

12.12.2024

## Erweiterung und Instandsetzung Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt

Teil D:

Teilobjekte Nebenanlagen (TO13, 16 und weitere Betroffenheiten)  
Unterlage 5.2 – Standsicherheits- und statische Nachweise  
Massivbau

Entwurfs- und Genehmigungsplanung



Schöpfwerk Henschleben II mit Mahlbusen

**Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt**  
c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH  
Rießnerstraße 18  
99427 Weimar

**TRACTEBEL**  


 **INROS LACKNER**

**Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt**

c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH  
Rießnerstraße 18 | 99427 Weimar  
Tel: +49 3643 746-400 | Fax: +49 3643 746-405  
hydroprojekt-DE@tractebel.engie.com  
www.hydroprojekt.de

**Unterschriftenblatt**

**Projekt** **Erweiterung und Instandsetzung HRB Straußfurt**  
**Teil D:**  
**Teilobjekte Nebenanlagen (TO13, 16 und weitere Betroffenenheiten)**  
Unterlage 5.2 – Standsicherheits- und statische Nachweise, Massivbau

**Projektnummer** 100 3492 (Tractebel Hydroprojekt GmbH)  
2022-0617 (Inros Lackner SE)

**Auftraggeber** **Thüringer Fernwasserversorgung**  
Anstalt des öffentlichen Rechts  
Haarbergstr. 37  
99097 Erfurt  
**Freigabe:**

  
i. V. Dr. Michael Sabrowski  
Leiter Stauanlagenmanagement  
Erfurt, den 12.12.2024

  
i. V. Detlef Hogh  
Projektingenieur

**Auftragnehmer** **Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt**  
c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH  
Rießnerstraße 18  
99427 Weimar

**Projektleitung** Dipl.-Ing. Lars Schaarschmidt

**Fachliche Qualitätssicherung** Dipl.-Ing. Holger Rosenkranz

**Bearbeitung** Dipl.-Ing. Lars Schaarschmidt  
Dipl.-Ing. Albrecht Köhler  
Dipl.-Ing. Fabius Volmer  
Dipl.-Ing. Marco Sommerwerk  
Dipl.-Ing. Olaf Schneider

Weimar, 12.12.2024

Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt

  
Lars Schaarschmidt  
Projektleiter

  
Marco Sommerwerk  
Projektingenieur

## Stand sicherheits- und statische Nachweise, Massivbau

### INHALTSVERZEICHNIS

1	Vorhabenträger	1
2	Vorbemerkungen	2
3	Objektbeschreibung	2
3.1	Schöpfwerk	2
3.2	Durchlassbauwerk	4
4	Berechnungsgrundlagen	4
4.1	Stauziele	4
4.2	Baugrund	4
4.3	Baustoffkennwerte	6
4.3.1	Stahlbeton, Neubau	6
4.3.2	Stahlbeton, Bestand	6
4.3.3	Spundwand, Bestand	6
4.4	Einwirkungen	6
4.4.1	Eigengewicht	6
4.4.1.1	Beton	6
4.4.1.2	Baustahl	6
4.4.1.3	Wasser	6
4.4.2	Verkehrslasten	6
4.4.3	Erddruck	6
5	Nachweise Schöpfwerk	7
5.1	Tiefbau	7
5.1.1	Vorbemerkungen zum Bestand	7
5.1.2	Spundwand	8
5.2	Hochbau	14
5.2.1	Vorbemerkungen	14
5.2.2	Mindestbewehrung	14
5.2.3	Außenwände	15

5.2.4	Decke (unten)	16
5.2.5	Auswertung	17
5.3	Winkelstützwände	18
5.3.1	Vorbemerkungen	18
5.3.2	Nachweise	18
<b>6</b>	<b>Nachweise Durchlassbauwerk</b>	<b>19</b>
6.1	Vorbemerkungen	19
6.2	Auslaufbauwerk	19
6.3	Einlaufbauwerk	20

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Schöpfwerk, Zufahrtsrampe	2
Abbildung 2:	Schöpfwerk, Querschnitt	3
Abbildung 3:	Durchlassbauwerk, Längsschnitt	4
Abbildung 4:	Repräsentatives Schichtenprofil für SW Henschleben II einschl. Durchlassbauwerk	5
Abbildung 5:	Schöpfwerk, Bestand, Grundriss Tiefbau	7
Abbildung 6:	Schöpfwerk, Bestand, Querschnitt	8
Abbildung 7:	Spundwand, Angaben	9
Abbildung 8:	Spundwandkontrolle, Messungen vor Ort	11
Abbildung 9:	Spundwandkorrosion und Restwanddickenmessung	11
Abbildung 10:	Spundwand, Berechnungsmodell	12
Abbildung 11:	Winkelstützelemente, Zufahrtsrampe	18
Abbildung 12:	Winkelstützwand, Rampe, Berechnungsmodell	18
Abbildung 13:	Auslaufbauwerk	19
Abbildung 14:	Winkelstützwand, Durchlassbauwerk - Auslauf, Berechnungsmodell	20
Abbildung 15:	Einlaufbauwerk, Draufsicht	21
Abbildung 16:	Einlaufbauwerk, Schnitt	21
Abbildung 17:	Winkelstützwand, Durchlassbauwerk - Einlauf, Berechnungsmodell	22

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Bodenkennwerte SW Henschleben II	4
------------	----------------------------------	---

## QUELLENVERZEICHNIS

### Technische Richtlinien (Normen und Vorschriften)

- [1] DIN 19700-10: Stauanlagen – Teil 10: Gemeinsame Festlegungen, Juli 2004
- [2] DIN 19700-11: Stauanlagen – Teil 11: Talsperren, Juli 2004
- [3] DIN 19700-12: Stauanlagen – Teil 12: Hochwasserrückhaltebecken, Juli 2004
- [4] DIN 19702: Massivbauwerke im Wasserbau, 2013
- [5] DIN 19704: Stahlwasserbauten – Teil 1: Berechnungsgrundlagen, 2014
- [6] DIN 19704: Stahlwasserbauten – Teil 2: Bauliche Durchbildung und Herstellung, 2014
- [7] DIN 19712: Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern, Januar 2013
- [8] DIN EN 1990: 2010-12 - Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung
- [9] DIN EN 1991: 2010-12 -Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke, inkl. Nationalem Anhang NA:2010-12
- [10] DIN EN 1992: 2011-01 - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken inkl. Änderung A1:2013-09 und Nationalem Anhang NA: 2013-04
- [11] DIN EN 1993: 2010-12 - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten inkl. Änderung A1:2013-01 und Nationalem Anhang NA:2010-12
- [12] DIN EN 1997-1:2014-03 - Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik inkl. NA:2010-12
- [13] DIN 1054:2010-12 - Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regeln zu DIN EN 1997-1 inkl. A1:2012-08
- [14] ZTV-ING - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauwerke; Bundesanstalt für Straßenwesen
- [15] ZTV-W LB 215:2012-05 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen - Wasserbau für Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton
- [16] ZTV-W LB 219:2017-06 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen - Wasserbau für die Instandsetzung der Betonbauteile von Wasserbauwerken
- [17] EAU - Empfehlungen des Ausschuss für Ufereinfassungen; 2020
- [18] EAB - Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“; 6. Auflage
- [19] DWA-Merkblatt 514: Bauwerksüberwachung an Talsperren, Juli 2011
- [20] DWA-Merkblatt 522: Kleine Talsperren und kleine Hochwasserrückhaltebecken, Mai 2015
- [21] DWA-Merkblatt 542: Nachweiskonzept mit Teilsicherheitsbeiwerten für Staudämme und Staumauern, Juli 2017
- [22] DVWK (1991): Merkblatt zur Wasserwirtschaft - Mess- und Kontrolleinrichtungen zur Überprüfung der Standsicherheit von Staumauern und Staudämmen, Heft 222/1991
- [23] Merkblatt „Rissbreitenbegrenzung für frühen Zwang in massiven Wasserbauwerken“ (MFZ); Bundesanstalt für Wasserbau; 2011

- [24] Wissensspeicher Geotechnik; Rütz, Witt, u.a.; 18. Auflage
- [25] Wendehorst - Bautechnische Zahlentafeln; 36. Auflage
- [26] Betontechnische Daten; Heidelberger Cement; 2017
- [27] Weiße Wannen - einfach und sicher; Lohmeyer/Ebeling; 10. Auflage

### **Projektunterlagen**

- [28] m4 Ingenieure GmbH: Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt, Sicherheitsbericht zur vertieften Überprüfung, 03. Februar 2021
- [29] m4 Ingenieure GmbH: HRB Straußfurt – Vergrößerung des Hochwasserrückhalterums, 30. Juni 2020
- [30] m4 Ingenieure GmbH: Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt, Vertiefte Überprüfung, Teil A-4: Absperrbauwerk und Untergrund, Geotechnische Untersuchungen, Teilbericht 2: Nebendämme, August 2016
- [31] m4 Ingenieure GmbH: Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt, Vertiefte Überprüfung, Teil B-1: Hochwasserentlastungsanlage, Grundlagen HWE, April 2018
- [32] Tractebel Hydroprojekt GmbH: HRB Straußfurt – Herstellung der Hochwassersicherheit des Schutzdamms Henschleben und Instandsetzung und Herstellung der Überströmbarkeit des Nebendamms, Ausführungs- und Ausschreibungsunterlage, 12. August 2022
- [33] Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt, c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH: Erweiterung und Instandsetzung Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt – Geotechnisches Erkundungskonzept und Erkundungsprogramm, 13. Februar 2023
- [34] Thüringer Fernwasserversorgung (TFW) und Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (TLUBN): Aktenvermerk zur Erhöhung des Hochwasserrückhaltebeckens Straußfurt im Zusammenhang mit den Hochwasserschutzprojekten Unstrutau und Geraaue, 03. November 2021
- [35] Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt, c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH: Erweiterung und Instandsetzung Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt – Bauzustandsbewertung Massivbau, 28. Juni 2023
- [36] Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt (030) – ingenieurgeologisch/seismologische Vorbewertung über die Notwendigkeit eines seismologischen Gutachtens am Standort des HRB Straußfurt des Referates 82 des TLUBN, TLUBN, 13. August 2020
- [37] Baugrunderkundung HRB Straußfurt, Geotechnischer Bericht, Geotechnische Erkundung 2023, GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH, 26.01.2024
- [38] Bestandsstatik, Talsperrenarchiv Nr. 030-300-05-01

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abkürzung	Bezeichnung
HRB .....	Hochwasserrückhaltebecken
HWSK.....	Hochwasserschutzkonzept
TFW .....	Thüringer Fernwasserversorgung

## 1 Vorhabenträger

Vorhabenträger ist die

Thüringer Fernwasserversorgung (TFW)  
Anstalt des öffentlichen Rechts  
Haarbergstraße 37  
99097 Erfurt

Der Planverfasser des Vorhabens ist die

Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt  
c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH  
Rießnerstraße 18  
99427 Weimar



## 2 Vorbemerkungen

Das Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Straußfurt ist ein wesentlicher Bestandteil des funktionalen Hochwasserschutzes für die Gebiete an der mittleren und unteren Unstrut sowie an der Gera.

Die Erweiterung des HRB Straußfurt ist ein Hauptbaustein des Hochwasserschutzkonzeptes (HWSK) Unstrut. Mit dem Vorhaben ist geplant, das **Stauziel des HRB Straußfurt um 1,0 m zu erhöhen**. Somit wird der gewöhnliche Hochwasserrückhalteraum um ca. 10 Mio. m<sup>3</sup> erweitert. Das bedeutet, dass alle relevanten Bauwerke in ihrer Höhe baulich angepasst sowie neue Dammbauwerke errichtet werden müssen.

Ziel des Vorhabens ist es weiterhin, die notwendigen Anlagenobjekte des HRB Straußfurt so instand zu setzen, dass seine regelwerkskonforme Nutzungsdauer insgesamt für weitere 50 Jahre gegeben ist. Das derzeitige Betriebsregime des HRB wird beibehalten.

Der vorliegende Bericht ist die Entwurfsstatik für das Teilobjekt

### TO 13 – Umbau Schöpfwerk Henschleben II mit Durchlassbauwerk

## 3 Objektbeschreibung

### 3.1 Schöpfwerk

Das Schöpfwerk Henschleben II wird zur Entleerung des Hochwasserrückhalterumes II nach einem Hochwasserereignis genutzt. Zusätzlich dient die Anlage im Normalbetrieb zur Abführung des kleinen Schambachs. Das Bauwerk enthält eine Sielleitung und drei Tauchpumpen.

Wegen des künftig höheren Einstaus im Hochwasserfall wird das vorhandene Betriebsgebäude abgerissen und in gleicher Lage durch einen höher liegenden Neubau ersetzt. Der Tiefbauteil (Pumpenschacht) soll erhalten bleiben und weiterhin der Gründung des Betriebsgebäudes dienen.

Die Zufahrtsrampe muss auf das neue Bodenniveau angehoben werden. Aufgrund der beengten Platzverhältnisse muss die Rampe mit Winkelstützelementen abgefangen werden, siehe Abbildung 1.

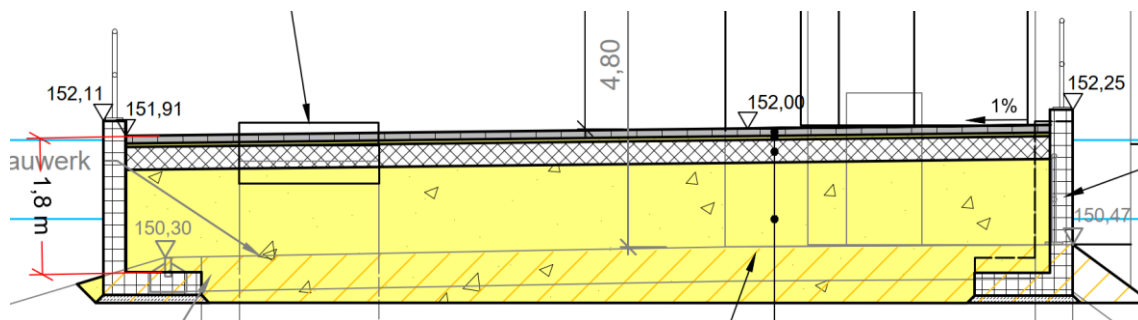


Abbildung 1: Schöpfwerk, Zufahrtsrampe

Die Außenwände des Tiefbauteils werden durch Spundwände gebildet. Die Zwischenwände / Einlaufpfeiler sind in Ort beton ausgeführt. Die Spundwände sind durch die tiefliegende Sohle und die hochliegende Decke (= Boden Betriebsraum) aussteift.

Die bestehende Bodenplatte und die Decke bleiben erhalten, da sie der Aussteifung der Spundwände dienen. Der auf der Bestandsdecke aufstehende Hochbau (aus Mauerwerk) wird abgebrochen. Anschließend wird umlaufend ein 1,25 m hoher Wandsockel aufbetoniert, auf dem die neue Bodenplatte aufgelagert wird. Darauf wird der neue Hochbau errichtet. Das Betriebsgebäude wird etwas größer als im Bestand, so dass die neue Bodenplatte auf einer Seite etwas auskragt, siehe Abbildung 2.

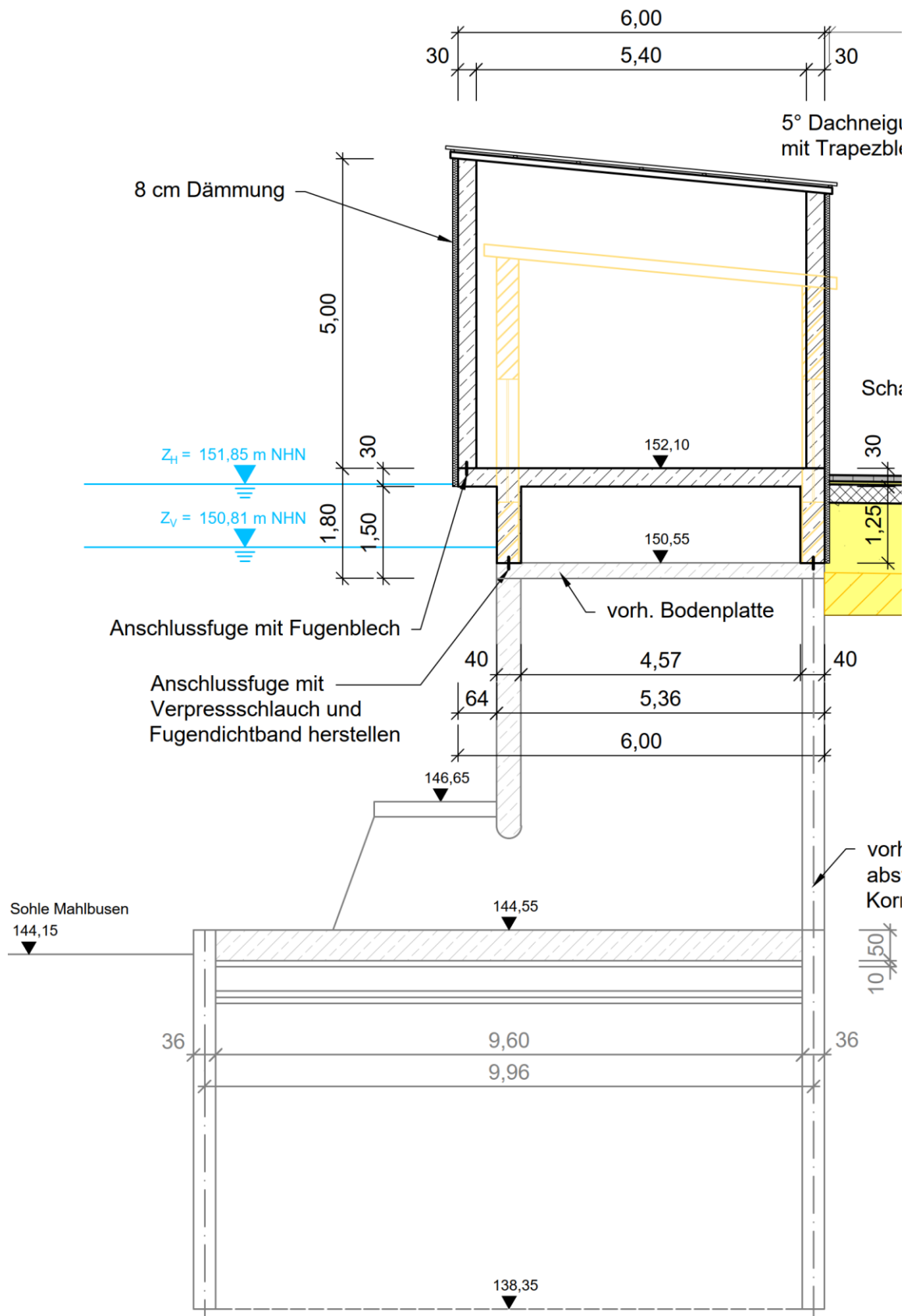


Abbildung 2: Schöpfwerk, Querschnitt

## 3.2 Durchlassbauwerk

Das vorhandene Durchlassbauwerk (mehrfeldriges Wehr) wird abgebrochen und durch zwei Sielleitungen mit Ein- und Auslaufbauwerk ersetzt.

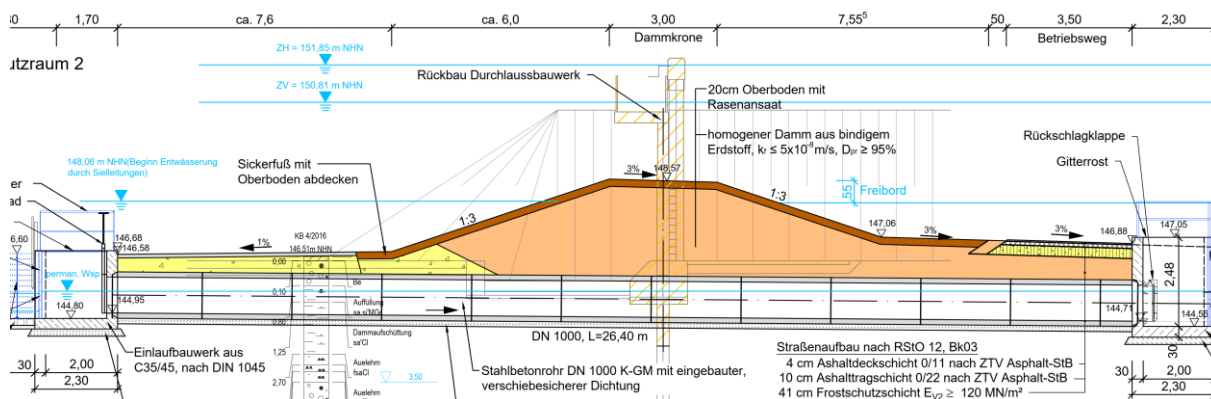


Abbildung 3: Durchlassbauwerk, Längsschnitt

## 4 Berechnungsgrundlagen

### 4.1 Stauziele

Für die geplante Erweiterung des HRB Straußfurt gelten folgende Stauziele als Bemessungsgröße:

Absenkziel (Pegelnullpunkt)	$Z_A = 144,81 \text{ m NHN (2016)} = 144,84 \text{ m NN (lokal)}$
Betriebsstauziel (Teildauerstau)	$Z_S = 148,02 \text{ m NHN (2016)} = 148,05 \text{ m NN (lokal)}$
Vollstau	$Z_V = 150,81 \text{ m NHN (2016)} = 150,84 \text{ m NN (lokal)}$
Hochwasserstauziel	$Z_H = 151,85 \text{ m NHN (2016)} = 151,88 \text{ m NN (lokal)}$
max. Wasserstand luftseitig:	$Z_{ls} = 149,90 \text{ m NHN (2016)} = 151,88 \text{ m NN (lokal)}$

### 4.2 Baugrund

Die Baugrundangaben werden aus dem Lastenheft übernommen.

