|-------|---------|---------|
| 20.20 | 19.21 | -6.89   | -29.84  |
| 19.21 | 19.16 | -29.84  | -30.99  |
| 19.16 | 18.82 | -30.99  | -38.78  |
| 18.82 | 18.23 | -38.78  | -52.29  |
| 18.23 | 17.89 | -52.29  | -60.17  |
| 17.89 | 17.24 | -60.17  | -75.21  |
| 17.24 | 16.23 | -75.21  | -98.36  |
| 16.23 | 15.78 | -98.36  | -108.78 |
| 15.78 | 15.23 | -108.78 | -121.51 |
| 15.23 | 14.98 | -121.51 | -127.30 |
| 14.98 | 14.21 | -127.30 | -154.92 |
| 14.21 | 13.76 | -154.92 | -171.49 |
| 13.76 | 13.20 | -171.49 | -191.42 |
| 13.20 | 13.10 | -191.42 | -195.05 |
| 13.10 | 8.39  | -195.05 | -365.40 |
| 8.39  | 2.59  | -365.40 | -575.02 |
| 2.59  | 1.78  | -575.02 | -604.42 |
| 1.78  | -0.64 | -604.42 | -691.76 |

## Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 24.25 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 24.09 | -0.2   | -0.1   | 0.0      |
| 23.86 | -0.7   | -0.7   | -0.1     |
| 23.25 | -2.6   | -3.6   | -1.3     |
| 22.25 | -7.3   | -12.3  | -8.8     |
| 21.20 | -14.3  | -26.9  | -29.0    |
| 20.95 | -16.3  | -31.1  | -36.2    |
| 20.50 | -20.2  | -40.4  | -52.2    |
| 20.20 | -22.6  | -46.9  | -65.3    |
| 19.21 | -27.6  | -62.0  | -120.4   |
| 19.16 | -27.7  | -62.5  | -123.5   |
| 18.82 | -28.0  | -64.7  | -145.0   |
| 18.23 | -27.3  | -65.5  | -183.3   |
| 17.89 | -26.1  | -64.2  | -205.5   |
| 17.24 | -22.1  | -55.5  | -245.1   |
| 16.23 | -11.7  | -22.3  | -286.2   |
| 15.78 | -5.3   | 0.5    | -291.3   |
| 15.23 | 3.9    | 35.0   | -281.8   |
| 14.98 | 8.5    | 53.0   | -270.8   |
| 14.21 | 25.8   | 121.0  | -205.7   |
| 13.76 | 38.5   | 172.1  | -138.8   |
| 13.20 | 55.5   | 242.3  | -25.0    |
| 13.10 | 58.9   | 256.3  | 0.0      |

## Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 24.25 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 24.09 | -0.2   | -0.1   | 0.0      |
| 23.86 | -0.6   | -0.4   | 0.0      |
| 23.25 | -2.2   | -2.5   | -0.8     |
| 22.25 | -6.3   | -9.9   | -6.6     |
| 21.20 | -12.8  | -23.1  | -23.5    |
| 20.95 | -14.7  | -27.0  | -29.7    |
| 20.50 | -18.3  | -35.7  | -43.7    |
| 20.20 | -20.6  | -41.8  | -55.3    |
| 19.21 | -25.2  | -56.3  | -105.0   |
| 19.16 | -25.3  | -56.8  | -107.8   |
| 18.82 | -25.8  | -59.4  | -127.4   |
| 18.23 | -25.3  | -61.2  | -162.9   |
| 17.89 | -24.2  | -60.6  | -183.8   |
| 17.24 | -20.6  | -53.4  | -221.5   |
| 16.23 | -11.1  | -23.3  | -261.9   |
| 15.78 | -5.1   | -2.1   | -267.8   |
| 15.23 | 3.5    | 30.1   | -260.4   |
| 14.98 | 7.8    | 47.0   | -250.8   |
| 14.21 | 24.1   | 111.2  | -191.7   |
| 13.76 | 36.1   | 159.6  | -129.9   |
| 13.20 | 52.8   | 227.9  | -23.5    |
| 13.10 | 56.2   | 241.4  | 0.0      |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

## Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | -0.2        | -0.1        | 0.0           |
| 23.86        | -0.7        | -0.6        | -0.1          |
| 23.25        | -2.4        | -3.3        | -1.2          |
| 22.25        | -6.6        | -11.2       | -8.0          |
| 21.20        | -13.0       | -24.4       | -26.3         |
| 20.95        | -14.9       | -28.3       | -32.9         |
| 20.50        | -18.3       | -36.7       | -47.5         |
| 20.20        | -20.5       | -42.7       | -59.3         |
| 19.21        | -25.1       | -56.4       | -109.4        |
| 19.16        | -25.2       | -56.8       | -112.2        |
| 18.82        | -25.5       | -58.8       | -131.8        |
| 18.23        | -24.8       | -59.6       | -166.6        |
| 17.89        | -23.7       | -58.4       | -186.8        |
| 17.24        | -20.1       | -50.5       | -222.8        |
| 16.23        | -10.6       | -20.2       | -260.2        |
| 15.78        | -4.8        | 0.5         | -264.8        |
| 15.23        | 3.5         | 31.8        | -256.2        |
| 14.98        | 7.8         | 48.2        | -246.2        |
| 14.21        | 23.4        | 110.0       | -187.0        |
| 13.76        | 35.0        | 156.4       | -126.2        |
| 13.20        | 50.5        | 220.3       | -22.7         |
| 13.10        | 53.6        | 233.0       | 0.0           |

## Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | -0.2        | -0.1        | 0.0           |
| 23.86        | -0.6        | -0.3        | 0.0           |
| 23.25        | -2.0        | -2.3        | -0.8          |
| 22.25        | -5.8        | -9.0        | -6.0          |
| 21.20        | -11.7       | -21.0       | -21.3         |
| 20.95        | -13.4       | -24.6       | -27.0         |
| 20.50        | -16.6       | -32.4       | -39.8         |
| 20.20        | -18.7       | -38.0       | -50.3         |
| 19.21        | -22.9       | -51.2       | -95.4         |
| 19.16        | -23.0       | -51.6       | -98.0         |
| 18.82        | -23.4       | -54.0       | -115.9        |
| 18.23        | -23.0       | -55.6       | -148.1        |
| 17.89        | -22.0       | -55.1       | -167.1        |
| 17.24        | -18.8       | -48.5       | -201.4        |
| 16.23        | -10.0       | -21.1       | -238.1        |
| 15.78        | -4.7        | -1.9        | -243.5        |
| 15.23        | 3.1         | 27.3        | -236.8        |
| 14.98        | 7.1         | 42.7        | -228.0        |
| 14.21        | 21.9        | 101.1       | -174.3        |
| 13.76        | 32.8        | 145.1       | -118.1        |
| 13.20        | 48.0        | 207.1       | -21.4         |
| 13.10        | 51.0        | 219.5       | 0.0           |

## Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 23.86        | -0.1        | -0.3        | 0.0           |
| 23.25        | -0.4        | -1.0        | -0.4          |
| 22.25        | -0.9        | -2.2        | -2.0          |
| 21.20        | -1.4        | -3.5        | -5.0          |
| 20.95        | -1.5        | -3.8        | -5.9          |
| 20.50        | -1.7        | -4.3        | -7.7          |
| 20.20        | -1.8        | -4.6        | -9.0          |
| 19.21        | -2.2        | -5.2        | -14.0         |
| 19.16        | -2.2        | -5.2        | -14.2         |
| 18.82        | -2.1        | -4.8        | -15.9         |
| 18.23        | -1.8        | -4.0        | -18.5         |
| 17.89        | -1.7        | -3.3        | -19.8         |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



|       |      |      |       |
|-------|------|------|-------|
| 17.24 | -1.3 | -1.9 | -21.5 |
| 16.23 | -0.6 | 0.9  | -22.1 |
| 15.78 | -0.2 | 2.4  | -21.3 |
| 15.23 | 0.4  | 4.5  | -19.4 |
| 14.98 | 0.6  | 5.5  | -18.2 |
| 14.21 | 1.5  | 8.9  | -12.7 |
| 13.76 | 2.1  | 11.3 | -8.1  |
| 13.20 | 2.4  | 13.2 | -1.3  |
| 13.10 | 2.5  | 13.5 | 0.0   |

## Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 23.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 23.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.20        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 20.95        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 20.50        | 0.0         | -0.9        | -0.1          |
| 20.20        | 0.1         | -2.1        | -0.6          |
| 19.21        | 1.6         | -7.2        | -5.1          |
| 19.16        | 1.7         | -7.5        | -5.5          |
| 18.82        | 2.7         | -9.6        | -8.3          |
| 18.23        | 4.8         | -13.6       | -15.1         |
| 17.89        | 6.4         | -16.2       | -20.2         |
| 17.24        | 10.0        | -19.2       | -32.0         |
| 16.23        | 17.1        | -15.4       | -50.2         |
| 15.78        | 20.9        | -10.4       | -56.1         |
| 15.23        | 26.1        | -1.6        | -59.5         |
| 14.98        | 28.6        | 3.4         | -59.3         |
| 14.21        | 37.4        | 23.8        | -49.4         |
| 13.76        | 43.5        | 40.0        | -34.9         |
| 13.20        | 51.7        | 63.4        | -6.6          |
| 13.10        | 53.2        | 68.1        | 0.0           |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

## Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $EI = 7.938E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$ 

| Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] |
|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 24.25        | -127.3    | 24.09        | -124.6    | 23.86        | -120.7    | 23.25        | -110.5    | 22.25        | -93.8     | 21.20        | -76.3     | 20.95        | -72.2     |
| 20.50        | -64.9     | 20.20        | -60.1     | 19.21        | -44.6     | 19.16        | -43.9     | 18.82        | -39.0     | 18.23        | -30.9     | 17.89        | -26.5     |
| 17.24        | -18.9     | 16.23        | -9.5      | 15.78        | -6.4      | 15.23        | -3.5      | 14.98        | -2.5      | 14.21        | -0.6      | 13.76        | -0.1      |
| 13.20        | 0.0       | 13.10        | 0.0       |              |           |              |           |              |           |              |           |              |           |

## Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

 $\phi_{i,[g+q],k} = 0.00000000$ 

Theoretischer Fußpunkt = 13.103 m

## Bemessung nach EC 3 (el.-el.)

Bemessungssituation: max  $M, q$  $M_{Ed} = 291.3 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$  $V_{Ed} = 0.5 \text{ kN/m}$  $N_{Ed} = -5.3 \text{ kN/m}$  (Druck)

Profil: AZ 18-700 Stahlgüte: S 240 GP

Wasserdruckdifferenz = 2.66 m

 $b = 700.0 \text{ mm} / b_f = 352.8 \text{ mm}$  $t_f = 9.0 \text{ mm} / t_w = 9.0 \text{ mm} / A = 139.0 \text{ cm}^2/\text{m}$  $h = 420.0 \text{ mm} / \alpha = 51.2^\circ$  $W_{el} = 1800.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 37800.0 \text{ cm}^4/\text{m}$  $\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.00$  $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 39.6$ 

Querschnittsklasse: 2

 $f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$  $M_{c,Rd} = 432.0 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$  $V_{pl,Rd} = 732.2 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.001$ ) $N_{pl,Rd} = 3336.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.002$ )

Querkraft-Interaktion

 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$

$$M_{c,Rd} = 432.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.674$$

$$\text{Knicklänge} = 17.68 \text{ m}$$

$$N_{cr} = 2506.4 \text{ kN/m}$$

$$N_{Ed} / N_{cr} = 0.002 \leq 0.04$$

-> Kein Knicknachweis

$$\max \mu = 0.674$$

$$\max M_d = 291.3 \text{ kN}\cdot\text{m/m} \text{ (Tiefe} = 15.78 \text{ m)}$$

$$\text{Zugehörige Werte: } N_d = -5.3 \text{ kN/m; } Q_d = 0.5 \text{ kN/m; } w_k = 6.4 \text{ mm}$$

$$\max Q_d = 256.3 \text{ kN}\cdot\text{m/m} \text{ (Tiefe} = 13.10 \text{ m)}$$

$$\text{Zugehörige Werte: } N_d = 58.9 \text{ kN/m; } M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m; } w_k = 0.0 \text{ mm}$$

$$\max N_d = 58.9 \text{ kN/m} \text{ (Tiefe} = 13.10 \text{ m)}$$

$$\text{Zugehörige Werte: } Q_d = 256.3 \text{ kN/m; } M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m; } w_k = 0.0 \text{ mm}$$

$$\max w_k = 127.3 \text{ mm} \text{ (Tiefe} = 24.25 \text{ m)}$$

$$\text{Zugehörige Werte: } N_d = 0.0 \text{ kN/m; } Q_d = 0.0 \text{ kN/m; } M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %

$$\text{Einbindetiefe } t_g = 8.88 \text{ m}$$

$$\text{Profillänge} = 12.63 \text{ m}$$

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße

nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

$$\text{Bedingung: } G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$$

$$G_k = 13.78 \text{ kN/m}$$

$$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$$

$$E_{av,k} = 88.98 \text{ kN/m} \text{ (} E_{ah,k} = 223.85 \text{ kN/m)}$$

$$C_{h,k} = 233.01 \text{ kN/m}$$

$$B_{v,k} = -154.69 \text{ kN/m}$$

$$\delta_p [^\circ] = -14.6$$

$$\delta_c [^\circ] = 10.8$$

$$\text{Summe } V_k = 0.74 \text{ kN/m (Druck)}$$

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

Nachweis mit Bemessungsgrößen

$$(Q_{g,k} + B_{v,k} - 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_p)) / \gamma_p \geq P_{v,d} + E_{av,d} + G_d + 0.5 \cdot C_{h,d} \cdot \tan(\delta_c)$$

( $Q_{g,k}$  = Druckkraft infolge Mantelreibung und Spitzendruck)

(Mantelreibung nur unterhalb des rechnerischen Fußpunktes)

$$\gamma_p \text{ i.a.} = 1.40$$

$$P_{v,d} = 0.00 \text{ kN/m}$$

$$E_{av,d} = 97.88 \text{ kN/m}$$

$$G_d = 15.15 \text{ kN/m}$$

$$C_{h,d} = 256.32 \text{ kN/m}$$

Folgender Nachweis ist zu erbringen:

$$(Q_{g,k} + 154.69 - 30.40) / \gamma_p \geq 137.53$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

## Spundwand

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 21,00mNN)

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 24.25 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 21.00 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 20.95 m

Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-A

 $\gamma_G = 1.10$  $\gamma_Q = 1.10$  $\gamma_{Ep} = 1.20$ 

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Bermen auf der Aktivseite

| Nr. | x1   | x2    | dh    | a     | x    | y     | Auflast              | Verkehr |
|-----|------|-------|-------|-------|------|-------|----------------------|---------|
| [-] | [m]  | [m]   | [m]   | [m]   | [m]  | [m]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]     |
| 1   | 3.25 | 11.75 | -2.83 | -1.08 | 6.52 | 17.04 | 0.00                 | nein    |

Der Einfluss von Aktivbermen auf den aktiven Erddruck wird gemäß den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" berechnet.

| Bermen | auf  | der    | Passivseite |                      |
|--------|------|--------|-------------|----------------------|
| Nr.    | x1   | x2     | dh          | Auflast              |
| [-]    | [m]  | [m]    | [m]         | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 1      | 0.00 | -10.00 | -2.00       | 0.00                 |

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rüger

Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)               | sig(h)               | x(Luftseite) | x(Erdseite) | Tiefe |
|-----|----------------------|----------------------|--------------|-------------|-------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]          | [m]         | [m]   |
| 1   | 5.00                 | 0.00                 | 0.25         | 3.25        | 24.25 |
| 2   | 33.30                | 0.00                 | 12.00        | 15.00       | 21.40 |

| Nr. | y(oben) | y(mitte) | y(unten) | p(oben)              | p(mitte)             | p(unten)             | Typ            |
|-----|---------|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| [-] | [m]     | [m]      | [m]      | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |                |
| 1   | 24.09   | 23.86    | 19.16    | 1.19                 | 1.19                 | 1.19                 | 0 Verkehrslast |
| 2   | 13.76   | 2.59     | -2.11    | 2.47                 | 2.47                 | 2.47                 | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==&gt; rechteckförmig verteilt

Zusatzdrücke

| Nr. | e(oben)              | e(unten)             | z(oben) | z(unten) | Typ         |
|-----|----------------------|----------------------|---------|----------|-------------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]     | [m]      | [-]         |
| 1   | 0.00                 | 23.30                | 20.95   | 17.89    | Wasserdruck |
| 2   | 23.30                | 0.00                 | 17.89   | 14.01    | Wasserdruck |

Blocklasten nicht umgelagert

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch



Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

$E_{ph,d} = 271.14 \text{ kN/m}$  ( $E_{pv,d} = -62.60 \text{ kN/m}$ )

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $B_{h,d} / E_{ph,d} = 1.000$

$B_{h(g+q),d} = 271.14 \text{ kN/m}$

$B_{h,g,d} = 248.53 \text{ kN/m}$

$B_{h,q,d} = 22.61 \text{ kN/m}$

$B_{h,w,d} = 45.79 \text{ kN/m}$

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 109.63 \text{ kN/m}$

$C_{h,g,k} = 94.71 \text{ kN/m}$

$C_{h,q,k} = 14.92 \text{ kN/m}$

$C_{h,w,k} = -0.26 \text{ kN/m}$

Bodenkennwerte

| Schicht | UK    | $\gamma_k$           | $\gamma'_{k}$        | $\varphi_k$ | $c_k$                | $d(a)/\varphi$ | $d(p)/\varphi$ | Wasserdruck |
|---------|-------|----------------------|----------------------|-------------|----------------------|----------------|----------------|-------------|
| pas/akt | [m]   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] | [°]         | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]            | [-]            | [-]         |
| 1       | 20.95 | 18.00/18.00          | 10.00/10.00          | 32.50/32.50 | 0.00/0.00            | -0.400         |                | 0.667       |
| 2       | 17.89 | 18.00/18.00          | 18.00/12.40          | 32.50/32.50 | 0.00/0.00            | -0.400         |                | 0.667       |
| 3       | 0.00  | 18.00/18.00          | 6.40/12.40           | 32.50/32.50 | 0.00/0.00            | -0.400         |                | 0.667       |

Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{agh}$ | $k_{ach}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ | $k_{agh}(40^\circ)$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|---------------------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      | [-]                 |
| 1       | 20.95 | 0.251     | 0.866     | 32.500      | 21.68    | 57.46    | 0.179               |
| 2       | 17.89 | 0.251     | 0.866     | 32.500      | 21.68    | 57.46    | 0.179               |
| 3       | 0.00  | 0.251     | 0.866     | 32.500      | 21.68    | 57.46    | 0.179               |

Aktive Erddruckordinaten ( $[g+q],k$ )

mit Zusatzdrücke

| von    | bis    | oben                 | unten                | Wasserdruck              | Wasserdruck               |
|--------|--------|----------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|
| [m]    | [m]    | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | oben[kN/m <sup>2</sup> ] | unten[kN/m <sup>2</sup> ] |
| 24.250 | 24.091 | 0.000                | 0.718                | 0.00                     | 0.00                      |
| 24.091 | 23.858 | 1.913                | 2.962                | 0.00                     | 0.00                      |
| 23.858 | 23.250 | 2.962                | 5.705                | 0.00                     | 0.00                      |
| 23.250 | 22.250 | 5.705                | 10.216               | 0.00                     | 0.00                      |
| 22.250 | 21.200 | 10.216               | 14.953               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.200 | 21.000 | 14.953               | 15.855               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.000 | 20.950 | 15.855               | 16.081               | 0.00                     | 0.00                      |
| 20.950 | 20.202 | 16.081               | 18.404               | 0.00                     | 5.69                      |
| 20.202 | 20.152 | 18.404               | 18.559               | 5.69                     | 6.07                      |
| 20.152 | 19.205 | 18.559               | 21.502               | 6.07                     | 13.28                     |
| 19.205 | 19.156 | 21.502               | 21.657               | 13.28                    | 13.66                     |
| 19.156 | 19.107 | 20.463               | 20.613               | 13.66                    | 14.03                     |
| 19.107 | 18.818 | 20.613               | 21.513               | 14.03                    | 16.24                     |
| 18.818 | 18.232 | 21.513               | 22.895               | 16.24                    | 20.70                     |
| 18.232 | 17.890 | 22.895               | 23.700               | 20.70                    | 23.30                     |
| 17.890 | 17.588 | 23.700               | 24.411               | 23.30                    | 21.49                     |
| 17.588 | 15.478 | 24.411               | 29.388               | 21.49                    | 8.81                      |
| 15.478 | 14.010 | 29.388               | 32.848               | 8.81                     | 0.00                      |
| 14.010 | 13.755 | 32.848               | 35.922               | 0.00                     | 0.00                      |
| 13.755 | 2.590  | 35.922               | 62.246               | 0.00                     | 0.00                      |
| 2.590  | 1.776  | 62.245               | 64.163               | 0.00                     | 0.00                      |
| 1.776  | 0.000  | 64.163               | 69.684               | 0.00                     | 0.00                      |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{pgh}$ | $k_{pch}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      |
| 1       | 20.95 | 4.895     | 5.172     | 32.500      | -13.00   | 20.74    |
| 2       | 17.89 | 4.895     | 5.172     | 32.500      | -13.00   | 20.74    |
| 3       | 0.00  | 4.895     | 5.172     | 32.500      | -13.00   | 20.74    |

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.20

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| von | bis | oben                 | unten                |
|-----|-----|----------------------|----------------------|
| [m] | [m] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |

|       |       |         |         |
|-------|-------|---------|---------|
| 21.20 | 21.00 | 0.00    | 0.00    |
| 21.00 | 20.95 | 0.00    | -2.34   |
| 20.95 | 20.20 | -2.34   | -37.35  |
| 20.20 | 20.15 | -37.35  | -39.69  |
| 20.15 | 19.21 | -39.69  | -84.04  |
| 19.21 | 19.16 | -84.04  | -86.37  |
| 19.16 | 19.11 | -86.37  | -88.63  |
| 19.11 | 18.82 | -88.63  | -102.20 |
| 18.82 | 18.23 | -102.20 | -129.64 |
| 18.23 | 17.89 | -129.64 | -145.64 |
| 17.89 | 17.59 | -145.64 | -150.66 |
| 17.59 | 15.48 | -150.66 | -185.81 |
| 15.48 | 14.01 | -185.81 | -224.12 |
| 14.01 | 13.76 | -224.12 | -230.78 |
| 13.76 | 2.59  | -230.78 | -522.25 |
| 2.59  | 1.78  | -522.25 | -543.48 |
| 1.78  | 0.00  | -543.48 | -589.86 |

## Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | -0.2        | -0.1        | 0.0           |
| 23.86        | -0.7        | -0.7        | -0.1          |
| 23.25        | -2.5        | -3.6        | -1.3          |
| 22.25        | -7.0        | -12.3       | -8.8          |
| 21.20        | -13.9       | -26.9       | -29.0         |
| 21.00        | -15.5       | -30.3       | -34.7         |
| 20.95        | -15.9       | -31.1       | -36.2         |
| 20.20        | -18.8       | -32.6       | -61.2         |
| 20.15        | -18.8       | -32.0       | -62.8         |
| 19.21        | -14.4       | -3.6        | -82.2         |
| 19.16        | -14.0       | -1.2        | -82.3         |
| 19.11        | -13.5       | 1.2         | -82.3         |
| 18.82        | -10.0       | 17.7        | -79.7         |
| 18.23        | -0.4        | 60.2        | -57.5         |
| 17.89        | 6.7         | 90.8        | -31.8         |
| 17.59        | 13.7        | 120.6       | 0.0           |

## Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | -0.2        | -0.1        | 0.0           |
| 23.86        | -0.6        | -0.4        | 0.0           |
| 23.25        | -2.0        | -2.5        | -0.8          |
| 22.25        | -6.1        | -9.9        | -6.6          |
| 21.20        | -12.4       | -23.1       | -23.5         |
| 21.00        | -13.9       | -26.2       | -28.4         |
| 20.95        | -14.2       | -27.0       | -29.7         |
| 20.20        | -17.1       | -28.7       | -51.6         |
| 20.15        | -17.1       | -28.2       | -53.1         |
| 19.21        | -13.4       | -3.6        | -70.4         |
| 19.16        | -13.0       | -1.5        | -70.5         |
| 19.11        | -12.5       | 0.6         | -70.5         |
| 18.82        | -9.6        | 14.7        | -68.4         |
| 18.23        | -1.4        | 51.5        | -49.5         |
| 17.89        | 4.9         | 78.1        | -27.4         |
| 17.59        | 11.0        | 104.2       | 0.0           |

## Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | -0.2        | -0.1        | 0.0           |
| 23.86        | -0.6        | -0.6        | -0.1          |
| 23.25        | -2.3        | -3.3        | -1.2          |
| 22.25        | -6.4        | -11.2       | -8.0          |
| 21.20        | -12.7       | -24.4       | -26.3         |
| 21.00        | -14.1       | -27.5       | -31.5         |
| 20.95        | -14.4       | -28.3       | -32.9         |
| 20.20        | -17.1       | -29.6       | -55.7         |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

|       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| 20.15 | -17.1 | -29.1 | -57.1 |
| 19.21 | -13.1 | -3.3  | -74.8 |
| 19.16 | -12.7 | -1.1  | -74.9 |
| 19.11 | -12.3 | 1.1   | -74.9 |
| 18.82 | -9.1  | 16.1  | -72.4 |
| 18.23 | -0.4  | 54.7  | -52.3 |
| 17.89 | 6.1   | 82.5  | -28.9 |
| 17.59 | 12.4  | 109.6 | 0.0   |

## Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | -0.2        | -0.1        | 0.0           |
| 23.86        | -0.5        | -0.3        | 0.0           |
| 23.25        | -1.9        | -2.3        | -0.8          |
| 22.25        | -5.5        | -9.0        | -6.0          |
| 21.20        | -11.3       | -21.0       | -21.3         |
| 21.00        | -12.6       | -23.8       | -25.8         |
| 20.95        | -12.9       | -24.5       | -27.0         |
| 20.20        | -15.5       | -26.1       | -47.0         |
| 20.15        | -15.6       | -25.7       | -48.2         |
| 19.21        | -12.2       | -3.2        | -64.0         |
| 19.16        | -11.8       | -1.4        | -64.1         |
| 19.11        | -11.4       | 0.6         | -64.1         |
| 18.82        | -8.7        | 13.4        | -62.1         |
| 18.23        | -1.2        | 46.8        | -45.0         |
| 17.89        | 4.4         | 71.0        | -24.9         |
| 17.59        | 10.0        | 94.7        | 0.0           |

## Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 23.86        | -0.1        | -0.3        | 0.0           |
| 23.25        | -0.4        | -1.0        | -0.4          |
| 22.25        | -0.9        | -2.2        | -2.0          |
| 21.20        | -1.4        | -3.5        | -5.0          |
| 21.00        | -1.5        | -3.7        | -5.7          |
| 20.95        | -1.5        | -3.7        | -5.9          |
| 20.20        | -1.6        | -3.5        | -8.7          |
| 20.15        | -1.6        | -3.4        | -8.9          |
| 19.21        | -1.0        | 0.0         | -10.8         |
| 19.16        | -0.9        | 0.2         | -10.8         |
| 19.11        | -0.9        | 0.5         | -10.8         |
| 18.82        | -0.4        | 2.7         | -10.3         |
| 18.23        | 0.8         | 7.9         | -7.3          |
| 17.89        | 1.7         | 11.5        | -4.0          |
| 17.59        | 2.5         | 14.9        | 0.0           |

## Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 23.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 23.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.20        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.00        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 20.95        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 20.20        | 0.5         | 0.2         | 0.1           |
| 20.15        | 0.6         | 0.2         | 0.1           |
| 19.21        | 2.7         | 0.1         | 0.3           |
| 19.16        | 2.9         | 0.1         | 0.3           |
| 19.11        | 3.0         | 0.1         | 0.3           |
| 18.82        | 4.0         | 0.0         | 0.3           |
| 18.23        | 6.4         | -0.2        | 0.2           |
| 17.89        | 8.1         | -0.5        | 0.1           |
| 17.59        | 9.7         | -0.3        | 0.0           |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit EI = 3.965E+4 kN·m<sup>2</sup>/m

| Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] |
|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 24.25        | -24.9     | 24.09        | -24.0     | 23.86        | -22.8     | 23.25        | -19.5     | 22.25        | -14.1     | 21.20        | -8.8      | 21.00        | -7.8      |
| 20.95        | -7.6      | 20.20        | -4.4      | 20.15        | -4.2      | 19.21        | -1.3      | 19.16        | -1.2      | 19.11        | -1.1      | 18.82        | -0.6      |
| 18.23        | -0.1      | 17.89        | 0.0       | 17.59        | 0.0       |              |           |              |           |              |           |              |           |

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

phi,[g+q],k: 0.00000000

Theoretischer Fußpunkt = 17.588 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max M,gq

M<sub>Ed</sub> = 82.3 kN·m/mV<sub>Ed</sub> = 1.2 kN/mN<sub>Ed</sub> = -13.5 kN/m (Druck)

Profil: AZ 12-700 Stahlgüte: S 240 GP

Wasserdruckdifferenz = 2.33 m

b = 700.0 mm / b<sub>f</sub> = 356.4 mmt<sub>f</sub> = 8.5 mm / t<sub>w</sub> = 8.5 mm / A = 123.0 cm<sup>2</sup>/m

h = 314.0 mm / α = 42.8 °

W<sub>pl</sub> = 1415.0 cm<sup>3</sup>/m / I = 18880.0 cm<sup>4</sup>/mγ<sub>M0</sub> = 1.00 / γ<sub>M1</sub> = 1.00ε = 0.990 -> b<sub>f</sub> / t<sub>f</sub> / ε = 42.4

Querschnittsklasse: 2

f<sub>y,red</sub> = 240.0 N/mm<sup>2</sup>M<sub>c,Rd</sub> = 339.6 kN·m/mV<sub>pl,Rd</sub> = 514.0 kN/m (μ = 0.002)N<sub>pl,Rd</sub> = 2952.0 kN/m (μ = 0.005)

Querkraft-Interaktion

V<sub>Ed</sub> ≤ 0.5 · V<sub>pl,Rd</sub> -> keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis M<sub>Rd</sub>M<sub>c,Rd</sub> = 339.6 kN·m/mμ = M<sub>Ed</sub> / M<sub>c,Rd</sub> = 0.242

Knicklänge = 10.28 m

N<sub>cr</sub> = 3702.8 kN/mN<sub>Ed</sub> / N<sub>cr</sub> = 0.004 ≤ 0.04

-&gt; Kein Knicknachweis

max μ = 0.242

max M<sub>d</sub> = 82.3 kN·m/m (Tiefe = 19.11 m)Zugehörige Werte: N<sub>d</sub> = -13.5 kN/m; Q<sub>d</sub> = 1.2 kN/m; w<sub>k</sub> = 1.1 mmmax Q<sub>d</sub> = 120.6 kN·m/m (Tiefe = 17.59 m)Zugehörige Werte: N<sub>d</sub> = 13.7 kN/m; M<sub>d</sub> = 0.0 kN·m/m; w<sub>k</sub> = 0.0 mmmax N<sub>d</sub> = 18.8 kN/m (Tiefe = 20.15 m)Zugehörige Werte: Q<sub>d</sub> = -32.0 kN/m; M<sub>d</sub> = -62.8 kN·m/m; w<sub>k</sub> = 4.6 mmmax w<sub>k</sub> = 24.9 mm (Tiefe = 24.25 m)Zugehörige Werte: N<sub>d</sub> = 0.0 kN/m; Q<sub>d</sub> = 0.0 kN/m; M<sub>d</sub> = 0.0 kN·m/m

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %

Einbindetiefe t<sub>g</sub> = 4.09 m

Profillänge = 7.34 m

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße

nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung: G<sub>k</sub> + P<sub>v,k</sub> + E<sub>av,k</sub> + 0.5 · C<sub>h,k</sub> · tan(δ<sub>c</sub>) ≥ (B<sub>h,k</sub> - 0.5 · C<sub>h,k</sub>) · tan(δ<sub>p</sub>)G<sub>k</sub> = 7.09 kN/mP<sub>v,k</sub> = 0.00 kN/mE<sub>av,k</sub> = 38.75 kN/m (E<sub>ah,k</sub> = 97.49 kN/m)C<sub>h,k</sub> = 109.63 kN/mB<sub>v,k</sub> = -57.61 kN/mδ<sub>p</sub> [°] = -13.0δ<sub>c</sub> [°] = 10.8

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Summe  $V_k = 11.37 \text{ kN/m}$  (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit  
(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (links)

Profil: AZ 12-700

$$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_B) / \gamma_{Ep}$$

$$R_{Bv,d} = (249.52 - 1/2 \cdot 109.63) \cdot \tan(32.5^\circ) / 1.20 = 103.37 \text{ kN/m}$$

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_C) / \gamma_{Ep}$$

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 109.63 \cdot \tan(19.5^\circ) / 1.20 = 16.18 \text{ kN/m}$$

Spitzendruck  $q_{c,m} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

(gemittelt von 17.22 bis 15.65 m)  $\Rightarrow q_{b,k} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

$$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0123 \cdot 10.00 \cdot 1000 / 1.40 = 87.86 \text{ kN/m}$$

Mantelreibung

| von   | bis   | $q_{s,k} [\text{kN/m}^2]$ | Bezeichnung |
|-------|-------|---------------------------|-------------|
| 21.00 | 20.95 | 26.67                     | Sand 1      |
| 20.95 | 17.89 | 26.67                     | Sand 2      |
| 17.89 | 16.91 | 26.67                     | Sand 3      |

Mantelfläche (TF + dt1) von 17.59 bis 16.91 m =  $1.169 \text{ m}^2/\text{m} \Rightarrow R_{s3,d}$

$$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 21.28 / 1.40 = 15.20 \text{ kN/m}$$

$$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 222.60 \text{ kN/m}$$

Einwirkungen

$$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 7.80 + 42.63 + 0.00 = 50.43 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 50.43 / 222.60 = 0.23$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Hydraulische Grundbruchsicherheit

UK Schicht = 24.25

$\gamma_{\text{Gewicht}} = 0.95$

$\gamma_{\text{Strömungskraft}} = 1.45$

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.000

$$= 0.000 = (1.45 \cdot 0.00) / (0.95 \cdot 0.00)$$

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Aufbruchsicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten  $f_Q = 1.100 / 1.100 = 1.000$

Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{Rv} = 1.200$

Breite = 0.65 m

Gewicht  $G_k$  (einschließlich Verkehr) = 99.49 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.000)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 44.47 \text{ [kN/m]}$

Kohäsionskraft  $K_k = 0.00 \text{ [kN/m]}$

Grundbruchlast  $R_{n,k} = 1756.24 \text{ [kN/m]}$

Grundbruch mit:

Reibungswinkel  $\varphi_k = 32.50 [^\circ]$

Kohäsion  $c_k = 0.00 \text{ [kN/m}^2]$

$N_d = 24.585 / N_b = 15.025 / N_c = 37.020$

$\sigma_{\bar{u}} = 102.715 \text{ [kN/m}^2]$

$$\mu_{ue} = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.073$$

$$\mu_{ue} = [99.49 \cdot 1.10] / [(1756.24 + 0.00 + 44.47) / 1.200] = 0.073$$

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

## Spundwand

## Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+000 bis 2+075 (Krater 22,00mNN)

## Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 24.25 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 22.00 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 17.89 m

Wasserdruck auf "0.0" gesetzt, wenn zur Erdseite gerichtet.

## Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-A

 $\gamma_G = 1.10$  $\gamma_Q = 1.10$  $\gamma_{Ep} = 1.20$ 

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

## Bermen auf der Aktivseite

| Nr. | x1   | x2    | dh    | a     | x    | y     | Auflast              | Verkehr |
|-----|------|-------|-------|-------|------|-------|----------------------|---------|
| [-] | [m]  | [m]   | [m]   | [m]   | [m]  | [m]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]     |
| 1   | 3.25 | 11.75 | -2.83 | -1.08 | 6.52 | 17.04 | 0.00                 | nein    |

Der Einfluss von Aktivbermen auf den aktiven Erddruck wird gemäß den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" berechnet.

| Bermen | auf  | der    | Passivseite |                      |
|--------|------|--------|-------------|----------------------|
| Nr.    | x1   | x2     | dh          | Auflast              |
| [-]    | [m]  | [m]    | [m]         | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 1      | 0.00 | -10.00 | -2.00       | 0.00                 |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

## Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)               | sig(h)               | x(Luftseite) | x(Erdseite) | Tiefe |
|-----|----------------------|----------------------|--------------|-------------|-------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]          | [m]         | [m]   |
| 1   | 5.00                 | 0.00                 | 0.25         | 3.25        | 24.25 |
| 2   | 33.30                | 0.00                 | 12.00        | 15.00       | 21.50 |

| Nr. | y(oben) | y(mitte) | y(unten) | p(oben)              | p(mitte)             | p(unten)             | Typ            |
|-----|---------|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| [-] | [m]     | [m]      | [m]      | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |                |
| 1   | 24.09   | 23.86    | 19.16    | 1.19                 | 1.19                 | 1.19                 | 0 Verkehrslast |
| 2   | 13.86   | 2.69     | -2.01    | 2.47                 | 2.47                 | 2.47                 | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==&gt; rechteckförmig verteilt

Blocklasten nicht umgelagert

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

Eph,d = 117.75 kN/m (Epv,d = -30.73 kN/m)

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) = Bh,d / Eph,d = 1.000



$B_h(g+q),d = 117.75 \text{ kN/m}$   
 $B_h,g,d = 101.41 \text{ kN/m}$   
 $B_h,q,d = 16.34 \text{ kN/m}$   
 $B_h,w,d = 3.74 \text{ kN/m}$

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 53.04 \text{ kN/m}$   
 $C_{h,g,k} = 43.17 \text{ kN/m}$   
 $C_{h,q,k} = 9.87 \text{ kN/m}$   
 $C_{h,w,k} = -3.14 \text{ kN/m}$

Bodenkennwerte

| Schicht | UK    | $\gamma_k$           | $\gamma'_{k}$        | $\varphi_k$ | $c(pas),k$           | $c(akt),k$           | $d(p)/\varphi$ | $d(a)/\varphi$ | $q_c$                | $c_{u,k}$            |
|---------|-------|----------------------|----------------------|-------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------|
| [-]     | [m]   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] | [°]         | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]            | [-]            | [MN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 1       | -0.64 | 18.00                | 10.00                | 32.50       | 0.00                 | 0.00                 | -0.450         | 0.667          | 10.00                | 0.00                 |

Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{agh}$ | $k_{ach}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ | $k_{agh}(40^\circ)$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|---------------------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      | [-]                 |
| 1       | -0.64 | 0.251     | 0.866     | 32.500      | 21.68    | 57.46    | 0.179               |

Aktive Erddruckordinaten ( $[g+q],k$ )

| von    | bis    | oben                 | unten                | Wasserdruck              | Wasserdruck               |
|--------|--------|----------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|
| [m]    | [m]    | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | oben[kN/m <sup>2</sup> ] | unten[kN/m <sup>2</sup> ] |
| 24.250 | 24.091 | 0.000                | 0.718                | 0.00                     | 0.00                      |
| 24.091 | 23.858 | 1.913                | 2.962                | 0.00                     | 0.00                      |
| 23.858 | 23.250 | 2.962                | 5.705                | 0.00                     | 0.00                      |
| 23.250 | 22.250 | 5.705                | 10.216               | 0.00                     | 0.00                      |
| 22.250 | 22.000 | 10.216               | 11.344               | 0.00                     | 0.00                      |
| 22.000 | 21.450 | 11.344               | 13.825               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.450 | 21.200 | 13.825               | 14.953               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.200 | 20.950 | 14.953               | 16.081               | 0.00                     | 0.00                      |
| 20.950 | 20.850 | 16.081               | 16.331               | 0.00                     | 1.00                      |
| 20.850 | 20.202 | 16.331               | 17.955               | 1.00                     | 7.48                      |
| 20.202 | 19.804 | 17.955               | 18.954               | 7.48                     | 11.46                     |
| 19.804 | 19.156 | 18.954               | 19.384               | 11.46                    | 17.94                     |
| 19.156 | 18.818 | 19.384               | 20.231               | 17.94                    | 21.32                     |
| 18.818 | 17.890 | 20.231               | 21.860               | 21.32                    | 30.60                     |
| 17.890 | 16.478 | 21.860               | 24.340               | 30.60                    | 30.60                     |
| 16.478 | 13.855 | 24.340               | 31.419               | 30.60                    | 30.60                     |
| 13.855 | 2.690  | 31.419               | 51.027               | 30.60                    | 30.60                     |
| 2.690  | 1.776  | 51.027               | 52.631               | 30.60                    | 30.60                     |
| 1.776  | -0.640 | 52.631               | 58.687               | 30.60                    | 30.60                     |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{pgh}$ | $k_{pch}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      |
| 1       | -0.64 | 5.102     | 5.349     | 32.500      | -14.63   | 19.88    |

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.20

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| von   | bis   | oben                 | unten                |
|-------|-------|----------------------|----------------------|
| [m]   | [m]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 22.25 | 22.00 | 0.00                 | 0.00                 |
| 22.00 | 21.45 | 0.00                 | -26.85               |
| 21.45 | 21.20 | -26.85               | -39.05               |
| 21.20 | 20.95 | -39.05               | -51.26               |
| 20.95 | 20.85 | -51.26               | -56.12               |
| 20.85 | 20.20 | -56.12               | -87.76               |
| 20.20 | 19.80 | -87.76               | -107.22              |
| 19.80 | 19.16 | -107.22              | -138.85              |
| 19.16 | 18.82 | -138.85              | -155.35              |
| 18.82 | 17.89 | -155.35              | -200.64              |
| 17.89 | 16.48 | -200.64              | -238.94              |
| 16.48 | 13.86 | -238.94              | -350.45              |
| 13.86 | 2.69  | -350.45              | -825.20              |
| 2.69  | 1.78  | -825.20              | -864.04              |

1.78    -0.64    -864.04    -966.78

Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 24.25 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 24.09 | -0.2   | -0.1   | 0.0      |
| 23.86 | -0.7   | -0.7   | -0.1     |
| 23.25 | -2.5   | -3.6   | -1.3     |
| 22.25 | -7.0   | -12.3  | -8.8     |
| 22.00 | -8.5   | -15.3  | -12.3    |
| 21.45 | -10.1  | -15.5  | -21.4    |
| 21.20 | -9.8   | -11.1  | -24.8    |
| 20.95 | -8.8   | -4.0   | -26.7    |
| 20.85 | -8.2   | -0.4   | -26.9    |
| 20.20 | -1.5   | 31.4   | -17.7    |
| 19.80 | 5.1    | 58.3   | 0.0      |

Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 24.25 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 24.09 | -0.2   | -0.1   | 0.0      |
| 23.86 | -0.6   | -0.4   | 0.0      |
| 23.25 | -2.0   | -2.5   | -0.8     |
| 22.25 | -6.1   | -9.9   | -6.6     |
| 22.00 | -7.4   | -12.6  | -9.4     |
| 21.45 | -9.0   | -13.0  | -17.0    |
| 21.20 | -8.9   | -9.5   | -19.8    |
| 20.95 | -8.1   | -3.6   | -21.5    |
| 20.85 | -7.7   | -0.7   | -21.8    |
| 20.20 | -2.3   | 25.4   | -14.4    |
| 19.80 | 3.1    | 47.5   | 0.0      |

Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 24.25 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 24.09 | -0.2   | -0.1   | 0.0      |
| 23.86 | -0.6   | -0.6   | -0.1     |
| 23.25 | -2.3   | -3.3   | -1.2     |
| 22.25 | -6.4   | -11.2  | -8.0     |
| 22.00 | -7.7   | -13.9  | -11.2    |
| 21.45 | -9.2   | -14.1  | -19.4    |
| 21.20 | -8.9   | -10.1  | -22.5    |
| 20.95 | -8.0   | -3.6   | -24.3    |
| 20.85 | -7.5   | -0.4   | -24.5    |
| 20.20 | -1.3   | 28.5   | -16.1    |
| 19.80 | 4.7    | 53.0   | 0.0      |

Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 24.25 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 24.09 | -0.2   | -0.1   | 0.0      |
| 23.86 | -0.5   | -0.3   | 0.0      |
| 23.25 | -1.9   | -2.3   | -0.8     |
| 22.25 | -5.5   | -9.0   | -6.0     |
| 22.00 | -6.7   | -11.4  | -8.6     |
| 21.45 | -8.2   | -11.9  | -15.4    |
| 21.20 | -8.1   | -8.6   | -18.0    |
| 20.95 | -7.4   | -3.3   | -19.6    |
| 20.85 | -7.0   | -0.6   | -19.8    |
| 20.20 | -2.1   | 23.1   | -13.1    |
| 19.80 | 2.8    | 43.2   | 0.0      |

Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 24.25 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 24.09 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 23.86 | -0.1   | -0.3   | 0.0      |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

|       |      |      |      |
|-------|------|------|------|
| 23.25 | -0.4 | -1.0 | -0.4 |
| 22.25 | -0.9 | -2.2 | -2.0 |
| 22.00 | -1.0 | -2.5 | -2.6 |
| 21.45 | -1.0 | -2.2 | -4.0 |
| 21.20 | -0.9 | -1.5 | -4.5 |
| 20.95 | -0.6 | -0.3 | -4.7 |
| 20.85 | -0.5 | 0.2  | -4.7 |
| 20.20 | 0.8  | 5.4  | -3.0 |
| 19.80 | 1.9  | 9.9  | 0.0  |

## Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 24.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 24.09        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 23.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 23.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.25        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.00        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.45        | 0.1         | 0.2         | 0.0           |
| 21.20        | 0.1         | 0.5         | 0.1           |
| 20.95        | 0.2         | 0.8         | 0.3           |
| 20.85        | 0.2         | 0.9         | 0.4           |
| 20.20        | 0.6         | -0.5        | 0.7           |
| 19.80        | 0.9         | -3.1        | 0.0           |

## Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $EI = 3.965E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$ 

| Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] |
|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 24.25        | -3.6      | 24.09        | -3.4      | 23.86        | -3.1      | 23.25        | -2.4      | 22.25        | -1.3      | 22.00        | -1.0      | 21.45        | -0.6      |
| 21.20        | -0.4      | 20.95        | -0.2      | 20.85        | -0.2      | 20.20        | 0.0       | 19.80        | 0.0       |              |           |              |           |

## Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

 $\phi_{i,[g+q],k} = 0.00000000$ 

Theoretischer Fußpunkt = 19.804 m

## Bemessung nach EC 3 (el.-el.)

Bemessungssituation: max M,gq

 $M_{Ed} = 26.9 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$  $V_{Ed} = 0.4 \text{ kN}/\text{m}$  $N_{Ed} = -8.2 \text{ kN}/\text{m}$  (Druck)

Profil: AZ 12-700 Stahlgüte: S 240 GP

Wasserdruckdifferenz = 3.06 m

 $b = 700.0 \text{ mm} / b_f = 356.4 \text{ mm}$  $t_f = 8.5 \text{ mm} / t_w = 8.5 \text{ mm} / A = 123.0 \text{ cm}^2/\text{m}$  $h = 314.0 \text{ mm} / \alpha = 42.8^\circ$  $W_{el} = 1205.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 18880.0 \text{ cm}^4/\text{m}$  $\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.00$  $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 42.4$ 

Querschnittsklasse: 2

 $f_{y,red} = 240.0 \text{ N}/\text{mm}^2$  $M_{c,Rd} = 289.2 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$  $V_{pl,Rd} = 514.0 \text{ kN}/\text{m}$  ( $\mu = 0.001$ ) $N_{pl,Rd} = 2952.0 \text{ kN}/\text{m}$  ( $\mu = 0.003$ )

Querkraft-Interaktion

 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$  $M_{c,Rd} = 289.2 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$  $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.093$ 

Knicklänge = 6.84 m

 $N_{cr} = 8363.9 \text{ kN}/\text{m}$  $N_{Ed} / N_{cr} = 0.001 \leq 0.04$  $\rightarrow$  Kein Knicknachweismax  $\mu = 0.093$ max  $M_d = 26.9 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$  (Tiefe = 20.85 m)Zugehörige Werte:  $N_d = -8.2 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $Q_d = -0.4 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $w_k = 0.2 \text{ mm}$ 

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



max  $Q_d = 58.3 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$  (Tiefe = 19.80 m)  
 Zugehörige Werte:  $N_d = 5.1 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max  $N_d = 10.1 \text{ kN/m}$  (Tiefe = 21.45 m)  
 Zugehörige Werte:  $Q_d = -15.5 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = -21.4 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$ ;  $w_k = 0.6 \text{ mm}$

max  $w_k = 3.6 \text{ mm}$  (Tiefe = 24.25 m)  
 Zugehörige Werte:  $N_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %  
 Einbindetiefe  $t_g = 2.64 \text{ m}$   
 Profillänge = 4.89 m

#### Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung:  $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$

$G_k = 4.72 \text{ kN/m}$

$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$E_{av,k} = 19.24 \text{ kN/m}$  ( $E_{ah,k} = 48.40 \text{ kN/m}$ )

$C_{h,k} = 53.04 \text{ kN/m}$

$B_{v,k} = -28.18 \text{ kN/m}$

$\delta_p [^\circ] = -14.6$

$\delta_c [^\circ] = 10.8$

Summe  $V_k = 7.76 \text{ kN/m}$  (Druck)

#### Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (links)

Profil: AZ 12-700

Abminderung  $q_{b,k}$  und  $q_{s,k}$  wegen Einbindetiefe  $t_g < 3.00 \text{ m} = (t_g - 0.50) / 2.50 = 0.854$

$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_B) / \gamma_{Ep}$

$R_{Bv,d} = (108.01 - 1/2 \cdot 53.04) \cdot \tan(32.5^\circ) / 1.20 = 43.26 \text{ kN/m}$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) / \gamma_{Ep}$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 53.04 \cdot \tan(21.7^\circ) / 1.20 = 8.78 \text{ kN/m}$

Spitzendruck  $q_{c,m} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

(gemittelt von 19.68 bis 18.11 m)  $\Rightarrow q_{b,k} = 8.54 \text{ MN/m}^2$

$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0123 \cdot 8.54 \cdot 1000 / 1.40 = 75.05 \text{ kN/m}$

#### Mantelreibung

| von   | bis   | $q_{s,k} [\text{kN/m}^2]$ | Bezeichnung |
|-------|-------|---------------------------|-------------|
| 22.00 | 19.36 | 22.78                     | Sand        |

Mantelfläche  $(TF + dt1)$  von 19.80 bis 19.36 m =  $1.169 \text{ m}^2/\text{m} \Rightarrow R_{s3,d}$

$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 11.70 / 1.40 = 8.36 \text{ kN/m}$

$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 135.46 \text{ kN/m}$

#### Einwirkungen

$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 5.19 + 21.16 + 0.00 = 26.35 \text{ kN/m}$

$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 26.35 / 135.46 = 0.19$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

#### Hydraulische Grundbruchsicherheit

UK Schicht = 16.24

Gewicht =  $72.45 \text{ kN/m}^2$

Strömungskraft =  $10.17 \text{ kN/m}^2$

$\gamma(\text{Gewicht}) = 0.95$

$\gamma(\text{Strömungskraft}) = 1.45$

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.000

$= 0.000 = (1.45 \cdot 10.17) / (0.95 \cdot 72.45)$

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

#### Nachweis Aufbruchsicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten  $f_Q = 1.100 / 1.100 = 1.000$

Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma(R_v) = 1.200$

Breite =  $0.45 \text{ m}$

Gewicht  $G_k$  (einschließlich Verkehr) =  $42.00 [\text{kN/m}]$

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rug

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.000)  
 $E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 22.58 \text{ [kN/m]}$   
 $Kohäsionskraft K_k = 0.00 \text{ [kN/m]}$   
 $Grundbruchlast R_{n,k} = 585.43 \text{ [kN/m]}$   
Grundbruch mit:  
 $Reibungswinkel \varphi_k = 32.50 \text{ [°]}$   
 $Kohäsion c_k = 0.00 \text{ [kN/m}^2\text{]}$   
 $N_d = 24.585 / N_b = 15.025 / N_c = 37.020$   
 $\sigma_u = 47.443 \text{ [kN/m}^2\text{]}$   
 $\mu_{ue} = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.091$   
 $\mu_{ue} = [42.00 \cdot 1.10] / [(585.43 + 0.00 + 22.58) / 1.200] = 0.091$

# Spundwand

=====

## Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 18,50mNN)

### Indices:

d = Bemessungswert  
k = charakteristisch  
g = Ständig, einschließlich Wasserdruck  
q = Veränderlich  
g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck  
w = Wasserdruck

Wandkopf = 23.50 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m  
Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 18.50 m  
Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m  
Grundwasserstand (Luftseite) = 20.95 m

### Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-A

$\gamma_G = 1.10$

$\gamma_Q = 1.10$

$\gamma_{Ep} = 1.20$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| Bermen | auf  | der    | Passivseite |                      |
|--------|------|--------|-------------|----------------------|
| Nr.    | x1   | x2     | dh          | Auflast              |
| [-]    | [m]  | [m]    | [m]         | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 1      | 0.00 | -10.00 | -2.00       | 0.00                 |

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

### Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)               | sig(h)               | x(Luftseite) | x(Erdseite) | Tiefe |
|-----|----------------------|----------------------|--------------|-------------|-------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]          | [m]         | [m]   |
| 1   | 16.70                | 0.00                 | 1.00         | 4.00        | 23.50 |
| 2   | 5.00                 | 0.00                 | 4.00         | 15.00       | 23.50 |

| Nr. | y(oben) | y(mitte) | y(unten) | p(oben)              | p(mitte)             | p(unten)             | Typ            |
|-----|---------|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| [-] | [m]     | [m]      | [m]      | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |                |
| 1   | 22.86   | 21.93    | 17.23    | 3.49                 | 3.49                 | 3.49                 | 0 Verkehrslast |
| 2   | 20.95   | 17.23    | -0.01    | 1.03                 | 1.03                 | 1.03                 | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==> rechteckförmig verteilt

### Zusatzdrücke

| Nr. | e(oben)              | e(unten)             | z(oben) | z(unten) | Typ         |
|-----|----------------------|----------------------|---------|----------|-------------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]     | [m]      | [-]         |
| 1   | 0.00                 | 28.20                | 20.95   | 17.89    | Wasserdruck |
| 2   | 28.20                | 0.00                 | 17.89   | 1.29     | Wasserdruck |

Blocklasten nicht umgelagert

### Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

$E_{ph,d} = 1264.69 \text{ kN/m}$  ( $E_{pv,d} = -345.39 \text{ kN/m}$ )

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $B_{h,d} / E_{ph,d} = 1.000$

$B_{h(g+q),d} = 1264.69 \text{ kN/m}$

$B_{h,g,d} = 1157.10 \text{ kN/m}$

$B_{h,q,d} = 107.59 \text{ kN/m}$

$B_{h,w,d} = 497.27 \text{ kN/m}$



Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum) $C_{h,k} = 535.98 \text{ kN/m}$  $C_{h,g,k} = 470.80 \text{ kN/m}$  $C_{h,q,k} = 65.18 \text{ kN/m}$  $C_{h,w,k} = 222.26 \text{ kN/m}$ 

## Bodenkennwerte

| Schicht | UK    | $\gamma_k$           | $\gamma'_{k}$        | $\varphi_k$ | $c_k$                | $d(a)/\varphi$ | $d(p)/\varphi$ | Wasserdruck |
|---------|-------|----------------------|----------------------|-------------|----------------------|----------------|----------------|-------------|
| pas/akt | [m]   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] | [°]         | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]            | [-]            | [-]         |
| 1       | -1.39 | 18.00/18.00          | 9.10/10.80           | 32.50/32.50 | 0.00/ 0.00           | -0.470         |                | 0.667       |

## Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

| Schicht | UK    | $k_{agh}$ | $k_{ach}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ | $k_{agh}(40^\circ)$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|---------------------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      | [-]                 |
| 1       | -1.39 | 0.251     | 0.866     | 32.500      | 21.68    | 57.46    | 0.179               |

Aktive Erddruckordinaten ( $[g+q],k$ )

mit Zusatzdrücke

| von    | bis    | oben                 | unten                | Wasserdruck              | Wasserdruck               |
|--------|--------|----------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|
| [m]    | [m]    | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | oben[kN/m <sup>2</sup> ] | unten[kN/m <sup>2</sup> ] |
| 23.500 | 22.863 | 0.000                | 2.874                | 0.00                     | 0.00                      |
| 22.863 | 22.500 | 6.368                | 8.005                | 0.00                     | 0.00                      |
| 22.500 | 21.932 | 8.005                | 10.565               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.932 | 21.500 | 10.565               | 12.516               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.500 | 20.952 | 12.516               | 14.990               | 0.00                     | 0.00                      |
| 20.952 | 20.450 | 14.990               | 17.381               | -0.02                    | 4.61                      |
| 20.450 | 19.450 | 17.381               | 20.088               | 4.61                     | 13.82                     |
| 19.450 | 18.500 | 20.088               | 22.659               | 13.82                    | 22.58                     |
| 18.500 | 18.449 | 22.659               | 22.797               | 22.58                    | 23.05                     |
| 18.449 | 17.890 | 22.797               | 24.310               | 23.05                    | 28.20                     |
| 17.890 | 17.484 | 24.310               | 25.410               | 28.20                    | 27.51                     |
| 17.484 | 17.230 | 25.410               | 26.097               | 27.51                    | 27.08                     |
| 17.230 | 16.480 | 26.097               | 24.634               | 27.08                    | 25.80                     |
| 16.480 | 15.479 | 24.634               | 27.342               | 25.80                    | 24.10                     |
| 15.479 | 14.479 | 27.342               | 30.050               | 24.10                    | 22.40                     |
| 14.479 | 13.478 | 30.050               | 32.758               | 22.40                    | 20.70                     |
| 13.478 | 12.978 | 32.758               | 34.112               | 20.70                    | 19.86                     |
| 12.978 | 12.528 | 34.112               | 35.329               | 19.86                    | 19.09                     |
| 12.528 | 12.478 | 35.329               | 35.464               | 19.09                    | 19.01                     |
| 12.478 | 11.479 | 35.464               | 38.168               | 19.01                    | 17.31                     |
| 11.479 | 10.480 | 38.168               | 40.872               | 17.31                    | 15.61                     |
| 10.480 | 9.481  | 40.872               | 43.576               | 15.61                    | 13.92                     |
| 9.481  | 8.932  | 43.576               | 45.063               | 13.92                    | 12.98                     |
| 8.932  | 1.290  | 45.063               | 65.747               | 12.98                    | 0.00                      |
| 1.290  | -0.013 | 65.747               | 69.273               | 0.00                     | 0.00                      |
| -0.013 | -1.390 | 69.273               | 71.970               | 0.00                     | 0.00                      |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

## Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{pgh}$ | $k_{pch}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      |
| 1       | -1.39 | 5.186     | 5.418     | 32.500      | -15.27   | 19.54    |

## Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.20

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| von   | bis   | oben                 | unten                |
|-------|-------|----------------------|----------------------|
| [m]   | [m]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 19.45 | 18.50 | 0.00                 | 0.00                 |
| 18.50 | 18.45 | 0.00                 | -1.28                |
| 18.45 | 17.89 | -1.28                | -15.30               |
| 17.89 | 17.48 | -15.30               | -25.49               |
| 17.48 | 17.23 | -25.49               | -31.86               |
| 17.23 | 16.48 | -31.86               | -50.68               |
| 16.48 | 15.48 | -50.68               | -75.77               |
| 15.48 | 14.48 | -75.77               | -100.87              |
| 14.48 | 13.48 | -100.87              | -125.97              |
| 13.48 | 12.98 | -125.97              | -138.51              |
| 12.98 | 12.53 | -138.51              | -156.19              |

|       |       |         |         |
|-------|-------|---------|---------|
| 12.53 | 12.48 | -156.19 | -158.16 |
| 12.48 | 11.48 | -158.16 | -197.44 |
| 11.48 | 10.48 | -197.44 | -236.72 |
| 10.48 | 9.48  | -236.72 | -276.01 |
| 9.48  | 8.93  | -276.01 | -297.61 |
| 8.93  | 1.29  | -297.61 | -598.14 |
| 1.29  | -0.01 | -598.14 | -649.36 |
| -0.01 | -1.39 | -649.36 | -703.53 |

## Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 23.50 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 22.86 | -2.0   | -1.0   | -0.2     |
| 22.50 | -4.0   | -3.9   | -1.1     |
| 21.93 | -7.7   | -9.7   | -4.8     |
| 21.50 | -11.0  | -15.2  | -10.2    |
| 20.95 | -15.6  | -23.5  | -20.7    |
| 20.45 | -20.5  | -33.9  | -35.0    |
| 19.45 | -31.2  | -64.7  | -83.2    |
| 18.50 | -42.4  | -106.0 | -163.3   |
| 18.45 | -43.1  | -108.6 | -168.8   |
| 17.89 | -49.0  | -134.2 | -236.8   |
| 17.48 | -52.1  | -149.5 | -294.6   |
| 17.23 | -53.6  | -157.1 | -333.5   |
| 16.48 | -54.9  | -167.7 | -456.3   |
| 15.48 | -51.5  | -160.8 | -622.6   |
| 14.48 | -42.5  | -130.0 | -770.0   |
| 13.48 | -27.9  | -75.4  | -874.8   |
| 12.98 | -18.5  | -39.1  | -903.7   |
| 12.53 | -8.4   | 0.0    | -912.8   |
| 12.48 | -7.2   | 4.8    | -912.6   |
| 11.48 | 22.5   | 121.2  | -852.9   |
| 10.48 | 61.7   | 275.4  | -657.9   |
| 9.48  | 110.4  | 467.7  | -289.9   |
| 8.93  | 141.2  | 589.6  | 0.0      |

## Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 23.50 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 22.86 | -2.0   | -1.0   | -0.2     |
| 22.50 | -3.5   | -2.5   | -0.8     |
| 21.93 | -6.3   | -6.1   | -3.2     |
| 21.50 | -8.9   | -9.9   | -6.6     |
| 20.95 | -12.7  | -16.1  | -13.7    |
| 20.45 | -16.6  | -24.1  | -23.6    |
| 19.45 | -25.3  | -49.9  | -59.5    |
| 18.50 | -34.7  | -86.5  | -123.4   |
| 18.45 | -35.2  | -88.8  | -127.8   |
| 17.89 | -40.1  | -112.0 | -184.1   |
| 17.48 | -42.6  | -126.0 | -232.5   |
| 17.23 | -43.8  | -132.9 | -265.4   |
| 16.48 | -45.4  | -145.2 | -370.5   |
| 15.48 | -43.1  | -142.5 | -516.3   |
| 14.48 | -35.7  | -118.1 | -648.5   |
| 13.48 | -23.2  | -71.9  | -745.4   |
| 12.98 | -15.1  | -40.7  | -773.8   |
| 12.53 | -6.4   | -6.7   | -784.7   |
| 12.48 | -5.3   | -2.5   | -784.9   |
| 11.48 | 20.8   | 100.0  | -739.1   |
| 10.48 | 55.4   | 237.0  | -573.7   |
| 9.48  | 98.6   | 408.7  | -254.1   |
| 8.93  | 126.0  | 517.9  | 0.0      |

## Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 23.50 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 22.86 | -1.8   | -0.9   | -0.2     |
| 22.50 | -3.7   | -3.5   | -1.0     |
| 21.93 | -7.0   | -8.8   | -4.4     |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

|       |       |        |        |
|-------|-------|--------|--------|
| 21.50 | -10.0 | -13.8  | -9.3   |
| 20.95 | -14.2 | -21.3  | -18.8  |
| 20.45 | -18.7 | -30.9  | -31.8  |
| 19.45 | -28.4 | -58.8  | -75.6  |
| 18.50 | -38.6 | -96.4  | -148.5 |
| 18.45 | -39.2 | -98.7  | -153.5 |
| 17.89 | -44.5 | -122.0 | -215.3 |
| 17.48 | -47.4 | -135.9 | -267.8 |
| 17.23 | -48.8 | -142.8 | -303.2 |
| 16.48 | -49.9 | -152.4 | -414.8 |
| 15.48 | -46.8 | -146.2 | -566.0 |
| 14.48 | -38.7 | -118.2 | -700.0 |
| 13.48 | -25.4 | -68.5  | -795.3 |
| 12.98 | -16.8 | -35.6  | -821.5 |
| 12.53 | -7.7  | 0.0    | -829.8 |
| 12.48 | -6.5  | 4.4    | -829.7 |
| 11.48 | 20.5  | 110.1  | -775.3 |
| 10.48 | 56.1  | 250.4  | -598.1 |
| 9.48  | 100.4 | 425.2  | -263.6 |
| 8.93  | 128.4 | 536.0  | 0.0    |

## Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | -1.8        | -0.9        | -0.2          |
| 22.50        | -3.1        | -2.3        | -0.8          |
| 21.93        | -5.7        | -5.5        | -2.9          |
| 21.50        | -8.1        | -9.0        | -6.0          |
| 20.95        | -11.6       | -14.6       | -12.4         |
| 20.45        | -15.1       | -21.9       | -21.5         |
| 19.45        | -23.0       | -45.3       | -54.1         |
| 18.50        | -31.5       | -78.6       | -112.1        |
| 18.45        | -32.0       | -80.7       | -116.2        |
| 17.89        | -36.4       | -101.8      | -167.4        |
| 17.48        | -38.8       | -114.5      | -211.4        |
| 17.23        | -39.8       | -120.8      | -241.3        |
| 16.48        | -41.3       | -132.0      | -336.9        |
| 15.48        | -39.1       | -129.6      | -469.4        |
| 14.48        | -32.4       | -107.4      | -589.5        |
| 13.48        | -21.1       | -65.4       | -677.6        |
| 12.98        | -13.7       | -37.0       | -703.5        |
| 12.53        | -5.8        | -6.1        | -713.4        |
| 12.48        | -4.8        | -2.2        | -713.6        |
| 11.48        | 18.9        | 90.9        | -671.9        |
| 10.48        | 50.4        | 215.5       | -521.5        |
| 9.48         | 89.6        | 371.5       | -231.0        |
| 8.93         | 114.6       | 470.8       | 0.0           |

## Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.50        | -0.5        | -1.3        | -0.2          |
| 21.93        | -1.3        | -3.3        | -1.5          |
| 21.50        | -1.9        | -4.8        | -3.2          |
| 20.95        | -2.7        | -6.7        | -6.4          |
| 20.45        | -3.6        | -8.9        | -10.3         |
| 19.45        | -5.4        | -13.5       | -21.5         |
| 18.50        | -7.1        | -17.8       | -36.3         |
| 18.45        | -7.2        | -18.0       | -37.3         |
| 17.89        | -8.1        | -20.2       | -48.0         |
| 17.48        | -8.6        | -21.4       | -56.4         |
| 17.23        | -8.9        | -22.0       | -61.9         |
| 16.48        | -8.6        | -20.4       | -77.9         |
| 15.48        | -7.7        | -16.6       | -96.6         |
| 14.48        | -6.2        | -10.8       | -110.5        |
| 13.48        | -4.3        | -3.1        | -117.6        |
| 12.98        | -3.1        | 1.4         | -118.1        |
| 12.53        | -1.9        | 6.1         | -116.4        |
| 12.48        | -1.7        | 6.6         | -116.1        |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



|       |      |      |        |
|-------|------|------|--------|
| 11.48 | 1.6  | 19.3 | -103.4 |
| 10.48 | 5.7  | 34.9 | -76.6  |
| 9.48  | 10.7 | 53.6 | -32.6  |
| 8.93  | 13.8 | 65.2 | 0.0    |

## Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.93        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 20.95        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 20.45        | 0.0         | -1.2        | -0.2          |
| 19.45        | 0.0         | -10.4       | -5.2          |
| 18.50        | 0.0         | -27.7       | -22.6         |
| 18.45        | 0.0         | -28.8       | -24.0         |
| 17.89        | 0.5         | -41.5       | -43.7         |
| 17.48        | 1.3         | -49.9       | -62.3         |
| 17.23        | 2.0         | -54.2       | -75.5         |
| 16.48        | 5.0         | -63.0       | -119.9        |
| 15.48        | 11.1        | -65.5       | -185.0        |
| 14.48        | 19.7        | -57.3       | -247.3        |
| 13.48        | 30.7        | -38.5       | -296.2        |
| 12.98        | 37.2        | -25.1       | -312.2        |
| 12.53        | 43.6        | -10.3       | -320.3        |
| 12.48        | 44.4        | -8.5        | -320.8        |
| 11.48        | 61.6        | 36.6        | -308.0        |
| 10.48        | 82.7        | 97.3        | -242.5        |
| 9.48         | 107.6       | 173.6       | -108.5        |
| 8.93         | 122.9       | 222.3       | 0.0           |

## Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $EI = 2.423E+5 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$ 

| Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] |
|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 23.50        | -223.5    | 22.86        | -209.1    | 22.50        | -200.9    | 21.93        | -188.2    | 21.50        | -178.4    | 20.95        | -166.1    | 20.45        | -154.9    |
| 19.45        | -132.5    | 18.50        | -111.6    | 18.45        | -110.5    | 17.89        | -98.5     | 17.48        | -89.9     | 17.23        | -84.6     | 16.48        | -69.6     |
| 15.48        | -51.0     | 14.48        | -34.8     | 13.48        | -21.4     | 12.98        | -16.0     | 12.53        | -11.8     | 12.48        | -11.4     | 11.48        | -4.7      |
| 10.48        | -1.2      | 9.48         | -0.1      | 8.93         | 0.0       |              |           |              |           |              |           |              |           |

## Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

 $\phi_{[g+q],k} = 0.00000000$ 

Theoretischer Fußpunkt = 8.932 m

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

## Bemessung nach EC 3 (el.-el.)

Bemessungssituation: max  $M, gq$  $M_{Ed} = 912.8 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$  $V_{Ed} = 0.0 \text{ kN/m}$  $N_{Ed} = -8.4 \text{ kN/m}$  (Druck)

Profil: AZ 46-700N Stahlgüte: S 240 GP

Wasserdruckdifferenz = 2.82 m

 $b = 700.0 \text{ mm} / b_f = 449.5 \text{ mm}$  $t_f = 20.0 \text{ mm} / t_w = 16.0 \text{ mm} / A = 287.0 \text{ cm}^2/\text{m}$  $h = 501.0 \text{ mm} / \alpha = 63.2^\circ$  $W_{el} = 4605.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 115370.0 \text{ cm}^4/\text{m}$  $\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.00$  $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 22.7$ 

Querschnittsklasse: 2

 $f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$  $M_{c,Rd} = 1105.2 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$  $V_{pl,Rd} = 1523.4 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.000$ ) $N_{pl,Rd} = 6888.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.001$ )

Querkraft-Interaktion

 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$  $M_{c,Rd} = 1105.2 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$  $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.826$

Knicklänge = 23.07 m  
 $N_{cr} = 4492.8 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.002 \leq 0.04$   
 -> Kein Knicknachweis  
 $\max \mu = 0.826$

$\max M_d = 912.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 12.53 m)  
 Zugehörige Werte:  $N_d = -8.4 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $w_k = 11.8 \text{ mm}$

$\max Q_d = 589.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 8.93 m)  
 Zugehörige Werte:  $N_d = 141.2 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

$\max N_d = 141.2 \text{ kN/m}$  (Tiefe = 8.93 m)  
 Zugehörige Werte:  $Q_d = 589.6 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

$\max w_k = 223.5 \text{ mm}$  (Tiefe = 23.50 m)  
 Zugehörige Werte:  $N_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %  
 Einbindetiefe  $t_d = 11.48 \text{ m}$   
 Profillänge = 16.48 m

#### Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung:  $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$

$G_k = 37.13 \text{ kN/m}$

$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$E_{av,k} = 151.26 \text{ kN/m}$  ( $E_{ah,k} = 380.54 \text{ kN/m}$ )

$C_{h,k} = 535.98 \text{ kN/m}$

$B_{v,k} = -312.46 \text{ kN/m}$

$\delta_p [^\circ] = -15.3$

$\delta_c [^\circ] = 10.8$

Summe  $V_k = 0.35 \text{ kN/m}$  (Druck)

#### Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (links)

Profil: AZ 46-700N

$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_B) / \gamma_{Ep}$

$R_{Bv,d} = (1144.12 - 1/2 \cdot 535.98) \cdot \tan(32.5^\circ) / 1.20 = 465.13 \text{ kN/m}$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) / \gamma_{Ep}$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 535.98 \cdot \tan(19.5^\circ) / 1.20 = 79.08 \text{ kN/m}$

Spitzendruck  $q_{c,m} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

(gemittelt von 7.52 bis 5.01 m)  $\Rightarrow q_{b,k} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0287 \cdot 10.00 \cdot 1000 / 1.40 = 205.00 \text{ kN/m}$

#### Mantelreibung

| von   | bis  | $q_{s,k} [\text{kN/m}^2]$ | Bezeichnung |
|-------|------|---------------------------|-------------|
| 18.50 | 7.02 | 26.67                     | Sand        |

Mantelfläche (TF + dt1) von 8.93 bis 7.02 m =  $1.444 \text{ m}^2/\text{m} \Rightarrow R_{s3,d}$

$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 73.69 / 1.40 = 52.63 \text{ kN/m}$

$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 801.84 \text{ kN/m}$

#### Einwirkungen

$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 40.85 + 166.39 + 0.00 = 207.23 \text{ kN/m}$

$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 207.23 / 801.84 = 0.26$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

#### Hydraulische Grundbruchsicherheit

UK Schicht = 23.50

$\gamma_{\text{Gewicht}} = 0.95$

$\gamma_{\text{Strömungskraft}} = 1.45$

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.000

$= 0.000 = (1.45 \cdot 0.00) / (0.95 \cdot 0.00)$

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rug

Nachweis Aufbruchsisicherheit nach EB 99  
 Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt  
 Faktor Verkehrslasten  $f_Q = 1.100 / 1.100 = 1.000$   
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{Rv} = 1.200$   
 Breite = 1.13 m  
 Gewicht  $G_k$  (einschließlich Verkehr) = 381.49 [kN/m]  
 (Verkehr erhöht mit Faktor = 1.000)  
 $E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 187.64$  [kN/m]  
 Kohäsionskraft  $K_k = 0.00$  [kN/m]  
 Grundbruchlast  $R_{n,k} = 6724.64$  [kN/m]  
 Grundbruch mit:  
 Reibungswinkel  $\varphi_k = 32.50$  [°]  
 Kohäsion  $c_k = 0.00$  [kN/m<sup>2</sup>]  
 $N_d = 24.585 / N_b = 15.025 / N_c = 37.020$   
 $\sigma_u = 228.873$  [kN/m<sup>2</sup>]  
 $mue = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.073$   
 $mue = [381.49 \cdot 1.10] / [(6724.64 + 0.00 + 187.64) / 1.200] = 0.073$



## Spundwand

=====

## Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 19,00mNN)

## Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 23.50 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 19.00 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 20.95 m

## Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-A

 $\gamma_G = 1.10$  $\gamma_Q = 1.10$  $\gamma_{Ep} = 1.20$ 

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| Bermen<br>Nr. | auf<br>x1<br>[m] | der<br>x2<br>[m] | Passivseite<br>dh<br>[m] | Auflast<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|---------------|------------------|------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 1             | 0.00             | -10.00           | -2.00                    | 0.00                            |

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

## Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | sig(h)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | x(Luftseite)<br>[m] | x(Erdseite)<br>[m] | Tiefe<br>[m] |
|-----|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------|--------------|
| 1   | 16.70                          | 0.00                           | 1.00                | 4.00               | 23.50        |
| 2   | 5.00                           | 0.00                           | 4.00                | 15.00              | 23.50        |

| Nr. | y(oben)<br>[m] | y(mitte)<br>[m] | y(unten)<br>[m] | p(oben)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | p(mitte)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | p(unten)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Typ            |
|-----|----------------|-----------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------|
| 1   | 22.86          | 21.93           | 17.23           | 3.49                            | 3.49                             | 3.49                             | 0 Verkehrslast |
| 2   | 20.95          | 17.23           | -0.01           | 1.03                            | 1.03                             | 1.03                             | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==&gt; rechteckförmig verteilt

## Zusatzdrücke

| Nr. | e(oben)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | e(unten)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | z(oben)<br>[m] | z(unten)<br>[m] | Typ<br>[-]  |
|-----|---------------------------------|----------------------------------|----------------|-----------------|-------------|
| 1   | 0.00                            | 27.90                            | 20.95          | 17.89           | Wasserdruck |
| 2   | 27.90                           | 0.00                             | 17.89          | 3.21            | Wasserdruck |

Blocklasten nicht umgelagert

## Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

Eph,d = 1091.96 kN/m (Epv,d = -284.94 kN/m)

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) = Bh,d / Eph,d = 1.000

Bh(g+q),d = 1091.96 kN/m

Bh,g,d = 991.23 kN/m

Bh,q,d = 100.73 kN/m

Bh,w,d = 425.09 kN/m

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 446.49 \text{ kN/m}$

$C_{h,g,k} = 386.57 \text{ kN/m}$

$C_{h,q,k} = 59.92 \text{ kN/m}$

$C_{h,w,k} = 179.65 \text{ kN/m}$

## Bodenkennwerte

| Schicht | UK    | $\gamma_k$           | $\gamma'_{k}$        | $\varphi_k$ | $c_k$                | $d(a)/\varphi$ | $d(p)/\varphi$ | Wasserdruck |
|---------|-------|----------------------|----------------------|-------------|----------------------|----------------|----------------|-------------|
| pas/akt | [m]   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] | [°]         | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]            | [-]            | [-]         |
| 1       | -1.39 | 18.00/18.00          | 9.10/10.80           | 32.50/32.50 | 0.00/ 0.00           | -0.450         |                | 0.667       |

## Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

| Schicht | UK    | $k_{agh}$ | $k_{ach}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ | $k_{agh}(40^\circ)$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|---------------------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      | [-]                 |
| 1       | -1.39 | 0.251     | 0.866     | 32.500      | 21.68    | 57.46    | 0.179               |

Aktive Erddruckordinaten ( $[g+q],k$ )

mit Zusatzdrücke

| von    | bis    | oben                 | unten                | Wasserdruck              | Wasserdruck               |
|--------|--------|----------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|
| [m]    | [m]    | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | oben[kN/m <sup>2</sup> ] | unten[kN/m <sup>2</sup> ] |
| 23.500 | 22.863 | 0.000                | 2.874                | 0.00                     | 0.00                      |
| 22.863 | 22.500 | 6.368                | 8.005                | 0.00                     | 0.00                      |
| 22.500 | 21.932 | 8.005                | 10.565               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.932 | 21.500 | 10.565               | 12.516               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.500 | 20.952 | 12.516               | 14.990               | 0.00                     | 0.00                      |
| 20.952 | 20.450 | 14.990               | 17.381               | -0.02                    | 4.56                      |
| 20.450 | 19.450 | 17.381               | 20.088               | 4.56                     | 13.68                     |
| 19.450 | 19.000 | 20.088               | 21.306               | 13.68                    | 17.78                     |
| 19.000 | 18.495 | 21.306               | 22.672               | 17.78                    | 22.38                     |
| 18.495 | 17.890 | 22.672               | 24.310               | 22.38                    | 27.90                     |
| 17.890 | 17.484 | 24.310               | 25.410               | 27.90                    | 27.13                     |
| 17.484 | 17.230 | 25.410               | 26.097               | 27.13                    | 26.65                     |
| 17.230 | 16.480 | 22.603               | 24.634               | 26.65                    | 25.22                     |
| 16.480 | 15.479 | 24.634               | 27.342               | 25.22                    | 23.32                     |
| 15.479 | 14.478 | 27.342               | 30.051               | 23.32                    | 21.42                     |
| 14.478 | 13.478 | 30.051               | 32.759               | 21.42                    | 19.51                     |
| 13.478 | 13.327 | 32.759               | 33.166               | 19.51                    | 19.23                     |
| 13.327 | 12.476 | 33.166               | 35.470               | 19.23                    | 17.61                     |
| 12.476 | 11.474 | 35.470               | 38.182               | 17.61                    | 15.71                     |
| 11.474 | 10.473 | 38.182               | 40.893               | 15.71                    | 13.80                     |
| 10.473 | 9.972  | 40.893               | 42.249               | 13.80                    | 12.85                     |
| 9.972  | 3.210  | 42.249               | 60.550               | 12.85                    | 0.00                      |
| 3.210  | -0.013 | 60.550               | 68.242               | 0.00                     | 0.00                      |
| -0.013 | -1.390 | 68.242               | 71.970               | 0.00                     | 0.00                      |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

## Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{pgh}$ | $k_{pch}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      |
| 1       | -1.39 | 5.102     | 5.349     | 32.500      | -14.63   | 19.88    |

## Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.20

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| von   | bis   | oben                 | unten                |
|-------|-------|----------------------|----------------------|
| [m]   | [m]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 19.45 | 19.00 | 0.00                 | 0.00                 |
| 19.00 | 18.50 | 0.00                 | -12.45               |
| 18.50 | 17.89 | -12.45               | -27.39               |
| 17.89 | 17.48 | -27.39               | -37.42               |
| 17.48 | 17.23 | -37.42               | -43.68               |
| 17.23 | 16.48 | -43.68               | -62.20               |
| 16.48 | 15.48 | -62.20               | -86.90               |
| 15.48 | 14.48 | -86.90               | -111.59              |
| 14.48 | 13.48 | -111.59              | -136.29              |
| 13.48 | 13.33 | -136.29              | -142.10              |
| 13.33 | 12.48 | -142.10              | -175.05              |
| 12.48 | 11.47 | -175.05              | -213.81              |
| 11.47 | 10.47 | -213.81              | -252.57              |

|       |       |         |         |
|-------|-------|---------|---------|
| 10.47 | 9.97  | -252.57 | -271.95 |
| 9.97  | 3.21  | -271.95 | -533.58 |
| 3.21  | -0.01 | -533.58 | -658.27 |
| -0.01 | -1.39 | -658.27 | -711.57 |

## Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | -1.6        | -1.0        | -0.2          |
| 22.50        | -3.4        | -3.9        | -1.1          |
| 21.93        | -6.8        | -9.7        | -4.8          |
| 21.50        | -9.8        | -15.2       | -10.2         |
| 20.95        | -14.1       | -23.5       | -20.7         |
| 20.45        | -18.7       | -33.9       | -35.0         |
| 19.45        | -28.7       | -64.6       | -83.1         |
| 19.00        | -33.6       | -82.6       | -116.1        |
| 18.50        | -38.6       | -102.8      | -163.0        |
| 17.89        | -42.8       | -123.2      | -231.7        |
| 17.48        | -44.6       | -133.6      | -284.0        |
| 17.23        | -45.3       | -138.0      | -318.5        |
| 16.48        | -44.1       | -139.5      | -423.5        |
| 15.48        | -38.0       | -120.8      | -555.6        |
| 14.48        | -26.7       | -78.4       | -657.2        |
| 13.48        | -10.2       | -12.3       | -704.6        |
| 13.33        | -7.2        | -0.2        | -705.5        |
| 12.48        | 13.4        | 84.4        | -671.6        |
| 11.47        | 45.8        | 218.9       | -522.8        |
| 10.47        | 87.2        | 391.0       | -220.5        |
| 9.97         | 111.2       | 491.1       | 0.0           |

## Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | -1.6        | -1.0        | -0.2          |
| 22.50        | -2.9        | -2.5        | -0.8          |
| 21.93        | -5.3        | -6.1        | -3.2          |
| 21.50        | -7.7        | -9.9        | -6.6          |
| 20.95        | -11.2       | -16.1       | -13.7         |
| 20.45        | -14.8       | -24.1       | -23.6         |
| 19.45        | -22.8       | -49.7       | -59.5         |
| 19.00        | -26.9       | -65.5       | -85.3         |
| 18.50        | -30.9       | -83.5       | -123.0        |
| 17.89        | -34.2       | -102.0      | -179.4        |
| 17.48        | -35.5       | -111.6      | -222.9        |
| 17.23        | -35.9       | -115.7      | -251.7        |
| 16.48        | -35.4       | -120.0      | -340.9        |
| 15.48        | -30.6       | -106.9      | -456.2        |
| 14.48        | -21.2       | -72.5       | -547.8        |
| 13.48        | -7.2        | -16.7       | -594.1        |
| 13.33        | -4.7        | -6.3        | -595.9        |
| 12.48        | 13.1        | 67.0        | -571.8        |
| 11.47        | 41.3        | 184.7       | -448.6        |
| 10.47        | 77.5        | 336.5       | -190.4        |
| 9.97         | 98.6        | 425.2       | 0.0           |

## Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | -1.4        | -0.9        | -0.2          |
| 22.50        | -3.1        | -3.5        | -1.0          |
| 21.93        | -6.2        | -8.8        | -4.4          |
| 21.50        | -8.9        | -13.8       | -9.3          |
| 20.95        | -12.8       | -21.3       | -18.8         |
| 20.45        | -17.0       | -30.8       | -31.8         |
| 19.45        | -26.1       | -58.7       | -75.6         |
| 19.00        | -30.6       | -75.1       | -105.6        |
| 18.50        | -35.1       | -93.5       | -148.2        |
| 17.89        | -39.0       | -112.0      | -210.6        |
| 17.48        | -40.6       | -121.4      | -258.2        |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



|       |       |        |        |
|-------|-------|--------|--------|
| 17.23 | -41.2 | -125.5 | -289.5 |
| 16.48 | -40.1 | -126.8 | -385.0 |
| 15.48 | -34.6 | -109.8 | -505.1 |
| 14.48 | -24.3 | -71.2  | -597.5 |
| 13.48 | -9.3  | -11.2  | -640.5 |
| 13.33 | -6.6  | -0.2   | -641.4 |
| 12.48 | 12.2  | 76.8   | -610.5 |
| 11.47 | 41.7  | 199.0  | -475.3 |
| 10.47 | 79.2  | 355.4  | -200.5 |
| 9.97  | 101.1 | 446.5  | 0.0    |

## Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | -1.4        | -0.9        | -0.2          |
| 22.50        | -2.6        | -2.3        | -0.8          |
| 21.93        | -4.9        | -5.5        | -2.9          |
| 21.50        | -7.0        | -9.0        | -6.0          |
| 20.95        | -10.1       | -14.6       | -12.4         |
| 20.45        | -13.4       | -21.9       | -21.5         |
| 19.45        | -20.8       | -45.2       | -54.1         |
| 19.00        | -24.4       | -59.6       | -77.6         |
| 18.50        | -28.1       | -75.9       | -111.8        |
| 17.89        | -31.1       | -92.8       | -163.1        |
| 17.48        | -32.3       | -101.4      | -202.6        |
| 17.23        | -32.7       | -105.2      | -228.9        |
| 16.48        | -32.2       | -109.1      | -309.9        |
| 15.48        | -27.8       | -97.2       | -414.7        |
| 14.48        | -19.3       | -65.9       | -498.0        |
| 13.48        | -6.6        | -15.2       | -540.1        |
| 13.33        | -4.3        | -5.7        | -541.7        |
| 12.48        | 11.9        | 60.9        | -519.8        |
| 11.47        | 37.6        | 167.9       | -407.8        |
| 10.47        | 70.5        | 305.9       | -173.1        |
| 9.97         | 89.7        | 386.6       | 0.0           |

## Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.50        | -0.5        | -1.3        | -0.2          |
| 21.93        | -1.3        | -3.3        | -1.5          |
| 21.50        | -1.9        | -4.8        | -3.2          |
| 20.95        | -2.7        | -6.7        | -6.4          |
| 20.45        | -3.6        | -8.9        | -10.3         |
| 19.45        | -5.4        | -13.5       | -21.5         |
| 19.00        | -6.2        | -15.5       | -28.0         |
| 18.50        | -7.0        | -17.5       | -36.4         |
| 17.89        | -7.8        | -19.3       | -47.6         |
| 17.48        | -8.3        | -20.0       | -55.5         |
| 17.23        | -8.5        | -20.3       | -60.7         |
| 16.48        | -8.0        | -17.8       | -75.0         |
| 15.48        | -6.7        | -12.6       | -90.4         |
| 14.48        | -5.0        | -5.3        | -99.5         |
| 13.48        | -2.7        | 3.9         | -100.4        |
| 13.33        | -2.3        | 5.5         | -99.7         |
| 12.48        | 0.3         | 15.9        | -90.7         |
| 11.47        | 4.1         | 31.1        | -67.5         |
| 10.47        | 8.8         | 49.5        | -27.4         |
| 9.97         | 11.4        | 59.9        | 0.0           |

## Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.93        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 20.95        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

|       |       |       |        |
|-------|-------|-------|--------|
| 20.45 | 0.0   | -1.1  | -0.2   |
| 19.45 | 0.0   | -10.3 | -5.1   |
| 19.00 | 0.0   | -17.3 | -11.3  |
| 18.50 | 0.3   | -26.4 | -22.3  |
| 17.89 | 1.4   | -37.3 | -41.6  |
| 17.48 | 2.6   | -43.9 | -58.1  |
| 17.23 | 3.5   | -47.1 | -69.7  |
| 16.48 | 7.2   | -52.6 | -107.5 |
| 15.48 | 14.0  | -50.7 | -160.0 |
| 14.48 | 23.1  | -38.2 | -205.4 |
| 13.48 | 34.5  | -15.1 | -232.9 |
| 13.33 | 36.4  | -10.6 | -234.8 |
| 12.48 | 48.8  | 21.1  | -231.1 |
| 11.47 | 66.7  | 72.9  | -185.3 |
| 10.47 | 88.1  | 140.2 | -79.9  |
| 9.97  | 100.1 | 179.7 | 0.0    |

Weggrößen  $([g+q], k)$

berechnet mit  $EI = 1.882E+5 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

| Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w      |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   |
| 23.50 | -192.0 | 22.86 | -178.7 | 22.50 | -171.2 | 21.93 | -159.3 | 21.50 | -150.3 | 20.95 | -138.9 | 20.45 | -128.5 |
| 19.45 | -107.9 | 19.00 | -98.7  | 18.50 | -88.6  | 17.89 | -76.7  | 17.48 | -69.0  | 17.23 | -64.3  | 16.48 | -50.9  |
| 15.48 | -34.9  | 14.48 | -21.6  | 13.48 | -11.5  | 13.33 | -10.2  | 12.48 | -4.7   | 11.47 | -1.1   | 10.47 | 0.0    |
| 9.97  | 0.0    |       |        |       |        |       |        |       |        |       |        |       |        |

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt)  $[\circ]$

$\phi_{[g+q],k}: 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 9.972 m

Bemessung nach EC 3 (el.-el.)