Unter den rd. 2 bis 4 m mächtigen Aueablagerungen folgt ein rd. 2 bis 3 m mächtiges Paket an Kiessanden (Unstrutschotter), welches von der Felszersatzzone / Mittlerer Keuper unterlagert wird.

Tabelle 1: Bodenkennwerte SW Henschleben II

Boden	UK	Wichte $\gamma/\gamma'$ [kN/m³]	Reib.winkel $\varphi'$ [°]	Kohäsion $c'$ [kN/m²]	Durchl.keit $k_f$ [m/s]	Steifemodul $E_s$ [MN/m²]
Auffüllung	145,7	18,0 / 11,0	23,0	15,0	6,0E-11	4,0
Auelehm	143,0	15,0 / 8,0	22,0	10,0	4,0E-11	2,2
Kiessande	139,7	18,0 / 10,0	30,0	0	5,0E-04	60
Keuper		19,0 / 11,0	20,5	25,0	1E-05	4,0

Für weitere Betrachtungen wird KB 4 (direkt neben Schöpfwerk) als Regelschichtaufbau verwendet.

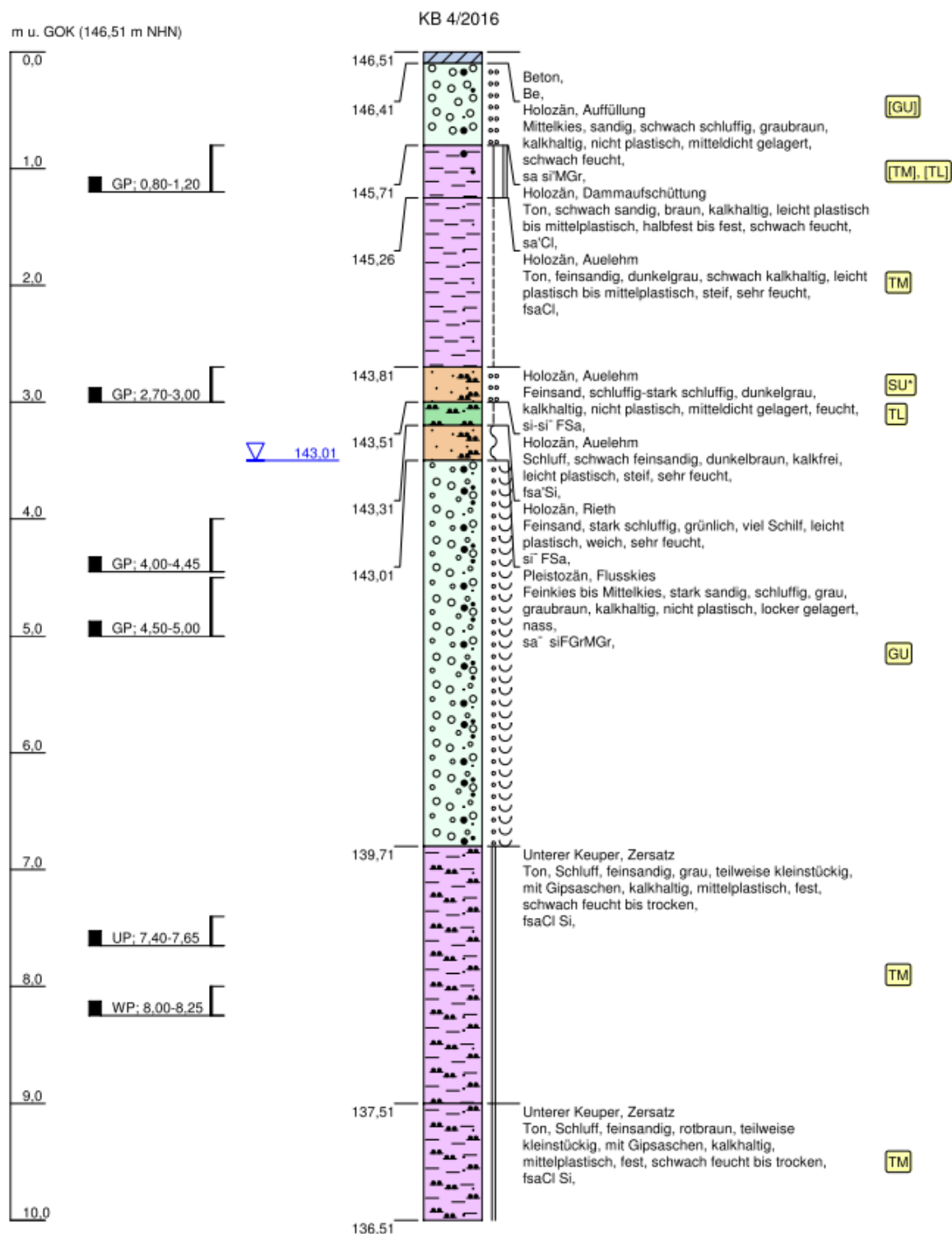


Abbildung 4: Repräsentatives Schichtenprofil für SW Henschleben II einschl. Durchlassbauwerk

## 4.3 Baustoffkennwerte

### 4.3.1 Stahlbeton, Neubau

Expositionsklassen, Mindestbetonfestigkeit, Festlegung des Betons

Beton: C25/30 XC4, XF1, XA1, WF,  $e_w < 30 \text{ mm}$ ,  $r < 0,3$   
C30/37 XC4, XF3, XA1, WF,  $e_w < 30 \text{ mm}$ ,  $r < 0,3$   
 $C_{nom} = 25 + 15 = 40 \text{ mm}$  (DIN 19702)  
 $w_k = 0,25 \text{ mm}$

Betonstahl: B500B

### 4.3.2 Stahlbeton, Bestand

Die Angaben zum Bestand wurden den Unterlagen aus dem Talsperrenarchiv [38] entnommen.

Beton: B225 → C16/20

Betonstahl: St A-III →  $f_{yk} = 400 \text{ N/mm}^2$

### 4.3.3 Spundwand, Bestand

Die Angaben zum Bestand wurden den Unterlagen aus dem Talsperrenarchiv [38] entnommen.

Profil Larssen IVneu,  $W_y = 2200 \text{ cm}^2$ ;  $t = 14,8 \text{ mm}$  (Flanschdicke)  
St 38,  $L = 12,00 \text{ m}$   $f_{yk} = 240 \text{ N/mm}^2$

## 4.4 Einwirkungen

### 4.4.1 Eigengewicht

#### 4.4.1.1 Beton

Stahlbeton allgemein  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$

unbewehrter Beton  $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$

#### 4.4.1.2 Baustahl

Stahl  $\gamma = 78,5 \text{ kN/m}^3$

#### 4.4.1.3 Wasser

Wasser  $\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$

Wasserstände gemäß Kapitel 4.1.

### 4.4.2 Verkehrslasten

Die Bauteile werden für eine Verkehrslast von  $10 \text{ kN/m}^2$  bemessen.

### 4.4.3 Erddruck

Es wird mit umgelagertem aktivem Erddruck gerechnet (für Spundwandbemessung).

## 5 Nachweise Schöpfwerk

### 5.1 Tiefbau

#### 5.1.1 Vorbemerkungen zum Bestand

Der vorhandene Tiefbau soll weiterhin genutzt werden. Als Konstruktion liegt ein geschlossener Spundwandkasten vor, der in der Mitte noch einmal in 2 Abschnitte unterteilt ist, siehe Abbildung 5 (Hinweis: Sieldurchleitung im Bestand tatsächlich auf der anderen Seite angeordnet).

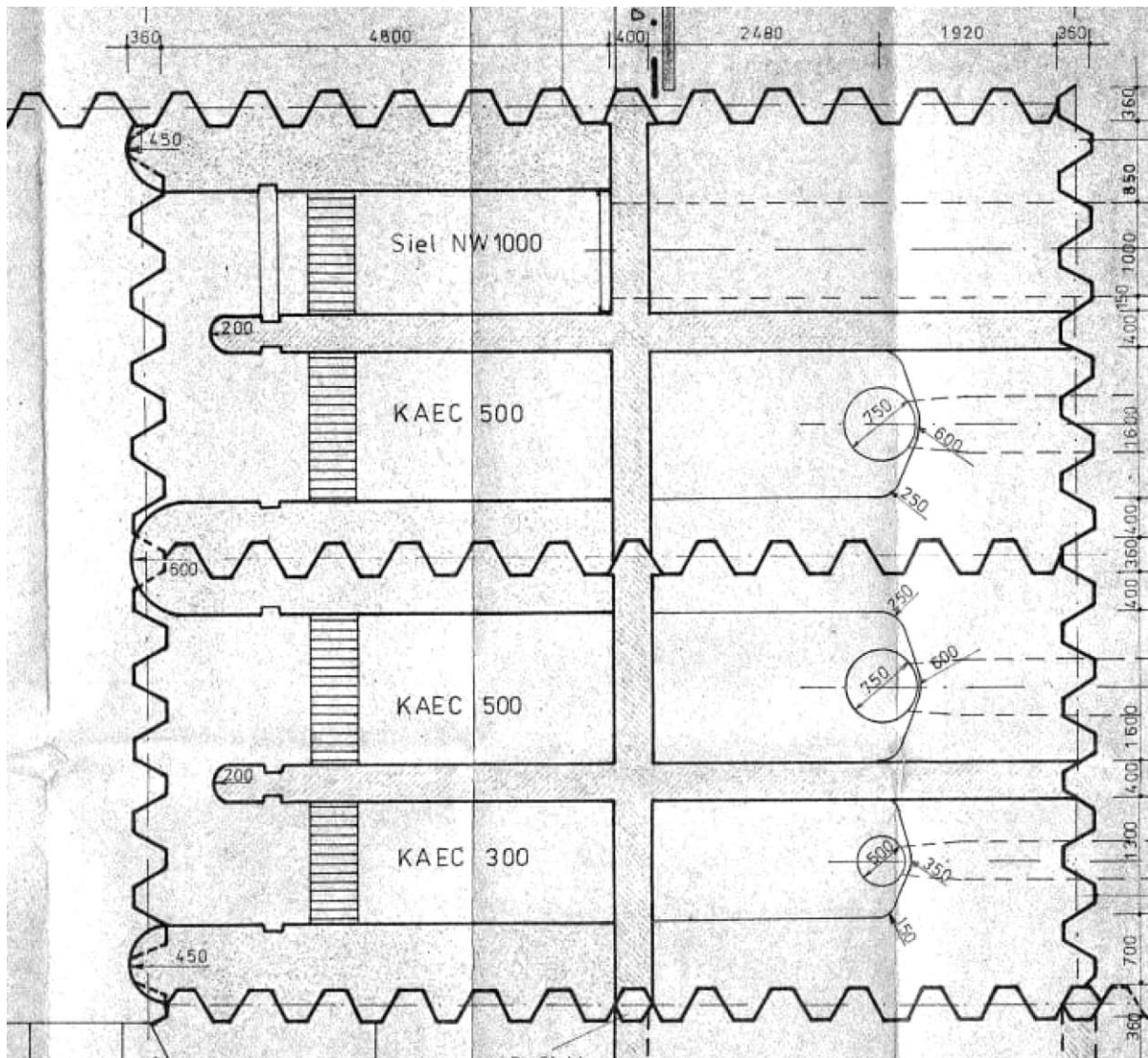


Abbildung 5: Schöpfwerk, Bestand, Grundriss Tiefbau

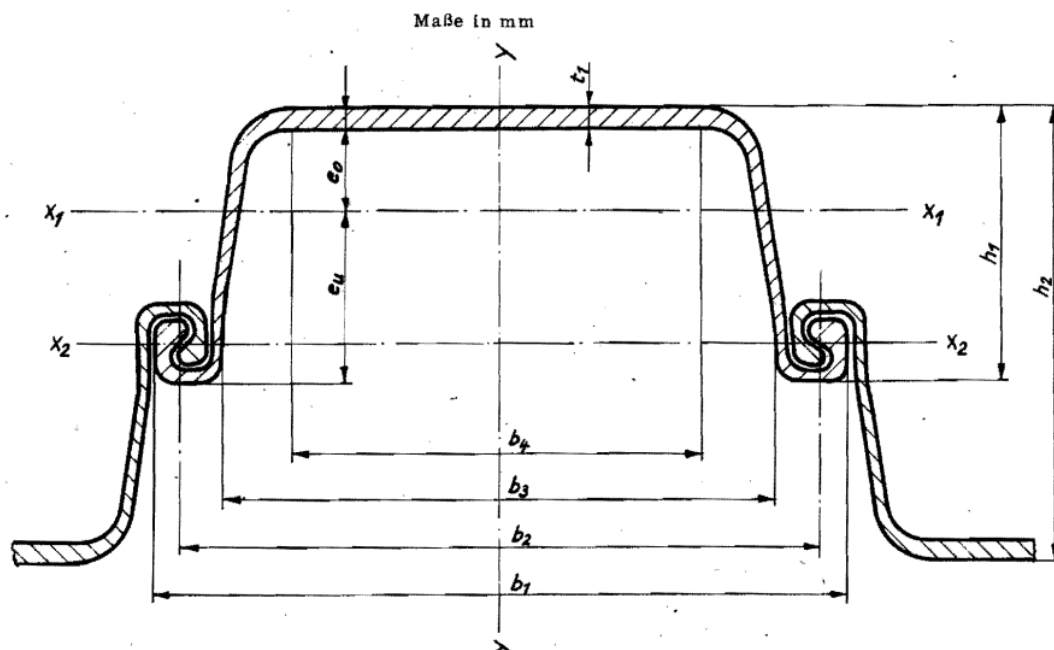
Zwischen den Spundwänden ist eine 50 cm dicke Sohlplatte betoniert, auf der jeweils eine Trennwand angeordnet ist, siehe Abbildung 6.





### 5.1.2 Spundwand

Kontrollmessungen vor Ort bestätigen das eingebaute Profil, siehe Abbildung 8.



SB	b <sub>1</sub> zul. Abw.	b <sub>2</sub> ≈	b <sub>3</sub> ≈	b <sub>4</sub> ≈	c ≈	d ≈	g ≈	h <sub>1</sub> zul. Abw.	h <sub>2</sub> ≈	k zul. Abw.	t <sub>1</sub> zul. Abw.
48	486	450	392	255	47,0	34,0	25,0	95	+2 -4	15,0	9,5
65	436	400	342	250	47,0	34,0	25,0	168	+3 -5	15,0	+1,5
74	436	400	342	230	46,5	35,5	24,2	205	+2	15,9	14,8
100	466	420	361	260	52,5	36,0	27,5	196	-6	18,2	21,0

Fortsetzung der Tabelle 1

SB	t <sub>2</sub> zul. Abw.	t <sub>3</sub> zul. Abw.	Abwicklungslänge je m Spundwand cm	Querschnitt je Spund- bohle cm	je Spund- wand cm	Masse (7,85 kg/dm <sup>3</sup> ) je m Spundbohle kg	je m <sup>2</sup> Spundwand
48	9,5	7,0	230	60,8	135	47,7	106
65	8,5	7,0	309	82,5	206	64,8	162
74	9,5	8,0	330	94,0	236	74,0	185
100	11,0	9,4	330	127,0	303	100,0	238

## 2.1.2. Statische Werte

Tabelle 2

SB	für die Achsen											
	x <sub>1</sub> - x <sub>1</sub>						y - y			x <sub>2</sub> - x <sub>2</sub>		
	I <sub>x1</sub>	W <sub>x10</sub>	W <sub>x1u</sub>	i <sub>x1</sub>	e <sub>0</sub>	e <sub>u</sub>	I <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	I <sub>x2</sub>	W <sub>x2</sub>	i <sub>min.</sub>
	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
48	667,5	185,0	113,3	3,31	3,61	5,89	15380	633,1	15,91	3450	460	5,21
65	3109	518,1	287,8	6,14	6,00	10,80	16820	771,6	14,28	23200	1600	10,83
74	5239	687,6	405,0	7,48	7,62	12,88	18860	865,1	14,20	39500	2200	12,94
100	6010	944,2	461,0	6,83	6,37	13,23	26680	1145,0	14,49	50940	2960	13,35

Abbildung 7: Spundwand, Angaben







Abbildung 8: Spundwandkontrolle, Messungen vor Ort

Im Pumpenraum konnten in Höhe der Wasserwechselzone verstärkte Abrostungen an der Spundwand festgestellt werden. Die Zone der verstärkten Abrostung geht bis ca. 30 cm über den Betonsockel, vereinzelt, insbesondere an den Schlössern auch etwas höher. Die Restwanddicken wurden stichprobeartig in Bereichen mit der offensichtlich größten Abrostung gemessen. Die dabei ermittelte geringste Restwanddicke beträgt 11,2 mm, siehe Abbildung 9.



Abbildung 9: Spundwandkorrosion und Restwanddickenmessung

Die Abrostung beträgt damit nach ca. 40 Jahren Standzeit ungefähr  $14,8 - 11,2 = 3,6$  mm. Der Hauptteil der Abrostung erfolgt dabei auf der Luftseite im Pumpenschacht.

Die Spundwandnachweise erfolgen unter Berücksichtigung einer Abrostung von insgesamt 5 mm. Um die Standsicherheit auch dauerhaft sicherzustellen, muss die Spundwand im Pumpenraum vor weiterer Korrosion geschützt werden. Die maximale Abrostung tritt in der Wasserwechselzone und damit im Bereich des Feldmomentes auf. Maßgebend für die Bemessung ist jedoch das Stützmoment über dem unteren Auflager (Bodenplatte). Hier ist die Spundwand jedoch durch den Vorsatzbeton (Sohle + Sockel) vor Korrosion geschützt, so dass die Orte maximaler Beanspruchung und maximaler Abrostung nicht zusammenfallen.





Einwirkungen:	Erddruck $E_{ah}$	= 260,3 kN/m (gem. Berechnung ggu)
	Wasserdruck $W = 78 \cdot 7,8/2 + 78 \cdot 5,67$	= 746,5 kN/m
	$E_d = 1,35 \cdot (260,3 + 746,5)$	= 1359,2 kN/m
Widerstand:	Erddruck $E_{ph,d} = (31,8+186,1)/2 \cdot 5,67$	= 617,7 kN/m (gem. Berechnung ggu)
	Eigew. $G = (2 \cdot (5,4+10) \cdot 5 \cdot 0,36 \cdot 25) \cdot \tan 25^\circ / 1,1$	= 489,6 kN/m (Wände Hochbau)
	Eigew. $G = 6,2 \cdot 10 \cdot 10 \cdot \tan 25^\circ / 1,1$	= 262,3 kN/m (Boden in Spwd.kasten)
	Kohäsion $K = 25,0 \cdot 10 / 1,4$	= 178,6 kN/m (Kohäsion im Keuper)
	Summe: $617,7 + 489,6 + 262,3 + 178,6$	= 1548,2 kN/m

Nachweis:	$E_d / R_d = 1359,2 / 1548,2 = 0,88$	<	1
-----------	--------------------------------------	---	---

Hinweis: Für die Ermittlung des Eigengewichts wurden nur die Hochbauwände berücksichtigt. Deckenplatten, Pfeiler und Sockelbeton wurden nicht berücksichtigt und wirken günstig auf den Nachweis, so dass noch weitere Sicherheitsreserven vorhanden sind.

## **5.2 Hochbau**

### **5.2.1 Vorbemerkungen**

Der Hochbauteil wird in Stahlbetonbauweise ausgeführt und auf dem Bestand aufgesetzt. In die verbleibende Decke wird eine konstruktive Anschlussbewehrung eingebohrt. Die Fuge wird mit Verpressschlauch abgedichtet. Die Dachdeckung erfolgt mit Trapezblech.

Für die Entwurfsplanung erfolgt die Bauteilbemessung an einfachen Ersatzsystemen mit auf der sicheren Seite liegenden vereinfachten Lastannahmen.

### **5.2.2 Mindestbewehrung**

Die Mindestbewehrung wird in Abhängigkeit von der Bauteildicke für Zwang aus abfließender Hydratationswärme ermittelt.

Die so ermittelte Bewehrung wird als Grundbewehrung in den einzelnen Bauteilen vorgegeben.

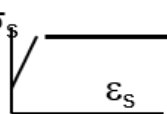
Zur Berücksichtigung von nicht auszuschließenden Überfestigkeiten erfolgt die Festlegung der Mindestbewehrung für einen Beton C30/37.

Mindestbewehrung zur Rissbreitenbeschränkung aus Zwang bei voller Verformungsbehinderung			
<b>1. Vorgabedaten</b>			
Betonfestigkeitsklasse	C 30/37	$f_{ck}$	30,00 N/mm <sup>2</sup>
		$f_{ctm}$	2,90 N/mm <sup>2</sup>
Beiwert $k_{ct} = f_{ct,eff}/f_{ctm}$	0,50 (Normalzement)	$f_{ct,eff}$	1,45 N/mm <sup>2</sup>
Rissbreite $w_k$	0,25 mm		
Bewehrung, Stab $d_s$	Ø 14 mm	Bew.-Durchm. $d_s$	14 mm
Randabstand $d_1$ der Rissbewehrung			
<input checked="" type="radio"/> aus $c_{nom}$ und $d_s$ ermitteln (einlagige Bewehrung):		Überdeckung $c_{nom}$	6,0 cm
<input type="radio"/> Randabstand $d_1$ nach Benutzervorgabe:		Randabstand $d_1$	6,7 cm
Randabstand $d_1$	6,7 cm		
Bauteildicke $h$	30 cm	Nutzhöhe $d$	23,3 cm
Breite d. Zugzone $b_t$	100 cm		
Beiwert $k$	0,80		
<input checked="" type="radio"/> eigener Zwang, $k=0,52...0,8$		(lineare Interpolation gemäß EC2-1-1)	
<input type="radio"/> eigener Zwang, $k=0,52...0,8$		(parabolische Interpolation, vgl. [Meyer-07])	
<input type="radio"/> äußerer Zwang, $k=1$			
Beiwert $k_c$	1,00	Hinweis:	Die ermittelte Bewehrung gilt je Seite
<input checked="" type="radio"/> zentrischer Zwang			
<input type="radio"/> Biegezwang			
$h_{c,ef}$	0,150 m	(pro Seite) = $\min\{2,5 \cdot d_1; h/2\}$ (Bild 7.1)	
<b>2. Berechnung nach EC2-1-1 (2011)</b>			
<input checked="" type="checkbox"/> Regelungen für dicke Bauteile anwenden? ja (nur bei zentrischem Zwang)			
$h / d_1$	4,5	$\leq 5$	--> normales Bauteil
$h_{c,ef} / d_1$	2,24	(EC2-1-1 Bild NA.7.1d)	
Wirksame Bauteildicke $h_{c,ef}$	0,150 m	$= d_1 \cdot (h_{c,ef} / d_1)$	
$A_{c,eff}$	0,150 m <sup>2</sup>	(pro Seite)	$= h_{c,ef} \cdot b$
$A_{ct}$	0,150 m <sup>2</sup>	(pro Seite)	$= h/2 \cdot b$
$\sigma_s^*$ ( $f_{ct,0} = 2,9 / \text{mm}^2$ )	28,0 mm	(Gl. 7.6DE)	$= \sigma_s \cdot \min\{4 \cdot d_1 / (k \cdot k_c \cdot 0,5 \cdot h); 1\} \cdot f_{ct,0} / f_{ct,eff}$
$\sigma_s^*$ ( $f_{ct,0} = 2,9 / \text{mm}^2$ )	28,0 mm	(Gl. NA.7.5.2)	$= \sigma_s \cdot f_{ct,0} / f_{ct,eff}$
$\sigma_s$ zu $\sigma_s^*$ nach Gl. (7.6 DE)	176,3 N/mm <sup>2</sup>	(Anm. zu Tab 7.2DE)	$= (w_k \cdot 3,48 \cdot 10^6 / (\sigma_s^*))^{0,5}$
$\sigma_s$ zu $\sigma_s^*$ nach Gl. (130c)	176,3 N/mm <sup>2</sup>	(Anm. zu Tab 7.2DE)	$= (w_k \cdot 3,48 \cdot 10^6 / (\sigma_s^*))^{0,5}$
$A_s$	12,3 cm <sup>2</sup>	(pro Seite) (Gl.NA.7.5.1)	$= 10^4 \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{c,eff} / \sigma_s$
min $A_s$	3,5 cm <sup>2</sup>	(pro Seite) (Gl.NA.7.5.1)	$= 10^4 \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / f_{yk}$
max $A_s$	9,9 cm <sup>2</sup>	(pro Seite) (Gl. 7.1)	$= 10^4 \cdot k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$
erf. $A_s$	9,9 cm <sup>2</sup>	(pro Seite)	

## 5.2.3 Außenwände

Nachweis für die 10 m lange Außenwand am 1 m-Streifen als Träger auf 2 Stützen. Die Wand wird für eine Horizontallast  $q = 1,0 \text{ kN/m}^2$  bemessen (Wind, sichere Annahme).

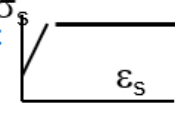
$$M_d = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 10^2 / 8 = 18,8 \text{ kNm/m}$$

Teilsicherheitsbeiwerte des Tragwiderstands	Beton	Stahl B500
<input checked="" type="radio"/> Grundkombination <input type="radio"/> Außergewöhnliche Kombination  Fertigteil mit Überprüfung des fertigen Bauteils <input type="checkbox"/>  $\gamma_C = 1,50$ $\gamma_S = 1,15$	C25/30 $\alpha_{cc} = 0,85$ (DE) $\eta_1 = 1,000$ $\epsilon_{c2} = -2,00$ [‰] $\epsilon_{cu2} = -3,50$ [‰] $f_{ck} = 25,0$ [N/mm <sup>2</sup> ] $n = 2,00$	$\sigma - \epsilon$ - Beziehung: <input type="radio"/> ansteigender Ast <input checked="" type="radio"/> horizontaler Ast  <b>Vorgaben zu A<sub>s2</sub></b> <input checked="" type="radio"/> A <sub>s2</sub> = 0 <input type="radio"/> A <sub>s2</sub> ab Fließgrenze von A <sub>s1</sub> <input type="radio"/> x/d begrenzen auf 0,3 <input type="radio"/> x begrenzt. auf [cm] 10 <input checked="" type="checkbox"/> Nettoquerschnitt
<b>Querschnittsabmessungen [cm]</b>		
Querschnittsdicke h	30	Randabstand d <sub>2</sub> 8
Breite der Druckzone b	100	Randabstand d <sub>1</sub> 8
<b>Vorgaben zu Schnittgrößen, Querschnittsparametern oder Bewehrung</b>		
<input checked="" type="radio"/> <b>Normalkraft (Zug = positiv)</b> $N_{Ed} = N_{Eds} = 0,0$ kN <input type="radio"/> bezogenes Moment $\mu_{Eds} =$ <input checked="" type="radio"/> <b>Biegemoment bez. auf die Schwereachse</b> $M_{Ed} = 18,5$ kNm <input type="radio"/> Biegemoment bez. auf Biegezugbewehrung $M_{Eds} =$ kNm <input type="radio"/> x/d vorgeben (nur bei A <sub>s2</sub> = 0 möglich) $\xi = k_x = x/d =$ <input type="radio"/> z/d vorgeben (nur bei A <sub>s2</sub> = 0 möglich) $\zeta = k_z = z/d =$ <input type="radio"/> Bewehrung vorgeben $A_{s1} =$ cm <sup>2</sup> <input type="radio"/> bezogenes Moment im Diagramm einstellen ( $\mu_{Eds}$ )		
<b>Ablesungen / Ergebnisse</b>		
$\mu_{Eds} = 0,027$ $\mu_{Eds,lim} =$ $\alpha_v = 0,529$ $\xi = k_x = 0,052$ $\zeta = k_z = 0,981$ $k_a = 0,358$ $v_c = 0,027$ $\epsilon_2 = -1,37$ ‰ $\epsilon_{s2} = 8,22$ ‰ $\epsilon_{s1} = 25,00$ ‰	$M_{Eds} = 18,5$ kNm $M_{Ed} = 18,5$ kNm $N_{Ed} = 0,0$ kN $x = 0,011$ m $z = 0,216$ m $a = 0,004$ m $F_{s2d} = 0,0$ kN $F_{s1d} = 85,7$ kN $\sigma_{s2d} = 434,8$ N/mm <sup>2</sup> $\sigma_{s1d} = 434,8$ N/mm <sup>2</sup>	Druckfestigkeit C25/30 $f_{cd} = 14,2$ N/mm <sup>2</sup> Fließbeginn Stahl $f_{yd} = 434,8$ N/mm <sup>2</sup> Zugfestigkeit Stahl $f_{td} = 434,8$ N/mm <sup>2</sup> $F_{cd} = -85,7$ kN $A_{s2} = 0,00$ cm <sup>2</sup> $A_{s1} = 1,97$ cm <sup>2</sup>

## 5.2.4 Decke (unten)

Der Nachweis der Decke erfolgt am 1 m-Streifen für eine Verkehrslast von 10 kN/m<sup>2</sup> bei einer Spannweite von 5,0 m.

$$M_d = (1,35 * 0,3 * 25 + 1,5 * 10) * 5^2 / 8 = 78,5 \text{ kNm/m}$$

Teilsicherheitsbeiwerte des Tragwiderstands	Beton	Stahl B500
<input checked="" type="radio"/> Grundkombination <input type="radio"/> Außergewöhnliche Kombination  Fertigteil mit Überprüfung des fertigen Bauteils <input type="checkbox"/>  $\gamma_C = 1,50$ $\gamma_S = 1,15$	C25/30 $\alpha_{cc} = 0,85$ (DE) $\eta_1 = 1,000$ $\epsilon_{c2} = -2,00$ [‰] $\epsilon_{cu2} = -3,50$ [‰] $f_{ck} = 25,0$ [N/mm <sup>2</sup> ] $n = 2,00$	$\sigma - \epsilon$ - Beziehung: <input type="radio"/> ansteigender Ast <input checked="" type="radio"/> horizontaler Ast  <b>Vorgaben zu A<sub>s2</sub></b> <input checked="" type="radio"/> A <sub>s2</sub> = 0 <input type="radio"/> A <sub>s2</sub> ab Fließgrenze von A <sub>s1</sub> <input type="radio"/> x/d begrenzen auf 0,3 <input type="radio"/> x begrenzt. auf [cm] 10 <input checked="" type="checkbox"/> Nettoquerschnitt
<b>Querschnittsabmessungen [cm]</b>		
Querschnittsdicke h	30	Randabstand d <sub>2</sub> 8
Breite der Druckzone b	100	Randabstand d <sub>1</sub> 8
<b>Vorgaben zu Schnittgrößen, Querschnittsparametern oder Bewehrung</b>		
<input checked="" type="radio"/> <b>Normalkraft (Zug = positiv)</b> $N_{Ed} = N_{Eds} = 0,0$ kN <input type="radio"/> bezogenes Moment $\mu_{Eds} =$ <input checked="" type="radio"/> <b>Biegemoment bez. auf die Schwereachse</b> $M_{Ed} = 78,5$ kNm <input type="radio"/> Biegemoment bez. auf Biegezugbewehrung $M_{Eds} =$ kNm <input type="radio"/> x/d vorgeben (nur bei A <sub>s2</sub> = 0 möglich) $\xi = k_x = x/d =$ <input type="radio"/> z/d vorgeben (nur bei A <sub>s2</sub> = 0 möglich) $\zeta = k_z = z/d =$ <input type="radio"/> Bewehrung vorgeben $A_{s1} =$ cm <sup>2</sup> <input type="radio"/> bezogenes Moment im Diagramm einstellen ( $\mu_{Eds}$ )		
<b>Ablesungen / Ergebnisse</b>		
$\mu_{Eds} = 0,114$ $\mu_{Eds,lim} =$ $\alpha_v = 0,810$ $\xi = k_x = 0,151$ $\zeta = k_z = 0,937$ $k_a = 0,416$ $v_c = 0,122$ $\epsilon_2 = -3,50$ ‰ $\epsilon_{s2} = 4,94$ ‰ $\epsilon_{s1} = 19,70$ ‰	$M_{Eds} = 78,5$ kNm $M_{Ed} = 78,5$ kNm $N_{Ed} = 0,0$ kN $x = 0,033$ m $z = 0,206$ m $a = 0,014$ m $F_{s2d} = 0,0$ kN $F_{s1d} = 380,7$ kN $\sigma_{s2d} = 434,8$ N/mm <sup>2</sup> $\sigma_{s1d} = 434,8$ N/mm <sup>2</sup>	Druckfestigkeit C25/30 $f_{cd} = 14,2$ N/mm <sup>2</sup> Fließbeginn Stahl $f_{yd} = 434,8$ N/mm <sup>2</sup> Zugfestigkeit Stahl $f_{td} = 434,8$ N/mm <sup>2</sup> $F_{cd} = -380,7$ kN $A_{s2} = 0,00$ cm <sup>2</sup> $A_{s1} = 8,76$ cm <sup>2</sup>

## 5.2.5 Auswertung

Maßgebend ist die Mindestbewehrung mit 9,9 cm<sup>2</sup>/m.



Es wird eine Grundbewehrung  $\varnothing 14 - 15 \#$  mit vorh.  $a_s = 10,3 > \text{erf. } a_s = 9,9 \text{ cm}^2/\text{m}$  eingebaut, Zulagebewehrung im Bereich der Deckenöffnungen.

Die Bauteilgeometrie ist ausreichend gewählt. Tragreserven sind vorhanden.

## 5.3 Winkelstützwände

### 5.3.1 Vorbemerkungen

Infolge der Anhebung des Schöpfwerkes muss auch die Zufahrtsrampe angehoben werden. Wegen der beengten Platzverhältnisse auf der Dammkrone muss der Boden für die Anhebung mit Winkelstützelementen abgefangen werden.

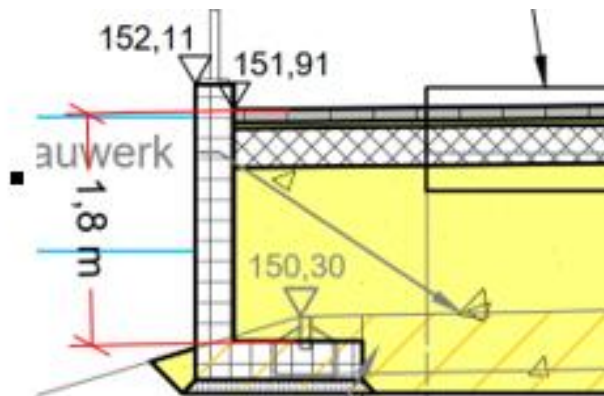
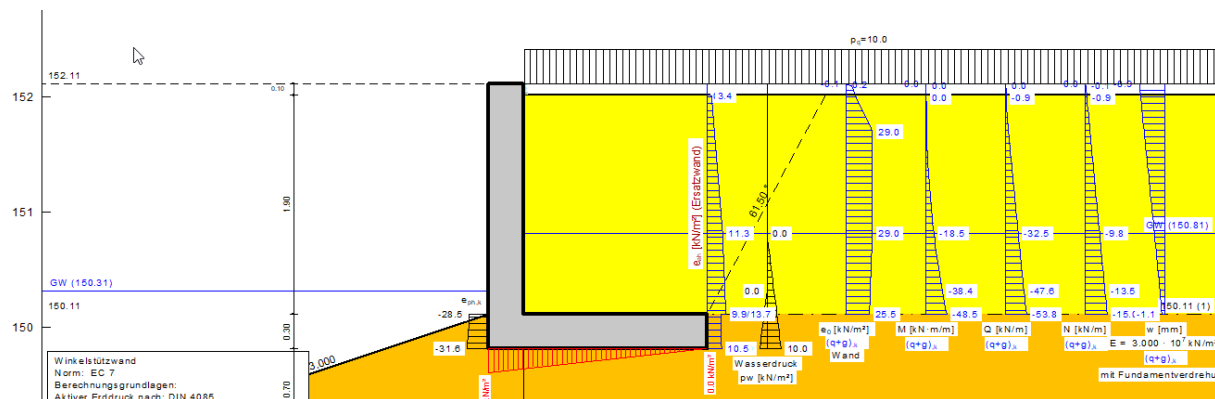


Abbildung 11: Winkelstützelemente, Zufahrtsrampe

### 5.3.2 Nachweise

Die Nachweisführung erfolgt für eine Verkehrslast von  $10 \text{ kN/m}^2$  unter Berücksichtigung eines Wasserüberdruckes von  $0,5 \text{ m}$  (Wasserdruck erdseitig =  $Z_v$ , luftseitig  $Z_v - 0,5 \text{ m}$ ).

Die Berechnung erfolgt mit dem Programm GGU-Cantilever und ist Anlage 2 zu entnehmen.



## 6 Nachweise Durchlassbauwerk

### 6.1 Vorbemerkungen

Das Durchlassbauwerk wird neu als Rohrdurchlass mit 2 Stahlbetonrohren DN 1000 ausgeführt. Für die Dammquerung erhalten die Rohrleitungen ein Ein- und ein Auslaufbauwerk als biegesteifer Stahlbetonrahmen. Von der Tragwirkung liegt eine Winkelstützwand vor.

### 6.2 Auslaufbauwerk

Die Nachweise der äußeren Standsicherheit (Gleiten, Kippen, Grundbruch) werden an einem Ersatzmodell als Winkelstützwand am 1 m – Streifen nachgewiesen.

Das Auslaufbauwerk besteht aus der Rückwand mit den einbindenden Rohren und den seitlichen Flügelwänden zur Abfangung der Grabenböschung. Beide Wände stehen auf einer gemeinsamen Bodenplatte auf. Im Bereich der Rohreinbindung ist der Fuß luftseitig angeordnet, bei den Flügelwänden erdseitig. Die Flügelwände sind luftseitig zu 50% durch die ansteigende Böschung angeschüttet. Der Nachweis erfolgt für eine luftseitig nicht angeschüttete Wand. Damit ist der Teil des Bauwerks mit Rohreinbindung (Sohle luftseitig, wenig Erddruck wegen Rohre) als Gesamtbauwerk berücksichtigt.

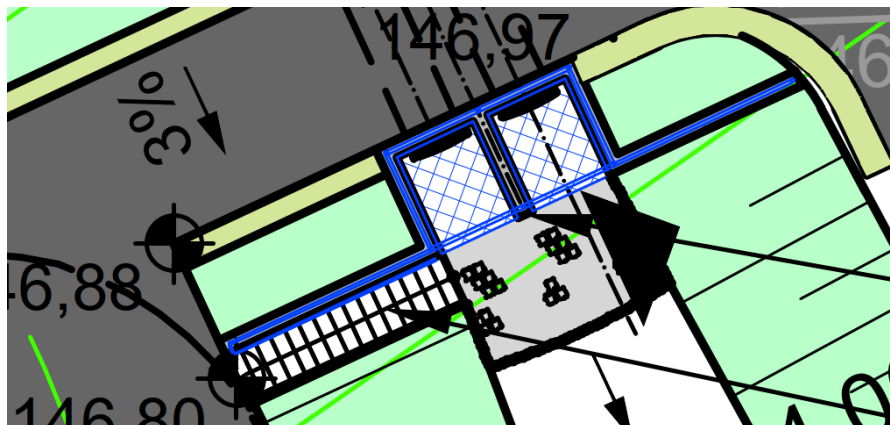
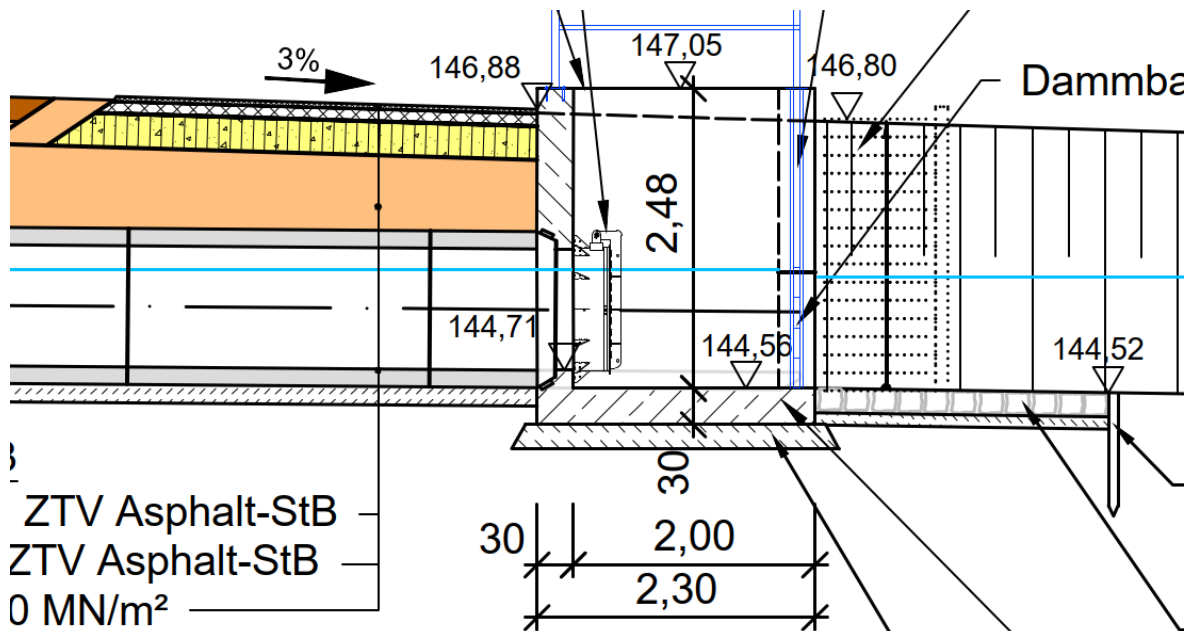


Abbildung 13: Auslaufbauwerk

Es wird ein Grundwasserüberdruck von 0,5 m beginnend Geländeoberkante angenommen und eine gleichmäßig verteilte Verkehrslast 10 kN/m<sup>2</sup> angesetzt.