Bemessungssituation: max  $M_{Ed}$

$M_{Ed} = 705.5 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$

$V_{Ed} = 0.2 \text{ kN}/\text{m}$

$N_{Ed} = -7.2 \text{ kN}/\text{m}$  (Druck)

Profil: AZ 36-700N Stahlgüte: S 240 GP

Wasserdruckdifferenz = 2.79 m

$b = 700.0 \text{ mm} / b_f = 444.8 \text{ mm}$

$t_f = 15.0 \text{ mm} / t_w = 11.2 \text{ mm} / A = 216.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 499.0 \text{ mm} / \alpha = 63.2^\circ$

$W_{el} = 3590.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 89610.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

$\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.00$

$\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 30.0$

Querschnittsklasse: 2

$f_{y,red} = 240.0 \text{ N}/\text{mm}^2$

$M_{c,Rd} = 861.6 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$

$V_{pl,Rd} = 1073.0 \text{ kN}/\text{m}$  ( $\mu = 0.000$ )

$N_{pl,Rd} = 5184.0 \text{ kN}/\text{m}$  ( $\mu = 0.001$ )

Querkraft-Interaktion

$V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$

$M_{c,Rd} = 861.6 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$

$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.819$

Knicklänge = 21.47 m

$N_{cr} = 4029.1 \text{ kN}/\text{m}$

$N_{Ed} / N_{cr} = 0.002 \leq 0.04$

$\rightarrow$  Kein Knicknachweis

max  $\mu = 0.819$

max  $M_d = 705.5 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$  (Tiefe = 13.33 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -7.2 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $Q_d = -0.2 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $w_k = 10.2 \text{ mm}$

max  $Q_d = 491.1 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$  (Tiefe = 9.97 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = 111.2 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max  $N_d = 111.2 \text{ kN}/\text{m}$  (Tiefe = 9.97 m)

Zugehörige Werte:  $Q_d = 491.1 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN} \cdot \text{m}/\text{m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max  $w_k = 192.0 \text{ mm}$  (Tiefe = 23.50 m)

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Zugehörige Werte:  $N_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %

Einbindetiefe  $t_g = 10.83 \text{ m}$

Profillänge = 15.33 m

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung:  $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$

$G_k = 26.00 \text{ kN/m}$

$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$E_{av,k} = 133.18 \text{ kN/m}$  ( $E_{ah,k} = 335.06 \text{ kN/m}$ )

$C_{h,k} = 446.49 \text{ kN/m}$

$B_{v,k} = -257.18 \text{ kN/m}$

$\delta_p [^\circ] = -14.6$

$\delta_c [^\circ] = 10.8$

Summe  $V_k = 2.93 \text{ kN/m}$  (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

Nachweis mit Bemessungsgrößen

$(Q_{g,k} + B_{v,k} - 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_p)) / \gamma_p \geq P_{v,d} + E_{av,d} + G_d + 0.5 \cdot C_{h,d} \cdot \tan(\delta_c)$

( $Q_{g,k}$  = Druckkraft infolge Mantelreibung und Spitzendruck)

(Mantelreibung nur unterhalb des rechnerischen Fußpunktes)

$\gamma_p \text{ i.a.} = 1.40$

$P_{v,d} = 0.00 \text{ kN/m}$

$E_{av,d} = 146.50 \text{ kN/m}$

$G_d = 28.60 \text{ kN/m}$

$C_{h,d} = 491.14 \text{ kN/m}$

Folgender Nachweis ist zu erbringen:

$(Q_{g,k} + 257.18 - 58.26) / \gamma_p \geq 222.05$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Nachweis Aufbruchsicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten  $f_Q = 1.100 / 1.100 = 1.000$

Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{Rv} = 1.200$

Breite = 0.90 m

Gewicht  $G_k$  (einschließlich Verkehr) = 280.63 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.000)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 165.69 \text{ [kN/m]}$

Kohäsionskraft  $K_k = 0.00 \text{ [kN/m]}$

Grundbruchlast  $R_{n,k} = 5444.88 \text{ [kN/m]}$

Grundbruch mit:

Reibungswinkel  $\varphi_k = 32.50 [^\circ]$

Kohäsion  $c_k = 0.00 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

$N_d = 24.585 / N_b = 15.025 / N_c = 37.020$

$\sigma_u = 235.579 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

$\mu_e = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.066$

$\mu_e = [280.63 \cdot 1.10] / [(5444.88 + 0.00 + 165.69) / 1.200] = 0.066$

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



## Spundwand

=====

## Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 19,50mNN)

## Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 23.50 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 19.50 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 20.95 m

## Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-A

 $\gamma_G = 1.10$  $\gamma_Q = 1.10$  $\gamma_{Ep} = 1.20$ 

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| Bermen<br>Nr. | auf<br>x1<br>[m] | der<br>x2<br>[m] | Passivseite<br>dh<br>[m] | Auflast<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|---------------|------------------|------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 1             | 0.00             | -10.00           | -2.00                    | 0.00                            |

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

## Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | sig(h)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | x(Luftseite)<br>[m] | x(Erdseite)<br>[m] | Tiefe<br>[m] |
|-----|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------|--------------|
| 1   | 16.70                          | 0.00                           | 1.00                | 4.00               | 23.50        |
| 2   | 5.00                           | 0.00                           | 4.00                | 15.00              | 23.50        |

| Nr. | y(oben)<br>[m] | y(mitte)<br>[m] | y(unten)<br>[m] | p(oben)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | p(mitte)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | p(unten)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Typ            |
|-----|----------------|-----------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------|
| 1   | 22.86          | 21.93           | 17.23           | 3.49                            | 3.49                             | 3.49                             | 0 Verkehrslast |
| 2   | 20.95          | 17.23           | -0.01           | 1.03                            | 1.03                             | 1.03                             | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==&gt; rechteckförmig verteilt

## Zusatzdrücke

| Nr. | e(oben)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | e(unten)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | z(oben)<br>[m] | z(unten)<br>[m] | Typ<br>[-]  |
|-----|---------------------------------|----------------------------------|----------------|-----------------|-------------|
| 1   | 0.00                            | 27.50                            | 20.95          | 17.89           | Wasserdruck |
| 2   | 27.50                           | 0.00                             | 17.89          | 5.39            | Wasserdruck |

Blocklasten nicht umgelagert

## Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

Eph,d = 926.62 kN/m (Epv,d = -241.80 kN/m)

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) = Bh,d / Eph,d = 1.000

Bh(g+q),d = 926.62 kN/m

Bh,g,d = 833.66 kN/m

Bh,q,d = 92.96 kN/m

Bh,w,d = 352.63 kN/m

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum) $C_{h,k} = 364.13 \text{ kN/m}$  $C_{h,g,k} = 309.74 \text{ kN/m}$  $C_{h,q,k} = 54.39 \text{ kN/m}$  $C_{h,w,k} = 140.05 \text{ kN/m}$ 

## Bodenkennwerte

| Schicht | UK    | $\gamma_k$           | $\gamma'_{k}$        | $\varphi_k$ | $c_k$                | $d(a)/\varphi$ | $d(p)/\varphi$ | Wasserdruck |
|---------|-------|----------------------|----------------------|-------------|----------------------|----------------|----------------|-------------|
| pas/akt | [m]   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] | [°]         | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]            | [-]            | [-]         |
| 1       | -1.39 | 18.00/18.00          | 8.80/11.00           | 32.50/32.50 | 0.00/ 0.00           | -0.450         |                | 0.667       |

## Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

| Schicht | UK    | $k_{agh}$ | $k_{ach}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ | $k_{agh}(40^\circ)$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|---------------------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      | [-]                 |
| 1       | -1.39 | 0.251     | 0.866     | 32.500      | 21.68    | 57.46    | 0.179               |

Aktive Erddruckordinaten ( $[g+q],k$ )

mit Zusatzdrücke

| von    | bis    | oben                 | unten                | Wasserdruck              | Wasserdruck               |
|--------|--------|----------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|
| [m]    | [m]    | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | oben[kN/m <sup>2</sup> ] | unten[kN/m <sup>2</sup> ] |
| 23.500 | 22.863 | 0.000                | 2.874                | 0.00                     | 0.00                      |
| 22.863 | 22.500 | 6.368                | 8.005                | 0.00                     | 0.00                      |
| 22.500 | 21.932 | 8.005                | 10.565               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.932 | 21.500 | 10.565               | 12.516               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.500 | 20.952 | 12.516               | 14.990               | 0.00                     | 0.00                      |
| 20.952 | 20.450 | 14.990               | 17.406               | -0.02                    | 4.49                      |
| 20.450 | 19.500 | 17.406               | 20.025               | 4.49                     | 13.03                     |
| 19.500 | 19.450 | 20.025               | 20.164               | 13.03                    | 13.48                     |
| 19.450 | 18.494 | 20.164               | 22.799               | 13.48                    | 22.07                     |
| 18.494 | 17.890 | 22.799               | 24.464               | 22.07                    | 27.50                     |
| 17.890 | 17.484 | 24.464               | 25.584               | 27.50                    | 26.61                     |
| 17.484 | 17.230 | 25.584               | 22.789               | 26.61                    | 26.05                     |
| 17.230 | 16.479 | 22.789               | 24.858               | 26.05                    | 24.40                     |
| 16.479 | 15.479 | 24.858               | 27.617               | 24.40                    | 22.20                     |
| 15.479 | 14.478 | 27.617               | 30.376               | 22.20                    | 19.99                     |
| 14.478 | 14.078 | 30.376               | 31.479               | 19.99                    | 19.11                     |
| 14.078 | 13.978 | 31.479               | 31.755               | 19.11                    | 18.89                     |
| 13.978 | 13.478 | 31.755               | 33.132               | 18.89                    | 17.79                     |
| 13.478 | 12.480 | 33.132               | 35.884               | 17.79                    | 15.60                     |
| 12.480 | 11.481 | 35.884               | 38.637               | 15.60                    | 13.40                     |
| 11.481 | 10.982 | 38.637               | 40.014               | 13.40                    | 12.30                     |
| 10.982 | 5.390  | 40.014               | 55.430               | 12.30                    | 0.00                      |
| 5.390  | -0.013 | 55.430               | 69.293               | 0.00                     | 0.00                      |
| -0.013 | -1.390 | 69.293               | 73.090               | 0.00                     | 0.00                      |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

## Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{pgh}$ | $k_{pch}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      |
| 1       | -1.39 | 5.102     | 5.349     | 32.500      | -14.63   | 19.88    |

## Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.20

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| von   | bis   | oben                 | unten                |
|-------|-------|----------------------|----------------------|
| [m]   | [m]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 20.45 | 19.50 | 0.00                 | 0.00                 |
| 19.50 | 19.45 | 0.00                 | -1.20                |
| 19.45 | 18.49 | -1.20                | -24.02               |
| 18.49 | 17.89 | -24.02               | -38.42               |
| 17.89 | 17.48 | -38.42               | -48.12               |
| 17.48 | 17.23 | -48.12               | -54.18               |
| 17.23 | 16.48 | -54.18               | -72.09               |
| 16.48 | 15.48 | -72.09               | -95.97               |
| 15.48 | 14.48 | -95.97               | -119.85              |
| 14.48 | 14.08 | -119.85              | -129.41              |
| 14.08 | 13.98 | -129.41              | -131.79              |
| 13.98 | 13.48 | -131.79              | -150.48              |
| 13.48 | 12.48 | -150.48              | -187.84              |

|       |       |         |         |
|-------|-------|---------|---------|
| 12.48 | 11.48 | -187.84 | -225.21 |
| 11.48 | 10.98 | -225.21 | -243.89 |
| 10.98 | 5.39  | -243.89 | -453.13 |
| 5.39  | -0.01 | -453.13 | -655.28 |
| -0.01 | -1.39 | -655.28 | -706.82 |

## Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | -1.4        | -1.0        | -0.2          |
| 22.50        | -3.0        | -3.9        | -1.1          |
| 21.93        | -6.2        | -9.7        | -4.8          |
| 21.50        | -9.0        | -15.2       | -10.2         |
| 20.95        | -13.2       | -23.5       | -20.7         |
| 20.45        | -17.6       | -33.9       | -35.0         |
| 19.50        | -26.8       | -62.6       | -79.9         |
| 19.45        | -27.3       | -64.4       | -83.1         |
| 18.49        | -34.6       | -93.7       | -159.5        |
| 17.89        | -36.8       | -107.1      | -220.3        |
| 17.48        | -37.3       | -112.8      | -265.1        |
| 17.23        | -37.1       | -114.4      | -294.0        |
| 16.48        | -33.7       | -107.6      | -378.1        |
| 15.48        | -24.9       | -78.3       | -473.1        |
| 14.48        | -11.0       | -25.8       | -527.1        |
| 14.08        | -4.0        | 1.7         | -532.0        |
| 13.98        | -2.1        | 9.2         | -531.5        |
| 13.48        | 8.4         | 51.5        | -516.7        |
| 12.48        | 35.8        | 163.7       | -412.3        |
| 11.48        | 71.6        | 312.4       | -177.6        |
| 10.98        | 92.8        | 400.5       | 0.0           |

## Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | -1.4        | -1.0        | -0.2          |
| 22.50        | -2.5        | -2.5        | -0.8          |
| 21.93        | -4.8        | -6.1        | -3.2          |
| 21.50        | -6.9        | -9.9        | -6.6          |
| 20.95        | -10.2       | -16.1       | -13.7         |
| 20.45        | -13.7       | -24.1       | -23.6         |
| 19.50        | -21.0       | -48.1       | -57.0         |
| 19.45        | -21.4       | -49.6       | -59.4         |
| 18.49        | -27.1       | -75.3       | -119.8        |
| 17.89        | -28.6       | -87.6       | -169.1        |
| 17.48        | -28.8       | -93.1       | -205.9        |
| 17.23        | -28.5       | -94.8       | -229.8        |
| 16.48        | -26.0       | -91.9       | -300.6        |
| 15.48        | -18.9       | -69.9       | -383.2        |
| 14.48        | -7.3        | -27.0       | -433.4        |
| 14.08        | -1.5        | -4.0        | -439.8        |
| 13.98        | 0.1         | 2.2         | -439.9        |
| 13.48        | 9.0         | 38.1        | -430.1        |
| 12.48        | 32.4        | 134.5       | -346.7        |
| 11.48        | 63.3        | 263.8       | -150.6        |
| 10.98        | 81.6        | 340.7       | 0.0           |

## Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | -1.2        | -0.9        | -0.2          |
| 22.50        | -2.8        | -3.5        | -1.0          |
| 21.93        | -5.6        | -8.8        | -4.4          |
| 21.50        | -8.2        | -13.8       | -9.3          |
| 20.95        | -12.0       | -21.3       | -18.8         |
| 20.45        | -16.0       | -30.8       | -31.8         |
| 19.50        | -24.3       | -56.9       | -72.6         |
| 19.45        | -24.8       | -58.6       | -75.5         |
| 18.49        | -31.4       | -85.2       | -145.0        |
| 17.89        | -33.5       | -97.3       | -200.3        |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



|       |       |        |        |
|-------|-------|--------|--------|
| 17.48 | -33.9 | -102.6 | -241.0 |
| 17.23 | -33.8 | -104.0 | -267.2 |
| 16.48 | -30.7 | -97.8  | -343.7 |
| 15.48 | -22.6 | -71.2  | -430.1 |
| 14.48 | -10.0 | -23.5  | -479.2 |
| 14.08 | -3.6  | 1.6    | -483.7 |
| 13.98 | -1.9  | 8.3    | -483.2 |
| 13.48 | 7.6   | 46.8   | -469.7 |
| 12.48 | 32.5  | 148.8  | -374.8 |
| 11.48 | 65.1  | 284.0  | -161.5 |
| 10.98 | 84.3  | 364.1  | 0.0    |

## Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | -1.2        | -0.9        | -0.2          |
| 22.50        | -2.3        | -2.3        | -0.8          |
| 21.93        | -4.3        | -5.5        | -2.9          |
| 21.50        | -6.3        | -9.0        | -6.0          |
| 20.95        | -9.3        | -14.6       | -12.4         |
| 20.45        | -12.4       | -21.9       | -21.5         |
| 19.50        | -19.1       | -43.7       | -51.8         |
| 19.45        | -19.4       | -45.1       | -54.0         |
| 18.49        | -24.6       | -68.5       | -108.9        |
| 17.89        | -26.0       | -79.6       | -153.7        |
| 17.48        | -26.2       | -84.6       | -187.2        |
| 17.23        | -25.9       | -86.1       | -208.9        |
| 16.48        | -23.6       | -83.5       | -273.2        |
| 15.48        | -17.1       | -63.5       | -348.4        |
| 14.48        | -6.7        | -24.6       | -394.0        |
| 14.08        | -1.3        | -3.7        | -399.8        |
| 13.98        | 0.1         | 2.0         | -399.9        |
| 13.48        | 8.2         | 34.6        | -391.0        |
| 12.48        | 29.4        | 122.3       | -315.2        |
| 11.48        | 57.6        | 239.8       | -136.9        |
| 10.98        | 74.2        | 309.7       | 0.0           |

## Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.50        | -0.5        | -1.3        | -0.2          |
| 21.93        | -1.3        | -3.3        | -1.5          |
| 21.50        | -1.9        | -4.8        | -3.2          |
| 20.95        | -2.7        | -6.7        | -6.4          |
| 20.45        | -3.6        | -8.9        | -10.3         |
| 19.50        | -5.3        | -13.2       | -20.8         |
| 19.45        | -5.4        | -13.5       | -21.5         |
| 18.49        | -6.8        | -16.7       | -36.1         |
| 17.89        | -7.4        | -17.7       | -46.5         |
| 17.48        | -7.7        | -18.0       | -53.8         |
| 17.23        | -7.9        | -17.8       | -58.3         |
| 16.48        | -7.0        | -14.3       | -70.5         |
| 15.48        | -5.5        | -7.7        | -81.7         |
| 14.48        | -3.3        | 1.1         | -85.1         |
| 14.08        | -2.3        | 5.2         | -83.9         |
| 13.98        | -2.0        | 6.3         | -83.3         |
| 13.48        | -0.5        | 12.2        | -78.7         |
| 12.48        | 3.1         | 26.5        | -59.7         |
| 11.48        | 7.5         | 44.3        | -24.6         |
| 10.98        | 10.1        | 54.4        | 0.0           |

## Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.93        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

|       |      |       |        |
|-------|------|-------|--------|
| 20.95 | 0.0  | 0.0   | 0.0    |
| 20.45 | 0.0  | -1.1  | -0.2   |
| 19.50 | 0.0  | -9.4  | -4.6   |
| 19.45 | 0.0  | -10.1 | -5.1   |
| 18.49 | 1.1  | -22.9 | -20.8  |
| 17.89 | 2.8  | -31.4 | -37.2  |
| 17.48 | 4.4  | -36.3 | -51.0  |
| 17.23 | 5.5  | -38.5 | -60.5  |
| 16.48 | 9.8  | -41.1 | -90.8  |
| 15.48 | 17.4 | -35.4 | -130.0 |
| 14.48 | 27.1 | -19.3 | -158.2 |
| 14.08 | 31.6 | -9.9  | -164.1 |
| 13.98 | 32.8 | -7.3  | -165.0 |
| 13.48 | 39.1 | 7.8   | -165.0 |
| 12.48 | 54.3 | 49.4  | -137.7 |
| 11.48 | 72.9 | 106.1 | -61.3  |
| 10.98 | 83.4 | 140.1 | 0.0    |

Weggrößen ( $[g+q], k$ )

berechnet mit  $EI = 1.172E+5 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

| Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w      |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   |
| 23.50 | -199.3 | 22.86 | -184.4 | 22.50 | -175.9 | 21.93 | -162.6 | 21.50 | -152.5 | 20.95 | -139.7 | 20.45 | -128.0 |
| 19.50 | -106.1 | 19.45 | -105.0 | 18.49 | -83.6  | 17.89 | -70.6  | 17.48 | -62.2  | 17.23 | -57.1  | 16.48 | -43.1  |
| 15.48 | -26.9  | 14.48 | -14.4  | 14.08 | -10.5  | 13.98 | -9.7   | 13.48 | -6.0   | 12.48 | -1.5   | 11.48 | -0.1   |
| 10.98 | 0.0    |       |        |       |        |       |        |       |        |       |        |       |        |

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt)  $[\circ]$

$\phi_i, [g+q], k: 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 10.982 m

Bemessung nach EC 3 (el.-el.)

Bemessungssituation: max  $M, q$

$M_{Ed} = 532.0 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$

$V_{Ed} = 1.7 \text{ kN}/\text{m}$

$N_{Ed} = -4.0 \text{ kN}/\text{m}$  (Druck)

Profil: AZ 24-700 Stahlgüte: S 240 GP

Wasserdruckdifferenz = 2.75 m

$b = 700.0 \text{ mm} / b_f = 370.5 \text{ mm}$

$t_f = 11.2 \text{ mm} / t_w = 11.2 \text{ mm} / A = 174.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 459.0 \text{ mm} / \alpha = 55.2^\circ$

$W_{el} = 2430.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 55820.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

$\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.00$

$\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 33.4$

Querschnittsklasse: 2

$f_{y,red} = 240.0 \text{ N}/\text{mm}^2$

$M_{c,Rd} = 583.2 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$

$V_{pl,Rd} = 992.8 \text{ kN}/\text{m}$  ( $\mu = 0.002$ )

$N_{pl,Rd} = 4176.0 \text{ kN}/\text{m}$  ( $\mu = 0.001$ )

Querkraft-Interaktion

$V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$

$M_{c,Rd} = 583.2 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$

$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.912$

Knicklänge = 19.91 m

$N_{cr} = 2918.5 \text{ kN}/\text{m}$

$N_{Ed} / N_{cr} = 0.001 \leq 0.04$

$\rightarrow$  Kein Knicknachweis

max  $\mu = 0.912$

max  $M_d = 532.0 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$  (Tiefe = 14.08 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -4.0 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $Q_d = 1.7 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $w_k = 10.5 \text{ mm}$

max  $Q_d = 400.5 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$  (Tiefe = 10.98 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = 92.8 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max  $N_d = 92.8 \text{ kN}/\text{m}$  (Tiefe = 10.98 m)

Zugehörige Werte:  $Q_d = 400.5 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

max  $w_k = 199.3$  mm (Tiefe = 23.50 m)  
 Zugehörige Werte:  $N_d = 0.0$  kN/m;  $Q_d = 0.0$  kN/m;  $M_d = 0.0$  kN·m/m

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %  
 Einbindetiefe  $t_g = 10.22$  m  
 Profillänge = 14.22 m

#### Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung:  $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) \geq (B_{n,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$

$G_k = 19.43$  kN/m

$P_{v,k} = 0.00$  kN/m

$E_{av,k} = 117.72$  kN/m ( $E_{ah,k} = 296.16$  kN/m)

$C_{h,k} = 364.13$  kN/m

$B_{v,k} = -219.15$  kN/m

$\delta_p [^\circ] = -14.6$

$\delta_c [^\circ] = 10.8$

Summe  $V_k = 0.31$  kN/m (Druck)

#### Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

Nachweis mit Bemessungsgrößen

$(Q_{g,k} + B_{v,k} - 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_p)) / \gamma_p \geq P_{v,d} + E_{av,d} + G_d + 0.5 \cdot C_{h,d} \cdot \tan(\delta_c)$

( $Q_{g,k}$  = Druckkraft infolge Mantelreibung und Spitzendruck)

(Mantelreibung nur unterhalb des rechnerischen Fußpunktes)

$\gamma_p$  i.a. = 1.40

$P_{v,d} = 0.00$  kN/m

$E_{av,d} = 129.49$  kN/m

$G_d = 21.37$  kN/m

$C_{h,d} = 400.54$  kN/m

Folgender Nachweis ist zu erbringen:

$(Q_{g,k} + 219.15 - 47.51) / \gamma_p \geq 189.15$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

#### Nachweis Aufbruchssicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten  $f_Q = 1.100 / 1.100 = 1.000$

Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{Rv} = 1.200$

Breite = 0.80 m

Gewicht  $G_k$  (einschließlich Verkehr) = 232.80 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.000)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 146.80$  [kN/m]

Kohäsionskraft  $K_k = 0.00$  [kN/m]

Grundbruchlast  $R_{n,k} = 4496.36$  [kN/m]

Grundbruch mit:

Reibungswinkel  $\varphi_k = 32.50$  [°]

Kohäsion  $c_k = 0.00$  [kN/m<sup>2</sup>]

$N_d = 24.585 / N_b = 15.025 / N_c = 37.020$

$\sigma_u = 219.426$  [kN/m<sup>2</sup>]

$\mu_{ue} = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.066$

$\mu_{ue} = [232.80 \cdot 1.10] / [(4496.36 + 0.00 + 146.80) / 1.200] = 0.066$

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rug



## Spundwand

=====

## Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 20,00mNN)

## Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 23.50 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 20.00 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 20.95 m

## Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-A

 $\gamma_G = 1.10$  $\gamma_Q = 1.10$  $\gamma_{Ep} = 1.20$ 

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| Bermen<br>Nr. | auf<br>x1<br>[m] | der<br>x2<br>[m] | Passivseite<br>dh<br>[m] | Auflast<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|---------------|------------------|------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 1             | 0.00             | -10.00           | -2.00                    | 0.00                            |