Im Modell ist luftseitig eine Geländehöhe von 145,0 mNHN angenommen. Das liegt 0,45 m höher als die Sohle und berücksichtigt die stabilisierende Wirkung der beidseitig ansteigenden Böschungen am Gesamtsystem.

Die Berechnung erfolgt mit dem Programm GGU-Cantilever und ist Anlage 3 zu entnehmen.

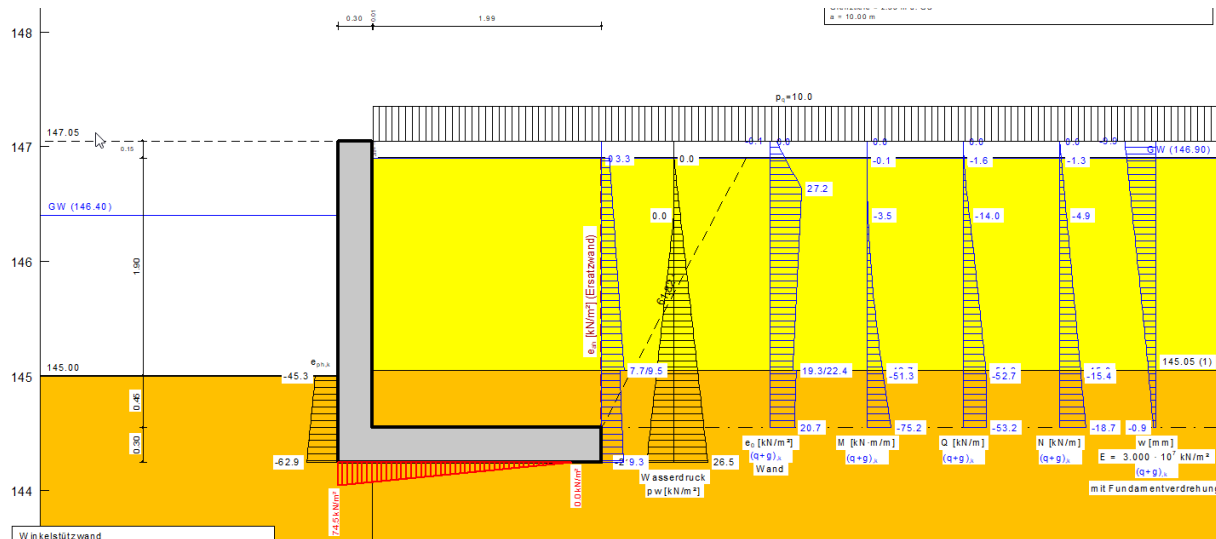


Abbildung 14: Winkelstützwand, Durchlassbauwerk - Auslauf, Berechnungsmodell

Erforderliche Bewehrung:

- Wand: erf.  $a_s = 12,1 \text{ cm}^2/\text{m}$  → gew.: Ø 16 -12,5 mit vorh.  $a_s = 16,1 \text{ cm}^2/\text{m}$
- Sohle: erf.  $a_s = 16,1 \text{ cm}^2/\text{m}$  → gew.: Ø 16 -12,5 mit vorh.  $a_s = 16,1 \text{ cm}^2/\text{m}$

Die Bewehrung kann eingebaut werden. Die Bauteilgeometrie ist ausreichend dimensioniert.

## 6.3 Einlaufbauwerk

Die Nachweise der äußeren Standsicherheit (Gleiten, Kippen, Grundbruch) werden an einem Ersatzmodell als Winkelstützwand am 1 m – Streifen nachgewiesen.

Das Einlaufbauwerk besteht aus der Rückwand mit den einbindenden Rohren und einer seitlichen Flügelwand zur Abfangung der Grabenböschung. Beide Wände stehen auf einer gemeinsamen Bodenplatte auf. Im Bereich der Rohreinbindung ist der Fuß luftseitig angeordnet, bei der Flügelwand erdseitig. Die Flügelwand ist zu 50% durch die ansteigende Böschung angeschüttet. Der Nachweis erfolgt für eine nicht angeschüttete Wand. Damit ist der Teil des Bauwerks mit Rohreinbindung (Sohle luftseitig) mit abgedeckt.

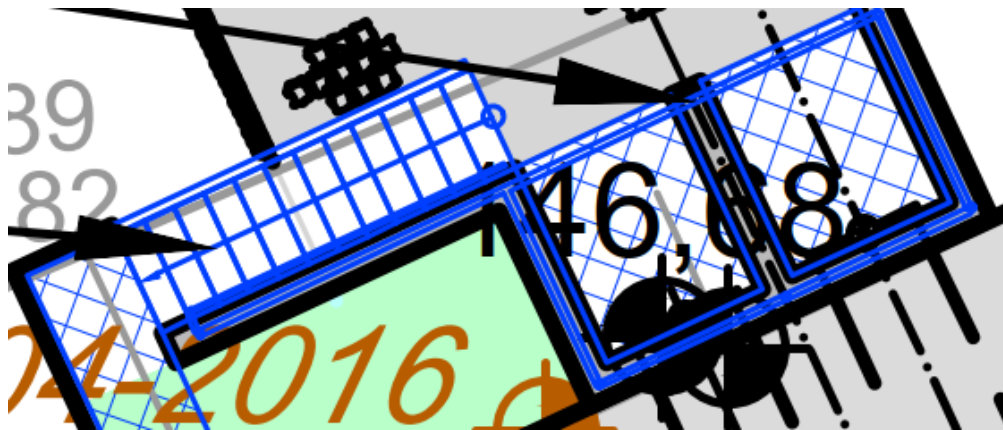


Abbildung 15: Einlaufbauwerk, Draufsicht

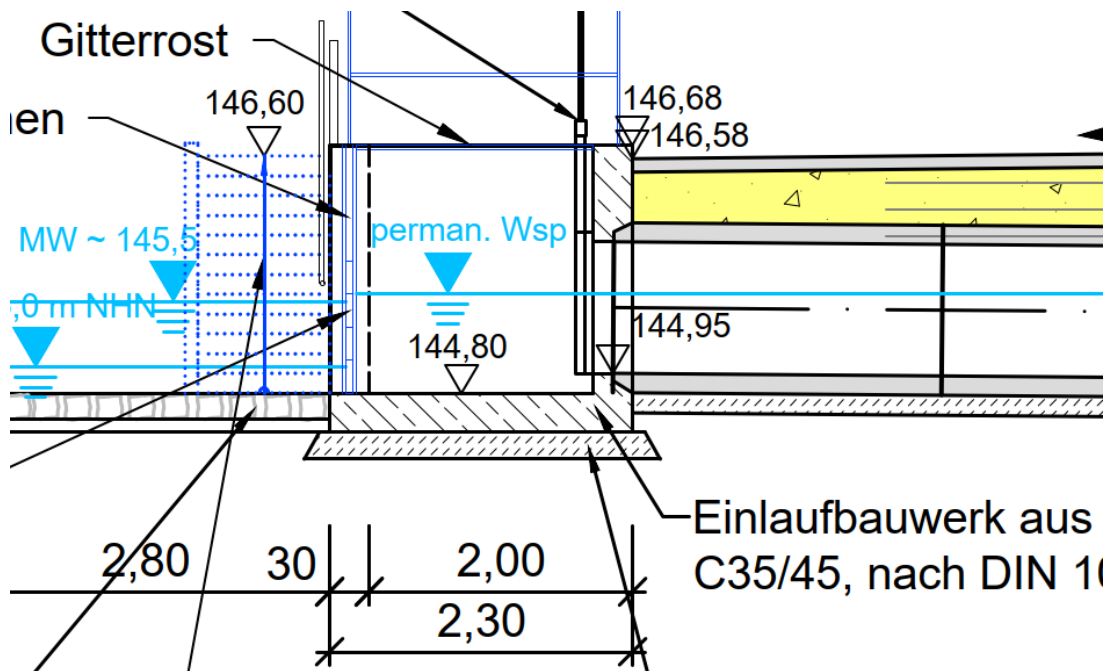


Abbildung 16: Einlaufbauwerk, Schnitt

Es wird ein Grundwasserüberdruck von 0,5 m beginnend Geländeoberkante angenommen und eine gleichmäßig verteilte Verkehrslast  $10 \text{ kN/m}^2$  angesetzt.

Die Berechnung erfolgt mit dem Programm GGU-Cantilever und ist Anlage 4 zu entnehmen.

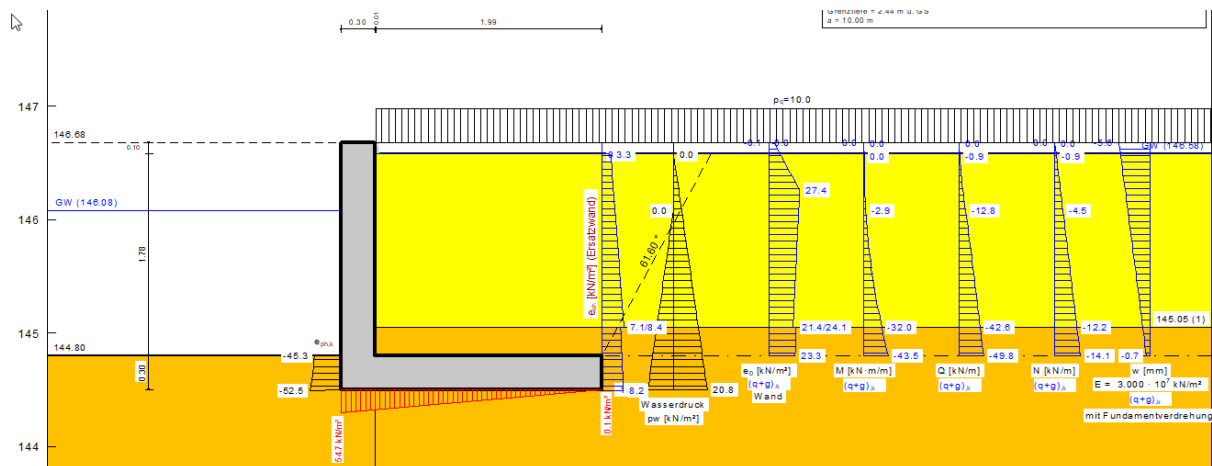


Abbildung 17: Winkelstützwand, Durchlassbauwerk - Einlauf, Berechnungsmodell

Erforderliche Bewehrung:

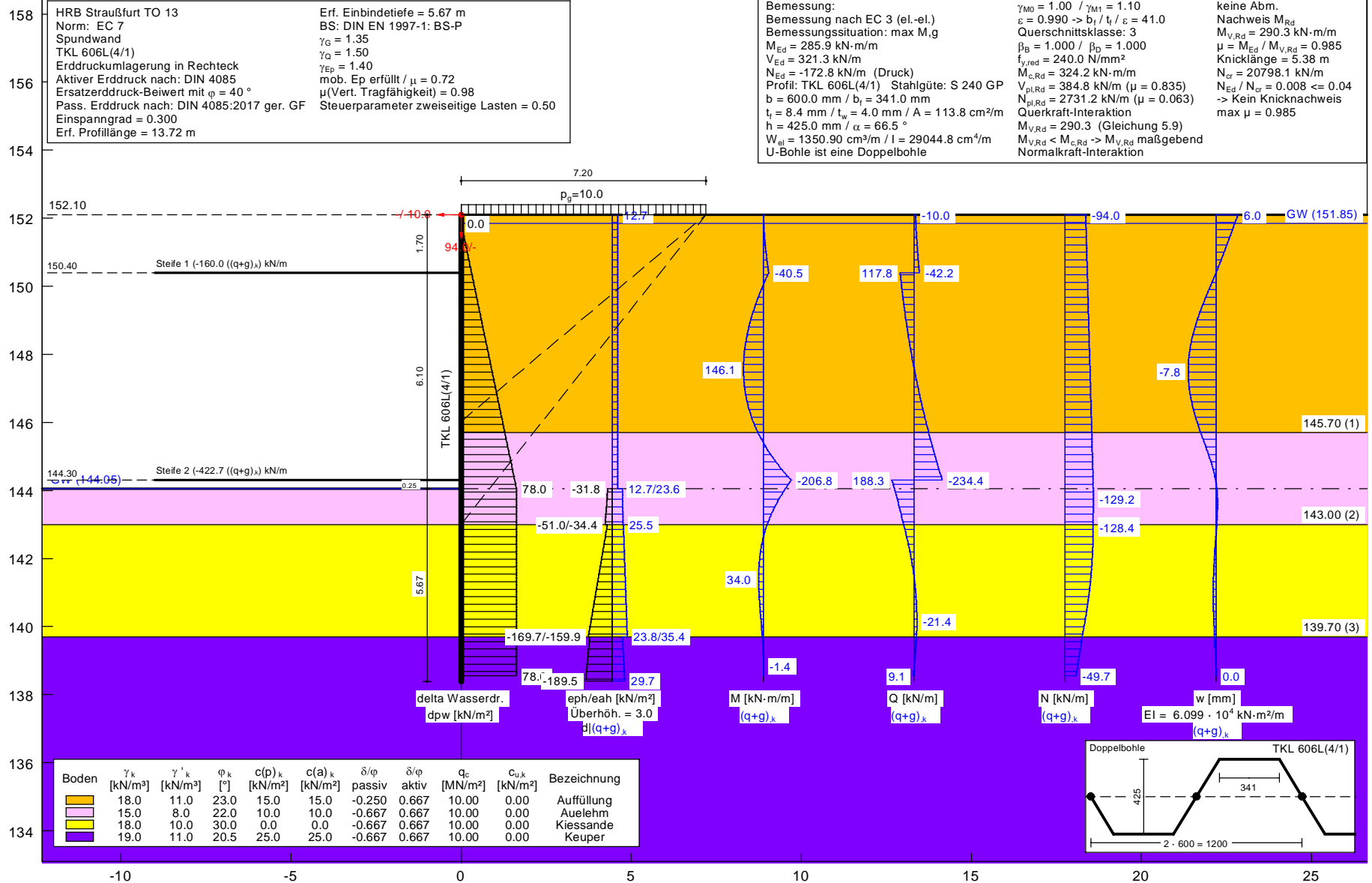
- Wand: erf.  $a_s = 8,04 \text{ cm}^2/\text{m}$  → gew.: Ø 12 -12,5 mit vorh.  $a_s = 9,05 \text{ cm}^2/\text{m}$
- Sohle: erf.  $a_s = 14,1 \text{ cm}^2/\text{m}$  → gew.: Ø 16 -12,5 mit vorh.  $a_s = 16,1 \text{ cm}^2/\text{m}$

Die Bewehrung kann eingebaut werden. Die Bauteilgeometrie ist ausreichend dimensioniert.

## **Anlage 1      Berechnungsausdrucke Spundwand**

# HRB Straußfurt TO 13 SW Henschleben II, Spundwand, Bestand

Anlage 1



## Spundwand

=====

### Teilsicherheitskonzept (EC 7)

#### HRB Straußfurt TO 13

##### Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 152.10 mNHN

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 144.05 mNHN

Grundwasserstand (rechts) = 151.85 mNHN

Grundwasserstand (links) = 144.05 mNHN

Wasserdruck auf "0.0" gesetzt, wenn zur Erdseite gerichtet.

##### Teilsicherheiten

BS: DIN EN 1997-1: BS-P

$\gamma_G = 1.35$

$\gamma_Q = 1.50$

$\gamma_{Ep} = 1.40$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Flächenlast p = 0.00 kN/m<sup>2</sup> als Verkehrslast

##### Lasten (zweiseitig begrenzt)

Nr.	sig(v)	x(links)	x(rechts)	Tiefe	y(1)	y(2)	y(3)	y(4)	Verkehrslast
[-]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[mNHN]	[mNHN]	[mNHN]	[mNHN]	[mNHN]	[-]
1	10.00	0.00	7.20	152.10	152.10	152.10	146.03	143.01	nein

Steuerparameter = 0.50

##### Krafränder

Momente (im Uhrzeigersinn positiv)

Horizontalkräfte (nach rechts positiv)

Vertikalkräfte (nach unten positiv)

Nr.	Tiefe	M,g,k	M,q,k	H,g,k	H,q,k	V,g,k	V,q,k
[-]	[mNHN]	[kN·m/m]	[kN·m/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	152.10	0.00	0.00	0.00	-10.00	94.00	0.00

##### Erddruckumlagerung in Rechteck

##### Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch und Einspanngrad von 0.300 vorgegeben

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

Eph,d = 579.27 kN/m (Epv,d = -182.46 kN/m)

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

Bh(g+q),d = 579.27 kN/m

Bh,g,d = 576.77 kN/m

Bh,q,d = 2.50 kN/m

Bh,w,d = 411.78 kN/m

##### Ersatzkräfte Ch (Blum)

Ch,k = 9.09 kN/m

Ch,g,k = 8.73 kN/m

Ch,q,k = 0.36 kN/m

Ch,w,k = 5.34 kN/m

##### Anker und Steifen



$N_{w,k}$  kann Anteil aus Einzelkräften beinhalten.

Nr.	y	Neigung	Länge	$N_d$	$N(g+q+w),k$	$N(g+w),k$	$N_{w,k}$	EA	EI	
[-]	[mNHN]	[°]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m²/m]	Steife
1	150.40	0.00	9.00	-218.06	-160.02	-146.42	-90.11	2.100E+7	2.100E+7	Steife
2	144.30	0.00	9.00	-569.86	-422.68	-427.78	-342.82	2.100E+7	2.100E+7	Steife

Zusätzlich für Steifen

Steife 1

Vertikallast [kN/m²/m]: 0.00

max  $M_d$  [kN·m/m]: 0.00

gelenkig an Verbauwand angeschlossen

gegenüberliegende Seite gelenkig

x	y	wx,d	wy,d	$N_d$	$Q_d$	$M_d$
[m]	[m]	[mm]	[mm]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
-9.00	150.40	0.0	0.0	-218.06	0.00	0.00
-8.10	150.40	0.0	0.1	-218.06	0.00	0.00
-8.10	150.40	0.0	0.1	-218.06	0.00	0.00
-7.20	150.40	0.0	0.1	-218.06	0.00	0.00
-6.30	150.40	0.0	0.2	-218.06	0.00	0.00
-5.40	150.40	0.0	0.3	-218.06	0.00	0.00
-4.50	150.40	0.0	0.4	-218.06	0.00	0.00
-3.60	150.40	-0.1	0.4	-218.06	0.00	0.00
-2.70	150.40	-0.1	0.5	-218.06	0.00	0.00
-1.80	150.40	-0.1	0.6	-218.06	0.00	0.00
-0.90	150.40	-0.1	0.7	-218.06	0.00	0.00
0.00	150.40	-0.1	0.7	-218.06	0.00	0.00

Steife 2

Vertikallast [kN/m²/m]: 0.00

max  $M_d$  [kN·m/m]: 0.00

gelenkig an Verbauwand angeschlossen

gegenüberliegende Seite gelenkig

x	y	wx,d	wy,d	$N_d$	$Q_d$	$M_d$
[m]	[m]	[mm]	[mm]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
-9.00	144.30	0.0	0.0	-569.86	0.00	0.00
-8.10	144.30	0.0	0.0	-569.86	0.00	0.00
-8.10	144.30	0.0	0.0	-569.86	0.00	0.00
-7.20	144.30	0.0	0.1	-569.86	0.00	0.00
-6.30	144.30	-0.1	0.1	-569.86	0.00	0.00
-5.40	144.30	-0.1	0.1	-569.86	0.00	0.00
-4.50	144.30	-0.1	0.2	-569.86	0.00	0.00
-3.60	144.30	-0.1	0.2	-569.86	0.00	0.00
-2.70	144.30	-0.2	0.2	-569.86	0.00	0.00
-1.80	144.30	-0.2	0.3	-569.86	0.00	0.00
-0.90	144.30	-0.2	0.3	-569.86	0.00	0.00
0.00	144.30	-0.2	0.3	-569.86	0.00	0.00

Bodenkennwerte

Schicht	UK	$\gamma_k$	$\gamma'_k$	$\varphi_k$	$c(pas),k$	$c(akt),k$	$d(p)/\varphi$	$d(a)/\varphi$	qc	$c_{u,k}$
[-]	[mNHN]	[kN/m³]	[kN/m³]	[°]	[kN/m²]	[kN/m²]	[-]	[-]	[MN/m²]	[kN/m²]
1	145.70	18.00	11.00	23.00	15.00	15.00	-0.250	0.667	10.00	0.00
2	143.00	15.00	8.00	22.00	10.00	10.00	-0.667	0.667	10.00	0.00
3	139.70	18.00	10.00	30.00	0.00	0.00	-0.667	0.667	10.00	0.00
4	130.00	19.00	11.00	20.50	25.00	25.00	-0.667	0.667	10.00	0.00

Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert mit  $\varphi = 40^\circ$

Ersatzerddruck-Beiwert kah wird angewendet, wenn Kohäsion  $\leq 0.0$ .

Ersatzerddruck-Beiwert kah wird nur auf ständige Lasten angewendet.

bestimmt nach:

Schicht	UK	$k_{agh}$	$k_{ach}$	$\varphi_k$	$\delta$	$\theta$	$k_{agh}(40^\circ)$
[-]	[mNHN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[-]
1	145.70	0.376	1.096	23.000	15.34	51.81	0.179
2	143.00	0.392	1.123	22.000	14.67	51.21	0.179
3	139.70	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98	0.179
4	130.00	0.417	1.166	20.500	13.67	50.31	0.179

Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

von bis oben unten Wasserdruk Wasserdruk

[mNHN]	[mNHN]	[kN/m²]	[kN/m²]	oben[kN/m²]	unten[kN/m²]
152.100	152.097	12.743	12.743	0.00	0.00
152.097	151.850	12.743	12.743	0.00	0.00
151.850	151.100	12.743	12.743	0.00	7.50
151.100	150.400	12.743	12.743	7.50	14.50
150.400	150.100	12.743	12.743	14.50	17.50
150.100	149.050	12.743	12.743	17.50	28.00
149.050	148.050	12.743	12.743	28.00	38.00
148.050	147.050	12.743	12.743	38.00	48.00
147.050	146.027	12.743	12.743	48.00	58.23
146.027	145.700	12.743	12.743	58.23	61.50
145.700	145.050	12.743	12.743	61.50	68.00
145.050	144.300	12.743	12.743	68.00	75.50
144.300	144.050	12.743	12.743	75.50	78.00
144.050	143.752	23.579	24.128	78.00	78.00
143.752	143.056	24.128	25.407	78.00	78.00
143.056	143.006	25.407	25.498	78.00	78.00
143.006	143.000	25.498	25.518	78.00	78.00
143.000	142.050	26.190	28.844	78.00	78.00
142.050	141.050	28.844	31.638	78.00	78.00
141.050	140.100	31.638	34.292	78.00	78.00
140.100	139.700	34.292	35.409	78.00	78.00
139.700	139.100	23.757	26.511	78.00	78.00
139.100	138.550	26.511	29.036	78.00	78.00
138.550	130.000	29.036	68.285	78.00	78.00

#### Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2017 ger. GF

Schicht	UK	$k_{pgh}$	$k_{pch}$	$\varphi_k$	$\delta$	$\theta$
[-]	[mNHN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
2	143.00	3.191	4.454	22.000	-14.67	23.56
3	139.70	5.739	6.960	30.000	-20.01	18.10
4	130.00	2.900	4.153	20.500	-13.67	24.56

#### Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.40

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[mNHN]	[mNHN]	[kN/m²]	[kN/m²]
144.05	143.75	-31.82	-37.25
143.75	143.06	-37.25	-49.94
143.06	143.01	-49.94	-50.85
143.01	143.00	-50.85	-50.96
143.00	142.05	-34.44	-73.38
142.05	141.05	-73.38	-114.38
141.05	140.10	-114.38	-153.32
140.10	139.70	-153.32	-169.72
139.70	139.10	-159.91	-173.58
139.10	138.55	-173.58	-186.11
138.55	130.00	-186.11	-380.91

#### Schnittgrößen (Bemessungswerte)

Tiefe	N	Q	M	A(h)
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]	[kN/m]
152.10	-126.9	-15.0	0.0	
152.10	-126.9	-15.0	0.0	
151.85	-128.4	-19.3	-4.3	
151.10	-132.8	-36.0	-24.6	
150.40	-137.0	-58.4	-57.2	-218.1
150.40	-137.0	159.6	-57.2	
150.10	-138.8	148.0	-11.0	
149.05	-145.0	97.7	119.2	
148.05	-150.9	35.9	187.2	
147.05	-156.8	-39.3	186.6	
146.03	-162.9	-130.2	101.1	
145.70	-164.8	-162.3	53.2	
145.05	-168.5	-230.3	-74.1	
144.30	-172.8	-315.9	-278.5	-569.9
144.30	-172.8	254.0	-278.5	

144.05	-174.2	223.8	-218.7
143.75	-174.4	193.1	-156.6
143.06	-173.4	127.0	-45.7
143.01	-173.2	122.5	-39.5
143.00	-173.2	122.0	-38.7
142.05	-168.5	38.0	34.6
141.05	-150.3	-14.0	43.5
140.10	-120.4	-28.9	20.4
139.70	-104.2	-25.0	9.4
139.10	-85.5	-8.3	-0.9
138.55	-67.0	12.3	0.0

#### Schnittgrößen (g,d)

Tiefe	N	Q	M	A(h)
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]	[kN/m]
152.10	-126.9	0.0	0.0	
152.10	-126.9	0.0	0.0	
151.85	-128.4	-4.3	-0.5	
151.10	-132.8	-21.0	-9.6	
150.40	-137.0	-43.4	-31.7	-197.7
150.40	-137.0	154.2	-31.7	
150.10	-138.8	142.6	12.8	
149.05	-145.0	92.3	137.4	
148.05	-150.9	30.5	200.0	
147.05	-156.8	-44.7	194.0	
146.03	-162.9	-135.6	103.0	
145.70	-164.8	-167.7	53.3	
145.05	-168.5	-235.7	-77.5	
144.30	-172.8	-321.3	-285.9	-577.5
144.30	-172.8	256.2	-285.9	
144.05	-174.2	226.0	-225.6	
143.75	-174.4	195.3	-162.8	
143.06	-173.4	129.0	-50.4	
143.01	-173.3	124.6	-44.1	
143.00	-173.3	124.0	-43.3	
142.05	-168.7	39.8	31.8	
141.05	-150.6	-12.7	42.3	
140.10	-121.0	-28.1	20.2	
139.70	-104.8	-24.6	9.5	
139.10	-86.2	-8.4	-0.7	
138.55	-67.9	11.8	0.0	

#### Schnittgrößen ([g+q+w],k)

Tiefe	N	Q	M	A(h)
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]	[kN/m]
152.10	-94.0	-10.0	0.0	
152.10	-94.0	-10.0	0.0	
151.85	-95.1	-13.2	-2.9	
151.10	-98.4	-25.6	-17.1	
150.40	-101.5	-42.2	-40.5	-160.0
150.40	-101.5	117.8	-40.5	
150.10	-102.8	109.2	-6.4	
149.05	-107.4	72.0	89.7	
148.05	-111.8	26.2	139.6	
147.05	-116.2	-29.5	138.8	
146.03	-120.7	-96.9	75.0	
145.70	-122.1	-120.6	39.4	
145.05	-124.8	-171.0	-55.1	
144.30	-128.0	-234.4	-206.8	-422.7
144.30	-128.0	188.3	-206.8	
144.05	-129.1	165.9	-162.5	
143.75	-129.2	143.2	-116.5	
143.06	-128.4	94.2	-34.2	
143.01	-128.3	90.9	-29.6	
143.00	-128.3	90.5	-29.0	
142.05	-124.8	28.3	25.4	
141.05	-111.4	-10.3	32.1	
140.10	-89.3	-21.3	15.1	
139.70	-77.2	-18.5	7.0	

139.10	-63.4	-6.1	-0.6
138.55	-49.7	9.1	0.0

Schnittgrößen (g+w,k)

Tiefe	N	Q	M	A(h)
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]	[kN/m]
152.10	-94.0	0.0	0.0	
152.10	-94.0	0.0	0.0	
151.85	-95.1	-3.2	-0.4	
151.10	-98.4	-15.6	-7.1	
150.40	-101.5	-32.2	-23.5	-146.4
150.40	-101.5	114.2	-23.5	
150.10	-102.8	105.6	9.5	
149.05	-107.4	68.4	101.8	
148.05	-111.8	22.6	148.1	
147.05	-116.2	-33.1	143.7	
146.03	-120.7	-100.5	76.3	
145.70	-122.1	-124.2	39.5	
145.05	-124.8	-174.6	-57.4	
144.30	-128.0	-238.0	-211.8	-427.8
144.30	-128.0	189.8	-211.8	
144.05	-129.1	167.4	-167.1	
143.75	-129.2	144.7	-120.6	
143.06	-128.5	95.6	-37.3	
143.01	-128.4	92.3	-32.7	
143.00	-128.3	91.9	-32.1	
142.05	-124.9	29.5	23.6	
141.05	-111.6	-9.4	31.3	
140.10	-89.6	-20.8	15.0	
139.70	-77.7	-18.2	7.0	
139.10	-63.9	-6.2	-0.5	
138.55	-50.3	8.7	0.0	

Schnittgrößen (q,k)

Tiefe	N	Q	M	A(h)
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]	[kN/m]
152.10	0.0	-10.0	0.0	
152.10	0.0	-10.0	0.0	
151.85	0.0	-10.0	-2.5	
151.10	0.0	-10.0	-10.0	
150.40	0.0	-10.0	-17.0	-13.6
150.40	0.0	3.6	-17.0	
150.10	0.0	3.6	-15.9	
149.05	0.0	3.6	-12.1	
148.05	0.0	3.6	-8.5	
147.05	0.0	3.6	-4.9	
146.03	0.0	3.6	-1.3	
145.70	0.0	3.6	-0.1	
145.05	0.0	3.6	2.3	
144.30	0.0	3.6	5.0	5.1
144.30	0.0	-1.5	5.0	
144.05	0.0	-1.5	4.6	
143.75	0.0	-1.5	4.1	
143.06	0.0	-1.4	3.1	
143.01	0.0	-1.4	3.1	
143.00	0.0	-1.4	3.1	
142.05	0.1	-1.2	1.8	
141.05	0.2	-0.9	0.8	
140.10	0.4	-0.5	0.1	
139.70	0.4	-0.3	0.0	
139.10	0.5	0.0	-0.1	
138.55	0.6	0.4	0.0	

Schnittgrößen (w,k)

Tiefe	N	Q	M	A(h)
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]	[kN/m]
152.10	0.0	0.0	0.0	
152.10	0.0	0.0	0.0	
151.85	0.0	0.0	0.0	

151.10	0.0	-2.8	-0.7	
150.40	0.0	-10.5	-5.1	-90.1
150.40	0.0	79.6	-5.1	
150.10	0.0	74.8	18.1	
149.05	0.0	50.9	85.1	
148.05	0.0	17.9	120.3	
147.05	0.0	-25.1	117.5	
146.03	0.0	-79.4	65.0	
145.70	0.0	-99.0	35.8	
145.05	0.0	-141.1	-42.0	
144.30	0.0	-194.9	-167.6	-342.8
144.30	0.0	147.9	-167.6	
144.05	0.0	128.7	-133.0	
143.75	1.4	110.9	-97.3	
143.06	5.6	72.6	-33.8	
143.01	6.0	70.1	-30.2	
143.00	6.0	69.7	-29.8	
142.05	15.8	22.7	12.6	
141.05	33.9	-5.8	19.2	
140.10	58.3	-12.8	8.8	
139.70	70.7	-9.9	4.2	
139.10	83.6	-3.9	-0.2	
138.55	96.3	5.3	0.0	

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $EI = 6.099E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]	Tiefe [m]	w [mm]	Tiefe [m]	w [mm]	Tiefe [m]	w [mm]	Tiefe [m]	w [mm]	Tiefe [m]	w [mm]	Tiefe [m]	w [mm]
152.10	6.0	152.10	6.0	152.10	6.0	152.05	5.8	151.90	5.3	151.85	5.1	151.85	5.1
151.80	4.9	151.15	2.7	151.10	2.5	151.10	2.5	151.05	2.3	150.45	0.1	150.40	-0.1
150.40	-0.1	150.35	-0.3	150.15	-1.0	150.10	-1.2	150.10	-1.2	150.05	-1.4	149.10	-5.0
149.05	-5.2	149.05	-5.2	149.00	-5.3	148.10	-7.4	148.05	-7.5	148.05	-7.5	148.00	-7.5
147.10	-7.6	147.05	-7.5	147.05	-7.5	147.00	-7.5	146.10	-5.6	146.03	-5.4	146.03	-5.4
145.98	-5.2	145.75	-4.5	145.70	-4.3	145.70	-4.3	145.65	-4.2	145.10	-2.3	145.05	-2.1
145.05	-2.1	145.00	-2.0	144.35	-0.3	144.30	-0.2	144.30	-0.2	144.25	-0.1	144.10	0.1
144.05	0.1	144.05	0.1	144.00	0.2	143.80	0.3	143.75	0.3	143.75	0.3	143.70	0.3
143.11	0.2	143.06	0.1	143.06	0.1	143.01	0.1	143.01	0.1	143.00	0.1	143.00	0.1
142.95	0.1	142.10	-0.5	142.05	-0.5	142.05	-0.5	142.00	-0.5	141.10	-0.8	141.05	-0.8
141.05	-0.8	141.00	-0.8	140.15	-0.7	140.10	-0.7	140.10	-0.7	140.05	-0.6	139.75	-0.5
139.70	-0.5	139.70	-0.5	139.65	-0.5	139.15	-0.3	139.10	-0.2	139.10	-0.2	139.05	-0.2
138.60	0.0	138.55	0.0										

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

$\phi_{i,[g+q],k} = -0.02477781$

Theoretischer Fußpunkt = 138.550 m

Bemessung nach EC 3 (el.-el.)

Bemessungssituation: max  $M_{Ed}$

$M_{Ed} = 285.9 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$

$V_{Ed} = 321.3 \text{ kN}/\text{m}$

$N_{Ed} = -172.8 \text{ kN}/\text{m}$  (Druck)

Profil: TKL 606L(4/1) Stahlgüte: S 240 GP

$b = 600.0 \text{ mm} / b_f = 341.0 \text{ mm}$

$t_f = 8.4 \text{ mm} / t_w = 4.0 \text{ mm} / A = 113.8 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 425.0 \text{ mm} / \alpha = 66.5^\circ$

$W_{el} = 1350.90 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 29044.8 \text{ cm}^4/\text{m}$

U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.10$

$\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 41.0$

Querschnittsklasse: 3

$\beta_B = 1.000 / \beta_D = 1.000$

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

$M_{c,Rd} = 324.2 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$

$V_{pl,Rd} = 384.8 \text{ kN}/\text{m}$  ( $\mu = 0.835$ )

$N_{pl,Rd} = 2731.2 \text{ kN}/\text{m}$  ( $\mu = 0.063$ )

Querkraft-Interaktion

$M_{V,Rd} = 290.3$  (Gleichung 5.9)

$M_{V,Rd} < M_{c,Rd} \rightarrow M_{V,Rd}$  maßgebend



#### Mantelreibung

von	bis	$q_{s,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
144.05	143.00	26.67	Auelehm
143.00	139.70	26.67	Kiessande
139.70	138.38	26.67	Keuper

Mantelfläche (TF + dt1) von 138.55 bis 138.38 m = 1.341 m<sup>2</sup>/m ==>  $R_{s3,d}$

$$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 5.90 / 1.40 = 4.21 \text{ kN/m}$$

$$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 254.99 \text{ kN/m}$$

#### Einwirkungen

$$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 16.54 + 106.43 + 126.90 = 249.87 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 249.87 / 254.99 = 0.98$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

#### Hydraulische Grundbruchsicherheit

UK Schicht = 143.01

Gewicht = 8.35 kN/m<sup>2</sup>

Strömungskraft = 4.29 kN/m<sup>2</sup>

gamma(Gewicht) = 0.95

gamma(Strömungskraft) = 1.45

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.783

$$= 0.783 = (1.45 \cdot 4.29) / (0.95 \cdot 8.35)$$

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

#### Nachweis Aufbruchsicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

$$\text{Faktor Verkehrslasten } f_Q = 1.500 / 1.350 = 1.111$$

Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{Rv} = 1.400$

Berechnungsebene = 138.38 mNHN

Breite = 1.61 m

Gewicht  $G_k$  (einschließlich Verkehr) = 460.24 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.111)

$$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 72.16 \text{ [kN/m]}$$

Kohäsionskraft  $K_k = 155.88 \text{ [kN/m]}$

Grundbruchlast  $R_{n,k} = 2398.99 \text{ [kN/m]}$

Grundbruch mit:

Reibungswinkel  $\varphi_k = 22.79$  [°]

Kohäsion  $c_k = 17.50 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

$$N_d = 8.476 / N_b = 3.141 / N_c = 17.795$$

$$\sigma_{\bar{u}} = 126.904 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$\text{mue} = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.331$$

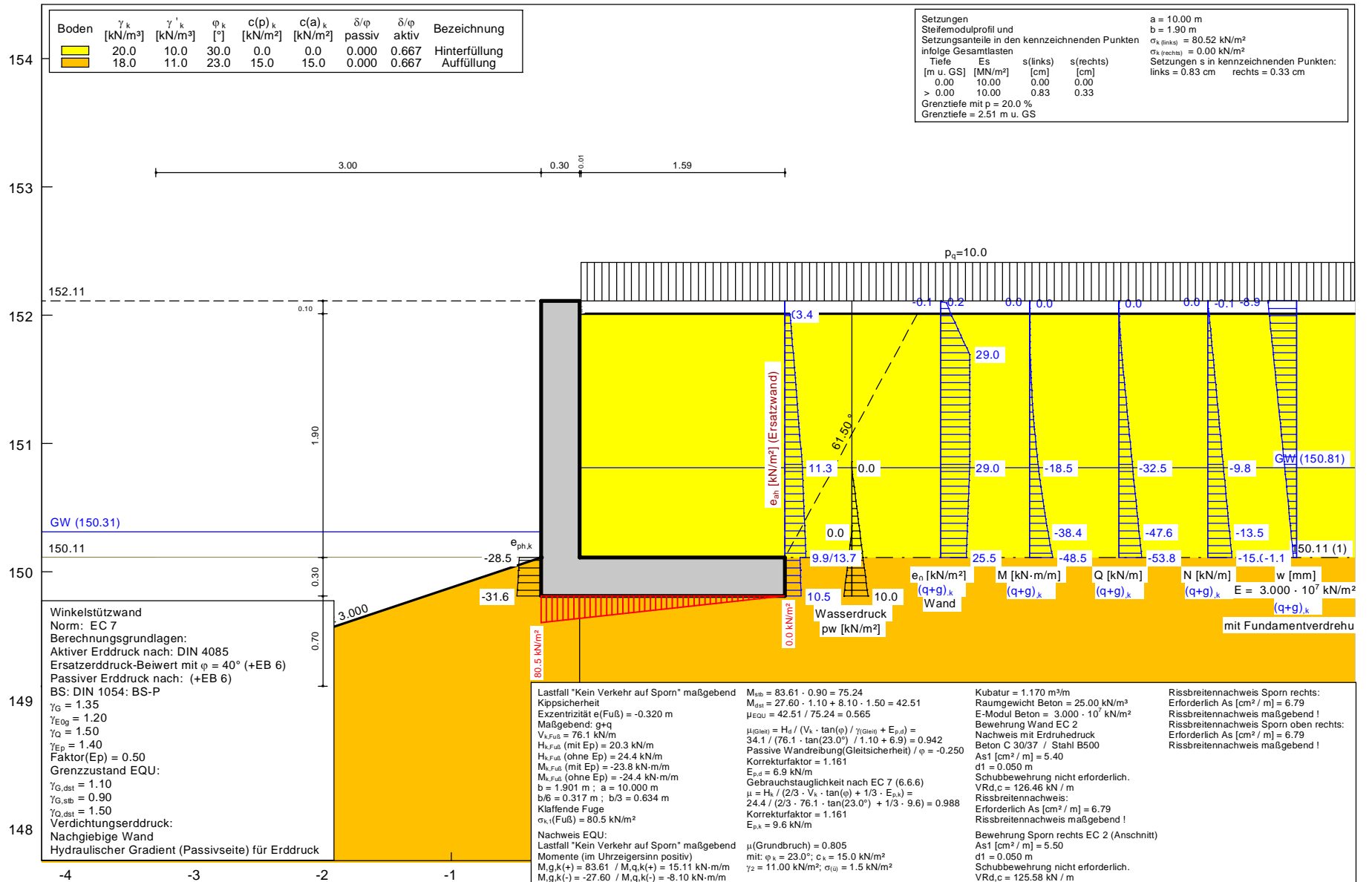
$$\text{mue} = [460.24 \cdot 1.35] / [(2398.99 + 155.88 + 72.16) / 1.400] = 0.331$$

## **Anlage 2      Berechnungsausdrucke Winkelstützwand Rampe**



# HRB Straußfurt TO 13 SW Henschleben II, Winkelstützwand Rampe

## Anlage 2





in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" berechnet.