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

## Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | sig(h)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | x(Luftseite)<br>[m] | x(Erdseite)<br>[m] | Tiefe<br>[m] |
|-----|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------|--------------|
| 1   | 16.70                          | 0.00                           | 1.00                | 4.00               | 23.50        |
| 2   | 5.00                           | 0.00                           | 4.00                | 15.00              | 23.50        |

| Nr. | y(oben)<br>[m] | y(mitte)<br>[m] | y(unten)<br>[m] | p(oben)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | p(mitte)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | p(unten)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Typ            |
|-----|----------------|-----------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------|
| 1   | 22.86          | 21.93           | 17.23           | 3.49                            | 3.49                             | 3.49                             | 0 Verkehrslast |
| 2   | 20.95          | 17.23           | -0.01           | 1.03                            | 1.03                             | 1.03                             | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==&gt; rechteckförmig verteilt

## Zusatzdrücke

| Nr. | e(oben)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | e(unten)<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | z(oben)<br>[m] | z(unten)<br>[m] | Typ         |
|-----|---------------------------------|----------------------------------|----------------|-----------------|-------------|
| 1   | 0.00                            | 27.20                            | 20.95          | 17.89           | Wasserdruck |
| 2   | 27.20                           | 0.00                             | 17.89          | 6.56            | Wasserdruck |

Blocklasten nicht umgelagert

## Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

 $E_{ph,d} = 773.83 \text{ kN/m}$  ( $E_{pv,d} = -197.25 \text{ kN/m}$ )Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $B_{h,d} / E_{ph,d} = 1.000$  $B_{h(g+q),d} = 773.83 \text{ kN/m}$  $B_{h,g,d} = 687.96 \text{ kN/m}$  $B_{h,q,d} = 85.87 \text{ kN/m}$  $B_{h,w,d} = 288.84 \text{ kN/m}$

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 284.92 \text{ kN/m}$

$C_{h,g,k} = 236.22 \text{ kN/m}$

$C_{h,q,k} = 48.70 \text{ kN/m}$

$C_{h,w,k} = 101.86 \text{ kN/m}$

## Bodenkennwerte

| Schicht | UK    | $\gamma_k$           | $\gamma'_{k}$        | $\varphi_k$ | $c_k$                | $d(a)/\varphi$ | $d(p)/\varphi$ | Wasserdruck |
|---------|-------|----------------------|----------------------|-------------|----------------------|----------------|----------------|-------------|
| pas/akt | [m]   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] | [°]         | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]            | [-]            | [-]         |
| 1       | -1.39 | 18.00/18.00          | 8.70/11.10           | 32.50/32.50 | 0.00/ 0.00           | -0.440         |                | 0.667       |

## Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

| Schicht | UK    | $k_{agh}$ | $k_{ach}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ | $k_{agh}(40^\circ)$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|---------------------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      | [-]                 |
| 1       | -1.39 | 0.251     | 0.866     | 32.500      | 21.68    | 57.46    | 0.179               |

Aktive Erddruckordinaten ( $[g+q],k$ )

mit Zusatzdrücke

| von    | bis    | oben                 | unten                | Wasserdruck              | Wasserdruck               |
|--------|--------|----------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|
| [m]    | [m]    | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | oben[kN/m <sup>2</sup> ] | unten[kN/m <sup>2</sup> ] |
| 23.500 | 22.863 | 0.000                | 2.874                | 0.00                     | 0.00                      |
| 22.863 | 22.500 | 6.368                | 8.005                | 0.00                     | 0.00                      |
| 22.500 | 21.932 | 8.005                | 10.565               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.932 | 21.500 | 10.565               | 12.516               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.500 | 20.952 | 12.516               | 14.990               | 0.00                     | 0.00                      |
| 20.952 | 20.450 | 14.990               | 17.419               | -0.02                    | 4.44                      |
| 20.450 | 20.000 | 17.419               | 18.671               | 4.44                     | 8.44                      |
| 20.000 | 19.498 | 18.671               | 20.068               | 8.44                     | 12.91                     |
| 19.498 | 18.493 | 20.068               | 22.863               | 12.91                    | 21.84                     |
| 18.493 | 17.890 | 22.863               | 24.540               | 21.84                    | 27.20                     |
| 17.890 | 17.484 | 24.540               | 25.670               | 27.20                    | 26.22                     |
| 17.484 | 17.230 | 25.670               | 26.377               | 26.22                    | 25.62                     |
| 17.230 | 16.479 | 26.377               | 24.971               | 25.62                    | 23.81                     |
| 16.479 | 15.479 | 24.971               | 27.755               | 23.81                    | 21.41                     |
| 15.479 | 14.928 | 27.755               | 29.286               | 21.41                    | 20.09                     |
| 14.928 | 14.478 | 29.286               | 30.539               | 20.09                    | 19.01                     |
| 14.478 | 13.475 | 30.539               | 33.327               | 19.01                    | 16.60                     |
| 13.475 | 12.473 | 33.327               | 36.115               | 16.60                    | 14.20                     |
| 12.473 | 12.072 | 36.115               | 37.230               | 14.20                    | 13.23                     |
| 12.072 | 6.560  | 37.230               | 52.565               | 13.23                    | 0.00                      |
| 6.560  | -0.013 | 52.565               | 70.849               | 0.00                     | 0.00                      |
| -0.013 | -1.390 | 70.849               | 73.650               | 0.00                     | 0.00                      |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

## Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{pgh}$ | $k_{pch}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      |
| 1       | -1.39 | 5.061     | 5.314     | 32.500      | -14.30   | 20.05    |

## Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.20

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| von   | bis   | oben                 | unten                |
|-------|-------|----------------------|----------------------|
| [m]   | [m]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 20.45 | 20.00 | 0.00                 | 0.00                 |
| 20.00 | 19.50 | 0.00                 | -11.76               |
| 19.50 | 18.49 | -11.76               | -35.27               |
| 18.49 | 17.89 | -35.27               | -49.38               |
| 17.89 | 17.48 | -49.38               | -58.88               |
| 17.48 | 17.23 | -58.88               | -64.82               |
| 17.23 | 16.48 | -64.82               | -82.39               |
| 16.48 | 15.48 | -82.39               | -105.81              |
| 15.48 | 14.93 | -105.81              | -118.69              |
| 14.93 | 14.48 | -118.69              | -129.23              |
| 14.48 | 13.48 | -129.23              | -166.01              |
| 13.48 | 12.47 | -166.01              | -202.78              |
| 12.47 | 12.07 | -202.78              | -217.49              |
| 12.07 | 6.56  | -217.49              | -419.74              |
| 6.56  | -0.01 | -419.74              | -660.89              |

-0.01    -1.39    -660.89    -711.43

Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | -1.2        | -1.0        | -0.2          |
| 22.50        | -2.7        | -3.9        | -1.1          |
| 21.93        | -5.7        | -9.7        | -4.8          |
| 21.50        | -8.4        | -15.2       | -10.2         |
| 20.95        | -12.4       | -23.5       | -20.7         |
| 20.45        | -16.7       | -33.9       | -35.0         |
| 20.00        | -20.7       | -46.0       | -52.8         |
| 19.50        | -24.9       | -59.7       | -79.5         |
| 18.49        | -29.5       | -79.1       | -150.1        |
| 17.89        | -30.0       | -85.7       | -200.0        |
| 17.48        | -29.4       | -87.0       | -235.2        |
| 17.23        | -28.6       | -85.9       | -257.2        |
| 16.48        | -23.4       | -71.2       | -317.1        |
| 15.48        | -12.2       | -31.5       | -370.4        |
| 14.93        | -4.1        | 0.1         | -379.4        |
| 14.48        | 3.6         | 31.1        | -372.5        |
| 13.48        | 25.9        | 123.4       | -298.1        |
| 12.47        | 56.3        | 251.9       | -113.1        |
| 12.07        | 70.8        | 313.4       | 0.0           |

Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | -1.2        | -1.0        | -0.2          |
| 22.50        | -2.2        | -2.5        | -0.8          |
| 21.93        | -4.3        | -6.1        | -3.2          |
| 21.50        | -6.3        | -9.9        | -6.6          |
| 20.95        | -9.5        | -16.1       | -13.7         |
| 20.45        | -12.7       | -24.1       | -23.6         |
| 20.00        | -15.9       | -33.9       | -36.6         |
| 19.50        | -19.1       | -45.4       | -56.6         |
| 18.49        | -22.5       | -62.5       | -111.5        |
| 17.89        | -22.5       | -68.9       | -151.2        |
| 17.48        | -21.7       | -70.6       | -179.7        |
| 17.23        | -20.8       | -70.0       | -197.6        |
| 16.48        | -16.8       | -60.4       | -247.2        |
| 15.48        | -7.9        | -30.0       | -294.1        |
| 14.93        | -1.2        | -4.6        | -303.9        |
| 14.48        | 5.1         | 20.8        | -300.4        |
| 13.48        | 23.7        | 97.9        | -243.6        |
| 12.47        | 49.4        | 207.1       | -93.4         |
| 12.07        | 61.6        | 259.8       | 0.0           |

Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | -1.1        | -0.9        | -0.2          |
| 22.50        | -2.5        | -3.5        | -1.0          |
| 21.93        | -5.2        | -8.8        | -4.4          |
| 21.50        | -7.7        | -13.8       | -9.3          |
| 20.95        | -11.3       | -21.3       | -18.8         |
| 20.45        | -15.1       | -30.8       | -31.8         |
| 20.00        | -18.9       | -41.8       | -48.0         |
| 19.50        | -22.6       | -54.3       | -72.3         |
| 18.49        | -26.8       | -71.9       | -136.5        |
| 17.89        | -27.3       | -77.9       | -181.8        |
| 17.48        | -26.7       | -79.1       | -213.9        |
| 17.23        | -26.0       | -78.1       | -233.8        |
| 16.48        | -21.3       | -64.8       | -288.2        |
| 15.48        | -11.1       | -28.7       | -336.7        |
| 14.93        | -3.7        | 0.1         | -344.9        |
| 14.48        | 3.3         | 28.3        | -338.6        |
| 13.48        | 23.6        | 112.2       | -271.0        |
| 12.47        | 51.2        | 229.0       | -102.8        |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



|       |      |       |     |
|-------|------|-------|-----|
| 12.07 | 64.3 | 284.9 | 0.0 |
|-------|------|-------|-----|

## Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | -1.1        | -0.9        | -0.2          |
| 22.50        | -2.0        | -2.3        | -0.8          |
| 21.93        | -3.9        | -5.5        | -2.9          |
| 21.50        | -5.8        | -9.0        | -6.0          |
| 20.95        | -8.6        | -14.6       | -12.4         |
| 20.45        | -11.6       | -21.9       | -21.5         |
| 20.00        | -14.5       | -30.9       | -33.3         |
| 19.50        | -17.4       | -41.3       | -51.5         |
| 18.49        | -20.4       | -56.8       | -101.4        |
| 17.89        | -20.4       | -62.6       | -137.5        |
| 17.48        | -19.7       | -64.2       | -163.4        |
| 17.23        | -18.9       | -63.6       | -179.6        |
| 16.48        | -15.3       | -54.9       | -224.7        |
| 15.48        | -7.2        | -27.2       | -267.4        |
| 14.93        | -1.1        | -4.1        | -276.3        |
| 14.48        | 4.7         | 18.9        | -273.1        |
| 13.48        | 21.6        | 89.0        | -221.5        |
| 12.47        | 44.9        | 188.3       | -84.9         |
| 12.07        | 56.0        | 236.2       | 0.0           |

## Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.50        | -0.5        | -1.3        | -0.2          |
| 21.93        | -1.3        | -3.3        | -1.5          |
| 21.50        | -1.9        | -4.8        | -3.2          |
| 20.95        | -2.7        | -6.7        | -6.4          |
| 20.45        | -3.6        | -8.9        | -10.3         |
| 20.00        | -4.4        | -11.0       | -14.8         |
| 19.50        | -5.2        | -13.0       | -20.8         |
| 18.49        | -6.4        | -15.1       | -35.1         |
| 17.89        | -6.8        | -15.3       | -44.4         |
| 17.48        | -7.0        | -14.9       | -50.5         |
| 17.23        | -7.1        | -14.5       | -54.3         |
| 16.48        | -6.0        | -9.8        | -63.5         |
| 15.48        | -4.0        | -1.4        | -69.3         |
| 14.93        | -2.6        | 4.2         | -68.6         |
| 14.48        | -1.4        | 9.4         | -65.5         |
| 13.48        | 2.0         | 23.2        | -49.6         |
| 12.47        | 6.3         | 40.7        | -17.9         |
| 12.07        | 8.3         | 48.7        | 0.0           |

## Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.93        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 20.95        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 20.45        | 0.0         | -1.1        | -0.2          |
| 20.00        | 0.0         | -4.0        | -1.3          |
| 19.50        | 0.3         | -8.4        | -4.4          |
| 18.49        | 2.3         | -17.9       | -17.5         |
| 17.89        | 4.5         | -24.0       | -30.1         |
| 17.48        | 6.4         | -27.5       | -40.6         |
| 17.23        | 7.7         | -28.8       | -47.8         |
| 16.48        | 12.5        | -28.7       | -69.7         |
| 15.48        | 20.6        | -19.5       | -94.6         |
| 14.93        | 25.9        | -10.1       | -102.9        |
| 14.48        | 30.7        | -0.1        | -105.3        |
| 13.48        | 43.4        | 32.0        | -90.5         |
| 12.47        | 59.3        | 78.9        | -36.2         |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

12.07 66.6 101.9 0.0

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $EI = 7.938E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$ 

| Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] |
|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 23.50        | -175.2    | 22.86        | -160.8    | 22.50        | -152.6    | 21.93        | -139.8    | 21.50        | -130.0    | 20.95        | -117.7    | 20.45        | -106.4    |
| 20.00        | -96.4     | 19.50        | -85.4     | 18.49        | -64.2     | 17.89        | -52.3     | 17.48        | -44.7     | 17.23        | -40.2     | 16.48        | -28.0     |
| 15.48        | -14.9     | 14.93        | -9.5      | 14.48        | -6.0      | 13.48        | -1.4      | 12.47        | 0.0       | 12.07        | 0.0       |              |           |

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

 $\phi_i, [g+q], k: 0.00000000$ 

Theoretischer Fußpunkt = 12.072 m

Bemessung nach EC 3 (el.-el.)

Bemessungssituation: max  $M_{Ed}$  $M_{Ed} = 379.4 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$  $V_{Ed} = 0.1 \text{ kN}/\text{m}$  $N_{Ed} = -4.1 \text{ kN}/\text{m}$  (Druck)

Profil: AZ 18-700 Stahlgüte: S 240 GP

Wasserdruckdifferenz = 2.72 m

 $b = 700.0 \text{ mm} / b_f = 352.8 \text{ mm}$  $t_f = 9.0 \text{ mm} / t_w = 9.0 \text{ mm} / A = 139.0 \text{ cm}^2/\text{m}$  $h = 420.0 \text{ mm} / \alpha = 51.2^\circ$  $W_{el} = 1800.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 37800.0 \text{ cm}^4/\text{m}$  $\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.00$  $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 39.6$ 

Querschnittsklasse: 2

 $f_{y,red} = 240.0 \text{ N}/\text{mm}^2$  $M_{c,Rd} = 432.0 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$  $V_{pl,Rd} = 732.2 \text{ kN}/\text{m}$  ( $\mu = 0.000$ ) $N_{pl,Rd} = 3336.0 \text{ kN}/\text{m}$  ( $\mu = 0.001$ )

Querkraft-Interaktion

 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$  $M_{c,Rd} = 432.0 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$  $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.878$ 

Knicklänge = 18.22 m

 $N_{cr} = 2360.0 \text{ kN}/\text{m}$  $N_{Ed} / N_{cr} = 0.002 \leq 0.04$  $\rightarrow$  Kein Knicknachweismax  $\mu = 0.878$ max  $M_d = 379.4 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$  (Tiefe = 14.93 m)Zugehörige Werte:  $N_d = -4.1 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $Q_d = 0.1 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $w_k = 9.5 \text{ mm}$ max  $Q_d = 313.4 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$  (Tiefe = 12.07 m)Zugehörige Werte:  $N_d = 70.8 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$ max  $N_d = 70.8 \text{ kN}/\text{m}$  (Tiefe = 12.07 m)Zugehörige Werte:  $Q_d = 313.4 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$ max  $w_k = 175.2 \text{ mm}$  (Tiefe = 23.50 m)Zugehörige Werte:  $N_d = 0.0 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $Q_d = 0.0 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$ 

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %

Einbindetiefe  $t_g = 9.51 \text{ m}$ 

Profillänge = 13.01 m

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße

nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung:  $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$  $G_k = 14.20 \text{ kN}/\text{m}$  $P_{v,k} = 0.00 \text{ kN}/\text{m}$  $E_{av,k} = 101.49 \text{ kN}/\text{m}$  ( $E_{ah,k} = 255.33 \text{ kN}/\text{m}$ ) $C_{h,k} = 284.92 \text{ kN}/\text{m}$  $B_{v,k} = -178.30 \text{ kN}/\text{m}$ 

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rüdiger

$$\delta_p [^\circ] = -14.3$$

$$\delta_c [^\circ] = 10.8$$

$$\text{Summe } V_k = 0.94 \text{ kN/m (Druck)}$$

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

Nachweis mit Bemessungsgrößen

$$(Q_{g,k} + B_{v,k} - 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_p)) / \gamma_p \geq P_{v,d} + E_{av,d} + G_d + 0.5 \cdot C_{h,d} \cdot \tan(\delta_c)$$

( $Q_{g,k}$  = Druckkraft infolge Mantelreibung und Spitzendruck)

(Mantelreibung nur unterhalb des rechnerischen Fußpunktes)

$$\gamma_p \text{ i.a.} = 1.40$$

$$P_{v,d} = 0.00 \text{ kN/m}$$

$$E_{av,d} = 111.64 \text{ kN/m}$$

$$G_d = 15.62 \text{ kN/m}$$

$$C_{h,d} = 313.41 \text{ kN/m}$$

Folgender Nachweis ist zu erbringen:

$$(Q_{g,k} + 178.30 - 36.31) / \gamma_p \geq 157.22$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Nachweis Aufbruchssicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

$$\text{Faktor Verkehrslasten } f_Q = 1.100 / 1.100 = 1.000$$

$$\text{Teilsicherheit (Grundbruch) } \gamma_{Rv} = 1.200$$

$$\text{Breite} = 0.70 \text{ m}$$

$$\text{Gewicht } G_k \text{ (einschließlich Verkehr)} = 186.67 \text{ [kN/m]}$$

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.000)

$$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 126.54 \text{ [kN/m]}$$

$$\text{Kohäsionskraft } K_k = 0.00 \text{ [kN/m]}$$

$$\text{Grundbruchlast } R_{n,k} = 3520.32 \text{ [kN/m]}$$

Grundbruch mit:

$$\text{Reibungswinkel } \varphi_k = 32.50 [^\circ]$$

$$\text{Kohäsion } c_k = 0.00 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$N_d = 24.585 / N_b = 15.025 / N_c = 37.020$$

$$\sigma_u = 196.561 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$\text{mue} = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.068$$

$$\text{mue} = [186.67 \cdot 1.10] / [(3520.32 + 0.00 + 126.54) / 1.200] = 0.068$$

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



## Spundwand

## Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 20,50mNN)

## Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 23.50 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 20.50 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 20.95 m

## Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-A

 $\gamma_G = 1.10$  $\gamma_Q = 1.10$  $\gamma_{Ep} = 1.20$ 

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| Bermen | auf  | der    | Passivseite |                      |
|--------|------|--------|-------------|----------------------|
| Nr.    | x1   | x2     | dh          | Auflast              |
| [-]    | [m]  | [m]    | [m]         | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 1      | 0.00 | -10.00 | -2.00       | 0.00                 |

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

## Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)               | sig(h)               | x(Luftseite) | x(Erdseite) | Tiefe |
|-----|----------------------|----------------------|--------------|-------------|-------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]          | [m]         | [m]   |
| 1   | 16.70                | 0.00                 | 1.00         | 4.00        | 23.50 |
| 2   | 5.00                 | 0.00                 | 4.00         | 15.00       | 23.50 |

| Nr. | y(oben) | y(mitte) | y(unten) | p(oben)              | p(mitte)             | p(unten)             | Typ            |
|-----|---------|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| [-] | [m]     | [m]      | [m]      | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |                |
| 1   | 22.86   | 21.93    | 17.23    | 3.49                 | 3.49                 | 3.49                 | 0 Verkehrslast |
| 2   | 20.95   | 17.23    | -0.01    | 1.03                 | 1.03                 | 1.03                 | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==&gt; rechteckförmig verteilt

## Zusatzdrücke

| Nr. | e(oben)              | e(unten)             | z(oben) | z(unten) | Typ         |
|-----|----------------------|----------------------|---------|----------|-------------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]     | [m]      | [-]         |
| 1   | 0.00                 | 26.60                | 20.95   | 17.89    | Wasserdruck |
| 2   | 26.60                | 0.00                 | 17.89   | 8.39     | Wasserdruck |

Blocklasten nicht umgelagert

## Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

Eph,d = 614.48 kN/m (Epv,d = -156.63 kN/m)

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) = Bh,d / Eph,d = 1.000

Bh(g+q),d = 614.48 kN/m

Bh,g,d = 537.69 kN/m

Bh,q,d = 76.80 kN/m

Bh,w,d = 219.36 kN/m

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum) $C_{h,k} = 208.09 \text{ kN/m}$  $C_{h,g,k} = 166.18 \text{ kN/m}$  $C_{h,q,k} = 41.90 \text{ kN/m}$  $C_{h,w,k} = 64.68 \text{ kN/m}$ 

## Bodenkennwerte

| Schicht | UK    | $\gamma_k$           | $\gamma'_{k}$        | $\varphi_k$ | $c_k$                | $d(a)/\varphi$ | $d(p)/\varphi$ | Wasserdruck |
|---------|-------|----------------------|----------------------|-------------|----------------------|----------------|----------------|-------------|
| pas/akt | [m]   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] | [°]         | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]            | [-]            | [-]         |
| 1       | -1.39 | 18.00/18.00          | 8.50/11.30           | 32.50/32.50 | 0.00/ 0.00           | -0.440         |                | 0.667       |

## Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

| Schicht | UK    | $k_{agh}$ | $k_{ach}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ | $k_{agh}(40^\circ)$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|---------------------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      | [-]                 |
| 1       | -1.39 | 0.251     | 0.866     | 32.500      | 21.68    | 57.46    | 0.179               |

## Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

mit Zusatzdrücke

| von    | bis    | oben                 | unten                | Wasserdruck              | Wasserdruck               |
|--------|--------|----------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|
| [m]    | [m]    | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | oben[kN/m <sup>2</sup> ] | unten[kN/m <sup>2</sup> ] |
| 23.500 | 22.863 | 0.000                | 2.874                | 0.00                     | 0.00                      |
| 22.863 | 22.500 | 6.368                | 8.005                | 0.00                     | 0.00                      |
| 22.500 | 21.932 | 8.005                | 10.565               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.932 | 21.500 | 10.565               | 12.516               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.500 | 20.952 | 12.516               | 14.990               | 0.00                     | 0.00                      |
| 20.952 | 20.500 | 14.990               | 17.302               | -0.01                    | 3.91                      |
| 20.500 | 20.450 | 17.302               | 17.445               | 3.91                     | 4.35                      |
| 20.450 | 19.496 | 17.445               | 20.145               | 4.35                     | 12.64                     |
| 19.496 | 18.492 | 20.145               | 22.988               | 12.64                    | 21.36                     |
| 18.492 | 17.890 | 22.988               | 24.694               | 21.36                    | 26.60                     |
| 17.890 | 17.484 | 24.694               | 25.844               | 26.60                    | 25.46                     |
| 17.484 | 17.230 | 25.844               | 23.069               | 25.46                    | 24.75                     |
| 17.230 | 16.479 | 23.069               | 25.195               | 24.75                    | 22.65                     |
| 16.479 | 15.829 | 25.195               | 27.038               | 22.65                    | 20.83                     |
| 15.829 | 15.478 | 27.038               | 28.030               | 20.83                    | 19.85                     |
| 15.478 | 14.978 | 28.030               | 29.447               | 19.85                    | 18.45                     |
| 14.978 | 14.479 | 29.447               | 30.861               | 18.45                    | 17.05                     |
| 14.479 | 13.481 | 30.861               | 33.687               | 17.05                    | 14.25                     |
| 13.481 | 13.281 | 33.687               | 34.253               | 14.25                    | 13.69                     |
| 13.281 | 8.390  | 34.253               | 48.104               | 13.69                    | 0.00                      |
| 8.390  | -0.013 | 48.104               | 71.900               | 0.00                     | 0.00                      |
| -0.013 | -1.390 | 71.900               | 74.770               | 0.00                     | 0.00                      |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

## Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{pgh}$ | $k_{pch}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      |
| 1       | -1.39 | 5.061     | 5.314     | 32.500      | -14.30   | 20.05    |

## Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.20

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| von   | bis   | oben                 | unten                |
|-------|-------|----------------------|----------------------|
| [m]   | [m]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 20.95 | 20.50 | 0.00                 | 0.00                 |
| 20.50 | 20.45 | 0.00                 | -1.15                |
| 20.45 | 19.50 | -1.15                | -22.95               |
| 19.50 | 18.49 | -22.95               | -45.90               |
| 18.49 | 17.89 | -45.90               | -59.68               |
| 17.89 | 17.48 | -59.68               | -68.96               |
| 17.48 | 17.23 | -68.96               | -74.77               |
| 17.23 | 16.48 | -74.77               | -91.93               |
| 16.48 | 15.83 | -91.93               | -106.81              |
| 15.83 | 15.48 | -106.81              | -114.82              |
| 15.48 | 14.98 | -114.82              | -126.26              |
| 14.98 | 14.48 | -126.26              | -144.15              |
| 14.48 | 13.48 | -144.15              | -179.93              |
| 13.48 | 13.28 | -179.93              | -187.09              |
| 13.28 | 8.39  | -187.09              | -362.41              |

|       |       |         |         |
|-------|-------|---------|---------|
| 8.39  | -0.01 | -362.41 | -663.62 |
| -0.01 | -1.39 | -663.62 | -713.00 |

## Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | -1.1        | -1.0        | -0.2          |
| 22.50        | -2.6        | -3.9        | -1.1          |
| 21.93        | -5.5        | -9.7        | -4.8          |
| 21.50        | -8.2        | -15.2       | -10.2         |
| 20.95        | -12.0       | -23.5       | -20.7         |
| 20.50        | -15.8       | -32.7       | -33.3         |
| 20.45        | -16.2       | -33.9       | -35.0         |
| 19.50        | -22.2       | -51.1       | -76.2         |
| 18.49        | -23.9       | -59.3       | -132.4        |
| 17.89        | -22.8       | -59.4       | -168.3        |
| 17.48        | -21.1       | -56.3       | -192.0        |
| 17.23        | -19.6       | -52.4       | -205.8        |
| 16.48        | -12.5       | -29.7       | -237.4        |
| 15.83        | -4.2        | 0.3         | -247.5        |
| 15.48        | 1.0         | 20.4        | -244.0        |
| 14.98        | 9.5         | 54.1        | -225.6        |
| 14.48        | 19.5        | 94.8        | -188.8        |
| 13.48        | 45.3        | 203.0       | -43.1         |
| 13.28        | 51.4        | 228.9       | 0.0           |

## Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | -1.1        | -1.0        | -0.2          |
| 22.50        | -2.0        | -2.5        | -0.8          |
| 21.93        | -4.1        | -6.1        | -3.2          |
| 21.50        | -6.1        | -9.9        | -6.6          |
| 20.95        | -9.1        | -16.1       | -13.7         |
| 20.50        | -12.0       | -23.1       | -22.4         |
| 20.45        | -12.3       | -24.0       | -23.6         |
| 19.50        | -16.7       | -37.9       | -53.7         |
| 18.49        | -17.6       | -45.4       | -96.1         |
| 17.89        | -16.3       | -46.5       | -123.9        |
| 17.48        | -14.6       | -44.6       | -142.5        |
| 17.23        | -13.2       | -41.8       | -153.5        |
| 16.48        | -7.8        | -26.1       | -179.7        |
| 15.83        | -1.2        | -3.3        | -189.7        |
| 15.48        | 2.9         | 12.4        | -188.2        |
| 14.98        | 9.7         | 39.1        | -175.6        |
| 14.48        | 17.8        | 72.0        | -148.2        |
| 13.48        | 39.0        | 161.2       | -34.3         |
| 13.28        | 44.0        | 182.8       | 0.0           |

## Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | -1.0        | -0.9        | -0.2          |
| 22.50        | -2.4        | -3.5        | -1.0          |
| 21.93        | -5.0        | -8.8        | -4.4          |
| 21.50        | -7.4        | -13.8       | -9.3          |
| 20.95        | -10.9       | -21.3       | -18.8         |
| 20.50        | -14.4       | -29.7       | -30.3         |
| 20.45        | -14.8       | -30.8       | -31.8         |
| 19.50        | -20.2       | -46.4       | -69.3         |
| 18.49        | -21.8       | -53.9       | -120.4        |
| 17.89        | -20.7       | -54.0       | -153.0        |
| 17.48        | -19.2       | -51.2       | -174.5        |
| 17.23        | -17.8       | -47.7       | -187.1        |
| 16.48        | -11.3       | -27.0       | -215.9        |
| 15.83        | -3.8        | 0.3         | -225.0        |
| 15.48        | 0.9         | 18.6        | -221.8        |
| 14.98        | 8.6         | 49.1        | -205.1        |
| 14.48        | 17.7        | 86.2        | -171.6        |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rüger



|       |      |       |       |
|-------|------|-------|-------|
| 13.48 | 41.2 | 184.6 | -39.2 |
| 13.28 | 46.7 | 208.1 | 0.0   |

## Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | -1.0        | -0.9        | -0.2          |
| 22.50        | -1.9        | -2.3        | -0.8          |
| 21.93        | -3.7        | -5.5        | -2.9          |
| 21.50        | -5.5        | -9.0        | -6.0          |
| 20.95        | -8.3        | -14.6       | -12.4         |
| 20.50        | -10.9       | -21.0       | -20.4         |
| 20.45        | -11.2       | -21.8       | -21.5         |
| 19.50        | -15.2       | -34.5       | -48.8         |
| 18.49        | -16.0       | -41.3       | -87.4         |
| 17.89        | -14.8       | -42.2       | -112.7        |
| 17.48        | -13.3       | -40.6       | -129.6        |
| 17.23        | -12.0       | -38.0       | -139.6        |
| 16.48        | -7.0        | -23.7       | -163.4        |
| 15.83        | -1.1        | -3.0        | -172.5        |
| 15.48        | 2.7         | 11.3        | -171.1        |
| 14.98        | 8.8         | 35.5        | -159.6        |
| 14.48        | 16.2        | 65.5        | -134.7        |
| 13.48        | 35.4        | 146.6       | -31.2         |
| 13.28        | 40.0        | 166.2       | 0.0           |

## Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.50        | -0.5        | -1.3        | -0.2          |
| 21.93        | -1.3        | -3.3        | -1.5          |
| 21.50        | -1.9        | -4.8        | -3.2          |
| 20.95        | -2.7        | -6.7        | -6.4          |
| 20.50        | -3.5        | -8.7        | -9.9          |
| 20.45        | -3.6        | -8.9        | -10.3         |
| 19.50        | -4.9        | -12.0       | -20.5         |
| 18.49        | -5.8        | -12.6       | -33.0         |
| 17.89        | -5.9        | -11.7       | -40.4         |
| 17.48        | -5.9        | -10.6       | -44.9         |
| 17.23        | -5.8        | -9.6        | -47.5         |
| 16.48        | -4.3        | -3.3        | -52.5         |
| 15.83        | -2.7        | 3.3         | -52.5         |
| 15.48        | -1.7        | 7.3         | -50.7         |
| 14.98        | -0.2        | 13.6        | -45.5         |
| 14.48        | 1.5         | 20.7        | -36.9         |
| 13.48        | 5.8         | 38.0        | -8.0          |
| 13.28        | 6.8         | 41.9        | 0.0           |

## Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.93        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 20.95        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 20.50        | 0.0         | -0.9        | -0.1          |
| 20.45        | 0.0         | -1.1        | -0.2          |
| 19.50        | 0.9         | -5.5        | -3.2          |
| 18.49        | 3.8         | -11.4       | -11.6         |
| 17.89        | 6.4         | -15.6       | -19.7         |
| 17.48        | 8.6         | -17.7       | -26.5         |
| 17.23        | 10.1        | -18.2       | -31.0         |
| 16.48        | 15.2        | -15.8       | -44.2         |
| 15.83        | 20.5        | -9.1        | -52.5         |
| 15.48        | 23.7        | -3.7        | -54.8         |
| 14.98        | 28.7        | 6.2         | -54.3         |
| 14.48        | 34.2        | 19.1        | -48.1         |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

|       |      |      |       |
|-------|------|------|-------|
| 13.48 | 47.5 | 55.7 | -12.0 |
| 13.28 | 50.5 | 64.7 | 0.0   |

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $EI = 3.965E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$ 

| Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w      | Tiefe | w      |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   | [m]   | [mm]   |
| 23.50 | -183.7 | 22.86 | -166.7 | 22.50 | -157.1 | 21.93 | -142.0 | 21.50 | -130.5 | 20.95 | -116.0 | 20.50 | -104.2 |
| 20.45 | -102.9 | 19.50 | -78.6  | 18.49 | -54.7  | 17.89 | -41.8  | 17.48 | -33.9  | 17.23 | -29.3  | 16.48 | -17.6  |
| 15.83 | -9.8   | 15.48 | -6.7   | 14.98 | -3.3   | 14.48 | -1.3   | 13.48 | 0.0    | 13.28 | 0.0    |       |        |

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

 $\phi_i, [g+q], k: 0.00000000$ 

Theoretischer Fußpunkt = 13.281 m

Bemessung nach EC 3 (el.-el.)

Bemessungssituation: max  $M_{gq}$  $M_{Ed} = 247.5 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  $V_{Ed} = 0.3 \text{ kN/m}$  $N_{Ed} = -4.2 \text{ kN/m}$  (Druck)

Profil: AZ 12-700 Stahlgüte: S 240 GP

Wasserdruckdifferenz = 2.66 m

 $b = 700.0 \text{ mm} / b_f = 356.4 \text{ mm}$  $t_f = 8.5 \text{ mm} / t_w = 8.5 \text{ mm} / A = 123.0 \text{ cm}^2/\text{m}$  $h = 314.0 \text{ mm} / \alpha = 42.8^\circ$  $W_{el} = 1205.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 18880.0 \text{ cm}^4/\text{m}$  $\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.00$  $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 42.4$ 

Querschnittsklasse: 2

 $f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$  $M_{c,Rd} = 289.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  $V_{pl,Rd} = 514.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.001$ ) $N_{pl,Rd} = 2952.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.001$ )

Querkraft-Interaktion

 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$  $M_{c,Rd} = 289.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.856$ 

Knicklänge = 16.33 m

 $N_{cr} = 1467.4 \text{ kN/m}$  $N_{Ed} / N_{cr} = 0.003 \leq 0.04$  $\rightarrow$  Kein Knicknachweismax  $\mu = 0.856$ max  $M_d = 247.5 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 15.83 m)Zugehörige Werte:  $N_d = -4.2 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = 0.3 \text{ kN/m}$ ;  $w_k = 9.8 \text{ mm}$ max  $Q_d = 228.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 13.28 m)Zugehörige Werte:  $N_d = 51.4 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$ max  $N_d = 51.4 \text{ kN/m}$  (Tiefe = 13.28 m)Zugehörige Werte:  $Q_d = 228.9 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$ max  $w_k = 183.7 \text{ mm}$  (Tiefe = 23.50 m)Zugehörige Werte:  $N_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ 

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %

Einbindetiefe  $t_g = 8.66 \text{ m}$ 

Profillänge = 11.66 m

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße

nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung:  $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$  $G_k = 11.26 \text{ kN/m}$  $P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$  $E_{av,k} = 84.93 \text{ kN/m}$  ( $E_{ah,k} = 213.67 \text{ kN/m}$ ) $C_{h,k} = 208.09 \text{ kN/m}$ 

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

$B_{v,k} = -141.55 \text{ kN/m}$   
 $\delta_p [^\circ] = -14.3$   
 $\delta_c [^\circ] = 10.8$   
 Summe  $V_k = 1.05 \text{ kN/m (Druck)}$

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

Nachweis mit Bemessungsgrößen

$$(Q_{g,k} + B_{v,k} - 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_p)) / \gamma_p \geq P_{v,d} + E_{av,d} + G_d + 0.5 \cdot C_{h,d} \cdot \tan(\delta_c)$$

( $Q_{g,k}$  = Druckkraft infolge Mantelreibung und Spitzendruck)

(Mantelreibung nur unterhalb des rechnerischen Fußpunktes)

$\gamma_p \text{ i.a.} = 1.40$

$P_{v,d} = 0.00 \text{ kN/m}$

$E_{av,d} = 93.42 \text{ kN/m}$

$G_d = 12.39 \text{ kN/m}$

$C_{h,d} = 228.90 \text{ kN/m}$

Folgender Nachweis ist zu erbringen:

$$(Q_{g,k} + 141.55 - 26.52) / \gamma_p \geq 127.69$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Nachweis Aufbruchsicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten  $f_Q = 1.100 / 1.100 = 1.000$

Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{Rv} = 1.200$

Breite = 0.60 m

Gewicht  $G_k$  (einschließlich Verkehr) = 144.00 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.000)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 106.05 \text{ [kN/m]}$

Kohäsionskraft  $K_k = 0.00 \text{ [kN/m]}$

Grundbruchlast  $R_{n,k} = 2688.77 \text{ [kN/m]}$

Grundbruch mit:

Reibungswinkel  $\varphi_k = 32.50 [^\circ]$

Kohäsion  $c_k = 0.00 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

$N_d = 24.585 / N_b = 15.025 / N_c = 37.020$

$\sigma_u = 175.500 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

$\mu_e = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.068$

$\mu_e = [144.00 \cdot 1.10] / [(2688.77 + 0.00 + 106.05) / 1.200] = 0.068$

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Ruz



Pos. 2. 6-N1

286

Spundwand

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 21,00mNN)

Indices:

d = Bemessungswert  
k = charakteristisch  
g = Ständig, einschließlich Wasserdruck  
q = Veränderlich  
g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck  
w = Wasserdruck

Wandkopf = 23.50 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 21.00 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 20.95 m

Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-A

$\gamma_G = 1.10$

$\gamma_Q = 1.10$

$\gamma_{Ep} = 1.20$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| Bermen<br>Nr. | auf<br>x1 | der<br>x2 | Passivseite<br>dh | Auflast              |
|---------------|-----------|-----------|-------------------|----------------------|
| [-]           | [m]       | [m]       | [m]               | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 1             | 0.00      | -10.00    | -2.00             | 0.00                 |

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)               | sig(h)               | x(Luftseite) | x(Erdseite) | Tiefe |
|-----|----------------------|----------------------|--------------|-------------|-------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]          | [m]         | [m]   |
| 1   | 16.70                | 0.00                 | 1.00         | 4.00        | 23.50 |
| 2   | 5.00                 | 0.00                 | 4.00         | 10.00       | 23.50 |

| Nr. | y(oben) | y(mitte) | y(unten) | p(oben)              | p(mitte)             | p(unten)             | Typ            |
|-----|---------|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| [-] | [m]     | [m]      | [m]      | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |                |
| 1   | 22.86   | 21.93    | 17.23    | 3.49                 | 3.49                 | 3.49                 | 0 Verkehrslast |
| 2   | 20.95   | 17.23    | 7.82     | 0.90                 | 0.90                 | 0.90                 | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==> rechteckförmig verteilt

Zusatzdrücke

| Nr. | e(oben)              | e(unten)             | z(oben) | z(unten) | Typ         |
|-----|----------------------|----------------------|---------|----------|-------------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]     | [m]      | [-]         |
| 1   | 0.00                 | 23.30                | 20.95   | 17.89    | Wasserdruck |
| 2   | 23.30                | 0.00                 | 17.89   | 14.01    | Wasserdruck |

Blocklasten nicht umgelagert

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

$E_{ph,d} = 206.60 \text{ kN/m}$  ( $E_{pv,d} = -53.91 \text{ kN/m}$ )

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $B_{h,d} / E_{ph,d} = 1.000$

$B_{h(g+q),d} = 206.60 \text{ kN/m}$

$B_{h,g,d} = 158.50 \text{ kN/m}$

$B_{h,q,d} = 48.10 \text{ kN/m}$

$B_{h,w,d} = 32.84 \text{ kN/m}$

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 81.85 \text{ kN/m}$

$C_{h,g,k} = 56.28 \text{ kN/m}$

$C_{h,q,k} = 25.57 \text{ kN/m}$

$C_{h,w,k} = -0.53 \text{ kN/m}$

## Bodenkennwerte

| Schicht<br>pas/akt | UK<br>[m] | $\gamma_k$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma'_{k}$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\varphi_k$<br>[°] | $c_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $d(a)/\varphi$<br>[-] | $d(p)/\varphi$ | Wasserdruck<br>[-] |
|--------------------|-----------|------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------|--------------------|
| 1                  | 20.95     | 18.00/18.00                        | 10.00/10.00                           | 32.50/32.50        | 0.00/ 0.00                    | -0.450                |                | 0.667              |
| 2                  | 17.89     | 18.00/18.00                        | 18.00/12.40                           | 32.50/32.50        | 0.00/ 0.00                    | -0.450                |                | 0.667              |
| 3                  | 0.00      | 18.00/18.00                        | 6.40/12.40                            | 32.50/32.50        | 0.00/ 0.00                    | -0.450                |                | 0.667              |

## Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

| Schicht<br>[-] | UK<br>[m] | $k_{agh}$<br>[-] | $k_{ach}$<br>[-] | $\varphi_k$<br>[°] | $\delta$<br>[°] | $\theta$<br>[°] | $k_{agh}(40^\circ)$<br>[-] |
|----------------|-----------|------------------|------------------|--------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|
| 1              | 20.95     | 0.251            | 0.866            | 32.500             | 21.68           | 57.46           | 0.179                      |
| 2              | 17.89     | 0.251            | 0.866            | 32.500             | 21.68           | 57.46           | 0.179                      |
| 3              | 0.00      | 0.251            | 0.866            | 32.500             | 21.68           | 57.46           | 0.179                      |

Aktive Erddruckordinaten ( $[g+q],k$ )

mit Zusatzdrücke

| von<br>[m] | bis<br>[m] | oben<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | unten<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Wasserdruck<br>oben[kN/m <sup>2</sup> ] | Wasserdruck<br>unten[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------------|------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|
| 23.500     | 22.863     | 0.000                        | 2.874                         | 0.00                                    | 0.00                                     |
| 22.863     | 22.500     | 6.368                        | 8.005                         | 0.00                                    | 0.00                                     |
| 22.500     | 21.932     | 8.005                        | 10.565                        | 0.00                                    | 0.00                                     |
| 21.932     | 21.500     | 10.565                       | 12.516                        | 0.00                                    | 0.00                                     |
| 21.500     | 21.000     | 12.516                       | 14.772                        | 0.00                                    | 0.00                                     |
| 21.000     | 20.952     | 14.772                       | 14.990                        | 0.00                                    | 0.00                                     |
| 20.952     | 20.499     | 14.990                       | 17.298                        | -0.01                                   | 3.44                                     |
| 20.499     | 19.495     | 17.298                       | 20.416                        | 3.44                                    | 11.08                                    |
| 19.495     | 19.395     | 20.416                       | 20.728                        | 11.08                                   | 11.84                                    |
| 19.395     | 18.492     | 20.728                       | 23.534                        | 11.84                                   | 18.72                                    |
| 18.492     | 18.091     | 23.534                       | 24.781                        | 18.72                                   | 21.77                                    |
| 18.091     | 17.890     | 24.781                       | 25.405                        | 21.77                                   | 23.30                                    |
| 17.890     | 17.230     | 25.405                       | 27.456                        | 23.30                                   | 19.34                                    |
| 17.230     | 15.478     | 27.456                       | 29.407                        | 19.34                                   | 8.81                                     |
| 15.478     | 14.010     | 29.407                       | 33.968                        | 8.81                                    | 0.00                                     |
| 14.010     | 7.825      | 33.968                       | 53.189                        | 0.00                                    | 0.00                                     |
| 7.825      | 0.000      | 53.189                       | 76.609                        | 0.00                                    | 0.00                                     |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

## Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht<br>[-] | UK<br>[m] | $k_{pgh}$<br>[-] | $k_{pch}$<br>[-] | $\varphi_k$<br>[°] | $\delta$<br>[°] | $\theta$<br>[°] |
|----------------|-----------|------------------|------------------|--------------------|-----------------|-----------------|
| 1              | 20.95     | 5.102            | 5.349            | 32.500             | -14.63          | 19.88           |
| 2              | 17.89     | 5.102            | 5.349            | 32.500             | -14.63          | 19.88           |
| 3              | 0.00      | 5.102            | 5.349            | 32.500             | -14.63          | 19.88           |

## Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.20

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| von<br>[m] | bis<br>[m] | oben<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | unten<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
|------------|------------|------------------------------|-------------------------------|
| 21.50      | 21.00      | 0.00                         | 0.00                          |
| 21.00      | 20.95      | 0.00                         | -2.36                         |
| 20.95      | 20.50      | -2.36                        | -24.48                        |
| 20.50      | 19.50      | -24.48                       | -73.46                        |
| 19.50      | 19.39      | -73.46                       | -78.36                        |
| 19.39      | 18.49      | -78.36                       | -122.43                       |
| 18.49      | 18.09      | -122.43                      | -142.03                       |
| 18.09      | 17.89      | -142.03                      | -151.82                       |
| 17.89      | 17.23      | -151.82                      | -163.28                       |
| 17.23      | 15.48      | -163.28                      | -193.69                       |
| 15.48      | 14.01      | -193.69                      | -233.63                       |
| 14.01      | 7.82       | -233.63                      | -401.94                       |
| 7.82       | 0.00       | -401.94                      | -614.88                       |

## Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | -1.1        | -1.0        | -0.2          |
| 22.50        | -2.6        | -3.9        | -1.1          |
| 21.93        | -5.5        | -9.7        | -4.8          |
| 21.50        | -8.2        | -15.2       | -10.2         |
| 21.00        | -11.7       | -22.7       | -19.6         |
| 20.95        | -12.0       | -23.4       | -20.7         |
| 20.50        | -14.2       | -26.3       | -32.3         |
| 19.50        | -10.4       | -4.8        | -51.1         |
| 19.39        | -9.3        | -0.5        | -51.3         |
| 18.49        | 5.2         | 55.3        | -28.9         |
| 18.09        | 14.7        | 90.0        | 0.0           |

## Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | -1.1        | -1.0        | -0.2          |
| 22.50        | -2.0        | -2.5        | -0.8          |
| 21.93        | -4.1        | -6.1        | -3.2          |
| 21.50        | -6.1        | -9.9        | -6.6          |
| 21.00        | -8.8        | -15.5       | -12.9         |
| 20.95        | -9.1        | -16.1       | -13.7         |
| 20.50        | -10.8       | -18.2       | -21.7         |
| 19.50        | -8.1        | -3.6        | -34.8         |
| 19.39        | -7.3        | -0.6        | -35.0         |
| 18.49        | 3.3         | 37.8        | -19.9         |
| 18.09        | 10.3        | 61.9        | 0.0           |

## Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | -1.0        | -0.9        | -0.2          |
| 22.50        | -2.4        | -3.5        | -1.0          |
| 21.93        | -5.0        | -8.8        | -4.4          |
| 21.50        | -7.4        | -13.8       | -9.3          |
| 21.00        | -10.6       | -20.6       | -17.8         |
| 20.95        | -10.9       | -21.3       | -18.8         |
| 20.50        | -12.9       | -23.9       | -29.3         |
| 19.50        | -9.4        | -4.3        | -46.4         |
| 19.39        | -8.5        | -0.4        | -46.7         |
| 18.49        | 4.7         | 50.2        | -26.3         |
| 18.09        | 13.4        | 81.8        | 0.0           |

## Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | -1.0        | -0.9        | -0.2          |
| 22.50        | -1.9        | -2.3        | -0.8          |
| 21.93        | -3.7        | -5.5        | -2.9          |
| 21.50        | -5.5        | -9.0        | -6.0          |
| 21.00        | -8.0        | -14.1       | -11.7         |
| 20.95        | -8.3        | -14.6       | -12.4         |
| 20.50        | -9.8        | -16.6       | -19.7         |
| 19.50        | -7.3        | -3.2        | -31.7         |
| 19.39        | -6.7        | -0.6        | -31.9         |
| 18.49        | 3.0         | 34.4        | -18.1         |
| 18.09        | 9.4         | 56.3        | 0.0           |

## Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.50        | -0.5        | -1.3        | -0.2          |
| 21.93        | -1.3        | -3.3        | -1.5          |
| 21.50        | -1.9        | -4.8        | -3.2          |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug



|       |      |      |       |
|-------|------|------|-------|
| 21.00 | -2.6 | -6.5 | -6.1  |
| 20.95 | -2.7 | -6.7 | -6.4  |
| 20.50 | -3.1 | -7.3 | -9.6  |
| 19.50 | -2.1 | -1.1 | -14.8 |
| 19.39 | -1.8 | 0.1  | -14.8 |
| 18.49 | 1.7  | 15.8 | -8.2  |
| 18.09 | 4.0  | 25.6 | 0.0   |

## Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.93        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.00        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 20.95        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 20.50        | 0.2         | 0.1         | 0.0           |
| 19.50        | 2.1         | 0.1         | 0.2           |
| 19.39        | 2.4         | 0.1         | 0.2           |
| 18.49        | 5.9         | -0.3        | 0.2           |
| 18.09        | 8.0         | -0.5        | 0.0           |

## Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $EI = 3.965E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$ 

| Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] |
|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 23.50        | -10.3     | 22.86        | -8.5      | 22.50        | -7.5      | 21.93        | -6.0      | 21.50        | -4.8      | 21.00        | -3.5      | 20.95        | -3.4      |
| 20.50        | -2.4      | 19.50        | -0.6      | 19.39        | -0.5      | 18.49        | 0.0       | 18.09        | 0.0       |              |           |              |           |

## Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

 $\phi_{i,[g+q],k} = 0.00000000$ 

Theoretischer Fußpunkt = 18.091 m

## Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max M,gq

 $M_{Ed} = 51.3 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$  $V_{Ed} = 0.5 \text{ kN/m}$  $N_{Ed} = -9.3 \text{ kN/m}$  (Druck)

Profil: AZ 12-700 Stahlgüte: S 240 GP

Wasserdruckdifferenz = 2.33 m

 $b = 700.0 \text{ mm} / b_f = 356.4 \text{ mm}$  $t_f = 8.5 \text{ mm} / t_w = 8.5 \text{ mm} / A = 123.0 \text{ cm}^2/\text{m}$  $h = 314.0 \text{ mm} / \alpha = 42.8^\circ$  $W_{pl} = 1415.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 18880.0 \text{ cm}^4/\text{m}$  $\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.00$  $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 42.4$ 

Querschnittsklasse: 2

 $f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$  $M_{c,Rd} = 339.6 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$  $V_{pl,Rd} = 514.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.001$ ) $N_{pl,Rd} = 2952.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.003$ )

Querkraft-Interaktion

 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$  $M_{c,Rd} = 339.6 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$  $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.151$ 

Knicklänge = 8.39 m

 $N_{cr} = 5559.0 \text{ kN/m}$  $N_{Ed} / N_{cr} = 0.002 \leq 0.04$  $\rightarrow$  Kein Knicknachweismax  $\mu = 0.151$ max  $M_d = 51.3 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$  (Tiefe = 19.39 m)Zugehörige Werte:  $N_d = -9.3 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = -0.5 \text{ kN/m}$ ;  $w_k = 0.5 \text{ mm}$ max  $Q_d = 90.0 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$  (Tiefe = 18.09 m)Zugehörige Werte:  $N_d = 14.7 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$ 

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

max  $N_d = 14.7 \text{ kN/m}$  (Tiefe = 18.09 m)  
 Zugehörige Werte:  $Q_d = 90.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max  $w_k = 10.3 \text{ mm}$  (Tiefe = 23.50 m)  
 Zugehörige Werte:  $N_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %  
 Einbindetiefe  $t_g = 3.49 \text{ m}$   
 Profillänge = 5.99 m

#### Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung:  $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$

$G_k = 5.78 \text{ kN/m}$

$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$E_{av,k} = 31.60 \text{ kN/m}$  ( $E_{ah,k} = 79.51 \text{ kN/m}$ )

$C_{h,k} = 81.85 \text{ kN/m}$

$B_{v,k} = -50.23 \text{ kN/m}$

$\delta_p [^\circ] = -14.6$

$\delta_c [^\circ] = 10.8$

Summe  $V_k = 5.66 \text{ kN/m}$  (Druck)

#### Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (links)

Profil: AZ 12-700

$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_B) / \gamma_{Ep}$

$R_{Bv,d} = (192.48 - 1/2 \cdot 81.85) \cdot \tan(32.5^\circ) / 1.20 = 80.46 \text{ kN/m}$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) / \gamma_{Ep}$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 81.85 \cdot \tan(19.5^\circ) / 1.20 = 12.08 \text{ kN/m}$

Spitzendruck  $q_{c,m} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

(gemittelt von 17.82 bis 16.25 m)  $\Rightarrow q_{b,k} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0123 \cdot 10.00 \cdot 1000 / 1.40 = 87.86 \text{ kN/m}$

#### Mantelreibung

| von   | bis   | $q_{s,k} [\text{kN/m}^2]$ | Bezeichnung |
|-------|-------|---------------------------|-------------|
| 21.00 | 20.95 | 26.67                     | Sand 1      |
| 20.95 | 17.89 | 26.67                     | Sand 2      |
| 17.89 | 17.51 | 26.67                     | Sand 3      |

Mantelfläche (TF + dt1) von 18.09 bis 17.51 m = 1.169 m<sup>2</sup>/m  $\Rightarrow R_{s3,d}$

$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 18.14 / 1.40 = 12.96 \text{ kN/m}$

$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 193.35 \text{ kN/m}$

#### Einwirkungen

$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 6.36 + 34.76 + 0.00 = 41.13 \text{ kN/m}$

$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 41.13 / 193.35 = 0.21$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

#### Hydraulische Grundbruchsicherheit

UK Schicht = 23.50

gamma(Gewicht) = 0.95

gamma(Strömungskraft) = 1.45

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.000

= 0.000 = (1.45 · 0.00) / (0.95 · 0.00)

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

#### Nachweis Aufbruchsicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten  $f_Q = 1.100 / 1.100 = 1.000$

Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma(R_v) = 1.200$

Breite = 0.50 m

Gewicht  $G_k$  (einschließlich Verkehr) = 61.49 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.000)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 38.04 [\text{kN/m}]$

Kohäsionskraft  $K_k = 0.00 [\text{kN/m}]$

Grundbruchlast  $R_{n,k} = 1430.32 \text{ [kN/m]}$

Grundbruch mit:

Reibungswinkel  $\varphi_k = 32.50 [^\circ]$

Kohäsion  $c_k = 0.00 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

$N_d = 24.585 / N_b = 15.025 / N_c = 37.020$

$\sigma_0 = 110.832 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

$\mu_e = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.055$

$\mu_e = [61.49 \cdot 1.10] / [(1430.32 + 0.00 + 38.04) / 1.200] = 0.055$



Pos. 2.7-M1

292

Spundwand

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Abschnitt 2+075 bis 2+130 (Krater 22,00mNN)

Indices:

d = Bemessungswert  
k = charakteristisch  
g = Ständig, einschließlich Wasserdruck  
q = Veränderlich  
g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck  
w = Wasserdruck

Wandkopf = 23.50 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 22.00 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 20.95 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 17.89 m

Wasserdruck auf "0.0" gesetzt, wenn zur Erdseite gerichtet.

Teilsicherheiten

BS: DIN 1054: BS-A

$\gamma_G = 1.10$

$\gamma_Q = 1.10$

$\gamma_{Ep} = 1.20$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| Bermen | auf  | der    | Passivseite |                      |
|--------|------|--------|-------------|----------------------|
| Nr.    | x1   | x2     | dh          | Auflast              |
| [-]    | [m]  | [m]    | [m]         | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 1      | 0.00 | -10.00 | -2.00       | 0.00                 |

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

| Nr. | sig(v)               | sig(h)               | x(Luftseite) | x(Erdseite) | Tiefe |
|-----|----------------------|----------------------|--------------|-------------|-------|
| [-] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m]          | [m]         | [m]   |
| 1   | 16.70                | 0.00                 | 1.00         | 4.00        | 23.50 |

| Nr. | y(oben) | y(mitte) | y(unten) | p(oben)              | p(mitte)             | p(unten)             | Typ            |
|-----|---------|----------|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| [-] | [m]     | [m]      | [m]      | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |                |
| 1   | 22.86   | 21.93    | 17.23    | 3.49                 | 3.49                 | 3.49                 | 0 Verkehrslast |

Typ = 0 ==> rechteckförmig verteilt

Blocklasten nicht umgelagert

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

$E_{ph,d} = 70.72 \text{ kN/m}$  ( $E_{pv,d} = -18.45 \text{ kN/m}$ )

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $B_{h,d} / E_{ph,d} = 1.000$

$B_{h(g+q),d} = 70.72 \text{ kN/m}$

$B_{h,g,d} = 48.48 \text{ kN/m}$

$B_{h,q,d} = 22.24 \text{ kN/m}$

$B_{h,w,d} = 0.89 \text{ kN/m}$

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 30.63 \text{ kN/m}$

$C_{h,g,k} = 19.33 \text{ kN/m}$

$C_{h,q,k} = 11.30 \text{ kN/m}$

$C_{h,w,k} = -1.31 \text{ kN/m}$

## Bodenkennwerte

| Schicht | UK    | $\gamma_k$           | $\gamma'_k$          | $\varphi_k$ | $c(pas)_k$           | $c(akt)_k$           | $d(p)/\varphi$ | $d(a)/\varphi$ |
|---------|-------|----------------------|----------------------|-------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------|
| [-]     | [m]   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [kN/m <sup>3</sup> ] | [°]         | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]            | [-]            |
| 1       | -1.39 | 18.00                | 10.00                | 32.50       | 0.00                 | 0.00                 | -0.450         | 0.667          |

## Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

| Schicht | UK    | $k_{agh}$ | $k_{ach}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ | $k_{agh}(40^\circ)$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|---------------------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      | [-]                 |
| 1       | -1.39 | 0.251     | 0.866     | 32.500      | 21.68    | 57.46    | 0.179               |

## Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

| von    | bis    | oben                 | unten                | Wasserdruck              | Wasserdruck               |
|--------|--------|----------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|
| [m]    | [m]    | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] | oben[kN/m <sup>2</sup> ] | unten[kN/m <sup>2</sup> ] |
| 23.500 | 22.863 | 0.000                | 2.874                | 0.00                     | 0.00                      |
| 22.863 | 22.500 | 6.368                | 8.005                | 0.00                     | 0.00                      |
| 22.500 | 22.000 | 8.005                | 10.261               | 0.00                     | 0.00                      |
| 22.000 | 21.932 | 10.261               | 10.565               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.932 | 21.490 | 10.565               | 12.560               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.490 | 21.048 | 12.560               | 14.554               | 0.00                     | 0.00                      |
| 21.048 | 20.950 | 14.554               | 14.997               | 0.00                     | 0.00                      |
| 20.950 | 20.499 | 14.997               | 16.129               | 0.00                     | 4.51                      |
| 20.499 | 20.298 | 16.129               | 16.632               | 4.51                     | 6.52                      |
| 20.298 | 17.890 | 16.632               | 22.666               | 6.52                     | 30.60                     |
| 17.890 | 17.230 | 22.666               | 24.320               | 30.60                    | 30.60                     |
| 17.230 | 16.478 | 24.320               | 22.712               | 30.60                    | 30.60                     |
| 16.478 | -1.390 | 22.712               | 67.491               | 30.60                    | 30.60                     |

## Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

| Schicht | UK    | $k_{pgh}$ | $k_{pch}$ | $\varphi_k$ | $\delta$ | $\theta$ |
|---------|-------|-----------|-----------|-------------|----------|----------|
| [-]     | [m]   | [-]       | [-]       | [°]         | [°]      | [°]      |
| 1       | -1.39 | 5.102     | 5.349     | 32.500      | -14.63   | 19.88    |

## Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.20

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

| von   | bis   | oben                 | unten                |
|-------|-------|----------------------|----------------------|
| [m]   | [m]   | [kN/m <sup>2</sup> ] | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| 22.50 | 22.00 | 0.00                 | 0.00                 |
| 22.00 | 21.93 | 0.00                 | -3.30                |
| 21.93 | 21.49 | -3.30                | -24.88               |
| 21.49 | 21.05 | -24.88               | -46.46               |
| 21.05 | 20.95 | -46.46               | -51.26               |
| 20.95 | 20.50 | -51.26               | -73.30               |
| 20.50 | 20.30 | -73.30               | -83.09               |
| 20.30 | 17.89 | -83.09               | -200.64              |
| 17.89 | 17.23 | -200.64              | -218.54              |
| 17.23 | 16.48 | -218.54              | -238.94              |
| 16.48 | -1.39 | -238.94              | -998.67              |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rüd

## Schnittgrößen (Bemessungswerte)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 23.50 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 22.86 | -1.1   | -1.0   | -0.2     |
| 22.50 | -2.6   | -3.9   | -1.1     |
| 22.00 | -5.1   | -8.9   | -4.2     |
| 21.93 | -5.5   | -9.6   | -4.8     |
| 21.49 | -6.6   | -8.9   | -9.3     |
| 21.05 | -5.5   | 0.3    | -11.5    |
| 20.95 | -5.0   | 3.5    | -11.3    |
| 20.50 | -1.2   | 22.8   | -5.6     |
| 20.30 | 1.2    | 33.7   | 0.0      |

## Schnittgrößen (g,d)

| Tiefe | N      | Q      | M        |
|-------|--------|--------|----------|
| [m]   | [kN/m] | [kN/m] | [kN·m/m] |
| 23.50 | 0.0    | 0.0    | 0.0      |
| 22.86 | -1.1   | -1.0   | -0.2     |

|       |      |      |      |
|-------|------|------|------|
| 22.50 | -2.0 | -2.5 | -0.8 |
| 22.00 | -3.8 | -5.6 | -2.8 |
| 21.93 | -4.1 | -6.0 | -3.2 |
| 21.49 | -5.0 | -5.7 | -6.0 |
| 21.05 | -4.6 | 0.3  | -7.4 |
| 20.95 | -4.3 | 2.4  | -7.2 |
| 20.50 | -2.1 | 14.6 | -3.6 |
| 20.30 | -0.7 | 21.3 | 0.0  |

## Schnittgrößen ([g+q],k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | -1.0        | -0.9        | -0.2          |
| 22.50        | -2.4        | -3.5        | -1.0          |
| 22.00        | -4.7        | -8.1        | -3.8          |
| 21.93        | -5.0        | -8.7        | -4.4          |
| 21.49        | -6.0        | -8.1        | -8.4          |
| 21.05        | -5.0        | 0.2         | -10.4         |
| 20.95        | -4.6        | 3.2         | -10.3         |
| 20.50        | -1.1        | 20.7        | -5.1          |
| 20.30        | 1.1         | 30.6        | 0.0           |

## Schnittgrößen (g,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | -1.0        | -0.9        | -0.2          |
| 22.50        | -1.9        | -2.3        | -0.8          |
| 22.00        | -3.5        | -5.1        | -2.5          |
| 21.93        | -3.7        | -5.5        | -2.9          |
| 21.49        | -4.5        | -5.2        | -5.4          |
| 21.05        | -4.2        | 0.2         | -6.7          |
| 20.95        | -3.9        | 2.1         | -6.6          |
| 20.50        | -1.9        | 13.2        | -3.3          |
| 20.30        | -0.6        | 19.3        | 0.0           |

## Schnittgrößen (q,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.50        | -0.5        | -1.3        | -0.2          |
| 22.00        | -1.2        | -3.0        | -1.3          |
| 21.93        | -1.3        | -3.2        | -1.5          |
| 21.49        | -1.4        | -3.0        | -3.0          |
| 21.05        | -0.9        | 0.0         | -3.7          |
| 20.95        | -0.6        | 1.0         | -3.7          |
| 20.50        | 0.8         | 7.5         | -1.9          |
| 20.30        | 1.7         | 11.3        | 0.0           |

Geprüft  
Prof. Dr.-Ing.  
Wolfgang Rug

## Schnittgrößen (w,k)

| Tiefe<br>[m] | N<br>[kN/m] | Q<br>[kN/m] | M<br>[kN·m/m] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 23.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.86        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.50        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 22.00        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.93        | 0.0         | 0.0         | 0.0           |
| 21.49        | 0.0         | 0.1         | 0.0           |
| 21.05        | 0.1         | 0.3         | 0.1           |
| 20.95        | 0.1         | 0.3         | 0.1           |
| 20.50        | 0.2         | -0.4        | 0.2           |
| 20.30        | 0.2         | -1.3        | 0.0           |

## Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $EI = 3.965E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$ 

| Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] | Tiefe<br>[m] | w<br>[mm] |
|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 23.50        | -0.8      | 22.86        | -0.6      | 22.50        | -0.4      | 22.00        | -0.3      | 21.93        | -0.2      | 21.49        | -0.1      | 21.05        | 0.0       |
| 20.95        | 0.0       | 20.50        | 0.0       | 20.30        | 0.0       |              |           |              |           |              |           |              |           |



Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]  
 $\phi_{i,[g+q],k}$ : 0.00000000  
 Theoretischer Fußpunkt = 20.298 m

Bemessung nach EC 3 (el.-el.)  
 Bemessungssituation: max  $M, g_q$   
 $M_{Ed} = 11.5 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $V_{Ed} = 0.3 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} = -5.5 \text{ kN/m}$  (Druck)  
 Profil: AZ 12-700 Stahlgüte: S 240 GP  
 Wasserdruckdifferenz = 3.06 m  
 $b = 700.0 \text{ mm} / b_f = 356.4 \text{ mm}$   
 $t_f = 8.5 \text{ mm} / t_w = 8.5 \text{ mm} / A = 123.0 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 $h = 314.0 \text{ mm} / \alpha = 42.8^\circ$   
 $W_{el} = 1205.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 18880.0 \text{ cm}^4/\text{m}$   
 $\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.00$   
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 42.4$   
 Querschnittsklasse: 2  
 $f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{c,Rd} = 289.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $V_{pl,Rd} = 514.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.001$ )  
 $N_{pl,Rd} = 2952.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.002$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Nachweis  $M_{Rd}$   
 $M_{c,Rd} = 289.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.040$   
 Knicklänge = 4.96 m  
 $N_{cr} = 15905.9 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.000 \leq 0.04$   
 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0.040$

max  $M_d = 11.5 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 21.05 m)  
 Zugehörige Werte:  $N_d = -5.5 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = 0.3 \text{ kN/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max  $Q_d = 33.7 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 20.30 m)  
 Zugehörige Werte:  $N_d = 1.2 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max  $N_d = 6.6 \text{ kN/m}$  (Tiefe = 21.49 m)  
 Zugehörige Werte:  $Q_d = -8.9 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = -9.3 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.1 \text{ mm}$

max  $w_k = 0.8 \text{ mm}$  (Tiefe = 23.50 m)  
 Zugehörige Werte:  $N_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %  
 Einbindetiefe  $t_g = 2.04 \text{ m}$   
 Profillänge = 3.54 m

Nachweis Summe V  
 Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.  
 Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands  
 Bedingung:  $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_c) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$   
 $G_k = 3.42 \text{ kN/m}$   
 $P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$   
 $E_{av,k} = 12.59 \text{ kN/m}$  ( $E_{ah,k} = 31.66 \text{ kN/m}$ )  
 $C_{h,k} = 30.63 \text{ kN/m}$   
 $B_{v,k} = -16.81 \text{ kN/m}$   
 $\delta_p [^\circ] = -14.6$   
 $\delta_c [^\circ] = 10.8$   
 Summe  $V_k = 6.12 \text{ kN/m}$  (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit  
 Nachweis mit Bemessungsgrößen  
 $(Q_{g,k} + B_{v,k} - 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_p)) / \gamma_p \geq P_{v,d} + E_{av,d} + G_d + 0.5 \cdot C_{h,d} \cdot \tan(\delta_c)$   
 $(Q_{g,k} = \text{Druckkraft infolge Mantelreibung und Spitzendruck})$   
 $(\text{Mantelreibung nur unterhalb des rechnerischen Fußpunktes})$   
 $\gamma_p \text{ i.a.} = 1.40$

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rug

$P_{v,d} = 0.00 \text{ kN/m}$   
 $E_{av,d} = 13.84 \text{ kN/m}$   
 $G_d = 3.76 \text{ kN/m}$   
 $C_{h,d} = 33.69 \text{ kN/m}$

Folgender Nachweis ist zu erbringen:  
 $(Q_{g,k} + 16.81 - 4.00) / \gamma_P \geq 20.83$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Hydraulische Grundbruchsicherheit  
 UK Schicht = 15.49  
 Gewicht =  $72.45 \text{ kN/m}^2$   
 Strömungskraft =  $10.17 \text{ kN/m}^2$   
 $\gamma(\text{Gewicht}) = 0.95$   
 $\gamma(\text{Strömungskraft}) = 1.45$   
 Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch =  $0.000$   
 $= 0.000 = (1.45 \cdot 10.17) / (0.95 \cdot 72.45)$

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Geprüft  
 Prof. Dr.-Ing.  
 Wolfgang Rug

Für die Statik:

IBZ Ingenieurbüro für Tragwerksplanung  
 Markus Böttcher GmbH & Co. KG  
 Berder Str. Johanniskirche 14, 21328 Lüneburg  
 Tel. (04131) 74 94-0, Fax 74 94-25, [ibz@ibz-lueneburg.de](mailto:ibz@ibz-lueneburg.de)

Lüneburg, 07.06.13