Flächenlast  $p = 0.00 \text{ kN/m}^2$  als Verkehrslast

Verdichtungserddruck nach DIN 4085:2017

Verdichtungserddruck nicht für Standsicherheitsnachweis angesetzt

Nachgiebige Wand

Verwendete Bodenkennwerte:

Reibungswinkel  $\varphi_k = 30.00^\circ$

Wichte  $\gamma_k = 20.00 \text{ kN/m}^3$

Aktiver Erddruck

Tiefe	ev(a)
[mNHN]	[kN/m <sup>2</sup> ]
152.11	0.00
151.69	22.22
150.11	11.67

Ruhedruck

Tiefe	ev(0)
[mNHN]	[kN/m <sup>2</sup> ]
152.11	0.00
151.69	20.83
149.61	0.00

Lasten (einseitig begrenzt)

Werte für Betonwand

Nr.	sigma	x(links)	Tiefe	y(oben)	y(unten)	Verkehrslast
[-]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[mNHN]	[mNHN]	[mNHN]	[-]
1	10.00	0.01	152.11	152.10	152.10	ja

Bodenkennwerte

Schicht	Tiefe	$\gamma_k$	$\gamma'_k$	$\varphi_k$	$c(p)_k$	$c(a)_k$	$d(p)/\varphi$	$d(a)/\varphi$	$E_s$
[-]	[mNHN]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[MN/m <sup>2</sup> ]	
1	150.11	20.00	10.00	30.00	0.00	0.00	0.000	0.667	10.0
2	140.00	18.00	11.00	23.00	15.00	15.00	0.000	0.667	10.0

Aktive Erddruckbeiwerte auf Wand

bestimmt nach: DIN 4085

Ersatzerddruck-Beiwert mit  $\varphi = 40^\circ$  ( + EB 6)

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Ruhedruck

(delta = mittlere Geländeneigung =  $0.00^\circ$ )

Tiefe	$k_{agh}$	$k_{ach}$	$\varphi_k$	$\delta$	alpha	beta	$k_{agh(40^\circ)}$
[mNHN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[°]	[-]
152.109	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
152.104	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
152.095	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
152.010	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
151.992	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
151.693	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
151.610	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
151.110	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
150.810	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
150.610	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
150.310	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
150.111	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
150.110	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179

Aktive Erddruckbeiwerte auf Ersatzwand

(delta = mittlere Geländeneigung =  $0.00^\circ$ )

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Tiefe	$k_{agh}$	$k_{ach}$	$\varphi_k$	$\delta$	alpha	beta	$k_{agh(40^\circ)}$
[mNHN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[°]	[-]
152.109	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
152.104	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
152.095	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
152.010	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
151.992	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
151.693	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179

151.610	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
151.110	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
150.810	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
150.610	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
150.310	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
150.111	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
150.110	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
149.811	0.438	1.324	23.000	0.00	0.00	0.00	0.179
149.810	0.438	1.324	23.000	0.00	0.00	0.00	0.179

Aktive Erddruckkoordinaten auf Wand (g+q),k

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	Wasserdruck
[mNHN]	[mNHN]	[kN/m²]	[kN/m²]	oben[kN/m²]	unten[kN/m²]
152.110	152.104	-0.050	0.248	0.00	0.00
152.104	152.095	0.248	5.715	0.00	0.00
152.095	150.810	5.715	29.000	0.00	0.00
150.810	150.310	29.000	31.500	0.00	4.50
150.310	150.111	31.500	30.505	5.00	5.00

Aktive Erddruckkoordinaten auf Ersatzwand (g+q),k

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	Wasserdruck
[mNHN]	[mNHN]	[kN/m²]	[kN/m²]	oben[kN/m²]	unten[kN/m²]
152.010	152.008	0.000	3.350	0.00	0.00
152.009	151.958	1.340	3.679	0.00	0.00
152.008	151.909	3.350	4.008	0.00	0.00
151.958	151.859	3.679	4.337	0.00	0.00
151.909	151.810	4.008	4.667	0.00	0.00
151.859	151.756	4.337	5.028	0.00	0.00
151.810	151.702	4.667	5.389	0.00	0.00
151.756	151.648	5.028	5.750	0.00	0.00
151.702	151.593	5.389	6.111	0.00	0.00
151.648	151.552	5.750	6.389	0.00	0.00
151.593	151.510	6.111	6.667	0.00	0.00
151.552	151.460	6.389	7.000	0.00	0.00
151.510	151.410	6.667	7.333	0.00	0.00
151.460	151.360	7.000	7.667	0.00	0.00
151.410	151.310	7.333	8.000	0.00	0.00
151.360	151.260	7.667	8.333	0.00	0.00
151.310	151.210	8.000	8.667	0.00	0.00
151.260	151.160	8.333	9.000	0.00	0.00
151.210	151.110	8.667	9.333	0.00	0.00
151.160	151.060	9.000	9.667	0.00	0.00
151.110	151.010	9.333	10.000	0.00	0.00
151.060	150.960	9.667	10.333	0.00	0.00
151.010	150.910	10.000	10.667	0.00	0.00
150.960	150.860	10.333	11.000	0.00	0.00
150.910	150.810	10.667	11.333	0.00	0.00
150.860	150.760	11.000	12.000	0.00	0.00
150.810	150.710	11.333	12.667	0.00	0.50
150.760	150.660	12.000	13.333	0.50	1.00
150.710	150.610	12.667	14.000	1.00	1.50
150.660	150.560	13.333	14.667	1.50	2.00
150.610	150.510	14.000	15.333	2.00	2.50
150.560	150.460	14.667	16.000	2.50	3.00
150.510	150.410	15.333	16.667	3.00	3.50
150.460	150.360	16.000	17.333	3.50	4.00
150.410	150.310	16.667	18.000	4.00	4.50
150.360	150.260	17.333	18.167	4.50	5.00
150.310	150.210	18.000	18.333	5.00	5.00
150.260	150.160	18.167	18.500	5.00	5.00
150.210	150.110	18.333	18.667	5.00	5.00
150.160	150.061	18.500	15.014	5.00	5.00
150.110	150.011	14.917	15.111	5.00	5.00
150.061	150.010	15.014	15.113	5.00	5.00
150.011	149.960	15.111	15.211	5.00	5.00
150.010	149.910	15.113	15.309	5.00	5.00
149.960	149.860	15.211	15.407	5.00	5.00
149.910	149.811	15.309	15.505	5.00	5.00



# Lastfall "Kein Verkehr auf Sporn" maßgebend

## Schnittgrößen (g+q),k

Tiefe	Q	M	N
[mNHN]	[kN/m]	[kN-m/m]	[kN/m]
152.11	0.0	0.0	0.0
152.10	0.0	0.0	0.0
152.10	0.0	0.0	-0.1
150.81	-32.5	-18.5	-9.8
150.31	-47.6	-38.4	-13.5
150.11	-53.8	-48.5	-15.0

## Verschiebungen (g+q),k (mit Fundamentverdrehung)

Tiefe	w
[mNHN]	[mm]
152.11	-8.9
152.10	-8.9
152.10	-8.8
150.81	-3.7
150.31	-1.8
150.11	-1.1

# Lastfall "Kein Verkehr auf Sporn" maßgebend

## Kippsicherheit

Maßgebend: g+q

Exzentrizität  $e(Fu\beta) = -0.320$  m

$b/6 = 0.317$  m ;  $b/3 = 0.634$  m

Klaffende Fuge

$\sigma_{k,1}(Fu\beta) = 80.5$  kN/m<sup>2</sup>

## Gleitsicherheit

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit nach EC 7 (6.6.6)

Wenn beim Nachweis der Gleitsicherheit Erdwiderstand angesetzt wird, gilt folgende Regelung:

Bei Flach- und Flächengründungen darf der Nachweis gegen unzutragliche Verschiebungen

des Fundamentes in der Sohlfläche als erbracht angesehen werden, wenn bei mindestens

mitteldicht gelagerten nichtbindigen Böden bzw. bei mindestens steifen bindigen Böden

- nicht mehr als zwei Drittel des charakteristischen Gleitwiderstands in der Fundamentsohle sowie

- nicht mehr als ein Drittel des charakteristischen Erdwiderstands vor der Stirnseite des Fundamentkörpers

zur Herstellung des Gleichgewichts der charakteristischen bzw. repräsentativen Kräfte

parallel zur Sohlfläche erforderlich sind.

Maßgebend: g + q

$\mu_{e}(Gleit) = H,d / (V,k \cdot \tan(\varphi) / \gamma(Gleiten) + E_{p,d}) =$

$\mu_{e}(Gleit) = 34.1 / (76.1 \cdot \tan(23.0) / 1.10 + 6.9) = 0.942$

Passive Wandreibung(Gleitsicherheit) /  $\varphi = -0.250$

Korrekturfaktor = 1.161

$E_{p,d} = 6.9$

Gebrauchstauglichkeit nach EC 7 (6.6.6)

$\mu_{e} = H,k / (2/3 \cdot V,k \cdot \tan(\varphi) + 1/3 \cdot E_{p,k}) =$

$\mu_{e} = 24.4 / (2/3 \cdot 76.1 \cdot \tan(23.0) + 1/3 \cdot 9.6) = 0.988$

Korrekturfaktor = 1.161

$E_{p,k} = 9.6$  kN/m

## Grundbruchsicherheit

Maßgebend: = g + q

$H,k = 20.30$  kN/m

$M,k = 23.81$  kN/m

$V,k = 76.07$  kN/m

$V,d = 102.69$  kN/m

$R_n,d = 127.57$  kN/m

$a = 10.000$  m

$b = 1.901$  m

$b' = 1.319$  m

Ausnutzungsgrad = 0.805

$\gamma(\text{Grundbruch}) = 1.400$

$\varphi_k = 23.0^\circ$

$c_k = 15.0$  kN/m<sup>2</sup>

$\gamma_2 = 11.0 \text{ kN/m}^3$   
 $\sigma_{\bar{u}} = 1.5 \text{ kN/m}^2$   
 $N_{c0} = 18.05 / N_{d0} = 8.66 / N_{b0} = 3.25$   
 $v_c = 1.056 / v_d = 1.050 / v_b = 0.962$   
 $i_c = 0.499 / i_d = 0.557 / i_b = 0.408$   
 Böschungsneigung =  $8.6^\circ$   
 $\lambda_c = 0.864 / \lambda_d = 0.732 / \lambda_b = 0.623$   
 Sohleineigung =  $0.0^\circ$   
 $\xi_c = 1.000 / \xi_d = 1.000 / \xi_b = 1.000$   
 Tiefenbeiwerte:  
 $T_c = 1.000 / T_d = 1.000$

Nachweis EQU:  
 Lastfall "Kein Verkehr auf Sporn" maßgebend  
 Momente (im Uhrzeigersinn positiv)  
 $M_{g,k(+)} = 83.61 / M_{q,k(+)} = 15.11 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $M_{g,k(-)} = -27.60 / M_{q,k(-)} = -8.10 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $M_{stb} = 83.61 \cdot 0.90 = 75.24$   
 $M_{dst} = 27.60 \cdot 1.10 + 8.10 \cdot 1.50 = 42.51$   
 $\mu(\text{EQU}) = 42.51 / 75.24 = 0.565$

Setzungen  
 Steifemodulprofil und  
 Setzungsanteile in den kennzeichnenden Punkten  
 infolge Gesamtlasten

Tiefe	$E_s$	s(links)	s(rechts)
[m u. GS]	[MN/m <sup>2</sup> ]	[cm]	[cm]
0.00	10.00	0.00	0.00
> 0.00	10.00	0.83	0.33

Grenztiefe mit  $p = 20.0 \%$   
 Grenztiefe = 2.51 m u. GS  
 $V_k = 76.07 \text{ kN/m}$   
 $a = 10.00 \text{ m}$   
 $b = 1.90 \text{ m}$   
 $\sigma(\text{links}) = 80.52 \text{ kN/m}^2$   
 $\sigma(\text{rechts}) = 0.00 \text{ kN/m}^2$   
 Setzungen in den kennzeichnenden Punkten:  
 links:  $s = 0.83 \text{ cm}$   
 rechts:  $s = 0.33 \text{ cm}$

Bewehrung Wand EC 2  
 Nachweis mit Erdruchedruck  
 Tiefe = 150.11 m  
 Beton C 30/37 / Stahl B500  
 $M_d = 61.3 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m}$   
 $N_k = -15.0 \text{ kN} / \text{m}$   
 $\epsilon_{ps}(c2) [o/oo] = -2.3$   
 $\epsilon_{ps}(s1) [o/oo] = 25.0$   
 $A_{s1} [\text{cm}^2 / \text{m}] = 5.40$   
 Dicke = 0.300 m  
 $d1 = 0.050 \text{ m}$   
 $\sigma_1(l) = 4.03 / \sigma_2(l) = -4.13 \text{ MN/m}^2$   
 Tiefe = 150.11 m  
 $Q_d = V_{Sd} = 67.9 \text{ kN} / \text{m}$   
 $V_{Rd,max} = 688.5 \text{ kN} / \text{m} (z = 0.180 \text{ m})$   
 $(V_{Sd} / V_{Rd,max} = 0.0986)$   
 Schubbewehrung nicht erforderlich.  
 $V_{Rd,c} = 126.46 \text{ kN} / \text{m}$   
 Rissbreitennachweis:  
 $M_k = 48.5 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m} \quad N_k = -15.0 \text{ kN} / \text{m}$   
 Effektive Zugfestigkeit des Betons  $[N/mm^2] = 2.90$   
 Grenzzrissweite  $[mm] = 0.30$   
 Hebelarm der inneren Kräfte  $[m] = 0.240$   
 Bewehrungsgehalt  $[\%] = 0.180$   
 Erforderlich: 6 Bewehrungsstäbe (Durchmesser 12 mm)  
 Erforderlich  $A_s [\text{cm}^2 / \text{m}] = 6.79$   
 Rissbreitennachweis maßgebend !



Bewehrung Sporn rechts EC 2 (Anschnitt)

$M_d = 61.3 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m}$

Moment positiv im Uhrzeigersinn

$N_k = -5.8 \text{ kN} / \text{m}$

$\epsilon_{s2} [\text{o}/\text{oo}] = -2.30$

$\epsilon_{s1} [\text{o}/\text{oo}] = 25.00$

$A_{s1} [\text{cm}^2 / \text{m}] = 5.50$

Dicke = 0.300 m

$d_1 = 0.050 \text{ m}$

$\sigma_1(l) = 4.06 / \sigma_2(l) = -4.10 \text{ MN/m}^2$

$Q_d = V_{Sd} = 46.7 \text{ kN} / \text{m}$

$V_{Rd,max} = 688.8 \text{ kN} / \text{m} (z = 0.180 \text{ m})$

$(V_{Sd} / V_{Rd,max} = 0.0677)$

Schubbewehrung nicht erforderlich.

$V_{Rd,c} = 125.58 \text{ kN} / \text{m}$

Rissbreitennachweis Sporn rechts:

$M_k = 48.5 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m} \quad N_k = -5.8 \text{ kN} / \text{m}$

Effektive Zugfestigkeit des Betons  $[N/mm^2] = 2.90$

Grenzrissweite  $[mm] = 0.30$

Hebelarm der inneren Kräfte  $[m] = 0.240$

Bewehrungsgehalt  $[\%] = 0.183$

Erforderlich: 6 Bewehrungsstäbe (Durchmesser 12 mm)

Erforderlich  $A_s [\text{cm}^2 / \text{m}] = 6.79$

Rissbreitennachweis maßgebend !

Rissbreitennachweis Sporn oben rechts:

$M_k = 48.5 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m} \quad N_k = -5.8 \text{ kN} / \text{m}$

Effektive Zugfestigkeit des Betons  $[N/mm^2] = 2.90$

Grenzrissweite  $[mm] = 0.30$

Hebelarm der inneren Kräfte  $[m] = 0.240$

Bewehrungsgehalt  $[\%] = 0.183$

Erforderlich: 6 Bewehrungsstäbe (Durchmesser 12 mm)

Erforderlich  $A_s [\text{cm}^2 / \text{m}] = 6.79$

Rissbreitennachweis maßgebend !

Hydraulischer Gradient auf Passivseite für Erddruckberechnung verwendet !

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad hydraulische Grundbruchsicherheit = 0.20

$\gamma(\text{Gewicht}) = 0.95$

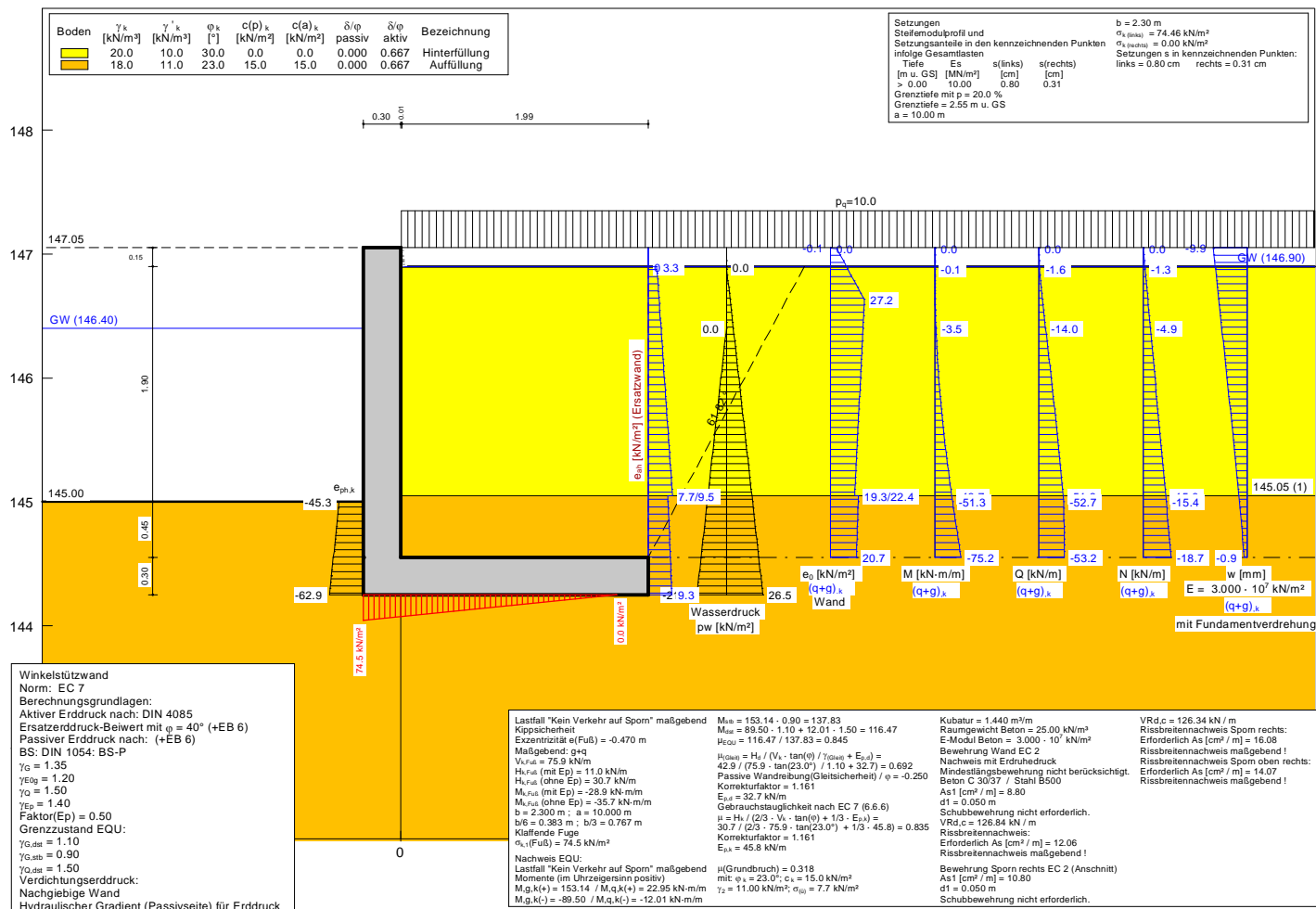
$\gamma(\text{Strömungskraft}) = 1.45$

UK Schicht = 149.81

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

## **Anlage 3      Berechnungsausdrucke Winkelstützwand Auslauf**

### Anlage 3



## Teilsicherheitskonzept (EC 7)

### Winkelstützmauer

### Winkelstützwand

Wandkopf = 147.05 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050

Baugrubensohle = 145.00 mNHN

Grundwasserstand (rechts) = 146.90 mNHN

Grundwasserstand (links) = 146.40 mNHN

BS: DIN 1054: BS-P

Teilsicherheiten

$\gamma_{g,1} = 1.35$

$\gamma_{g,Ruhe} = 1.20$

$\gamma_{g,q} = 1.50$

$\gamma_{g,Ep} = 1.40$  (Gleiten)

Faktor( $E_p$ ) = 0.50 (Grundbruch)

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Nachweis Stahlbeton mit Erdruhedruck

Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G,dst} = 1.10$

$\gamma_{G,stb} = 0.90$

$\gamma_{Q,dst} = 1.50$

### Winkelstützmauer

$\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$

E-Modul =  $3.0000 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$

Vertikallast( $g$ ) = 0.00 kN/m

Vertikallast( $q$ ) = 0.00 kN/m

Horizontallast( $g$ ) = 0.00 kN/m

Horizontallast( $q$ ) = 0.00 kN/m

Moment( $g$ ) = 0.00 kN·m/m

Moment( $q$ ) = 0.00 kN·m/m

Fundamentlänge  $a = 10.00 \text{ m}$

Tiefe	links	rechts	Breite
[mNHN]	[m]	[m]	[m]
147.050	-0.300	0.000	0.300
144.550	-0.300	0.000	0.300

### Koordinaten Fundament

x	y
[m]	[mNHN]
-0.300	144.550
-0.300	144.550
-0.300	144.250
2.000	144.250
2.000	144.550
0.000	144.550

### Bermen auf der Aktivseite

Nr.	x1	x2	dh	Auflast	Verkehr
[-]	[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]
1	0.00	0.01	-0.15	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.

Flächenlast  $p = 0.00 \text{ kN/m}^2$  als Verkehrslast

Verdichtungserddruck nach DIN 4085:2017

Verdichtungserddruck nicht für Standsicherheitsnachweis angesetzt

Nachgiebige Wand

Verwendete Bodenkennwerte:

Reibungswinkel  $\varphi_k = 30.00^\circ$

Wichte  $\gamma_k = 20.00 \text{ kN/m}^3$

Aktiver Erddruck

Tiefe [mNHN]	ev(a) [kN/m <sup>2</sup> ]
147.05	0.00
146.63	22.22
145.05	11.67

Ruhedruck

Tiefe [mNHN]	ev(0) [kN/m <sup>2</sup> ]
147.05	0.00
146.63	20.83
144.55	0.00

Lasten (einseitig begrenzt)

Werte für Betonwand

Nr.	sigma [kN/m <sup>2</sup> ]	x(links) [m]	Tiefe [mNHN]	y(oben) [mNHN]	y(unten) [mNHN]	Verkehrslast [-]
1	10.00	0.00	147.05	147.05	147.04	ja

Bodenkennwerte

Schicht [-]	Tiefe [mNHN]	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'_k$ [°]	$\varphi_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$c(p)_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$c(a)_k$ [-]	$d(p)/\varphi$ [-]	$d(a)/\varphi$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$
1	145.05	20.00	10.00	30.00	0.00	0.00	0.000	0.667	10.0
2	134.94	18.00	11.00	23.00	15.00	15.00	0.000	0.667	10.0

Aktive Erddruckbeiwerte auf Wand

bestimmt nach: DIN 4085

Ersatzerddruck-Beiwert mit  $\varphi = 40^\circ$  ( + EB 6)

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Ruhedruck

(delta = mittlere Geländeneigung = 0.00 °)

Tiefe [mNHN]	$k_{agh}$ [-]	$k_{ach}$ [-]	$\varphi_k$ [°]	$\delta$ [°]	alpha [°]	beta [°]	$k_{agh(40^\circ)}$ [-]
147.049	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
147.048	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
147.044	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.900	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.880	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.633	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.550	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.400	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.050	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
145.550	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
145.050	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
145.000	0.609	0.000	23.000	0.00	0.00	0.00	0.179
144.551	0.609	0.000	23.000	0.00	0.00	0.00	0.179
144.550	0.609	0.000	23.000	0.00	0.00	0.00	0.179

Aktive Erddruckbeiwerte auf Ersatzwand

(delta = mittlere Geländeneigung = 0.00 °)

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Tiefe [mNHN]	$k_{agh}$ [-]	$k_{ach}$ [-]	$\varphi_k$ [°]	$\delta$ [°]	alpha [°]	beta [°]	$k_{agh(40^\circ)}$ [-]
147.049	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
147.048	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
147.044	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.900	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.880	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.633	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.550	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.400	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.050	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
145.550	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
145.050	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
145.000	0.438	1.324	23.000	0.00	0.00	0.00	0.179
144.551	0.438	1.324	23.000	0.00	0.00	0.00	0.179

144.550	0.438	1.324	23.000	0.00	0.00	0.00	0.179
144.251	0.438	1.324	23.000	0.00	0.00	0.00	0.179
144.250	0.438	1.324	23.000	0.00	0.00	0.00	0.179

Aktive Erddruckkoordinaten auf Wand (g+q),k  
von bis oben unten

[mNHN]	[mNHN]	[kN/m²]	[kN/m²]	Wasserdruck oben[kN/m²]	Wasserdruck unten[kN/m²]
147.050	147.044	-0.050	5.254	0.00	0.00
147.044	146.900	5.254	12.642	0.00	0.00
146.900	146.880	12.642	13.749	0.00	0.00
146.880	146.400	13.749	31.000	0.20	4.50
146.400	145.050	31.000	24.250	5.00	5.00
145.050	145.000	27.364	27.199	5.00	5.00
145.000	144.551	27.199	25.718	5.00	5.00

Aktive Erddruckkoordinaten auf Ersatzwand (g+q),k

von [mNHN]	bis [mNHN]	oben [kN/m²]	unten [kN/m²]	Wasserdruck oben[kN/m²]	Wasserdruck unten[kN/m²]
146.900	146.898	0.000	3.367	0.00	0.01
146.899	146.848	1.347	4.028	0.01	0.02
146.898	146.798	3.367	4.689	0.02	0.52
146.848	146.749	4.028	5.350	0.52	1.02
146.798	146.699	4.689	6.011	1.02	1.51
146.749	146.650	5.350	6.672	1.51	2.01
146.699	146.600	6.011	7.333	2.01	2.50
146.650	146.542	6.672	8.111	2.50	3.00
146.600	146.483	7.333	8.889	3.00	3.58
146.542	146.442	8.111	9.444	3.58	4.17
146.483	146.400	8.889	10.000	4.17	4.58
146.442	146.350	9.444	10.167	4.58	5.00
146.400	146.300	10.000	10.333	5.00	5.00
146.350	146.250	10.167	10.500	5.00	5.00
146.300	146.200	10.333	10.667	5.00	5.00
146.250	146.150	10.500	10.833	5.00	5.00
146.200	146.100	10.667	11.000	5.00	5.00
146.150	146.050	10.833	11.167	5.00	5.00
146.100	146.000	11.000	11.333	5.00	5.00
146.050	145.950	11.167	11.500	5.00	5.00
146.000	145.900	11.333	11.667	5.00	5.00
145.950	145.850	11.500	11.833	5.00	5.00
145.900	145.800	11.667	12.000	5.00	5.00
145.850	145.750	11.833	12.167	5.00	5.00
145.800	145.700	12.000	12.333	5.00	5.00
145.750	145.650	12.167	12.500	5.00	5.00
145.700	145.600	12.333	12.667	5.00	5.00
145.650	145.550	12.500	12.833	5.00	5.00
145.600	145.500	12.667	13.000	5.00	5.00
145.550	145.450	12.833	13.167	5.00	5.00
145.500	145.400	13.000	13.333	5.00	5.00
145.450	145.350	13.167	13.500	5.00	5.00
145.400	145.300	13.333	13.667	5.00	5.00
145.350	145.250	13.500	13.833	5.00	5.00
145.300	145.200	13.667	14.000	5.00	5.00
145.250	145.150	13.833	14.167	5.00	5.00
145.200	145.100	14.000	14.333	5.00	5.00
145.150	145.050	14.167	14.500	5.00	5.00
145.100	145.000	14.333	12.783	5.00	5.00
145.050	144.950	12.685	12.881	5.00	5.00
145.000	144.900	12.783	12.979	5.00	5.00
144.950	144.850	12.881	13.077	5.00	5.00
144.900	144.800	12.979	13.176	5.00	5.00
144.850	144.750	13.077	13.274	5.00	5.00
144.800	144.700	13.176	13.372	5.00	5.00
144.750	144.650	13.274	13.470	5.00	5.00
144.700	144.600	13.372	13.568	5.00	5.00
144.650	144.550	13.470	13.667	5.00	5.00
144.600	144.500	13.568	13.764	5.00	5.00
144.550	144.451	13.667	13.862	5.00	5.00
144.500	144.401	13.764	13.959	5.00	5.00

144.451	144.400	13.862	13.961	5.00	5.00
144.401	144.350	13.959	14.059	5.00	5.00
144.400	144.300	13.961	14.157	5.00	5.00
144.350	144.250	14.059	14.255	5.00	5.00

#### Passive Erddruckbeiwerte

einschließlich Einfluss aus hydraulischen Gradienten

Faktor( $E_p$ ) = 0.50 (Grundbruch)

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

bestimmt nach: DIN 4085:2017 ger. GF

Tiefe [mNHN]	$k_{pgh}$ [-]	$k_{pch}$ [-]	$\varphi_k$ [°]	$\delta$ [°]
134.94	2.283	3.022	23.000	0.00

#### Passive Erddruckordinaten $e_{ph,k}$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

einschließlich Einfluss aus hydraulischen Gradienten

von [mNHN]	bis [mNHN]	oben [kN/m²]	unten [kN/m²]
144.80	144.75	-50.03	-51.20
144.75	144.35	-51.20	-60.60
144.35	144.05	-60.60	-67.74

Kräfte und Momente um linken unteren Fußpunkt der Wand (Dimension kN/m und kN·m/m)

(V positiv nach unten; H positiv nach links; M positiv im Uhrzeigersinn)

$x(\text{Fuß}) = -0.300 \text{ mNHN}$  /  $y(\text{Fuß}) = 144.250 \text{ mNHN}$

$V, k(\text{Wand}) = 36.00$

$M, k(\text{Wand}) = 22.65$

$E_{ah,k,g} = 9.05$

$M \text{ aus } E_{ah,k,g} = -9.36$

$E_{ah,k,q} = 9.64$

$M \text{ aus } E_{ah,k,q} = -12.01$

$E_{av,k,g} = 0.00$

$M \text{ aus } E_{av,k,g} = 0.00$

$E_{av,k,q} = 0.00$

$M \text{ aus } E_{av,k,q} = 0.00$

$E_{ph,k} = -19.72$

$M \text{ aus } E_{ph,k} = 6.79$

$E_{pv,k} = 0.00$

$M \text{ aus } E_{pv,k} = 0.00$

Bodengewicht,  $k$  (rechts) = 95.14

$M \text{ aus Bodengewicht, } k \text{ (rechts)} = 123.70$

Bodengewicht,  $k$  (links) = 0.00

$M \text{ aus Bodengewicht, } k \text{ (links)} = 0.00$

$V, k, g \text{ (Lasten)} = 0.00$

$M \text{ aus } V, k, g + M, k, g \text{ (Lasten)} = 0.00$

$V, k, q \text{ (Lasten)} = 19.96$

$M \text{ aus } V, k, q + M, k, q \text{ (Lasten)} = 25.99$

$H, k, g \text{ (Lasten)} = 0.00$

$M \text{ aus } H, k, g \text{ (Lasten)} = 0.00$

$H, k, q \text{ (Lasten)} = 0.00$

$M \text{ aus } H, k, q \text{ (Lasten)} = 0.00$

$V, k, g \text{ (Wasserdruck)} = -55.20$

$M \text{ aus } V, k, g \text{ (Wasserdruck)} = -65.69$

$H, k, g \text{ (Wasserdruck)} = 12.01$

$M \text{ aus } H, k, g \text{ (Wasserdruck)} = -14.45$

-----  
 Summe  $V, k, g = 75.94$

Summe  $V, k, q = 19.96$

Summe  $H, k, g \text{ (ohne Eph)} = 21.06$

Summe  $H, k, q \text{ (ohne Eph)} = 9.64$

Summe  $M, k, g = 63.64$

Summe  $M, k, q = 13.98$   
 -----

Summe Momente um Sohlmittelpunkt (SM):

$x(\text{SM}) = 0.850 \text{ m}$  /  $y(\text{SM}) = 144.250 \text{ mNHN}$

$M, k, g(\text{SM}) = -23.69$

$M, k, q(\text{SM}) = -8.97$

Exzentrizität,  $k, g(\text{SM}) = -0.312 \text{ m}$



Exzentrizität,  $k, g+q(SM) = -0.341 \text{ m}$

-----  
Ergebnisse für Lastfall "Kein Verkehr auf Sporn":

$V, k, g+q = 75.94$

$M, k, g+q(SM) = -35.70$

Exzentrizität,  $k, g+q(SM) = -0.470 \text{ m}$

Lastfall "Kein Verkehr auf Sporn" maßgebend

-----  
Schnittgrößen  $(g+q), k$

Tiefe	Q	M	N
[mNHN]	[kN/m]	[kN·m/m]	[kN/m]
147.05	0.0	0.0	0.0
147.04	0.0	0.0	0.0
146.90	-1.3	-0.1	-1.1
146.88	-1.6	-0.1	-1.3
146.40	-14.0	-3.5	-4.9
145.05	-51.3	-48.7	-15.0
145.00	-52.7	-51.3	-15.4
144.55	-53.2	-75.2	-18.7

Verschiebungen  $(g+q), k$  (mit Fundamentverdrehung)

Tiefe	w
[mNHN]	[mm]
147.05	-9.9
147.04	-9.8
146.90	-9.3
146.88	-9.2
146.40	-7.4
145.05	-2.4
145.00	-2.3
144.55	-0.9

Lastfall "Kein Verkehr auf Sporn" maßgebend

-----  
Kippsicherheit

Maßgebend:  $g+q$

Exzentrizität  $e(Fu\beta) = -0.470 \text{ m}$

$b/6 = 0.383 \text{ m}$  ;  $b/3 = 0.767 \text{ m}$

Klaffende Fuge

$\sigma_{g,k,1}(Fu\beta) = 74.5 \text{ kN/m}^2$

Gleitsicherheit

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit nach EC 7 (6.6.6)

Wenn beim Nachweis der Gleitsicherheit Erdwiderstand angesetzt wird, gilt folgende Regelung:

Bei Flach- und Flächengründungen darf der Nachweis gegen unzuträgliche Verschiebungen des Fundamentes in der Sohlfläche als erbracht angesehen werden, wenn bei mindestens mitteldicht gelagerten nichtbindigen Böden bzw. bei mindestens steifen bindigen Böden

- nicht mehr als zwei Drittel des charakteristischen Gleitwiderstands in der Fundamentsohle sowie
- nicht mehr als ein Drittel des charakteristischen Erdwiderstands vor der Stirnseite des Fundamentkörpers zur Herstellung des Gleichgewichts der charakteristischen bzw. repräsentativen Kräfte parallel zur Sohlfläche erforderlich sind.

Maßgebend:  $g + q$

$\mu_{e, d}(Gleit) = H, d / (V, k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{Gleit} + E_{p, d}) =$

$\mu_{e, d}(Gleit) = 42.9 / (75.9 \cdot \tan(23.0) / 1.10 + 32.7) = 0.692$

Passive Wandreibung(Gleitsicherheit) /  $\varphi = -0.250$

Korrekturfaktor = 1.161

$E_{p, d} = 32.7$

Gebrauchstauglichkeit nach EC 7 (6.6.6)

$\mu_{e, k} = H, k / (2/3 \cdot V, k \cdot \tan(\varphi) + 1/3 \cdot E_{p, k}) =$

$\mu_{e, k} = 30.7 / (2/3 \cdot 75.9 \cdot \tan(23.0) + 1/3 \cdot 45.8) = 0.835$

Korrekturfaktor = 1.161

$E_{p, k} = 45.8 \text{ kN/m}$

Grundbruchsicherheit

Maßgebend:  $= g + q$

$H, k = 10.98 \text{ kN/m}$

$M, k = 28.91 \text{ kN/m}$

$V_k = 75.94 \text{ kN/m}$   
 $V_d = 102.51 \text{ kN/m}$   
 $R_{n,d} = 322.04 \text{ kN/m}$   
 $a = 10.000 \text{ m}$   
 $b = 2.300 \text{ m}$   
 $b' = 1.546 \text{ m}$   
 Ausnutzungsgrad = 0.318  
 $\gamma(\text{Grundbruch}) = 1.400$   
 $\varphi_k = 23.0^\circ$   
 $c_k = 15.0 \text{ kN/m}^2$   
 $\gamma_2 = 11.0 \text{ kN/m}^3$   
 $\sigma_{\bar{u}} = 7.7 \text{ kN/m}^2$   
 $N_{c0} = 18.05 / N_{d0} = 8.66 / N_{b0} = 3.25$   
 $v_c = 1.068 / v_d = 1.060 / v_b = 0.954$   
 $i_c = 0.714 / i_d = 0.747 / i_b = 0.639$   
 Böschungsneigung =  $0.0^\circ$   
 $\lambda_c = 1.000 / \lambda_d = 1.000 / \lambda_b = 1.000$   
 Sohlneigung =  $0.0^\circ$   
 $\xi_c = 1.000 / \xi_d = 1.000 / \xi_b = 1.000$   
 Tiefenbeiwerte:  
 $T_c = 1.000 / T_d = 1.000$

Nachweis EQU:  
 Lastfall "Kein Verkehr auf Sporn" maßgebend  
 Momente (im Uhrzeigersinn positiv)  
 $M_{g,k(+)} = 153.14 / M_{q,k(+)} = 22.95 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $M_{g,k(-)} = -89.50 / M_{q,k(-)} = -12.01 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $M_{stb} = 153.14 \cdot 0.90 = 137.83$   
 $M_{dst} = 89.50 \cdot 1.10 + 12.01 \cdot 1.50 = 116.47$   
 $\mu(\text{EQU}) = 116.47 / 137.83 = 0.845$

Setzungen  
 Steifemodulprofil und  
 Setzungsanteile in den kennzeichnenden Punkten  
 infolge Gesamtlasten

Tiefe	$E_s$	s(links)	s(rechts)
[m u. GS]	[MN/m <sup>2</sup> ]	[cm]	[cm]
> 0.00	10.00	0.80	0.31

Grenztiefe mit  $p = 20.0 \%$   
 Grenztiefe = 2.55 m u. GS  
 $V_k = 75.94 \text{ kN/m}$   
 $a = 10.00 \text{ m}$   
 $b = 2.30 \text{ m}$   
 $\sigma(\text{links}) = 74.46 \text{ kN/m}^2$   
 $\sigma(\text{rechts}) = 0.00 \text{ kN/m}^2$   
 Setzungen in den kennzeichnenden Punkten:  
 links:  $s = 0.80 \text{ cm}$   
 rechts:  $s = 0.31 \text{ cm}$

Bewehrung Wand EC 2  
 Nachweis mit Erdruchedruck  
 Mindestlängsbewehrung nicht berücksichtigt.  
 Tiefe = 144.55 m  
 Beton C 30/37 / Stahl B500  
 $M_d = 97.1 \text{ kN}\cdot\text{m} / \text{m}$   
 $N_k = -18.7 \text{ kN} / \text{m}$   
 $\epsilon_{s(c2)} [o/oo] = -3.4$   
 $\epsilon_{s(s1)} [o/oo] = 25.0$   
 $A_{s1} [\text{cm}^2 / \text{m}] = 8.80$   
 Dicke = 0.300 m  
 $d_1 = 0.050 \text{ m}$   
 $\sigma_1(l) = 6.41 / \sigma_2(l) = -6.53 \text{ MN/m}^2$   
 Tiefe = 144.55 m  
 $Q_d = V_{Sd} = 71.6 \text{ kN} / \text{m}$   
 $V_{Rd,max} = 688.5 \text{ kN} / \text{m} (z = 0.180 \text{ m})$   
 $(V_{Sd} / V_{Rd,max} = 0.1040)$   
 Schubbewehrung nicht erforderlich.  
 $V_{Rd,c} = 126.84 \text{ kN} / \text{m}$

Rissbreitennachweis:

$M_{k,1} = 75.2 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m}$     $N_{k,1} = -18.7 \text{ kN} / \text{m}$   
Effektive Zugfestigkeit des Betons  $[N/mm^2] = 2.90$   
Grenzrissweite  $[mm] = 0.30$   
Hebelarm der inneren Kräfte  $[m] = 0.235$   
Bewehrungsgehalt  $[\%] = 0.293$   
Erforderlich: 6 Bewehrungsstäbe (Durchmesser 16 mm)  
Erforderlich  $A_s [cm^2 / m] = 12.06$   
Rissbreitennachweis maßgebend !

Bewehrung Sporn rechts EC 2 (Anschnitt)

$M_{d,1} = -116.0 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m}$   
Moment positiv im Uhrzeigersinn  
 $N_{k,1} = -13.4 \text{ kN} / \text{m}$   
 $\epsilon_{ps}(c2) [o/oo] = -3.50$   
 $\epsilon_{ps}(s1) [o/oo] = 21.50$   
 $A_{s1} [cm^2 / m] = 10.80$   
Dicke  $= 0.300 \text{ m}$   
 $d1 = 0.050 \text{ m}$   
 $\sigma_{s1}(l) = -7.78 / \sigma_{s2}(l) = 7.69 \text{ MN/m}^2$   
 $Q_{d,1} = V_{Sd} = 93.1 \text{ kN} / \text{m}$   
 $V_{Rd,max} = 688.8 \text{ kN} / \text{m}$  ( $z = 0.180 \text{ m}$ )  
( $V_{Sd} / V_{Rd,max} = 0.1352$ )  
Schubbewehrung nicht erforderlich.  
 $V_{Rd,c} = 126.34 \text{ kN} / \text{m}$

Rissbreitennachweis Sporn rechts:

$M_{k,1} = -91.7 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m}$     $N_{k,1} = -13.4 \text{ kN} / \text{m}$   
Effektive Zugfestigkeit des Betons  $[N/mm^2] = 2.90$   
Grenzrissweite  $[mm] = 0.30$   
Hebelarm der inneren Kräfte  $[m] = 0.233$   
Bewehrungsgehalt  $[\%] = 0.360$   
Erforderlich: 8 Bewehrungsstäbe (Durchmesser 16 mm)  
Erforderlich  $A_s [cm^2 / m] = 16.08$   
Rissbreitennachweis maßgebend !

Rissbreitennachweis Sporn oben rechts:

$M_{k,1} = 75.2 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m}$     $N_{k,1} = -13.4 \text{ kN} / \text{m}$   
Effektive Zugfestigkeit des Betons  $[N/mm^2] = 2.90$   
Grenzrissweite  $[mm] = 0.30$   
Hebelarm der inneren Kräfte  $[m] = 0.233$   
Bewehrungsgehalt  $[\%] = 0.360$   
Erforderlich: 7 Bewehrungsstäbe (Durchmesser 16 mm)  
Erforderlich  $A_s [cm^2 / m] = 14.07$   
Rissbreitennachweis maßgebend !

Hydraulischer Gradient auf Passivseite für Erddruckberechnung verwendet !

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad hydraulische Grundbruchsicherheit  $= 0.10$

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

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

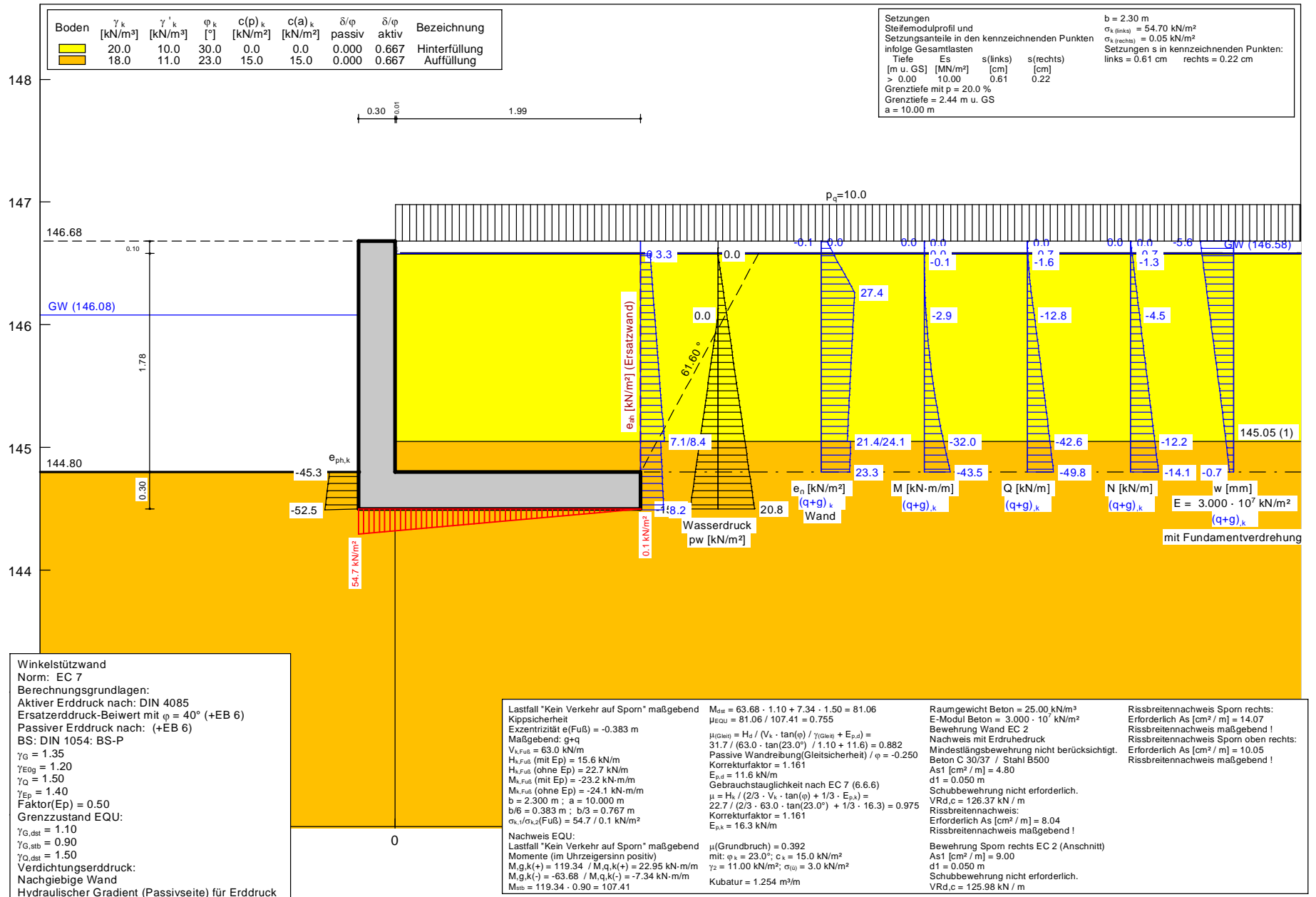
UK Schicht  $= 144.55$

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

## **Anlage 4      Berechnungsausdrucke Winkelstützwand Einlauf**

# HRB Straußfurt TO 13 SW Henschleben II, Durchlassbauwerk, Einlauf

## Anlage 4





Reibungswinkel  $\varphi_k = 30.00^\circ$

Wichte  $\gamma_k = 20.00 \text{ kN/m}^3$

Aktiver Erddruck

Tiefe [mNHN]	ev(a) [kN/m <sup>2</sup> ]
146.68	0.00
146.26	22.22
144.68	11.67

Ruhedruck

Tiefe [mNHN]	ev(0) [kN/m <sup>2</sup> ]
146.68	0.00
146.26	20.83
144.18	0.00

Lasten (einseitig begrenzt)

Werte für Betonwand

Nr. [-]	sigma [kN/m <sup>2</sup> ]	x(links) [m]	Tiefe [mNHN]	y(oben) [mNHN]	y(unten) [mNHN]	Verkehrslast [-]
1	10.00	0.00	146.68	146.68	146.67	ja

Bodenkennwerte

Schicht [-]	Tiefe [mNHN]	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'_k$ [°]	$\varphi_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$c(p)_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$c(a)_k$ [-]	$d(p)/\varphi$ [-]	$d(a)/\varphi$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$
1	145.05	20.00	10.00	30.00	0.00	0.00	0.000	0.667	10.0
2	134.94	18.00	11.00	23.00	15.00	15.00	0.000	0.667	10.0

Aktive Erddruckbeiwerte auf Wand

bestimmt nach: DIN 4085

Ersatzerddruck-Beiwert mit  $\varphi = 40^\circ$  (+ EB 6)

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Ruhedruck

(delta = mittlere Geländeneigung =  $0.00^\circ$ )

Tiefe [mNHN]	$k_{agh}$ [-]	$k_{ach}$ [-]	$\varphi_k$ [°]	$\delta$ [°]	alpha [°]	beta [°]	$k_{agh(40^\circ)}$ [-]
146.679	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.678	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.674	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.580	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.562	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.263	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.180	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.080	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
145.680	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
145.180	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
145.050	0.500	0.000	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
144.801	0.609	0.000	23.000	0.00	0.00	0.00	0.179
144.800	0.609	0.000	23.000	0.00	0.00	0.00	0.179

Aktive Erddruckbeiwerte auf Ersatzwand

(delta = mittlere Geländeneigung =  $0.00^\circ$ )

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Tiefe [mNHN]	$k_{agh}$ [-]	$k_{ach}$ [-]	$\varphi_k$ [°]	$\delta$ [°]	alpha [°]	beta [°]	$k_{agh(40^\circ)}$ [-]
146.679	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.678	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.674	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.580	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.562	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.263	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.180	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
146.080	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
145.680	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
145.180	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
145.050	0.333	1.155	30.000	0.00	0.00	0.00	0.179
144.801	0.438	1.324	23.000	0.00	0.00	0.00	0.179
144.800	0.438	1.324	23.000	0.00	0.00	0.00	0.179
144.680	0.438	1.324	23.000	0.00	0.00	0.00	0.179



Seite 3 / 7

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00  
 einschließlich Einfluss aus hydraulischen Gradienten

von	bis	oben	unten
[mNHN]	[mNHN]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
144.58	144.29	-50.43	-57.63

Kräfte und Momente um linken unteren Fußpunkt der Wand (Dimension kN/m und kN·m/m)  
 (V positiv nach unten; H positiv nach links; M positiv im Uhrzeigersinn)

$x(\text{Fuß}) = -0.300 \text{ mNHN}$  /  $y(\text{Fuß}) = 144.500 \text{ mNHN}$

$V, k(\text{Wand}) = 31.35$

$M, k(\text{Wand}) = 21.96$

$Eah, k, g = 5.63$

$M \text{ aus } Eah, k, g = -4.63$

$Eah, k, q = 7.32$

$M \text{ aus } Eah, k, q = -7.34$

$Eav, k, g = 0.00$

$M \text{ aus } Eav, k, g = 0.00$

$Eav, k, q = 0.00$

$M \text{ aus } Eav, k, q = 0.00$

$Eph, k = -7.01$

$M \text{ aus } Eph, k = 0.91$

$Epv, k = 0.00$

$M \text{ aus } Epv, k = 0.00$

$\text{Bodengewicht}, k (\text{rechts}) = 73.70$

$M \text{ aus Bodengewicht}, k (\text{rechts}) = 96.47$

$\text{Bodengewicht}, k (\text{links}) = 0.00$

$M \text{ aus Bodengewicht}, k (\text{links}) = 0.00$

$V, k, g (\text{Lasten}) = 0.00$

$M \text{ aus } V, k, g + M, k, g (\text{Lasten}) = 0.00$

$V, k, q (\text{Lasten}) = 19.96$

$M \text{ aus } V, k, q + M, k, q (\text{Lasten}) = 25.99$

$H, k, g (\text{Lasten}) = 0.00$

$M \text{ aus } H, k, g (\text{Lasten}) = 0.00$

$H, k, q (\text{Lasten}) = 0.00$

$M \text{ aus } H, k, q (\text{Lasten}) = 0.00$

$V, k, g (\text{Wasserdruck}) = -42.09$

$M \text{ aus } V, k, g (\text{Wasserdruck}) = -50.61$

$H, k, g (\text{Wasserdruck}) = 9.70$

$M \text{ aus } H, k, g (\text{Wasserdruck}) = -8.43$

-----  
 Summe  $V, k, g = 62.96$

Summe  $V, k, q = 19.96$

Summe  $H, k, g (\text{ohne Eph}) = 15.33$

Summe  $H, k, q (\text{ohne Eph}) = 7.32$

Summe  $M, k, g = 55.66$

Summe  $M, k, q = 18.64$

-----  
 Summe Momente um Sohlmittelpunkt (SM):

$x(\text{SM}) = 0.850 \text{ m}$  /  $y(\text{SM}) = 144.500 \text{ mNHN}$

$M, k, g(\text{SM}) = -16.74$

$M, k, q(\text{SM}) = -4.31$

Exzentrizität,  $k, g(\text{SM}) = -0.266 \text{ m}$

Exzentrizität,  $k, g+q(\text{SM}) = -0.254 \text{ m}$

-----  
 Ergebnisse für Lastfall "Kein Verkehr auf Sporn":

$V, k, g+q = 62.96$

$M, k, g+q(\text{SM}) = -24.09$

Exzentrizität,  $k, g+q(\text{SM}) = -0.383 \text{ m}$

Lastfall "Kein Verkehr auf Sporn" maßgebend

-----  
 Schnittgrößen  $(g+q), k$

Tiefe	Q	M	N
[mNHN]	[kN/m]	[kN·m/m]	[kN/m]
146.68	0.0	0.0	0.0
146.67	0.0	0.0	0.0
146.58	-0.7	0.0	-0.7
146.51	-1.6	-0.1	-1.3
146.08	-12.8	-2.9	-4.5

145.05	-42.6	-32.0	-12.2
144.80	-49.8	-43.5	-14.1

Verschiebungen (g+q),k (mit Fundamentverdrehung)

Tiefe [mNHN]	w [mm]
146.68	-5.6
146.67	-5.6
146.58	-5.3
146.51	-5.1
146.08	-4.0
145.05	-1.3
144.80	-0.7

Lastfall "Kein Verkehr auf Sporn" maßgebend

Kippsicherheit

Maßgebend: g+q

Exzentrizität  $e(Fu\beta) = -0.383 \text{ m}$

$b/6 = 0.383 \text{ m}$  ;  $b/3 = 0.767 \text{ m}$

$\sigma_{g,k,1}/\sigma_{g,k,2}(Fu\beta) = 54.7 / 0.1 \text{ kN/m}^2$

Gleitsicherheit

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit nach EC 7 (6.6.6)

Wenn beim Nachweis der Gleitsicherheit Erdwiderstand angesetzt wird, gilt folgende Regelung:

Bei Flach- und Flächengründungen darf der Nachweis gegen unzutragliche Verschiebungen des Fundamentes in der Sohlfläche als erbracht angesehen werden, wenn bei mindestens mitteldicht gelagerten nichtbindigen Böden bzw. bei mindestens steifen bindigen Böden

- nicht mehr als zwei Drittel des charakteristischen Gleitwiderstands in der Fundamentsohle sowie
- nicht mehr als ein Drittel des charakteristischen Erdwiderstands vor der Stirnseite des Fundamentkörpers zur Herstellung des Gleichgewichts der charakteristischen bzw. repräsentativen Kräfte parallel zur Sohlfläche erforderlich sind.

Maßgebend:  $g + q$

$\mu_{e(Gleit)} = H_{d,1} / (V_{d,k} \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{Gleit} + E_{p,d}) =$

$\mu_{e(Gleit)} = 31.7 / (63.0 \cdot \tan(23.0) / 1.10 + 11.6) = 0.882$

Passive Wandreibung(Gleitsicherheit) /  $\varphi = -0.250$

Korrekturfaktor = 1.161

$E_{p,d} = 11.6$

Gebrauchstauglichkeit nach EC 7 (6.6.6)

$\mu_{e,k} = H_{d,k} / (2/3 \cdot V_{d,k} \cdot \tan(\varphi) + 1/3 \cdot E_{p,k}) =$

$\mu_{e,k} = 22.7 / (2/3 \cdot 63.0 \cdot \tan(23.0) + 1/3 \cdot 16.3) = 0.975$

Korrekturfaktor = 1.161

$E_{p,k} = 16.3 \text{ kN/m}$

Grundbruchsicherheit

Maßgebend:  $= g + q$

$H_{d,k} = 15.64 \text{ kN/m}$

$M_{d,k} = 23.18 \text{ kN/m}$

$V_{d,k} = 62.96 \text{ kN/m}$

$V_{d,d} = 85.00 \text{ kN/m}$

$R_{n,d} = 217.01 \text{ kN/m}$

$a = 10.000 \text{ m}$

$b = 2.300 \text{ m}$

$b' = 1.637 \text{ m}$

Ausnutzungsgrad = 0.392

$\gamma_{Gleit}(\text{Grundbruch}) = 1.400$

$\varphi_k = 23.0^\circ$

$c_k = 15.0 \text{ kN/m}^2$

$\gamma_2 = 11.0 \text{ kN/m}^3$

$\sigma_{d0} = 3.0 \text{ kN/m}^2$

$N_{c0} = 18.05 / N_{d0} = 8.66 / N_{b0} = 3.25$

$v_c = 1.069 / v_d = 1.061 / v_b = 0.953$

$i_c = 0.533 / i_d = 0.587 / i_b = 0.441$

Böschungsneigung =  $0.0^\circ$

$\lambda_{c0} = 1.000 / \lambda_d = 1.000 / \lambda_b = 1.000$

Sohlneigung =  $0.0^\circ$

$\xi_{c0} = 1.000 / \xi_d = 1.000 / \xi_b = 1.000$

Tiefenbeiwerte:

$$T_c = 1.000 / T_d = 1.000$$

Nachweis EQU:

Lastfall "Kein Verkehr auf Sporn" maßgebend

Momente (im Uhrzeigersinn positiv)

$$M_{g,k(+)} = 119.34 / M_{q,k(+)} = 22.95 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$M_{g,k(-)} = -63.68 / M_{q,k(-)} = -7.34 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$M_{stb} = 119.34 \cdot 0.90 = 107.41$$

$$M_{dst} = 63.68 \cdot 1.10 + 7.34 \cdot 1.50 = 81.06$$

$$\mu(\text{EQU}) = 81.06 / 107.41 = 0.755$$

Setzungen

Steifemodulprofil und

Setzungsanteile in den kennzeichnenden Punkten

infolge Gesamtlasten

Tiefe	$E_s$	s(links)	s(rechts)
[m u. GS]	[MN/m <sup>2</sup> ]	[cm]	[cm]
> 0.00	10.00	0.61	0.22

Grenztiefe mit  $p = 20.0 \%$

$$\text{Grenztiefe} = 2.44 \text{ m u. GS}$$

$$V_{k} = 62.96 \text{ kN/m}$$

$$a = 10.00 \text{ m}$$

$$b = 2.30 \text{ m}$$

$$\sigma(\text{links}) = 54.70 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma(\text{rechts}) = 0.05 \text{ kN/m}^2$$

Setzungen in den kennzeichnenden Punkten:

$$\text{links: } s = 0.61 \text{ cm}$$

$$\text{rechts: } s = 0.22 \text{ cm}$$

Bewehrung Wand EC 2

Nachweis mit Erdruchedruck

Mindestlängsbewehrung nicht berücksichtigt.

$$\text{Tiefe} = 144.80 \text{ m}$$

$$\text{Beton C 30/37 / Stahl B500}$$

$$M_{d} = 55.7 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m}$$

$$N_{k} = -14.1 \text{ kN} / \text{m}$$

$$\epsilon_{ps}(c2) [o/oo] = -2.2$$

$$\epsilon_{ps}(s1) [o/oo] = 25.0$$

$$A_{s1} [\text{cm}^2 / \text{m}] = 4.80$$

$$\text{Dicke} = 0.300 \text{ m}$$

$$d1 = 0.050 \text{ m}$$

$$\sigma_1(l) = 3.67 / \sigma_2(l) = -3.76 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Tiefe} = 144.80 \text{ m}$$

$$Q_{d} = V_{Sd} = 63.8 \text{ kN} / \text{m}$$

$$V_{Rd,max} = 688.5 \text{ kN} / \text{m} (z = 0.180 \text{ m})$$

$$(V_{Sd} / V_{Rd,max} = 0.0926)$$

Schubbewehrung nicht erforderlich.

$$V_{Rd,c} = 126.37 \text{ kN} / \text{m}$$

Rissbreitennachweis:

$$M_{k} = 43.5 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m} \quad N_{k} = -14.1 \text{ kN} / \text{m}$$

$$\text{Effektive Zugfestigkeit des Betons } [N/mm^2] = 2.90$$

$$\text{Grenzrissweite } [mm] = 0.30$$

$$\text{Hebelarm der inneren Kräfte } [m] = 0.241$$

$$\text{Bewehrungsgehalt } [\%] = 0.160$$

Erforderlich: 4 Bewehrungsstäbe (Durchmesser 16 mm)

$$\text{Erforderlich } A_s [\text{cm}^2 / \text{m}] = 8.04$$

Rissbreitennachweis maßgebend !

Bewehrung Sporn rechts EC 2 (Anschnitt)

$$M_{d} = -98.1 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m}$$

Moment positiv im Uhrzeigersinn

$$N_{k} = -9.8 \text{ kN} / \text{m}$$

$$\epsilon_{ps}(c2) [o/oo] = -3.38$$

$$\epsilon_{ps}(s1) [o/oo] = 25.00$$

$$A_{s1} [\text{cm}^2 / \text{m}] = 9.00$$

$$\text{Dicke} = 0.300 \text{ m}$$

$$d1 = 0.050 \text{ m}$$

$$\sigma_1(l) = -6.57 / \sigma_2(l) = 6.50 \text{ MN/m}^2$$

$Q_d = V_{Sd} = 78.9 \text{ kN / m}$   
 $V_{Rd,max} = 688.8 \text{ kN / m}$  ( $z = 0.180 \text{ m}$ )  
( $V_{Sd} / V_{Rd,max} = 0.1146$ )  
Schubbewehrung nicht erforderlich.  
 $V_{Rd,c} = 125.98 \text{ kN / m}$   
Rissbreitennachweis Sporn rechts:  
 $M_k = -76.7 \text{ kN} \cdot \text{m / m}$     $N_k = -9.8 \text{ kN / m}$   
Effektive Zugfestigkeit des Betons  $[N/mm^2] = 2.90$   
Grenzzugrissweite  $[mm] = 0.30$   
Hebelarm der inneren Kräfte  $[m] = 0.235$   
Bewehrungsgehalt  $[\%] = 0.300$   
Erforderlich: 7 Bewehrungsstäbe (Durchmesser 16 mm)  
Erforderlich  $A_s [cm^2 / m] = 14.07$   
Rissbreitennachweis maßgebend !  
Rissbreitennachweis Sporn oben rechts:  
 $M_k = 43.5 \text{ kN} \cdot \text{m / m}$     $N_k = -9.8 \text{ kN / m}$   
Effektive Zugfestigkeit des Betons  $[N/mm^2] = 2.90$   
Grenzzugrissweite  $[mm] = 0.30$   
Hebelarm der inneren Kräfte  $[m] = 0.235$   
Bewehrungsgehalt  $[\%] = 0.300$   
Erforderlich: 5 Bewehrungsstäbe (Durchmesser 16 mm)  
Erforderlich  $A_s [cm^2 / m] = 10.05$   
Rissbreitennachweis maßgebend !

Hydraulischer Gradient auf Passivseite für Erddruckberechnung verwendet !

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad hydraulische Grundbruchsicherheit = 0.12  
 $\gamma(\text{Gewicht}) = 0.95$   
 $\gamma(\text{Strömungskraft}) = 1.45$   
UK Schicht = 144.50

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !