

05 Tragwerksplanung



INHALTSVERZEICHNIS

1.	VORBEMERKUNGEN	4
1.1	Veranlassung	4
1.2	Örtliche Verhältnisse	4
2.	AUSGANGSWERTE	5
2.1	Baugrund	5
2.2	Hydrologische Verhältnisse	5
3.	LASTANNAHMEN	6
3.1	Eigenlasten	6
3.2	Verkehrslasten	6
3.3	Wasserdruck	6
3.4	Eisdruck und Eisstoß	6
3.5	Schnee- und Eislasten	6
3.6	Windlasten	6
3.7	Temperatur- und Schwindeinflüsse	6
4.	ERSATZNEUBAU WEHR B 101 IM KÖNIGSGRABEN	7
4.1	Statische Nachweise	7
4.1.1	Pos.1 – Unterwasserbetonsohle	7
4.1.2	Pos.2 – Querspundwand Wehrbereich (Oberwasser + Unterwasser)	7
4.1.3	Pos.3a – Spundwand, linksseitig, oberhalb Wehr	8
4.1.4	Pos.3b – Spundwand, linksseitig, Wehrbereich	8
4.1.5	Pos.4 – Spundwand, rechtsseitig	9
4.1.6	Pos. 5a – Bodenplatte Wehrbereich	11
4.1.7	Pos. 5b – Wehrmittelpfeiler	12
4.1.8	Pos. 5c – Wehrseitenwände	12
4.1.9	Pos. 6 – Spundwandkopfbalken	13
4.2	Geohydraulische Nachweise	14
4.2.1	Unterspülung	14
4.2.2	Umströmung	16
5.	DURCHLASSBAUWERK (NEUTRASSIERUNG)	17
5.1	Baugrubenverbau	17

5.1.1	Unterwasserbetonsohle	17
5.1.2	Spundwandkasten	17
5.2	Konstruktionsangaben Durchlass	18
5.3	Statische Berechnungen	18
6.	ABSCHLAGSBAUWERK	20
6.1	Konstruktionsangaben	20
6.2	Statische Berechnung	20
7.	VORSCHRIFTEN UND REGELWERKE	22

ANLAGENVERZEICHNIS

		Seiten
Anlage 1	Unterwasserbetonsohle	1
Anlage 2	Berechnungen Spundwand	49
Anlage 3	Nachweise Betonbauteile Wehr	26
Anlage 4	Geohydraulische Berechnungen	4
Anlage 5	Berechnungen Spundwandkasten Durchlass	13
Anlage 6	Berechnung Durchlass	17
Anlage 7	Berechnung Abschlagsbauwerk	18

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 2.1:	Bodenkennwerte.....	5
Tabelle 4.1:	Zusammenstellung Spundwandprofile.....	10

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 4.1:	Spundwände – Lagepositionen	10
Abbildung 4.1:	Querschnitt Kopfbalken	13
Abbildung 4.2:	Kritischer hydraulischer Gradient (DWA- Merkblatt 507)	15
Abbildung 4.3:	Anschluss Kornfilter BAW-Merkblatt „MAK“ 2013	16

1. VORBEMERKUNGEN

1.1 Veranlassung

Basierend auf der Unterhaltungsverbandszuständigkeitsverordnung plant der Gewässerverband „Spree-Neiße“ die Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit am Wehr Papiermühle Woltersdorf an der Nuthe. Die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit erfolgt im Sinne des § 27 Wasserhaushaltsgesetz zur Erlangung eines guten ökologischen Potenzials für Oberflächenwasserkörper. Dazu ist die Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit am Standort Wehr Papiermühle notwendig.

Im Zuge der Maßnahme wird eine Verbindung zwischen der Nuthe und dem nahegelegenen Königsgraben hergestellt. Die Vorzugsvariante sieht eine Gewässerstrecke mit stabilisiertem Verlauf durch Habitatgleiten und mehreren Ruhestrecken vor. Im Mündungsbereich des Königsgraben ist ein Ersatzneubau des Wehres B 101 in Kombination mit der Habitatgleite geplant

Die gegenständliche Tragwerksplanung dient der Berechnung und Bemessung der Tragkonstruktion nachstehender Anlagen.

- Ersatzneubau Wehr B 101 im Königsgraben
- Durchlassbauwerk (Neutrassierung)
- Abschlagsbauwerk (Stadtnuthe)

1.2 Örtliche Verhältnisse

Das Bearbeitungsgebiet befindet sich zwischen den beiden Ortslagen Luckenwalde und Woltersdorf. Das Wehr Papiermühle Woltersdorf befindet sich in der Nuthe bei Flusskilometer km 37+300 außerhalb des bebauten Bereiches. Zu der Anlage gehören die oberwasserseitigen Stauhaltungsdämme und die rechtsseitigen Teiche (ehemals Mühlenteiche). Das Wehr ist umgeben von Waldflächen und nur fußläufig über einen Wanderweg zu erreichen. Im Bereich zwischen 500 m und 1000 m flussaufwärts der Anlage befinden sich rechtsseitig bewirtschaftete Wiesenflächen. Diese Grünlandfläche erstreckt sich in östlicher Richtung bis an den Königsgraben heran und wurde in der Vorplanung für die Neubautrasse der Nuthe vorgeschlagen. Zwischen 800 m und 1300 m flussauf der Wehranlage werden auch die linksseitigen Flächen landwirtschaftlich als Grünland genutzt.

Neben der Nuthe befindet sich im Bearbeitungsgebiet der Königsgraben der südlich von Luckenwalde von der Nuthe abzweigt, entlang der östlichen Stadtgrenze verläuft und etwa 250 m unterhalb der Wehranlage Papiermühle wieder in die Nuthe einmündet. Beim Königsgraben handelt es sich um ein künstliches Gewässer, das insbesondere zur Entlastung der Stadtnuthe im Hochwasserfall dient.

2. AUSGANGSWERTE

2.1 Baugrund

Ersatzneubau Wehr

Der Baugrund im Bereich des geplanten Wehrstandortes ist durch Feinsand mitteldichter Lagerung (Bohrung 4 bis Endteufe) und sandige locker gelagerte Auffüllungen (bis 1,8 m Tiefe unter GOK in Bohrung 5) geprägt, die unter einer 0,40 m starken Oberbodenschicht anstehen. Unter den locker gelagerten Auffüllungen (Sand-Mutterboden-Torf-Gemisch) in Bohrung 5 folgt bis 2,2 m unter GOK eine moorige Torfschicht. Darunter folgen bis zur Endteufe feinsandige Mittelsande (mitteldicht gelagert) mit einer weiteren eingelagerten Torfschicht (zw. 3,4 und 3,6 m unter GOK). Die Torfschichten sind aufgeweicht.

Standort Durchlassbauwerk

Bei Bohrung 3 steht bis 50 cm unter Gelände wurde ein verwurzelter, schluffig-sandiger Mutterboden lockerer Lagerung an. Darunter wurde bis 1,5m unter Gelände ein feinsandiger Mittelsand mit Wurzelresten und torfigen Lagen und Schlieren erkundet, auf den bis zur Endteufe (5m) ein feinsandiger Mittelsand mitteldichter Lagerung folgt.

Abschlagsbauwerk

Mit Bohrung B 1 wurde bis 90 cm unter Gelände ein verwurzelter, schluffig-sandiger Mutterboden lockerer Lagerung festgestellt. Darauf folgt bis 1,7 m unter Ansatzpunkt ein feinsandiger Mittelsand mit Wurzelresten und torfigen Einlagerungen. Dieser wird dann bis zur Endteufe (10m) von einem feinsandiger Mittelsand mitteldichter Lagerung unterlagert.

Folgende Bodenkennwerte werden in den Berechnungen berücksichtigt.

Tabelle 2.1: Bodenkennwerte

Bodenschicht	cal γ [kN/m ³]	cal γ' [kN/m ³]	cal ϕ' [°]	cal c' [kN/m ²]	cal k [m/s]
Auffüllungen	17,0	10,0	30,0	0	10 ⁻⁴
Fein-/Mittelsand	18,0-18,5	11,0-11,5	32,0	0	1 – 3 x 10 ⁻⁴
Torf, schluffig	11,0	3,0	10,0	0	10 ⁻⁷

2.2 Hydrologische Verhältnisse

Die Höhe des örtlichen Grundwasserspiegels ist maßgeblich von der Wasserführung der angrenzenden Gewässer sowie den Niederschlagsverhältnissen abhängig. Zum Erkundungszeitpunkt wurde ein Grundwasserstand von 80 cm unter Geländeoberkante am Wehrstandort festgestellt.

Das Grundwasser wurde als nicht betonangreifend eingestuft. Die Stahlaggressivität wird mit gering bis sehr gering hinsichtlich Mulden-, Loch- und Flächenkorrosion bewertet. Für die Abtragungsrate bei metallischen Werkstoffen wurde ein Wert von **0,015 mm/a** bestimmt.

3. LASTANNAHMEN

3.1 Eigenlasten

Nach DIN EN 1991-1-1 und DIN EN 1991-1-1/NA, Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau, u.a. mit:

- $\gamma_{\text{Stahlbeton}} = 25,0 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_{\text{Stahl}} = 78,5 \text{ kN/m}^3$

3.2 Verkehrslasten

Ersatzflächenlast auf OK Gelände = $5,0 \text{ kN/m}^2$ (unbefestigte Flächen)

= $10,0 \text{ kN/m}^2$ (Baustellenverkehr)

= $20,0 \text{ kN/m}^2$ (Baggerstellfläche, Revision, Unterhaltung)

3.3 Wasserdruck

Berücksichtigung des Wasserstandes in der Tiefe z mit $p_w = z \cdot \gamma_w = z \cdot 10 \text{ kN/m}^3$

für folgende Wasserstände

- BS- P: MW = Stauziel = $42,80 \text{ mNHN}$
- BS-A: Bordvoll = OK Gelände = $43,20 \text{ mNHN}$

3.4 Eisdruck und Eisstoß

- $p_{\text{Eis}} = 45 \text{ kN/m}$ (in Fließrichtung), DIN 19704-1)
- $p_{\text{Eis}} = 60 \text{ kN/m}$ (quer, als thermischer Eisdruck, E 177–EAU)

3.5 Schnee- und Eislasten

Werden nicht berücksichtigt, da sehr geringe Einflussfläche und nicht gleichzeitig mit Verkehrslasten wirkend.

3.6 Windlasten

Entsprechend DIN EN 1991-4 für Windlastzone 2, Binnenland, $H < 10 \text{ m}$, mit

- $q_w = 0,65 \text{ kN/m}^2$

3.7 Temperatur- und Schwindinflüsse

Werden nicht berücksichtigt für überdeckte sowie unter Wasser befindliche Bauteile.

4. ERSATZNEUBAU WEHR B 101 IM KÖNIGSGRABEN

4.1 Statische Nachweise

4.1.1 Pos.1 – Unterwasserbetonsohle

Aufgrund des oberflächennah anstehenden Grundwasserspiegels wird ein wasserdichter Spundwandkasten im Wehrbereich ausgeführt, welcher die Kosten für die erforderliche Wasserhaltung reduziert. Anschließend erfolgt der Erdaushub als Nassbaggerung bis zur geplanten Unterkante der Unterwasserbetonsohle bei 39,80 mNHN. Unter ausgespiegelten Grundwasserverhältnissen erfolgt dann die Herstellung der Unterwasserbetonsohle (**C 25/30 XA1, WF**). Nach Erhärtung des Betons wird die Baugrube ausgepumpt und die Wehrsohle kann auf dem Unterwasserbeton errichtet werden. Nach Abschluss der Arbeiten ist die Querspundwand im Ober- und Unterwasserbereich auf Oberkante Bodenplatte, bei **41,60 mNHN** abzubrennen.

Gemäß Berechnung (vgl. Anlage) wurde eine erforderliche Dicke des Unterbetons von **1,60 m** ermittelt.

Wichtige Randbedingung hierbei ist die Einhaltung eines umgebenden Grundwasserstandes von maximal **42,80 mNHN**. Dazu ist ein- und auslaufseitig je ein Grundwassermesspegel herzustellen und arbeitstäglich zu kontrollieren sowie zu dokumentieren. Bei Überschreitung des vorgenannten Grenzwertes ist die Baugrube zu fluten.

4.1.2 Pos.2 – Querspundwand Wehrbereich (Oberwasser + Unterwasser)

Die Querspundwand im Wehrbereich dient der Gewährleistung der geohydraulischen Standortsicherheit, d.h. der vertikalen Verlängerung des kürzesten Sickerweges. Die Oberkante der Stahlbetonbodenplatte liegt bei **41,60 mNHN**, was in diesem Bereich auch der Spundwandoberkante im fertigen Zustand entspricht.

Für den Zeitraum der Bauausführung dient diese Spundwand gleichzeitig als Baugrubenumschließung und bauzeitlicher Hochwasserschutz.

Die Spundwandlänge wird in der statischen sowie der geohydraulischen Berechnung ermittelt, der größere Wert wird dann maßgebend. Die maßgebende statische Beanspruchung tritt hierbei im Bauzustand (ausgehobene Baugrube) auf.

BS-T (Bauzustand vor Einbau Unterwasserbeton)

OK Spundwand = 43,05 mNHN

OK Baugrubensohle = 39,50 mNHN

Verkehrslast auf OK Gelände = 10 kN/m²

Grundwasser, innen = Grundwasser, außen = 42,80 mNHN

Berechnungsergebnis:

Statisch erforderliche Spundwandlänge: $L \geq 7,39 \text{ m}$, **gewählt = 7,50m**

Statisch erforderliches Widerstandsmoment: **$W_{y,elast} \geq 496 \text{ cm}^3/\text{m}$**

4.1.3 Pos.3a – Spundwand, linksseitig, oberhalb Wehr

Die linksseitige Spundwand dient oberhalb der Wehranlage als Ufersicherung und gleichzeitig als Dichtwand zum nebenliegenden Gewässerlauf (Nuthe).

BS-T (Bauzustand)

OK Spundwand = 43,60 mNHN

OK Baugrubensohle = 41,10 mNHN (50cm Sohlbefestigung)

Verkehrslast auf OK Gelände = 10 kN/m²

Grundwasser, außen = 42,80 mNHN

Grundwasser, innen = 42,30 mNHN (bei 50cm Wasserüberdruck)

Statisch erforderliche Bohlenlänge = 6,82 m, **gewählt 7,0m**

Statisch erforderliches Widerstandsmoment: **$W_{y,elast} \geq 424 \text{ cm}^3/\text{m}$**

BS-P (Nutzungszustand)

OK Spundwand = 43,60 mNHN

OK Gewässersohle = 41,60 mNHN

Verkehrslast auf OK Gelände = 10 kN/m²

Grundwasser, außen = 43,30 mNHN

Grundwasser, innen = 42,80 mNHN (bei 50cm Wasserüberdruck)

Statisch erforderliche Bohlenlänge = 6,32 m (nicht maßgebend)

Statisch erforderliches Widerstandsmoment: **$W_{y,elast} \geq 336 \text{ cm}^3/\text{m}$**

4.1.4 Pos.3b – Spundwand, linksseitig, Wehrbereich

Im Wehrbereich dient die Spundwand als Uferwand zur Abgrenzung zum daneben liegenden Gewässerlauf, welcher in diesem Bereich als Riegelrampe in Beckenbauweise ausgeführt wird.

BS-T (Bauzustand – vor Einbau Unterwasserbeton)

OK Spundwand = 43,60 mNHN

OK Baugrubensohle = 39,80 mNHN

Verkehrslast auf OK Gelände = 10 kN/m²

Grundwasser, innen = Grundwasser, außen = 42,80 mNHN

Statisch erforderliche Bohlenlänge = 8,78 m, **gewählt 9,00 m**

Statisch erforderliches Widerstandsmoment: **$W_{y,elast} > 818 \text{ cm}^3/\text{m}$**

BS-P (Nutzungszustand – Revision)

OK Spundwand = 43,60 mNHN

OK Wehrsohle = 41,60 mNHN

Verkehrslast auf OK Gelände = 10 kN/m²

Grundwasser, innen = 41,60 mNHN

Grundwasser, außen = 42,10 mNHN (50cm Wasserüberdruck)

Statisch erforderliche Bohlenlänge = 5,72 m (nicht maßgebend)

Statisch erforderliches Widerstandsmoment: $W_{y,elast} \geq 1.200 \text{ cm}^3/\text{m}$

BS-P (Nutzungszustand – thermischer Eisdruck)

OK Spundwand = 43,60 mNHN

OK Gewässersohle = 41,60 mNHN

Eisdruck = 150 kN/m² (b=40cm) auf Stauzielniveau (42,80 mNHN)

Grundwasser, außen = 41,60 mNHN

Grundwasser, innen = 42,80 mNHN

Statisch erforderliche Bohlenlänge = 8,50 m (**nicht maßgebend**)

Statisch erforderliches Widerstandsmoment: $W_{y,elast} \geq 1.235 \text{ cm}^3/\text{m}$

4.1.5 Pos.4 – Spundwand, rechtsseitig

Im Wehrbereich dient die Spundwand als Uferwand zur Abfangung des Geländesprunges zur uferseitigen Geländeoberkante.

BS-T (Bauzustand – vor Einbau Unterwasserbeton), Berechnung entspr. Pos. 3b

OK Spundwand = 43,60 mNHN

OK Baugrubensohle = 39,50 mNHN

Verkehrslast auf OK Gelände = 10 kN/m²

Grundwasser, innen = Grundwasser, außen = 42,80 mNHN

Statisch erforderliche Bohlenlänge = 8,78 m, **gewählt 9,00 m**

Statisch erforderliches Widerstandsmoment: $W_{y,elast} \geq 818 \text{ cm}^3/\text{m}$

BS-P (Nutzungszustand – Revision)

OK Spundwand = 43,60 mNHN

OK Wehrsohle = 41,60 mNHN

Verkehrslast auf OK Gelände = 10 kN/m²

Grundwasser, innen = 41,60 mNHN

Grundwasser, außen = 42,80 mNHN

Statisch erforderliche Bohlenlänge = 7,28 m (nicht maßgebend)

Statisch erforderliches Widerstandsmoment: $W_{y,elast} \geq 498 \text{ cm}^3/\text{m}$

BS-P (Nutzungszustand – thermischer Eisdruck)

OK Spundwand = 43,60 mNHN

OK Gewässersohle = 41,60 mNHN

Eisdruck = 150 kN/m^2 (b=40cm) auf Stauzielniveau (42,80 mNHN)

Grundwasser, außen = Grundwasser, innen = 42,80 mNHN

Statisch erforderliche Bohlenlänge = 7,00 m (nicht maßgebend)

Statisch erforderliches Widerstandsmoment: $W_{y,elast} > 744 \text{ cm}^3/\text{m}$

Tabelle 4.1: Zusammenstellung Spundwandprofile

Pos	Rechnerisch erforderliche Länge [m]	Gewählte Profillänge [m]	Erforderliches Widerstandsmoment [cm^3/m] *	Gewähltes Spundwandprofil	Vorhandenes Widerstandsmoment [cm^3/m]
2	7,39	7,50	496	PU 12	1.200
3a	6,82	7,00	424 (504)	PU 12	1.200
3b	8,78	9,00	1.235 (1.853)	GU 20 N	1.920
4	8,78	9,00	744 (1.116)	PU 12	1.200

*...Klammerwerte mit Abrostung

Für die Bemessung des erforderlichen Widerstandsmomentes wurde eine Abrostung von 3,0 mm ($0,015\text{mm}/\text{Seite} \cdot \text{Jahr} \cdot 2 \cdot 100 \text{ Jahre}$) berücksichtigt.

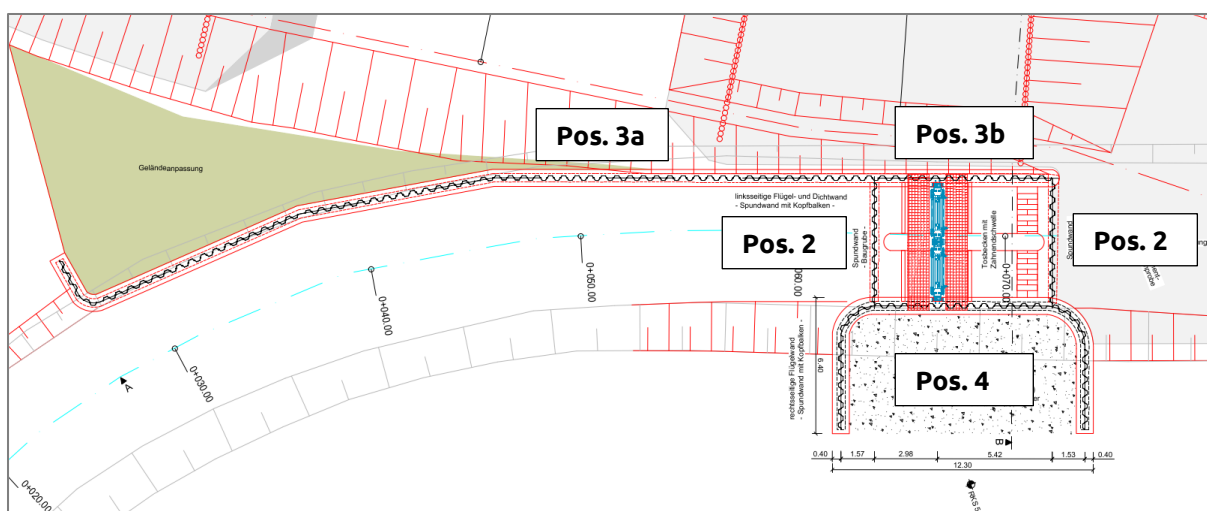


Abbildung 4.1: Spundwände – Lagepositionen

4.1.6 Pos. 5a – Bodenplatte Wehrbereich

Die Bodenplatte im Wehrbereich wird als Stahlbetonkonstruktion mit einer Stärke von 40 cm ausgeführt. Sie dient als Aussteifung der Längsspundwände, zur Aufnahme der Kräfte aus dem Wehrrahmen des Stahlwasserbaus sowie dem Erosionsschutz unterhalb des Wehrüberfalls.

Die Bodenplatte wird auf dem zuvor als Auftriebssicherung eingebrachten Unterwasserbeton einschließlich einer Ausgleichsschicht von 10 cm (C 12/15) hergestellt.

Zur konstruktiven Verbindung von Bodenplatte und den begrenzenden Spundwänden wird umlaufend, in Bodenplattenmitte ein Stahlprofil (z.B. U 140) angeschweißt.

Als maßgebende Belastung ist neben dem Wasserdruck bei Stauzielhaltung der thermische Eisdruck entsprechend E 205 – EAU 2012 zu berücksichtigen.

Zuordnung Expositionsklassen nach Umgebungsbedingungen

- **XC 4, XF 3, XM 1, WF**

Notwendige Mindestdruckfestigkeit Beton

- **C 30/37**

Einwirkungen

Erddruck, min: $E_a = 18,5 \text{ kN/m}^3 * 0,30 * 1,95 = 10,9 \text{ kN/m}^2$

Erddruck, max: $E_0 = 18,5 \text{ kN/m}^3 * 0,50 * 1,95 = 18,1 \text{ kN/m}^2$

Wasserdruck: $W_u = 1000 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2 * 1,95 \text{ m} = 19,2 \text{ kN/m}^2$

Thermischer Eisdruck: $p_{\text{Eis}} = 150 \text{ kN/m}^2$ (auf 40cm Eisdicke im Binnenbereich)

Verkehr, auf GOK $E_{o,p} = 16,7 \text{ kN/m}^2 * 0,50 = 8,4 \text{ kN/m}^2$ (Fahrzeuge bis 30t)

Gemäß Berechnung (vgl. Anlage) ist folgender Bewehrungsquerschnitt einzubauen.

Erforderliche Bewehrung (aus äußeren Lasten): erf. $a_s = 9,9 \text{ cm}^2/\text{m}$

erforderliche Bewehrung zur Rissbreitenbegrenzung: erf. $a_s = 8,33 \text{ cm}^2/\text{m}$

gewählt: Ø14/12,5 mit vorh. $A_s = 12,32 \text{ cm}^2/\text{m}$ (beide Richtungen, oben + unten)

Schubbewehrung: 8 x Ø12 mit vorh. $A_s = 9,04 \text{ cm}^2/\text{m}^2$

4.1.7 Pos. 5b – Wehrmittelpfeiler

Als Trennwand zwischen beiden Wehrfeldern wird eine Stahlbetonwand in einer Stärke von 80 cm ausgeführt, welche biegesteif an die Bodenplatte angeschlossen ist. Neben einer kraftschlüssigen Verbindung mit dem Wehrrahmen des Stahlwasserbaus, dient sie ebenfalls zur Aufnahme der Führungsschienen der Revisionsverschlüsse im Wehrbereich.

Zuordnung Expositionsclassen nach Umgebungsbedingungen

- **XC 4, XF 3, XM 1, WF**

Notwendige Mindestdruckfestigkeit Beton

- **C 30/37**

Gemäß Berechnung (vgl. Anlage) ist folgender Bewehrungsquerschnitt einzubauen.

Erforderliche Bewehrung, vertikal (aus äußeren Lasten): erf. $A_s = 9,4 \text{ cm}^2/\text{m}$

gewählt: Ø14/12,5 mit vorh. $A_s = 12,32 \text{ cm}^2/\text{m}$

Erforderliche Bewehrung, horizontal (Rissbreitenbegrenzung) erf. $A_s = 19,23 \text{ cm}^2/\text{m}$

gewählt: Ø16/10 mit vorh. $A_s = 20,11 \text{ cm}^2/\text{m}$

Schubbewehrung, konstruktiv: **4 x Ø12 / m^2 mit vorh. $A_s = 4,52 \text{ cm}^2/\text{m}^2$**

4.1.8 Pos. 5c – Wehrseitenwände

Die im Wehrbereich vorhandene Spundwand verbleibt im Bereich der Seitenwände als verlorene Schalung und wird mit einer Stahlbetonvorsatzschale verkleidet. Die Wandstärke variiert entsprechend dem Spundwandverlauf zwischen 0,20 m und 0,60 m, in der Berechnung wird eine mittlere Wandstärke von 0,40 m berücksichtigt.

Neben einer kraftschlüssigen Verbindung mit dem Wehrrahmen des Stahlwasserbaus, dient sie ebenfalls zur Aufnahme der Führungsschienen für die Revisionsverschlüsse.

Zuordnung Expositionsclassen nach Umgebungsbedingungen

- **XC 4, XF 3, XM 1, WF**

Notwendige Mindestdruckfestigkeit Beton

- **C 30/37**

Gemäß Berechnung (vgl. Anlage) ist folgender Bewehrungsquerschnitt einzubauen.

Erforderliche Bewehrung, vertikal (aus äußeren Lasten): erf. $A_s = 8,2 \text{ cm}^2/\text{m}$

gewählt: Ø14/12,5 mit vorh. $A_s = 12,32 \text{ cm}^2/\text{m}$

Erforderliche Bewehrung, horizontal (Rissbreitenbegrenzung) erf. $A_s = 13,95 \text{ cm}^2/\text{m}$

gewählt: Ø14/10 mit vorh. $A_s = 15,39 \text{ cm}^2/\text{m}$

Schubbewehrung, konstruktiv: **4 x Ø12 / m^2 mit vorh. $A_s = 4,52 \text{ cm}^2/\text{m}^2$**

4.1.9 Pos. 6 – Spundwandkopfbalken

Außerhalb des Wehrbereiches wird als oberer Spundwandabschluss ein Stahlbetonkopfbalken hergestellt. Zur Sicherung gegen Absturz ist auf dem Kopfbalken ein Geländer (Unterlage Stahlwasserbau) anzubringen.

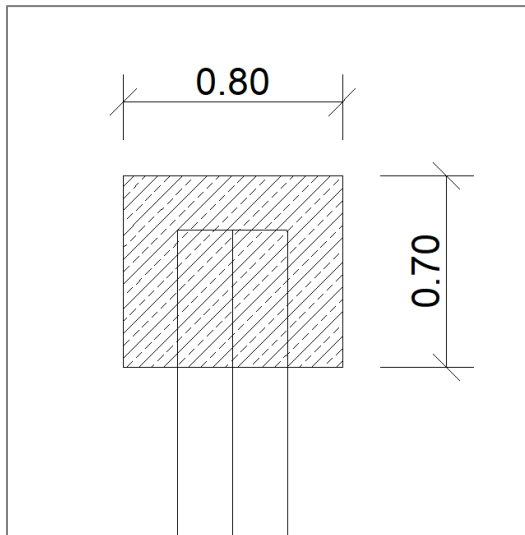


Abbildung 4.2: Querschnitt Kopfbalken

Die Abmessungen betragen $B/H = 80 / 70$ cm. Im Abstand von maximal 8,40 m (= Schlossabstand bei 4 DB mit einer Doppelbohlenbreite von 1200 mm) sind Dehnungsfugen (20mm breit) auszubilden, damit die Bewegungen infolge Temperaturänderung schadlos aufgenommen werden können

Planmäßige äußere Lasten wirken nicht auf den Kopfbalken, daher wird die erforderliche Bewehrung zur Beschränkung der Rissbreite bzw. infolge Zwang durch Temperaturdehnung im Nutzungszustand maßgebend.

Konstruktive Anforderungen

Aufgrund der örtlichen Randbedingungen ist die Einordnung in folgende Expositions- bzw. Feuchteklassen erforderlich:

- **XC 4, XF 3, XM 1, WF**

Daraus ergibt sich eine notwendige Mindestbetonfestigkeit von:

- **C 30/37**

Entsprechend ZTV-W LB 215 ist für alle Begrenzungsflächen ein Bewehrungsquerschnitt von mindestens 0,1 % des Betonquerschnittes, mindestens $\varnothing 10/15$ einzulegen. Damit ergeben sich für die vorliegenden Bauteilabmessungen folgende Werte.

- **Min $a_s = 80 \times 70 \times 0,1\% = 5,6 \text{ cm}^2/\text{m}$,**

Rissbreitenbeschränkung infolge abfließender Hydratationswärme

Die Betonage erfolgt auf einer 10 cm starken Sauberkeitsschicht, unter Verwendung eines Betons mit mittlerer Festigkeitsentwicklung ($0,30 < r < 0,50$).

Entsprechend der in der Anlage beigefügten Berechnung ist zur Rissbreitenbegrenzung ein Bewehrungsquerschnitt von

- **$A_s = 12,0 \text{ cm}^2/\text{m}$** erforderlich.

Zwangsbeanspruchung infolge Temperatur

Aufgrund der freien Bauteiloberfläche kann durch Sonneneinwirkung eine stärkere Erwärmung der Oberseite des Kopfbalkens erfolgen.

Aufstelltemperatur: 10°C

Temperatur oben: 35°C

Temperatur, unten: 20°C

Entsprechend der in der Anlage beigefügten Berechnung ist für diesen Belastungsfall ein Bewehrungsquerschnitt von

- **$A_s = 7,70 \text{ cm}^2$** erforderlich.

Maßgebend wird somit die zur Rissbreitenbegrenzung bei abfließender Hydratationswärme erforderliche Bewehrung mit

- **$A_s = 12,0 \text{ cm}^2/\text{m}$, gewählt: $\emptyset 14/12,5$ mit $a_s = 12,32 \text{ cm}^2/\text{m}$** (in Längsrichtung)
- **$A_{s,bü} = 6,6 \text{ cm}^2/\text{m}$, gewählt: $\emptyset 12/15$ mit $a_s = 7,54 \text{ cm}^2/\text{m}$** (in Querrichtung)
- Spaltzugbewehrung: **$\emptyset 12/12,5$ mit $a_s = 9,05 \text{ cm}^2/\text{m}$** (gem. Zulassung)

4.2 Geohydraulische Nachweise

4.2.1 Unterspülung

Für eine ausreichende Sickerwegverlängerung ist die Mindestlänge der Stahlspundbohlen bei den jeweiligen Bodenverhältnissen zu bestimmen. Die durch den umlaufenden Spundwandkasten vorhandene Einbindung in den Untergrund wird dabei berücksichtigt.

Ober- und unterwasserseitige Querspundwand: UK Spundwand = 35,55 mNHN

Als ungünstigster Fall wird ein Oberwasserstand von 42,80 mNHN (Stauziel) sowie ein Unterwasserstand von 41,60 mNHN (MNQ) berücksichtigt.

Aus dem Diagramm von Weijers und Sellmeijer kann für die im Untergrund vorherrschenden Fein- und Mittelsande der kritische hydraulische Gradient bestimmt werden.

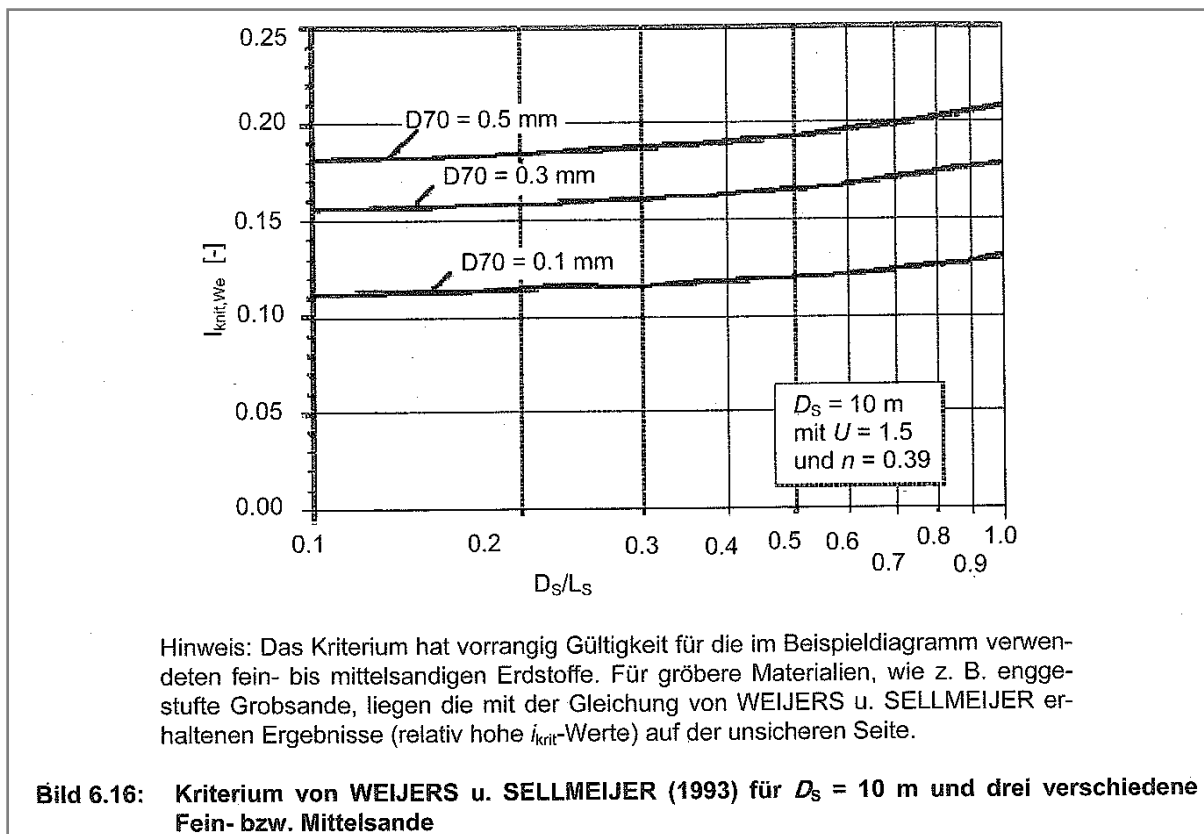


Abbildung 4.3: Kritischer hydraulischer Gradient (DWA- Merkblatt 507)

Für den ermittelten D70-Wert von 0,3mm ($D_s/L_s \sim 0,6$) ergibt sich aus der Grafik: $i_{krit} = 0,17$

$i_{vorh} = 4,9 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} / 3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s} = 0,16$ berechnet.

Nachweis: $i_{vorh} = 0,16 < 0,17 = i_{krit}$

Nachweis erfüllt!

Die statisch erforderliche Bohlenlänge von 7,50 m für die Querspundwände ist damit auch aus geohydraulischer Sicht ausreichend. Da die Auslastung sehr hoch ist, ist ein filterstabiler Aufbau zwischen anstehendem Untergrund und Wasserbausteinsicherung zur Vermeidung von schädlichem Materialtransport herzustellen.

Der Anschluss des Kornfilters an die Spundwand ist gemäß BAW-Merkblatt „MAK“ 2013 auszuführen.

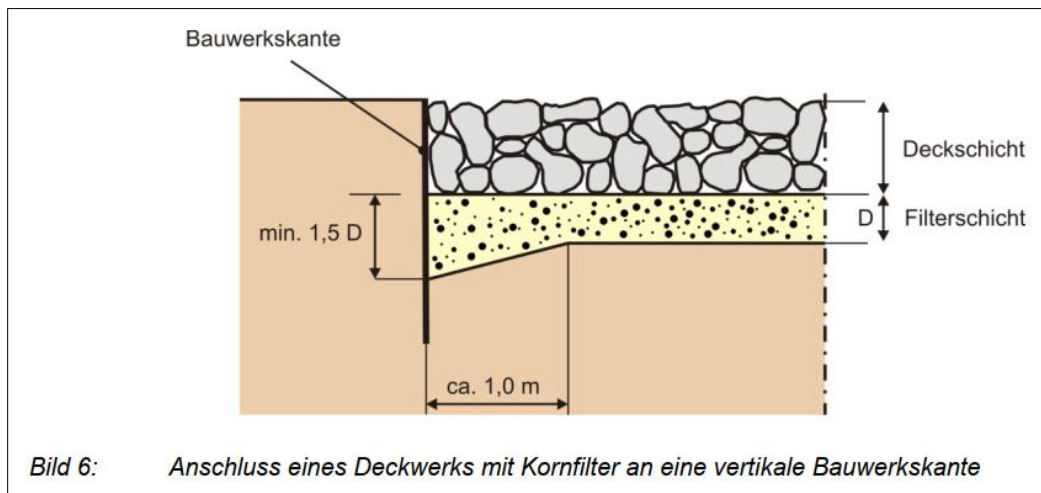


Abbildung 4.4: Anschluss Kornfilter BAW-Merkblatt „MAK“ 2013

4.2.2 Umströmung

Zur Verhinderung der seitlichen Umströmung sind die Spundwände in einer ausreichenden Tiefe hinter der Böschungskante in den Uferbereich einzubinden. Die Ermittlung der geohydraulisch erforderlichen Mindesteinbindelänge erfolgt mit der Berechnung der horizontalen Bauwerksumströmung. Als v_{\max} wurde die maximale Geschwindigkeit am Böschungsfuß angesetzt, da dort das Sickerströmungswasser austreten kann.

k_f – Wert für anstehenden Boden $k_f = 3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ (Mittelsand, Feinsand)

v_{\max} lt. Berechnungsprogramm $v_{\max} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$

$i_{\text{vorh}} = (2,5 \cdot 10^{-5} [\text{m/s}]) / (3,0 \cdot 10^{-4} [\text{m/s}])$ $i_{\text{vorh}} = 0,09 < i_{\text{zul}} = 0,17$

Der Nachweis ist für eine seitliche Einbindetiefe am östlichen Widerlager von **$\geq 3,50 \text{ m}$** hinter der Böschungskante erbracht.

Aufgrund der westlichen Spundwandverlängerung im Oberwasser ist auf dieser Seite in Längsrichtung eine ausreichende Sickerwegslänge vorhanden. Hier wird konstruktiv eine seitliche Einbindung von mindestens 1,50 m hinter der Böschungskante gewählt.

5. DURCHLASSBAUWERK (NEUTRASSIERUNG)

5.1 Baugrubenverbau

Aufgrund des oberflächennah anstehenden Grundwasserspiegels wird ein wasserdichter Spundwandkasten ausgeführt, welcher die Kosten für die erforderliche Wasserhaltung reduziert. Zur Abdichtung gegen den Untergrund ist eine Unterwasserbetonsohle (**C 25/30 XA1, WF**) herzustellen.

5.1.1 Unterwasserbetonsohle

Gemäß in der Anlage beigefügter Berechnung wurde eine erforderliche Dicke des Unterbetons von **2,10 m** ermittelt.

Wichtige Randbedingung hierbei ist die Einhaltung eines umgebenden Grundwasserstandes von maximal **42,80 mNHN**. Der vorhandene Grundwasserstand ist durch einen Grundwassermesspegel arbeitstäglich zu kontrollieren und zu dokumentieren. Bei Überschreitung des vorgenannten Grenzwertes ist die Baugrube zu fluten.

5.1.2 Spundwandkasten

Maßgebend für die Dimensionierung der Spundbohlen wird der Bauzustand für die Herstellung des Erdaushubs bis zur Unterkante des Unterwasserbetons.

Aufgrund der nur temporär benötigten Tragfähigkeit wird am Spundwandkopf eine Aussteifung angeordnet, durch welche die erforderliche Spundbohlenlänge reduziert werden kann.

BS-T (Bauzustand vor Einbau Unterwasserbeton)

OK Spundwand = 43,60 mNHN

OK Baugrubensohle = 38,50 mNHN

Verkehrslast auf OK Gelände = 10 kN/m²

Grundwasser, innen = Grundwasser, außen = 42,80 mNHN

Berechnungsergebnis:

Statisch erforderliche Spundwandlänge: $L \geq 6,81 \text{ m}$, **gewählt = 7,00m**

Statisch erforderliches Widerstandsmoment: **$W_{y,elast} \geq 216 \text{ cm}^3/\text{m}$ (z.B. GU 6N)**

Für die Kopfaussteifung wird umlaufend eine Gurtung aus HEB 200 angeordnet, welche in Längsrichtung noch Aussteifungen erhält. Als Aussteifung können bei einem maximalen Abstand von 4,50 m Stahlrohre 150x10 mm eingesetzt werden.

5.2 Konstruktionsangaben Durchlass

Zur Erreichbarkeit der angrenzenden Flächen ist im Bereich der Neutrassierung die Herstellung eines Durchlassbauwerkes erforderlich. Der Durchlass wird als Stahlbetonrahmen mit einer lichten Breite von 1,90 m und einer lichten Höhe von 1,50 m ausgeführt.

Gebrauchstauglichkeit/Dauerhaftigkeit

Unter Berücksichtigung der örtlichen Randbedingungen ist die Einordnung in folgende Expositions- bzw. Feuchteklassen erforderlich.

- **XC 4, XF 3, XA 1, WF**

Daraus ergibt sich eine notwendige Mindestbetonfestigkeit von

- **C 30/37 (für langsam erhärtenden Beton)**

Konstruktive Mindestbewehrung

Entsprechend ZTV-W ist für alle Begrenzungsflächen ein Bewehrungsquerschnitt von mindestens 0,1 % des Betonquerschnittes einzulegen.

Mindestbewehrung zur Rissbreitenbeschränkung

Die Ermittlung der Mindestbewehrung ist für Bauteildicken ≤ 80 cm nach DIN 1045 mit einer zulässigen Rissbreite von 0,25 mm (nach ZTV-W) zu ermitteln.

Die Gründung erfolgt in einer Tiefe von 40,6 mNHN auf dem Unterwasserbeton mit einer 10 cm starken Sauberkeitsschicht aus Beton (C25/30). Auf dieser können die Rahmenelemente gesetzt werden. Der Anschluss an die ober- und unterwasserseitige Gewässerböschung erfolgt mit geneigten Böschungsstücken.

Die Deckenplatte wird nicht direkt befahren, sondern besitzt eine Überdeckung in der Stärke des geplanten Wegeaufbaus (45 cm Mineralgemisch).

5.3 Statische Berechnungen

Einwirkungen

Erddruck, min:	$E_{a,o} = 18,5 \text{ kN/m}^3 * 0,30 * 0,60 = 3,4 \text{ kN/m}^2$
	$E_{a,u} = 18,5 \text{ kN/m}^3 * 0,30 * 2,23 = 12,4 \text{ kN/m}^2$
Erddruck, max:	$E_{o,o} = 18,5 \text{ kN/m}^3 * 0,50 * 0,60 = 5,6 \text{ kN/m}^2$
	$E_{o,u} = 18,5 \text{ kN/m}^3 * 0,50 * 2,23 = 20,7 \text{ kN/m}^2$
Wasserdruck, innen:	$W_u = 1000 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2 * 1,50 \text{ m} = 14,7 \text{ kN/m}^2$
Wasserdruck, außen:	$W_o = 1000 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2 * 0,60 = 5,9 \text{ kN/m}^2$
	$W_u = 1000 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2 * 2,23 = 21,9 \text{ kN/m}^2$
Thermischer Eisdruck:	$p_{\text{Eis}} = 150 \text{ kN/m}^2$ (auf 40cm Eisdicke im Binnenbereich)

Verkehr, auf GOK:	$E_{o,p} = 52 \text{ kN/m}^2 * 0,50 = 26,0 \text{ kN/m}^2$ (LM 1 - Hinterfüllung)
Verkehr auf Decke:	$q_i = 52,0 \text{ kN/m}^2$ (Lastmodell 1 nach DIN EN 1991-2), als Ersatzflächenlast aufgrund der vorhandenen Überdeckung und damit verbundenen Lastverteilung
Temperatur	für erdseitige Oberflächen mit einer Temperatur von $+10^\circ\text{C}$ für luftseitige Oberflächen: $\Delta T = \pm 25 \text{ K}$ (für saisonale Temperaturänderungen ΔT als linear veränderlicher Temperaturanteil)

Berechnungsergebnis

Aus der als Anlage beigefügten Berechnung ergibt sich folgende Bewehrungsanordnung
Rahmendecke:

Querrichtung: Erforderliche Bewehrung (aus äußeren Lasten): erf. $a_s = 7,6 \text{ cm}^2/\text{m}$

gewählt: Ø10/10 mit vorh. $A_s = 7,85 \text{ cm}^2/\text{m}$ (oben + unten)

Längsrichtung: konstruktive Mindestbewehrung: Ø10/15 ($a_s = 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}$)

gewählt: Ø10/15 mit vorh. $a_s = 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}$ (oben + unten)

Rahmenwände:

Erforderliche Bewehrung (aus äußeren Lasten): erf. $a_s = 6,8 \text{ cm}^2/\text{m}$

gewählt: Ø10/10 mit vorh. $A_s = 7,85 \text{ cm}^2/\text{m}$ (vertikal, innen + außen)

Längsrichtung: konstruktive Mindestbewehrung: Ø10/15 ($a_s = 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}$)

gewählt: Ø10/15 mit vorh. $a_s = 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}$ (horizontal, innen + außen)

Rahmenboden:

Erforderliche Bewehrung (aus äußeren Lasten): erf. $a_s = 6,8 \text{ cm}^2/\text{m}$

gewählt: Ø10/10 mit vorh. $A_s = 7,85 \text{ cm}^2/\text{m}$ (quer, oben + unten)

Längsrichtung: konstruktive Mindestbewehrung: Ø10/15 ($a_s = 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}$)

gewählt: Ø10/15 mit vorh. $a_s = 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}$ (längs, oben + unten)

6. ABSCHLAGSBAUWERK

6.1 Konstruktionsangaben

Zur Versorgung des Altlaufs der Nuthe (Stadtnuthe) und der angeschlossenen Teiche mit Frischwasser wird am Beginn des Neulaufs ein Abschlagsbauwerk angeordnet. Das Abschlagsbauwerk wird in den Böschungsbereich des geplanten Neulaufs integriert und passt sich mit einer Neigung der Seitenwände von 1 : 2 der vorhandenen Gewässerböschung an. Die lichte Einlaufbreite beträgt 1,00 m. Zur Verhinderung des Eintrages von Treibgut wird ein Stahlrechen mit einem lichten Stababstand von 5 cm auf dem Böschungsstück befestigt. Am Ende des Einlaufbereiches befindet sich eine Bohlenführung für Revisionszwecke. Zum Rückhalt von Sediment verbleibt eine Grundschwelle mit einer Oberkante von 42,40 mNHN.

Nach dem Einlauf schließt sich ein quadratischer Schacht mit lichten Innenmaßen von 2,0 x 2,0 m an. Vom Schacht führt eine ca. 16,50 m lange PE-Leitung DN 300 bis zum Auslauf in den Altlauf (Stadtnuthe). Die Rohrunterkante im Schacht liegt bei 42,40 mNHN. Für die Abschlagsregulierung wird ein Absperrschieber (Plattenschieber) in den Schacht integriert.

Die Begehrbarkeit des Schachtes wird über eine Einstiegsöffnung (Ø 625 mm) in der Schachtabdeckung und Steigbügel in der Schachtwandung gewährleistet. Die Einstiegsöffnung erhält eine tagwasserdichte Gussabdeckung.

6.2 Statische Berechnung

Das Abschlagsbauwerk wird als Stahlbetonkonstruktion hergestellt. Dabei kann die Grundform als Trog bezeichnet werden, wobei die Seitenwände biegesteif mit der Bauwerkssohle verbunden sind.

Das Bauwerk wird auf einer 10 cm starken Sauberkeitsschicht (C25/30) aus Magerbeton in einer Tiefe von **41,50 mNHN** auf dem vorhandenen mitteldicht gelagerten Fein-/Mittelsand gegründet.

Das Bauwerk wird aus Stahlbeton mit einer Mindestdruckfestigkeit von **C 30/37 XC4, XF3, XA1, WF** und 25 cm Bauteildicke hergestellt.

Einwirkungen

Erddruck, min: $E_{a,u} = 18,5 \text{ kN/m}^3 * 0,30 * 2,15 = 12,0 \text{ kN/m}^2$

Erddruck, max: $E_{0,u} = 18,5 \text{ kN/m}^3 * 0,50 * 2,15 = 19,9 \text{ kN/m}^2$

Wasserdruck, innen: $W_u = 1000 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2 * 1,90 = 18,7 \text{ kN/m}^2$

Wasserdruck, außen: $W_u = 1000 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2 * 2,15 = 21,1 \text{ kN/m}^2$

Verkehr, auf Decke: $p = 5,0 \text{ kN/m}^2$ (begehrbar)

Verkehr, auf GOK: $E_{o,p} = 16,7 \text{ kN/m}^2 * 0,50 = 8,4 \text{ kN/m}^2$ (Fahrzeuge bis 30 t)

Auf die Deckenplatte wirkende Temperaturlasten aus saisonalen Schwankungen werden hierbei nicht berücksichtigt, da eine gelenkige Auflagerung auf den Schachtwänden erfolgt und damit keine Schnittkräfte im Bauteil erzeugt werden.

Berechnungsergebnis

Aus der als Anlage beigefügten Berechnung ergibt sich folgende Bewehrungsanordnung

Schachtsohle:

Erforderliche Bewehrung (aus äußeren Lasten): erf. $a_s = 7,7 \text{ cm}^2/\text{m}$

Mindestbewehrung zur Rissbreitenbeschränkung: erf. $a_s = 5,4 \text{ cm}^2/\text{m}$

gewählt: Ø12/10 mit vorh. $A_s = 11,31 \text{ cm}^2/\text{m}$ (oben + unten, beide Richtungen)

Schachtwände:

Erforderliche Bewehrung (aus äußeren Lasten): erf. $a_s = 8,7 \text{ cm}^2/\text{m}$

Mindestbewehrung zur Rissbreitenbeschränkung: erf. $a_s = 8,5 \text{ cm}^2/\text{m}$

gewählt: Ø12/10 mit vorh. $A_s = 11,31 \text{ cm}^2/\text{m}$ (beide Richtungen, innen + außen)

Deckenplatte:

Erforderliche Bewehrung (aus äußeren Lasten): erf. $a_s = 3,9 \text{ cm}^2/\text{m}$

gewählt: Ø10/10 mit vorh. $A_s = 7,85 \text{ cm}^2/\text{m}$ (beide Richtungen, oben + unten)

7. VORSCHRIFTEN UND REGELWERKE

- DIN 1054, 2010-12, Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
- DIN 1072, 1985-12, Straßen- und Wegbrücken, Lastannahmen
- DIN 19702, 2013-02, Massivbauwerke im Wasserbau
- DIN EN 1990 und NA, 2010-12, Eurocode 0, Grundlagen der Tragwerksplanung
- DIN EN 1991 und NA, 2010-12, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke
- DIN EN 1992 und NA, 2011-01, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken
- DIN EN 1997 und NA, 2009-09, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik
- DWA-M 507-1, 2011-12, Deiche an Fließgewässern
- ZTV-W LB 215, 2012-08, Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton

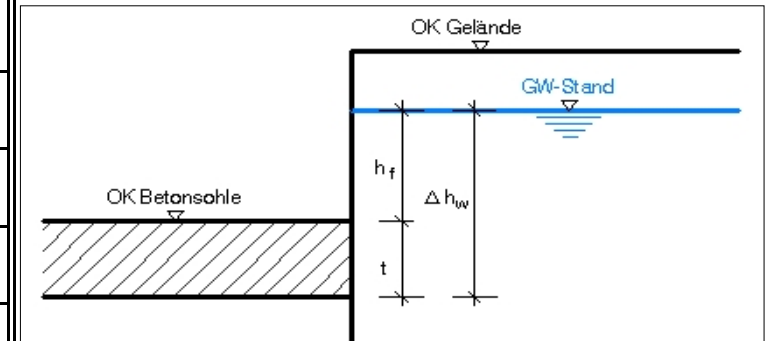
Nachweis Auftriebssicherheit Unterwasserbetonsohle

Grenzzustand UPL nach EC 7-1, DIN 1054

Bemessungswert	Bezeichnung	Wert	Einheit	Bemerkung
Dicke der Unterwasserbetonsohle	t	1,60	m	
OK Gelände	OKG	43,30	m NHN	
OK Betonsohle (UW-beton)	OKB	41,10	m NHN	
maximaler Grundwasserstand	GW	42,80	m NHN	
Wasserspiegeldifferenz	$\Delta h_w = h_f + t$	3,30	m	
Wichte Wasser	γ_w	10,00	kN/m ³	
Wichte Beton	γ_B	23,00	kN/m ³	nach EB 62
Auftriebskraft	$A = \gamma_w * \Delta h_w = 10 (h_f + t) =$	33,00	kN/m ²	
Teilsicherheitsbeiwert destabilisierende Einwirkungen	$\gamma_{G,dst}$	1,05		
Gewicht Unterwasserbeton	$G = \gamma_B * t$	36,80	kN/m ²	
Teilsicherheitsbeiwert stabilisierende Einwirkungen	$\gamma_{G,stb}$	0,95		
Nachweis Auftriebssicherheit	$A * \gamma_{G,dst} < G * \gamma_{G,stb} =$	34,65	<	34,96

Nachweis erfüllt !

Systemskizze:



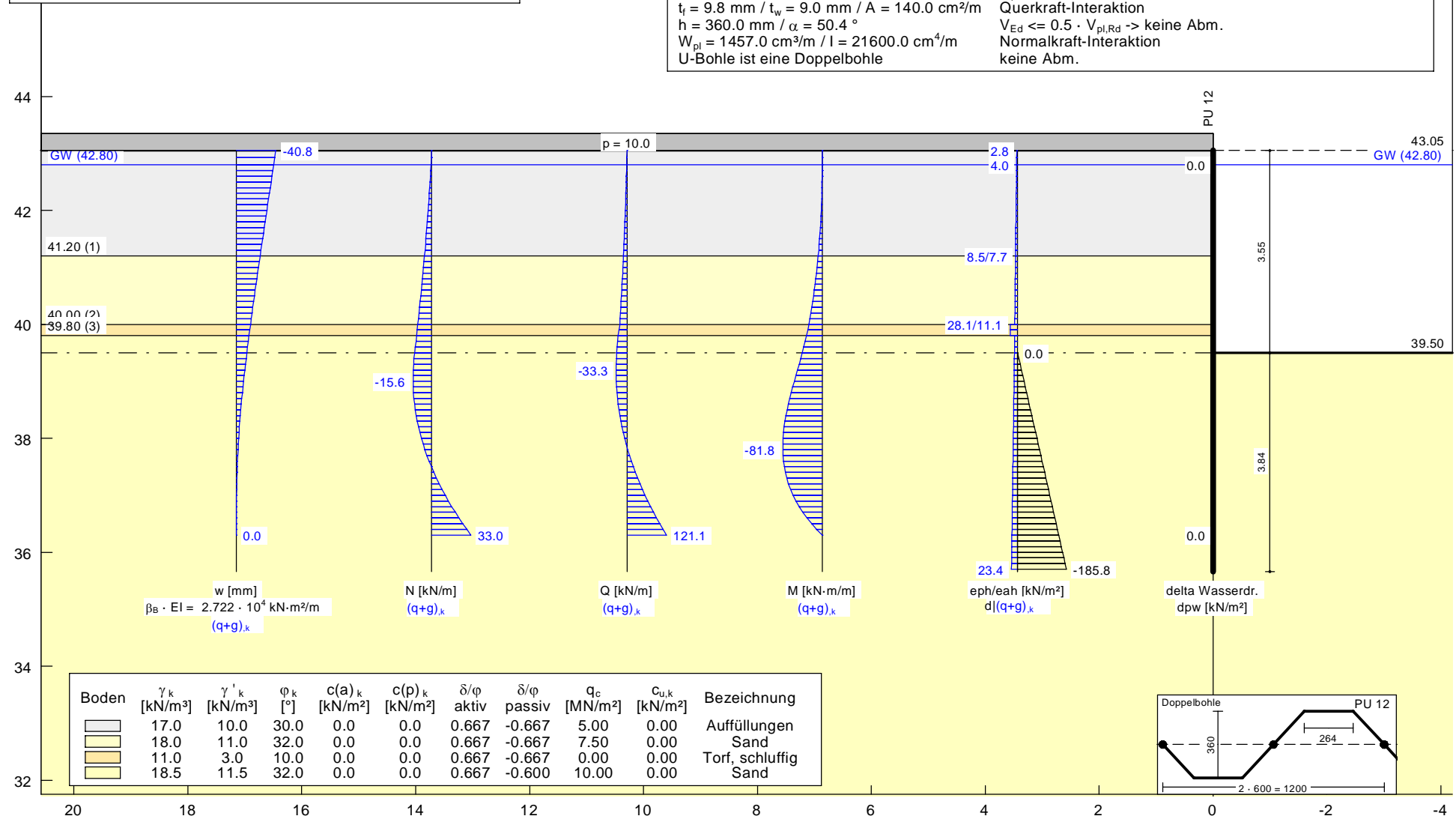
Wehr Königsgraben, Spw-quer, BS-T
Spundwand
PU 12
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
Ersatzerddruck-Beiwert $k_{ah} [-] = 0.200$
Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011
Erf. Profillänge = 7.39 m
Erf. Einbindetiefe = 3.84 m

$\gamma_G = 1.20$
 $\gamma_Q = 1.30$
 $\gamma_{Ep} = 1.30$
 μ (Hydr. Grundbruch) = 0.00
mob. Ep erfüllt / $\mu = 1.00$
 μ (Vert. Tragfähigkeit) = 0.24

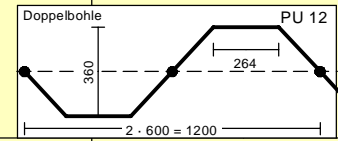
Bemessungswerte:
Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)
Bemessungssituation: max M,gq
 $M_{Ed} = 101.1$ kN·m/m
 $V_{Ed} = 2.6$ kN/m
 $N_{Ed} = -6.7$ kN/m (Druck)
Profil: PU 12 Stahlgüte: S 240 GP
 $b = 600.0$ mm / $b_t = 264.1$ mm
 $t_f = 9.8$ mm / $t_w = 9.0$ mm / $A = 140.0$ cm²/m
 $h = 360.0$ mm / $\alpha = 50.4^\circ$
 $W_{pl} = 1457.0$ cm³/m / $I = 21600.0$ cm⁴/m
U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00$ / $\gamma_{M1} = 1.10$
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_t / t_f / \varepsilon = 27.2$
Querschnittsklasse: 2
 $\beta_B = 0.700$ / $\beta_D = 0.600$
 $f_{y,red} = 240.0$ N/mm²
 $M_{c,Rd} = 244.8$ kN·m/m
 $V_{pl,Rd} = 727.9$ kN/m ($\mu = 0.004$)
 $N_{pl,Rd} = 3360.0$ 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}
 $M_{c,Rd} = 244.8$ kN·m/m
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.413$
Knicklänge = 10.35 m
 $N_{cr} = 2507.5$ kN/m
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.003 \leq 0.04$
 \rightarrow Kein Knicknachweis
max $\mu = 0.413$



Boden	γ_k [kN/m³]	γ'_{k1} [kN/m³]	φ_k [°]	$c(a)_k$ [kN/m²]	$c(p)_k$ [kN/m²]	δ/φ aktiv	δ/φ passiv	q_c [MN/m²]	$C_{u,k}$ [kN/m²]	Bezeichnung
	17.0	10.0	30.0	0.0	0.0	0.667	-0.667	5.00	0.00	Auffüllungen
	18.0	11.0	32.0	0.0	0.0	0.667	-0.667	7.50	0.00	Sand
	11.0	3.0	10.0	0.0	0.0	0.667	-0.667	0.00	0.00	Torf, schluffig
	18.5	11.5	32.0	0.0	0.0	0.667	-0.600	10.00	0.00	Sand



Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Wehr Königsgraben, Spw-quer, BS-T

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 43.05 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.100 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.100 m

Baugrubensohle = 39.50 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 42.80 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 42.80 m

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

Teilsicherheiten

$\gamma_G = 1.20$

$\gamma_Q = 1.30$

$\gamma_{Ep} = 1.30$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Flächenlast p = 10.00 kN/m² als Verkehrslast

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

E_{ph,d} = 250.30 kN/m (E_{pv,d} = -87.16 kN/m)

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

B_{h(g+q),d} = 250.30 kN/m

B_{h,g,d} = 177.92 kN/m

B_{h,q,d} = 72.38 kN/m

B_{h,w,d} = 0.00 kN/m

Ersatzkräfte C_h (Blum)

C_{h,k} = 121.11 kN/m

C_{h,g,k} = 79.92 kN/m

C_{h,q,k} = 41.19 kN/m

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

Bodenkennwerte

Schicht	UK	γ_k	γ'_{k}	φ_k	c(akt),k	c(pas),k	d(a)/ φ	d(p)/ φ	qc	cu,k
[-]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[MN/m ²]	[kN/m ²]
1	41.20	17.00	10.00	30.00	0.00	0.00	0.667	-	5.00	0.00
2	40.00	18.00	11.00	32.00	0.00	0.00	0.667	-	7.50	0.00
3	39.80	11.00	3.00	10.00	0.00	0.00	0.667	-	0.00	0.00
4	30.00	18.50	11.50	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.600	10.00	0.00

Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert kah [-] = 0.200

bestimmt nach: DIN 4085

Schicht	UK	k _{agh}	k _{ach}	φ_k	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	41.20	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98
2	40.00	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17
3	39.80	0.647	1.520	10.000	6.67	43.94
4	30.00	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17

Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

von bis oben unten Wasserdruck Wasserdruck

[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	oben[kN/m ²]	unten[kN/m ²]
43.050	42.800	2.794	3.981	0.00	0.00
42.800	42.000	3.981	6.216	0.00	0.00
42.000	41.200	6.216	8.451	0.00	0.00
41.200	41.000	7.749	8.312	0.00	0.00
41.000	40.000	8.312	11.130	0.00	0.00
40.000	39.800	28.130	28.518	0.00	0.00
39.800	39.500	11.284	12.167	0.00	0.00
39.500	39.000	12.167	13.640	0.00	0.00
39.000	38.000	13.640	16.586	0.00	0.00
38.000	37.800	16.586	17.175	0.00	0.00
37.800	37.000	17.175	19.532	0.00	0.00
37.000	36.300	19.532	21.594	0.00	0.00
36.300	30.000	21.594	40.152	0.00	0.00

Passive Erddruckbeiwerte
bestimmt nach: DIN 4085:2011

Schicht	UK	k_{pgh}	k_{pch}	φ_k	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
4	30.00	5.526	5.716	32.000	-19.20	17.75

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
39.80	39.50	0.00	0.00
39.50	39.00	0.00	-24.44
39.00	38.00	-24.44	-73.33
38.00	37.80	-73.33	-83.11
37.80	37.00	-83.11	-122.22
37.00	36.30	-122.22	-156.44
36.30	30.00	-156.44	-464.42

Resultierende Belastung (h)orizontal und (v)ertikal ([g+q],k)

Tiefe	h	v
[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
43.05	2.79	2.12
42.80	3.98	2.55
42.00	6.22	3.36
41.20	8.45	4.18
41.20	7.75	4.13
41.00	8.31	4.35
40.00	11.13	5.45
40.00	28.13	4.39
39.80	28.52	4.43
39.80	11.28	5.51
39.50	12.17	5.85
39.00	-6.52	-0.59
38.00	-43.89	-13.48
37.80	-51.37	-16.06
37.00	-81.27	-26.37
36.30	-107.43	-35.39

Schnittgrößen ([g+q],k)

Tiefe	N	Q	M
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
43.05	0.0	0.0	0.0
42.80	-0.6	-0.8	-0.1
42.00	-2.9	-4.9	-2.3
41.20	-6.0	-10.8	-8.5
41.00	-6.8	-12.4	-10.8
40.00	-11.7	-22.1	-27.8
39.80	-12.6	-27.8	-32.8
39.50	-14.3	-31.3	-41.6
39.00	-15.6	-32.7	-58.0
38.00	-8.6	-7.5	-81.3
37.80	-5.6	2.0	-81.8
37.00	11.4	55.1	-60.6
36.30	33.0	121.1	0.0

Schnittgrößen (w,k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
43.05	0.0	0.0	0.0
42.80	0.0	0.0	0.0
42.00	0.0	0.0	0.0
41.20	0.0	0.0	0.0
41.00	0.0	0.0	0.0
40.00	0.0	0.0	0.0
39.80	0.0	0.0	0.0
39.50	0.0	0.0	0.0
39.00	0.0	0.0	0.0
38.00	0.0	0.0	0.0
37.80	0.0	0.0	0.0
37.00	0.0	0.0	0.0
36.30	0.0	0.0	0.0

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit β , $D \cdot EI = 2.722E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
43.05	-40.8
42.80	-38.6
42.00	-31.6
41.20	-24.6
41.00	-22.9
40.00	-14.7
39.80	-13.1
39.50	-10.9
39.00	-7.5
38.00	-2.4
37.80	-1.8
37.00	-0.2
36.30	0.0

Weggrößen (w,k)

berechnet mit β , $D \cdot EI = 2.722E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
43.05	0.0
42.80	0.0
42.00	0.0
41.20	0.0
41.00	0.0
40.00	0.0
39.80	0.0
39.50	0.0
39.00	0.0
38.00	0.0
37.80	0.0
37.00	0.0
36.30	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

$\phi_{i,[g+q],k} = 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 36.300 m

$\phi_{i,w,k} = 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 36.300 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max M,gq

$M_{Ed} = 101.1 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

$V_{Ed} = 2.6 \text{ kN/m}$

$N_{Ed} = -6.7 \text{ kN/m}$ (Druck)

Profil: PU 12 Stahlgüte: S 240 GP

$b = 600.0 \text{ mm}$ / $b_f = 264.1 \text{ mm}$

$t_f = 9.8 \text{ mm}$ / $t_w = 9.0 \text{ mm}$ / $A = 140.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 360.0 \text{ mm}$ / $\alpha = 50.4^\circ$

$W_{pl} = 1457.0 \text{ cm}^3/\text{m}$ / $I = 21600.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00$ / $\gamma_{M1} = 1.10$
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 27.2$
 Querschnittsklasse: 2
 $\beta_B = 0.700$ / $\beta_D = 0.600$
 $f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$
 $M_{c,Rd} = 244.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{pl,Rd} = 727.9 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.004$)
 $N_{pl,Rd} = 3360.0 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.002$)
 Querkraft-Interaktion
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.
 Normalkraft-Interaktion
 keine Abm.
 Nachweis M_{Rd}
 $M_{c,Rd} = 244.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.413$
 Knicklänge = 10.35 m
 $N_{cr} = 2507.5 \text{ kN/m}$
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.003 \leq 0.04$
 \rightarrow Kein Knicknachweis
 max $\mu = 0.413$

max $M_d = 101.1 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = 37.80 m)
 Zugehörige Werte: $N_d = -6.7 \text{ kN/m}$; $Q_d = 2.6 \text{ kN/m}$; $w_k = 1.8 \text{ mm}$

max $Q_d = 149.5 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = 36.30 m)
 Zugehörige Werte: $N_d = 41.0 \text{ kN/m}$; $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max $N_d = 41.0 \text{ kN/m}$ (Tiefe = 36.30 m)
 Zugehörige Werte: $Q_d = 149.5 \text{ kN/m}$; $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max $w_k = 40.8 \text{ mm}$ (Tiefe = 43.05 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 $t_g = 3.84 \text{ m}$
 Profillänge = 7.39 m

Nachweis Summe V

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

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

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

$G_k = 8.12 \text{ kN/m}$

$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$E_{av,k} = 31.50 \text{ kN/m}$ ($E_{ah,k} = 85.32 \text{ kN/m}$)

$C_{h,k} = 121.11 \text{ kN/m}$

$B_{v,k} = -71.89 \text{ kN/m}$

$\delta_p [^\circ] = -19.2$

$\delta_C [^\circ] = 10.7$

Summe $V_k = 0.22 \text{ kN/m}$ (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

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

Profil: PU 12

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

$R_{Bv,d} = (206.43 - 1/2 \cdot 121.11) \cdot \tan(32.0^\circ) / 1.30 = 70.12 \text{ kN/m}$

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

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 121.11 \cdot \tan(21.3^\circ) / 1.30 = 18.20 \text{ kN/m}$

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

(gemittelt von 36.02 bis 34.22 m) $\Rightarrow q_{b,k} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0140 \cdot 10.00 \cdot 1000 / 1.40 = 100.00 \text{ kN/m}$

Mantelreibung

von	bis	$q_{s,k} [\text{kN/m}^2]$	Bezeichnung
39.50	35.66	26.67	Sand

Mantelfläche (TF + dt1) von 36.30 bis 35.66 m = 1.219 m²/m $\Rightarrow R_{s3,d}$

$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 20.80 / 1.40 = 14.86 \text{ kN/m}$

$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 203.18 \text{ kN/m}$

Einwirkungen

$$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 9.75 + 38.48 + 0.00 = 48.22 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 48.22 / 203.18 = 0.24$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.00

gamma(Gewicht) = 0.90

gamma(Strömungskraft) = 1.35

UK Schicht = 43.05

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Aufbruchssicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten $f_Q = 1.300 / 1.200 = 1.083$

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

Breite = 0.71 m

Gewicht G_k (einschließlich Verkehr) = 116.36 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.083)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 37.73 \text{ [kN/m]}$

Kohäsionskraft $K_k = 0.00 \text{ [kN/m]}$

Grundbruchlast $P_{g,k} = 1508.75 \text{ [kN/m]}$

Grundbruch mit:

Reibungswinkel $\varphi_k = 32.00 [^\circ]$

Kohäsion $c_k = 0.00 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

$N_d = 23.177 / N_b = 13.858 / N_c = 35.490$

$\sigma_{\bar{u}} = 82.560 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

$\mu_e = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.117$

$\mu_e = [116.36 \cdot 1.20] / [(1508.75 + 0.00) / 1.300 + 37.73] = 0.117$

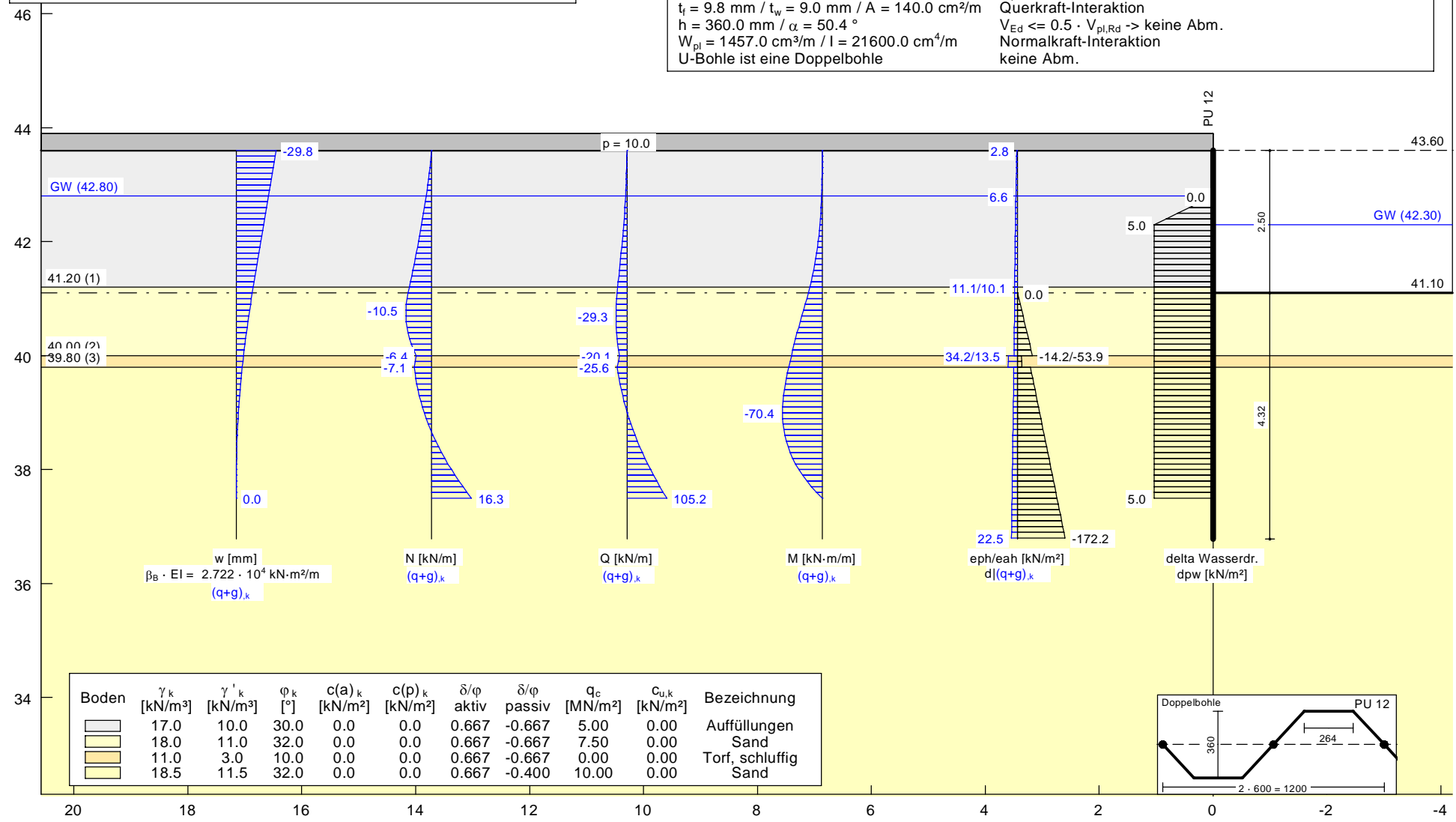
Wehr Königsgraben, Spw-links, Pos-3a, BS-T
Spundwand
PU 12
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
Ersatzerddruck-Beiwert $k_{ah} [-] = 0.200$
Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011
Erf. Profillänge = 6.82 m
Erf. Einbindetiefe = 4.32 m

$\gamma_G = 1.20$
 $\gamma_Q = 1.30$
 $\gamma_{Ep} = 1.30$
 μ (Hydr. Grundbruch) = 0.07
mob. Ep erfüllt / $\mu = 0.86$
 μ (Vert. Tragfähigkeit) = 0.21

Bemessungswerte:
Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)
Bemessungssituation: max M,gq
 $M_{Ed} = 86.3 \text{ kN-m/m}$
 $V_{Ed} = 1.0 \text{ kN/m}$
 $N_{Ed} = -3.7 \text{ kN/m}$ (Druck)
Profil: PU 12 Stahlgüte: S 240 GP
 $b = 600.0 \text{ mm} / b_t = 264.1 \text{ mm}$
 $t_f = 9.8 \text{ mm} / t_w = 9.0 \text{ mm} / A = 140.0 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $h = 360.0 \text{ mm} / \alpha = 50.4^\circ$
 $W_{pl} = 1457.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 21600.0 \text{ cm}^4/\text{m}$
U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.10$
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_t / t_f / \varepsilon = 27.2$
Querschnittsklasse: 2
 $\beta_B = 0.700 / \beta_D = 0.600$
 $f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$
 $M_{c,Rd} = 244.8 \text{ kN-m/m}$
 $V_{pl,Rd} = 727.9 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.001$)
 $N_{pl,Rd} = 3360.0 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.001$)
Querkraft-Interaktion
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.
Normalkraft-Interaktion
keine Abm.

Nachweis M_{Rd}
 $M_{c,Rd} = 244.8 \text{ kN-m/m}$
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.353$
Knicklänge = 9.55 m
 $N_{cr} = 2945.2 \text{ kN/m}$
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.001 \leq 0.04$
 \rightarrow Kein Knicknachweis
max $\mu = 0.353$



Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Wehr Königsgraben, Spw-links, Pos-3a, BS-T

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 43.60 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.100 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.100 m

Baugrubensohle = 41.10 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 42.80 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 42.30 m

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

Teilsicherheiten

$\gamma_G = 1.20$

$\gamma_Q = 1.30$

$\gamma_{Ep} = 1.30$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Flächenlast p = 10.00 kN/m² als Verkehrslast

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

E_{ph,d} = 250.04 kN/m (E_{pv,d} = -61.33 kN/m)

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

B_{h(g+q),d} = 250.04 kN/m

B_{h,g,d} = 197.74 kN/m

B_{h,q,d} = 52.30 kN/m

B_{h,w,d} = 63.85 kN/m

Ersatzkräfte C_h (Blum)

C_{h,k} = 105.16 kN/m

C_{h,g,k} = 78.49 kN/m

C_{h,q,k} = 26.67 kN/m

C_{h,w,k} = 28.02 kN/m

Bodenkennwerte

Schicht	UK	γ_k	$\gamma'_{,k}$	φ_k	c(akt),k	c(pas),k	d(a)/ φ	d(p)/ φ	qc	cu,k
[-]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[MN/m ²]	[kN/m ²]
1	41.20	17.00	10.00	30.00	0.00	0.00	0.667	-	5.00	0.00
2	40.00	18.00	11.00	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.667	7.50	0.00
3	39.80	11.00	3.00	10.00	0.00	0.00	0.667	-0.667	0.00	0.00
4	30.00	18.50	11.50	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.400	10.00	0.00

Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert kah [-] = 0.200

bestimmt nach: DIN 4085

Schicht	UK	k _{agh}	k _{ach}	φ_k	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	41.20	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98
2	40.00	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17
3	39.80	0.647	1.520	10.000	6.67	43.94
4	30.00	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17

Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

von bis oben unten Wasserdruck Wasserdruck

[m]	[m]	[kN/m²]	[kN/m²]	oben[kN/m²]	unten[kN/m²]
43.600	42.800	2.794	6.593	0.00	0.00
42.800	42.600	6.593	7.152	0.00	2.00
42.600	42.300	7.152	7.990	2.00	5.00
42.300	41.600	7.990	9.945	5.00	5.00
41.600	41.200	9.945	11.063	5.00	5.00
41.200	41.100	10.144	10.426	5.00	5.00
41.100	40.600	10.426	11.834	5.00	5.00
40.600	40.000	11.834	13.525	5.00	5.00
40.000	39.800	34.183	34.572	5.00	5.00
39.800	39.600	13.679	14.268	5.00	5.00
39.600	39.000	14.268	16.035	5.00	5.00
39.000	38.500	16.035	17.508	5.00	5.00
38.500	37.500	17.508	20.454	5.00	5.00
37.500	30.000	20.454	42.547	5.00	5.00

Passive Erddruckbeiwerte
bestimmt nach: DIN 4085:2011

Schicht	UK	k_{pgh}	k_{pch}	φ_k	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
2	40.00	5.787	5.912	32.000	-21.34	16.70
3	39.80	1.525	2.542	10.000	-6.67	31.43
4	30.00	4.742	5.069	32.000	-12.80	21.05

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m²]	[kN/m²]
41.20	41.10	0.00	0.00
41.10	40.60	0.00	-24.48
40.60	40.00	-24.48	-53.86
40.00	39.80	-14.19	-14.90
39.80	39.60	-46.33	-54.72
39.60	39.00	-54.72	-79.89
39.00	38.50	-79.89	-100.86
38.50	37.50	-100.86	-142.81
37.50	30.00	-142.81	-457.43

Resultierende Belastung (h)orizontal und (v)ertikal ([g+q],k)

Tiefe	h	v
[m]	[kN/m²]	[kN/m²]
43.60	2.79	2.12
42.80	6.59	3.50
42.60	9.15	3.70
42.30	12.99	4.01
41.60	14.95	4.72
41.20	16.06	5.13
41.20	15.14	5.06
41.10	15.43	5.17
40.60	-3.59	-2.26
40.00	-26.42	-11.18
40.00	27.34	3.71
39.80	27.14	3.69
39.80	-19.97	-2.34
39.60	-26.38	-3.70
39.00	-45.62	-7.78
38.50	-61.64	-11.18
37.50	-93.70	-17.98

Schnittgrößen ([g+q],k)

Tiefe	N	Q	M
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
43.60	0.0	0.0	0.0
42.80	-2.2	-3.8	-1.3
42.60	-3.0	-5.3	-2.2
42.30	-4.1	-8.7	-4.3
41.60	-7.2	-18.4	-13.7
41.20	-9.1	-24.6	-22.3
41.10	-9.7	-26.2	-24.8
40.60	-10.4	-29.1	-39.0

40.00	-6.4	-20.1	-54.5
39.80	-7.1	-25.6	-59.0
39.60	-6.5	-20.9	-63.7
39.00	-3.1	0.7	-70.4
38.50	1.7	27.5	-63.7
37.50	16.3	105.2	0.0

Schnittgrößen (w,k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
43.60	0.0	0.0	0.0
42.80	0.0	0.0	0.0
42.60	0.0	-0.2	0.0
42.30	0.0	-1.3	-0.2
41.60	0.0	-4.8	-2.3
41.20	0.0	-6.7	-4.6
41.10	0.0	-7.3	-5.3
40.60	0.5	-8.4	-9.3
40.00	2.5	-6.4	-14.0
39.80	2.5	-6.8	-15.3
39.60	3.0	-5.7	-16.6
39.00	5.0	-0.1	-18.5
38.50	7.2	7.1	-16.8
37.50	13.1	28.0	0.0

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit $\beta_D \cdot EI = 2.722E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
43.60	-29.8
42.80	-24.0
42.60	-22.5
42.30	-20.4
41.60	-15.4
41.20	-12.6
41.10	-12.0
40.60	-8.8
40.00	-5.4
39.80	-4.5
39.60	-3.6
39.00	-1.5
38.50	-0.5
37.50	0.0

Weggrößen (w,k)

berechnet mit $\beta_D \cdot EI = 2.722E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
43.60	-7.6
42.80	-6.2
42.60	-5.8
42.30	-5.3
41.60	-4.0
41.20	-3.3
41.10	-3.1
40.60	-2.3
40.00	-1.4
39.80	-1.2
39.60	-0.9
39.00	-0.4
38.50	-0.1
37.50	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

$\phi_{i,[g+q],k}: 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 37.500 m

$\phi_{i,w,k}: 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 37.500 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max M_{gq}

$$M_{\text{Ed}} = 86.3 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$V_{\text{Ed}} = 1.0 \text{ kN/m}$$

$$N_{\text{Ed}} = -3.7 \text{ kN/m (Druck)}$$

Profil: PU 12 Stahlgüte: S 240 GP

$$b = 600.0 \text{ mm} / b_{\text{f}} = 264.1 \text{ mm}$$

$$t_{\text{f}} = 9.8 \text{ mm} / t_{\text{w}} = 9.0 \text{ mm} / A = 140.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$h = 360.0 \text{ mm} / \alpha = 50.4^\circ$$

$$W_{\text{pl}} = 1457.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 21600.0 \text{ cm}^4/\text{m}$$

U-Bohle ist eine Doppelbohle

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

$$\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_{\text{f}} / t_{\text{f}} / \varepsilon = 27.2$$

Querschnittsklasse: 2

$$\beta_{\text{B}} = 0.700 / \beta_{\text{D}} = 0.600$$

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

$$M_{\text{c,Rd}} = 244.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$V_{\text{pl,Rd}} = 727.9 \text{ kN/m} (\mu = 0.001)$$

$$N_{\text{pl,Rd}} = 3360.0 \text{ kN/m} (\mu = 0.001)$$

Querkraft-Interaktion

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

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis M_{Rd}

$$M_{\text{c,Rd}} = 244.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$\mu = M_{\text{Ed}} / M_{\text{c,Rd}} = 0.353$$

$$\text{Knicklänge} = 9.55 \text{ m}$$

$$N_{\text{cr}} = 2945.2 \text{ kN/m}$$

$$N_{\text{Ed}} / N_{\text{cr}} = 0.001 \leq 0.04$$

\rightarrow Kein Knicknachweis

$$\max \mu = 0.353$$

$$\max M_{\text{d}} = 86.3 \text{ kN}\cdot\text{m/m (Tiefe} = 39.00 \text{ m)}$$

$$\text{Zugehörige Werte: } N_{\text{d}} = -3.7 \text{ kN/m; } Q_{\text{d}} = 0.9 \text{ kN/m; } w_{\text{k}} = 1.5 \text{ mm}$$

$$\max Q_{\text{d}} = 128.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m (Tiefe} = 37.50 \text{ m)}$$

$$\text{Zugehörige Werte: } N_{\text{d}} = 20.0 \text{ kN/m; } M_{\text{d}} = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m; } w_{\text{k}} = 0.0 \text{ mm}$$

$$\max N_{\text{d}} = 20.0 \text{ kN/m (Tiefe} = 37.50 \text{ m)}$$

$$\text{Zugehörige Werte: } Q_{\text{d}} = 128.9 \text{ kN/m; } M_{\text{d}} = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m; } w_{\text{k}} = 0.0 \text{ mm}$$

$$\max w_{\text{k}} = 29.8 \text{ mm (Tiefe} = 43.60 \text{ m)}$$

$$\text{Zugehörige Werte: } N_{\text{d}} = 0.0 \text{ kN/m; } Q_{\text{d}} = 0.0 \text{ kN/m; } M_{\text{d}} = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %

$$\text{Einbindetiefe } t_{\text{g}} = 4.32 \text{ m}$$

$$\text{Profillänge} = 6.82 \text{ m}$$

Nachweis Summe V

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

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

$$\text{Bedingung: } G_{\text{k}} + P_{\text{v,k}} + E_{\text{av,k}} + 0.5 \cdot C_{\text{h,k}} \cdot \tan(\delta_{\text{C}}) \geq (B_{\text{h,k}} - 0.5 \cdot C_{\text{h,k}}) \cdot \tan(\delta_{\text{p}})$$

$$G_{\text{k}} = 7.50 \text{ kN/m}$$

$$P_{\text{v,k}} = 0.00 \text{ kN/m}$$

$$E_{\text{av,k}} = 28.20 \text{ kN/m (} E_{\text{ah,k}} = 78.21 \text{ kN/m)}$$

$$C_{\text{h,k}} = 105.16 \text{ kN/m}$$

$$B_{\text{v,k}} = -51.17 \text{ kN/m}$$

$$\delta_{\text{p}} [^\circ] = -12.8$$

$$\delta_{\text{C}} [^\circ] = 10.7$$

$$\text{Summe } V_{\text{k}} = 6.37 \text{ kN/m (Druck)}$$

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

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

Profil: PU 12

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

$$R_{\text{Bv,d}} = (208.62 - 1/2 \cdot 105.16) \cdot \tan(31.0^\circ) / 1.30 = 72.01 \text{ kN/m}$$

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

$$R_{\text{Cv,d}} = 1/2 \cdot 105.16 \cdot \tan(21.3^\circ) / 1.30 = 15.80 \text{ kN/m}$$

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

(gemittelt von 37.14 bis 35.34 m) ==> $q_{b,k} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

$$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0140 \cdot 10.00 \cdot 1000 / 1.40 = 100.00 \text{ kN/m}$$

Mantelreibung

von	bis	$q_{s,k} [\text{kN/m}^2]$	Bezeichnung
41.10	40.00	20.00	Sand
40.00	39.80	0.00	Torf, schluffig
39.80	36.78	26.67	Sand

Mantelfläche (TF + dt1) von 37.50 bis 36.78 m = 1.219 m²/m ==> $R_{s3,d}$

$$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 23.40 / 1.40 = 16.72 \text{ kN/m}$$

$$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 204.53 \text{ kN/m}$$

Einwirkungen

$$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 8.99 + 34.45 + 0.00 = 43.45 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 43.45 / 204.53 = 0.21$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.07

gamma(Gewicht) = 0.90

gamma(Strömungskraft) = 1.35

UK Schicht = 39.80

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Aufbruchssicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten $f_Q = 1.300 / 1.200 = 1.083$

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

Breite = 0.50 m

Gewicht G_k (einschließlich Verkehr) = 74.58 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.083)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 34.81 [\text{kN/m}]$

Kohäsionskraft $K_k = 0.00 [\text{kN/m}]$

Grundbruchlast $P_{g,k} = 1071.87 [\text{kN/m}]$

Grundbruch mit:

Reibungswinkel $\varphi_k = 31.60 [^\circ]$

Kohäsion $c_k = 0.00 [\text{kN/m}^2]$

$N_d = 22.126 / N_b = 12.999 / N_c = 34.336$

$\sigma_{\bar{u}} = 90.630 [\text{kN/m}^2]$

$$\text{mue} = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.105$$

$$\text{mue} = [74.58 \cdot 1.20] / [(1071.87 + 0.00) / 1.300 + 34.81] = 0.105$$

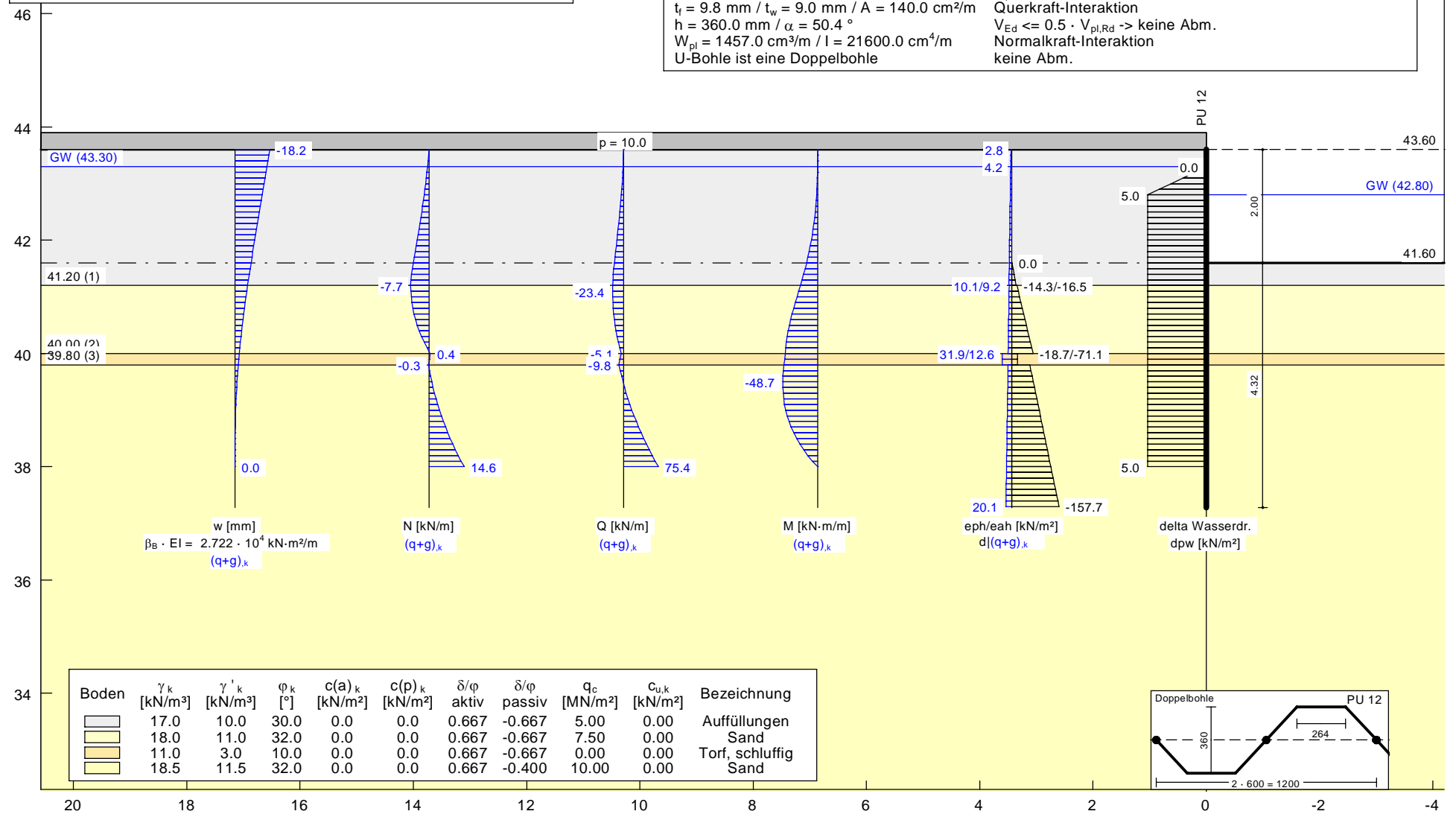
Wehr Königsgraben, Spw-links, Pos-3a, BS-P
Spundwand
PU 12
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
Ersatzerddruck-Beiwert $k_{ah} [-] = 0.200$
Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011
Erf. Profillänge = 6.32 m
Erf. Einbindetiefe = 4.32 m

$\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{Ep} = 1.40$
 μ (Hydr. Grundbruch) = 0.07
mob. Ep erfüllt / $\mu = 0.95$
 μ (Vert. Tragfähigkeit) = 0.23

Bemessungswerte:
Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)
Bemessungssituation: max M,gq
 $M_{Ed} = 67.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{Ed} = 1.5 \text{ kN/m}$
 $N_{Ed} = 1.5 \text{ kN/m}$ (Zug)
Profil: PU 12 Stahlgüte: S 240 GP
 $b = 600.0 \text{ mm} / b_t = 264.1 \text{ mm}$
 $t_f = 9.8 \text{ mm} / t_w = 9.0 \text{ mm} / A = 140.0 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $h = 360.0 \text{ mm} / \alpha = 50.4^\circ$
 $W_{pl} = 1457.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 21600.0 \text{ cm}^4/\text{m}$
U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.10$
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_t / t_f / \varepsilon = 27.2$
Querschnittsklasse: 2
 $\beta_B = 0.700 / \beta_D = 0.600$
 $f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$
 $M_{c,Rd} = 244.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{pl,Rd} = 727.9 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.002$)
 $N_{pl,Rd} = 3360.0 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.000$)
Querkraft-Interaktion
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.
Normalkraft-Interaktion
keine Abm.

Nachweis M_{Rd}
 $M_{c,Rd} = 244.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.277$
 $N_{Ed} > 0.0$ (Zug)
 \rightarrow Kein Knicknachweis
max $\mu = 0.277$



Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Wehr Königsgraben, Spw-links, Pos-3a, BS-P

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 43.60 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.100 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.100 m

Baugrubensohle = 41.60 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 43.30 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 42.80 m

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

Teilsicherheiten

$\gamma_G = 1.35$

$\gamma_Q = 1.50$

$\gamma_{Ep} = 1.40$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Flächenlast p = 10.00 kN/m² als Verkehrslast

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

E_{ph,d} = 230.88 kN/m (E_{pv,d} = -61.03 kN/m)

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

B_{h(g+q),d} = 230.88 kN/m

B_{h,g,d} = 180.15 kN/m

B_{h,q,d} = 50.74 kN/m

B_{h,w,d} = 73.41 kN/m

Ersatzkräfte C_h (Blum)

C_{h,k} = 75.39 kN/m

C_{h,g,k} = 55.03 kN/m

C_{h,q,k} = 20.36 kN/m

C_{h,w,k} = 26.90 kN/m

Bodenkennwerte

Schicht	UK	γ_k	$\gamma'_{,k}$	φ_k	c(akt),k	c(pas),k	d(a)/ φ	d(p)/ φ	qc	cu,k
[-]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[MN/m ²]	[kN/m ²]
1	41.20	17.00	10.00	30.00	0.00	0.00	0.667	-0.667	5.00	0.00
2	40.00	18.00	11.00	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.667	7.50	0.00
3	39.80	11.00	3.00	10.00	0.00	0.00	0.667	-0.667	0.00	0.00
4	30.00	18.50	11.50	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.400	10.00	0.00

Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert kah [-] = 0.200

bestimmt nach: DIN 4085

Schicht	UK	k _{agh}	k _{ach}	φ_k	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	41.20	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98
2	40.00	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17
3	39.80	0.647	1.520	10.000	6.67	43.94
4	30.00	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17

Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

von bis oben unten Wasserdruck Wasserdruck

[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	oben[kN/m ²]	unten[kN/m ²]
43.600	43.300	2.794	4.218	0.00	0.00
43.300	42.800	4.218	5.615	0.00	5.00
42.800	42.600	5.615	6.174	5.00	5.00
42.600	41.600	6.174	8.967	5.00	5.00
41.600	41.500	8.967	9.247	5.00	5.00
41.500	41.200	9.247	10.085	5.00	5.00
41.200	40.500	9.247	11.220	5.00	5.00
40.500	40.000	11.220	12.628	5.00	5.00
40.000	39.800	31.917	32.306	5.00	5.00
39.800	39.600	12.782	13.371	5.00	5.00
39.600	39.500	13.371	13.666	5.00	5.00
39.500	38.500	13.666	16.612	5.00	5.00
38.500	38.000	16.612	18.085	5.00	5.00
38.000	30.000	18.085	41.651	5.00	5.00

Passive Erddruckbeiwerte
bestimmt nach: DIN 4085:2011

Schicht	UK	k _{pgh}	k _{pch}	φ _k	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	41.20	5.005	5.388	30.000	-20.01	18.10
2	40.00	5.787	5.912	32.000	-21.34	16.70
3	39.80	1.525	2.542	10.000	-6.67	31.43
4	30.00	4.742	5.069	32.000	-12.80	21.05

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.40

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
42.60	41.60	0.00	0.00
41.60	41.50	0.00	-3.58
41.50	41.20	-3.58	-14.30
41.20	40.50	-16.53	-48.36
40.50	40.00	-48.36	-71.10
40.00	39.80	-18.73	-19.39
39.80	39.60	-60.29	-68.08
39.60	39.50	-68.08	-71.98
39.50	38.50	-71.98	-110.93
38.50	38.00	-110.93	-130.41
38.00	30.00	-130.41	-442.03

Resultierende Belastung (h)orizontal und (v)ertikal ([g+q],k)

Tiefe	h	v
[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
43.60	2.79	2.12
43.30	4.22	2.64
42.80	10.62	3.14
42.60	11.17	3.35
41.60	13.97	4.36
41.50	11.71	3.54
41.20	4.92	1.07
41.20	2.50	0.12
40.50	-18.14	-7.94
40.00	-32.89	-13.71
40.00	23.61	3.27
39.80	23.53	3.27
39.80	-25.06	-3.64
39.60	-30.00	-4.67
39.50	-32.47	-5.18
38.50	-57.20	-10.32
38.00	-69.57	-12.88

Schnittgrößen ([g+q],k)

Tiefe	N	Q	M
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
43.60	0.0	0.0	0.0
43.30	-0.7	-1.1	-0.1
42.80	-2.2	-4.8	-1.5
42.60	-2.8	-6.9	-2.6
41.60	-6.7	-19.5	-15.6

41.50	-7.1	-20.8	-17.6
41.20	-7.7	-23.3	-24.3
40.50	-5.0	-17.8	-39.5
40.00	0.4	-5.1	-45.6
39.80	-0.3	-9.8	-47.0
39.60	0.6	-4.3	-48.5
39.50	1.1	-1.1	-48.7
38.50	8.8	43.7	-29.5
38.00	14.6	75.4	0.0

Schnittgrößen (w,k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
43.60	0.0	0.0	0.0
43.30	0.0	0.0	0.0
42.80	0.0	-1.3	-0.2
42.60	0.0	-2.3	-0.6
41.60	0.0	-7.3	-5.3
41.50	0.0	-7.7	-6.1
41.20	0.2	-8.6	-8.5
40.50	2.2	-7.0	-14.3
40.00	4.9	-2.7	-16.8
39.80	5.0	-2.9	-17.4
39.60	5.6	-1.0	-17.7
39.50	6.0	0.1	-17.8
38.50	10.7	15.8	-10.6
38.00	13.8	26.9	0.0

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit $\beta \cdot D \cdot EI = 2.722E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
43.60	-18.2
43.30	-16.7
42.80	-14.2
42.60	-13.2
41.60	-8.4
41.50	-7.9
41.20	-6.6
40.50	-3.8
40.00	-2.2
39.80	-1.7
39.60	-1.3
39.50	-1.1
38.50	-0.1
38.00	0.0

Weggrößen (w,k)

berechnet mit $\beta \cdot D \cdot EI = 2.722E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
43.60	-6.6
43.30	-6.0
42.80	-5.1
42.60	-4.8
41.60	-3.0
41.50	-2.9
41.20	-2.4
40.50	-1.4
40.00	-0.8
39.80	-0.6
39.60	-0.5
39.50	-0.4
38.50	0.0
38.00	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

$\phi_{i,[g+q],k}: 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 38.000 m

$\phi_{i,w,k}: 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 38.000 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max M_{gq}

$M_{\text{Ed}} = 67.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$V_{\text{Ed}} = 1.5 \text{ kN/m}$

$N_{\text{Ed}} = 1.5 \text{ kN/m}$ (Zug)

Profil: PU 12 Stahlgüte: S 240 GP

$b = 600.0 \text{ mm}$ / $b_f = 264.1 \text{ mm}$

$t_f = 9.8 \text{ mm}$ / $t_w = 9.0 \text{ mm}$ / $A = 140.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 360.0 \text{ mm}$ / $\alpha = 50.4^\circ$

$W_{\text{pl}} = 1457.0 \text{ cm}^3/\text{m}$ / $I = 21600.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

U-Bohle ist eine Doppelbohle

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

$\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 27.2$

Querschnittsklasse: 2

$\beta_B = 0.700$ / $\beta_D = 0.600$

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

$M_{\text{c,Rd}} = 244.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$V_{\text{pl,Rd}} = 727.9 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.002$)

$N_{\text{pl,Rd}} = 3360.0 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.000$)

Querkraft-Interaktion

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

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis M_{Rd}

$M_{\text{c,Rd}} = 244.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$\mu = M_{\text{Ed}} / M_{\text{c,Rd}} = 0.277$

$N_{\text{Ed}} > 0.0$ (Zug)

\rightarrow Kein Knicknachweis

max $\mu = 0.277$

max $M_{\text{d}} = 67.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = 39.50 m)

Zugehörige Werte: $N_{\text{d}} = 1.5 \text{ kN/m}$; $Q_{\text{d}} = -1.5 \text{ kN/m}$; $w_{\text{k}} = 1.1 \text{ mm}$

max $Q_{\text{d}} = 104.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = 38.00 m)

Zugehörige Werte: $N_{\text{d}} = 20.3 \text{ kN/m}$; $M_{\text{d}} = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w_{\text{k}} = 0.0 \text{ mm}$

max $N_{\text{d}} = 20.3 \text{ kN/m}$ (Tiefe = 38.00 m)

Zugehörige Werte: $Q_{\text{d}} = 104.8 \text{ kN/m}$; $M_{\text{d}} = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w_{\text{k}} = 0.0 \text{ mm}$

max $w_{\text{k}} = 18.2 \text{ mm}$ (Tiefe = 43.60 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 $t_{\text{g}} = 4.32 \text{ m}$

Profillänge = 6.32 m

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße

nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung: $G_{\text{k}} + P_{\text{v,k}} + E_{\text{av,k}} + 0.5 \cdot C_{\text{h,k}} \cdot \tan(\delta_{\text{C}}) \geq (B_{\text{h,k}} - 0.5 \cdot C_{\text{h,k}}) \cdot \tan(\delta_{\text{p}})$

$G_{\text{k}} = 6.95 \text{ kN/m}$

$P_{\text{v,k}} = 0.00 \text{ kN/m}$

$E_{\text{av,k}} = 22.59 \text{ kN/m}$ ($E_{\text{ah,k}} = 63.40 \text{ kN/m}$)

$C_{\text{h,k}} = 75.39 \text{ kN/m}$

$B_{\text{v,k}} = -43.36 \text{ kN/m}$

$\delta_{\text{p}} [^\circ] = -12.8$

$\delta_{\text{C}} [^\circ] = 10.7$

Summe $V_{\text{k}} = 1.83 \text{ kN/m}$ (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

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

Profil: PU 12

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

$R_{\text{Bv,d}} = (164.04 - 1/2 \cdot 75.39) \cdot \tan(30.7^\circ) / 1.40 = 53.67 \text{ kN/m}$

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

$R_{\text{Cv,d}} = 1/2 \cdot 75.39 \cdot \tan(21.3^\circ) / 1.40 = 10.52 \text{ kN/m}$

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

(gemittelt von 37.64 bis 35.84 m) $\Rightarrow q_{b,k} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0140 \cdot 10.00 \cdot 1000 / 1.40 = 100.00 \text{ kN/m}$

Mantelreibung

von	bis	$q_{s,k} [\text{kN/m}^2]$	Bezeichnung
41.60	41.20	0.00	Auffüllungen
41.20	40.00	20.00	Sand
40.00	39.80	0.00	Torf, schluffig
39.80	37.28	26.67	Sand

Mantelfläche (TF + dt1) von 38.00 bis 37.28 m = $1.219 \text{ m}^2/\text{m} \Rightarrow R_{s3,d}$

$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 23.40 / 1.40 = 16.72 \text{ kN/m}$

$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 180.90 \text{ kN/m}$

Einwirkungen

$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 9.38 + 31.33 + 0.00 = 40.71 \text{ kN/m}$

$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 40.71 / 180.90 = 0.23$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.07

gamma(Gewicht) = 0.90

gamma(Strömungskraft) = 1.35

UK Schicht = 39.80

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Aufbruchssicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten $f_Q = 1.500 / 1.350 = 1.111$

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

Breite = 0.40 m

Gewicht G_k (einschließlich Verkehr) = 56.08 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.111)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 28.66 [\text{kN/m}]$

Kohäsionskraft $K_k = 0.00 [\text{kN/m}]$

Grundbruchlast $P_{g,k} = 835.40 [\text{kN/m}]$

Grundbruch mit:

Reibungswinkel $\varphi_k = 31.55 [^\circ]$

Kohäsion $c_k = 0.00 [\text{kN/m}^2]$

$N_d = 21.993 / N_b = 12.891 / N_c = 34.188$

$\sigma_{\bar{u}} = 89.980 [\text{kN/m}^2]$

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

$\mu_e = [56.08 \cdot 1.35] / [(835.40 + 0.00) / 1.400 + 28.66] = 0.123$

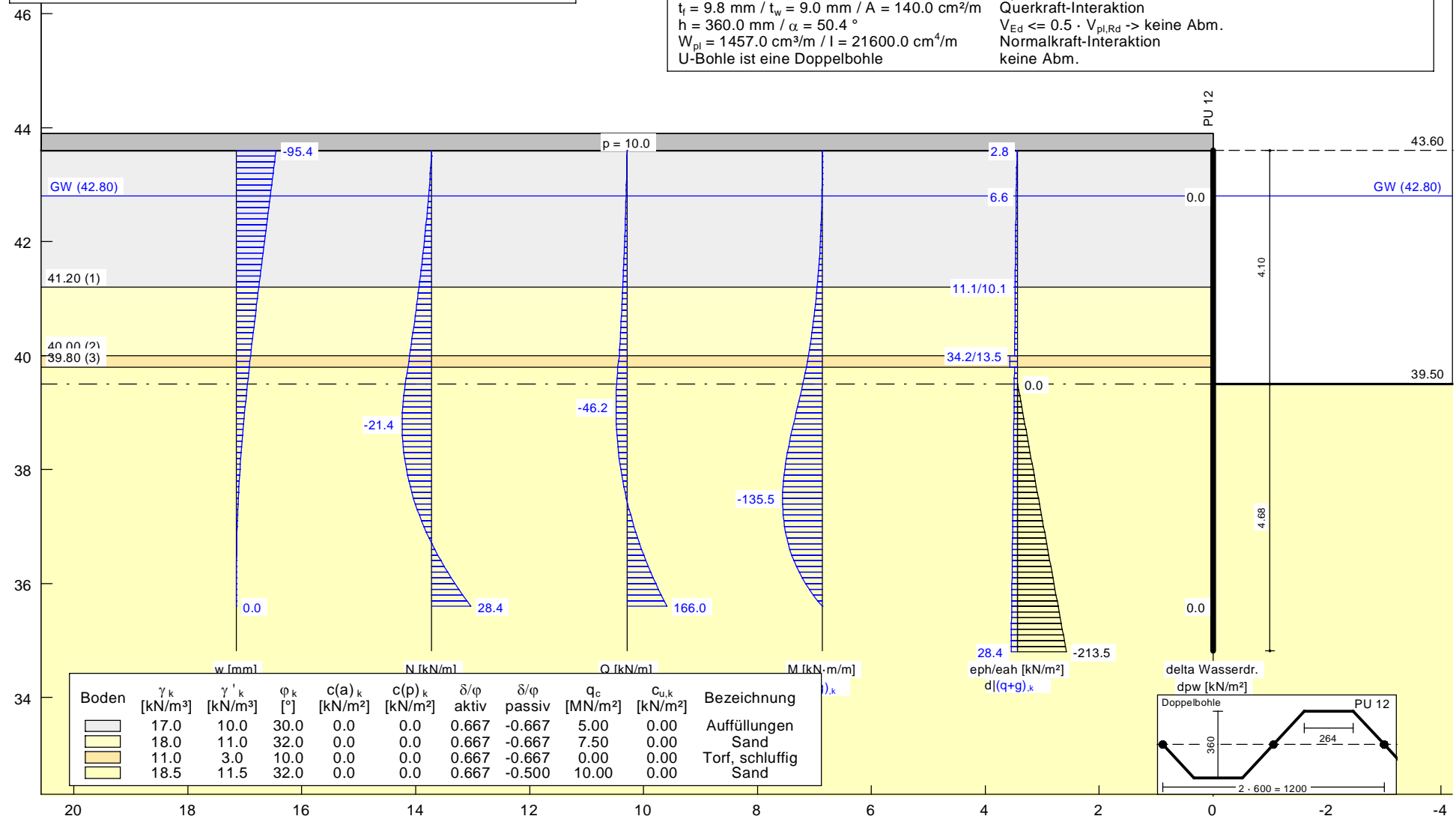
Wehr Königsgraben, Spw-links, Pos-3b, BS-T
Spundwand
PU 12
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
Ersatzerddruck-Beiwert $k_{ah} [-] = 0.200$
Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011
Erf. Profillänge = 8.78 m
Erf. Einbindetiefe = 4.68 m

$\gamma_G = 1.20$
 $\gamma_Q = 1.30$
 $\gamma_{Ep} = 1.30$
 μ (Hydr. Grundbruch) = 0.00
mob. Ep erfüllt / $\mu = 0.83$
 μ (Vert. Tragfähigkeit) = 0.28

Bemessungswerte:
Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)
Bemessungssituation: max M,gq
 $M_{Ed} = 166.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{Ed} = 2.7 \text{ kN/m}$
 $N_{Ed} = -15.9 \text{ kN/m}$ (Druck)
Profil: PU 12 Stahlgüte: S 240 GP
 $b = 600.0 \text{ mm}$ / $b_t = 264.1 \text{ mm}$
 $t_f = 9.8 \text{ mm}$ / $t_w = 9.0 \text{ mm}$ / $A = 140.0 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $h = 360.0 \text{ mm}$ / $\alpha = 50.4^\circ$
 $W_{pl} = 1457.0 \text{ cm}^3/\text{m}$ / $I = 21600.0 \text{ cm}^4/\text{m}$
U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00$ / $\gamma_{M1} = 1.10$
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_t / t_f / \varepsilon = 27.2$
Querschnittsklasse: 2
 $\beta_B = 0.700$ / $\beta_D = 0.600$
 $f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$
 $M_{c,Rd} = 244.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{pl,Rd} = 727.9 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.004$)
 $N_{pl,Rd} = 3360.0 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.005$)
Querkraft-Interaktion
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.
Normalkraft-Interaktion
keine Abm.

Nachweis M_{Rd}
 $M_{c,Rd} = 244.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.681$
Knicklänge = 12.29 m
 $N_{cr} = 1778.4 \text{ kN/m}$
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.009 \leq 0.04$
 \rightarrow Kein Knicknachweis
max $\mu = 0.681$



Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Wehr Königsgraben, Spw-links, Pos-3b, BS-T

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 43.60 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.100 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.100 m

Baugrubensohle = 39.50 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 42.80 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 42.80 m

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

Teilsicherheiten

$\gamma_G = 1.20$

$\gamma_Q = 1.30$

$\gamma_{Ep} = 1.30$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Flächenlast p = 10.00 kN/m² als Verkehrslast

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

E_{ph,d} = 345.39 kN/m (E_{pv,d} = -99.04 kN/m)

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

B_{h(g+q),d} = 345.39 kN/m

B_{h,g,d} = 263.30 kN/m

B_{h,q,d} = 82.09 kN/m

B_{h,w,d} = 0.00 kN/m

Ersatzkräfte C_h (Blum)

C_{h,k} = 166.04 kN/m

C_{h,g,k} = 119.32 kN/m

C_{h,q,k} = 46.72 kN/m

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

Bodenkennwerte

Schicht	UK	γ_k	$\gamma'_{,k}$	φ_k	c(akt),k	c(pas),k	d(a)/ φ	d(p)/ φ	qc	cu,k
[-]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[MN/m ²]	[kN/m ²]
1	41.20	17.00	10.00	30.00	0.00	0.00	0.667	-	5.00	0.00
2	40.00	18.00	11.00	32.00	0.00	0.00	0.667	-	7.50	0.00
3	39.80	11.00	3.00	10.00	0.00	0.00	0.667	-	0.00	0.00
4	30.00	18.50	11.50	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.500	10.00	0.00

Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert kah [-] = 0.200

bestimmt nach: DIN 4085

Schicht	UK	k _{agh}	k _{ach}	φ_k	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	41.20	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98
2	40.00	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17
3	39.80	0.647	1.520	10.000	6.67	43.94
4	30.00	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17

Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

von bis oben unten Wasserdruck Wasserdruck

[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	oben[kN/m ²]	unten[kN/m ²]
43.600	42.800	2.794	6.593	0.00	0.00
42.800	42.600	6.593	7.152	0.00	0.00
42.600	41.500	7.152	10.225	0.00	0.00
41.500	41.200	10.225	11.063	0.00	0.00
41.200	40.500	10.144	12.116	0.00	0.00
40.500	40.000	12.116	13.525	0.00	0.00
40.000	39.800	34.183	34.572	0.00	0.00
39.800	39.600	13.679	14.268	0.00	0.00
39.600	39.500	14.268	14.562	0.00	0.00
39.500	38.500	14.562	17.508	0.00	0.00
38.500	37.500	17.508	20.454	0.00	0.00
37.500	36.500	20.454	23.400	0.00	0.00
36.500	35.600	23.400	26.051	0.00	0.00
35.600	30.000	26.051	42.547	0.00	0.00

Passive Erddruckbeiwerte
bestimmt nach: DIN 4085:2011

Schicht	UK	k _{pgh}	k _{pch}	φ _k	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
4	30.00	5.134	5.403	32.000	-16.00	19.36

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
39.60	39.50	0.00	0.00
39.50	38.50	0.00	-45.42
38.50	37.50	-45.42	-90.83
37.50	36.50	-90.83	-136.25
36.50	35.60	-136.25	-177.12
35.60	30.00	-177.12	-431.45

Resultierende Belastung (h)orizontal und (v)ertikal ([g+q],k)

Tiefe	h	v
[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
43.60	2.79	2.12
42.80	6.59	3.50
42.60	7.15	3.70
41.50	10.22	4.82
41.20	11.06	5.13
41.20	10.14	5.06
40.50	12.12	5.83
40.00	13.53	6.38
40.00	34.18	5.10
39.80	34.57	5.14
39.80	13.68	6.44
39.60	14.27	6.67
39.50	14.56	6.79
38.50	-20.42	-2.93
37.50	-55.40	-12.66
36.50	-90.38	-22.38
35.60	-121.86	-31.13

Schnittgrößen ([g+q],k)

Tiefe	N	Q	M
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
43.60	0.0	0.0	0.0
42.80	-2.2	-3.8	-1.3
42.60	-3.0	-5.1	-2.2
41.50	-7.7	-14.7	-12.8
41.20	-9.1	-17.9	-17.7
40.50	-13.0	-25.7	-32.8
40.00	-16.0	-32.1	-47.2
39.80	-17.0	-39.0	-54.3
39.60	-18.4	-41.8	-62.4
39.50	-19.0	-43.2	-66.6
38.50	-21.0	-40.3	-111.3
37.50	-13.2	-2.4	-135.5
36.50	4.4	70.5	-104.3

35.60	28.4	166.0	0.0
-------	------	-------	-----

Schnittgrößen (w,k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
43.60	0.0	0.0	0.0
42.80	0.0	0.0	0.0
42.60	0.0	0.0	0.0
41.50	0.0	0.0	0.0
41.20	0.0	0.0	0.0
40.50	0.0	0.0	0.0
40.00	0.0	0.0	0.0
39.80	0.0	0.0	0.0
39.60	0.0	0.0	0.0
39.50	0.0	0.0	0.0
38.50	0.0	0.0	0.0
37.50	0.0	0.0	0.0
36.50	0.0	0.0	0.0
35.60	0.0	0.0	0.0

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit $\beta_D \cdot EI = 2.722E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
43.60	-95.4
42.80	-81.5
42.60	-78.1
41.50	-59.1
41.20	-54.0
40.50	-42.3
40.00	-34.4
39.80	-31.3
39.60	-28.3
39.50	-26.8
38.50	-13.8
37.50	-4.8
36.50	-0.6
35.60	0.0

Weggrößen (w,k)

berechnet mit $\beta_D \cdot EI = 2.722E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
43.60	0.0
42.80	0.0
42.60	0.0
41.50	0.0
41.20	0.0
40.50	0.0
40.00	0.0
39.80	0.0
39.60	0.0
39.50	0.0
38.50	0.0
37.50	0.0
36.50	0.0
35.60	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

$\phi_{[g+q],k} = 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 35.600 m

$\phi_{w,k} = 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 35.600 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max M,gq

$M_{Ed} = 166.6 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

$V_{Ed} = 2.7 \text{ kN/m}$

$N_{Ed} = -15.9 \text{ kN/m}$ (Druck)

Profil: PU 12 Stahlgüte: S 240 GP

$b = 600.0 \text{ mm} / b_f = 264.1 \text{ mm}$
 $t_f = 9.8 \text{ mm} / t_w = 9.0 \text{ mm} / A = 140.0 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $h = 360.0 \text{ mm} / \alpha = 50.4^\circ$
 $W_{pl} = 1457.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 21600.0 \text{ cm}^4/\text{m}$
U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.10$
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 27.2$

Querschnittsklasse: 2

$\beta_B = 0.700 / \beta_D = 0.600$

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

$M_{c,Rd} = 244.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$V_{pl,Rd} = 727.9 \text{ kN/m} (\mu = 0.004)$

$N_{pl,Rd} = 3360.0 \text{ kN/m} (\mu = 0.005)$

Querkraft-Interaktion

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

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis M_{Rd}

$M_{c,Rd} = 244.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.681$

Knicklänge = 12.29 m

$N_{cr} = 1778.4 \text{ kN/m}$

$N_{Ed} / N_{cr} = 0.009 \leq 0.04$

\rightarrow Kein Knicknachweis

max $\mu = 0.681$

max $M_d = 166.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = 37.50 m)

Zugehörige Werte: $N_d = -15.9 \text{ kN/m}$; $Q_d = -2.7 \text{ kN/m}$; $w_k = 4.8 \text{ mm}$

max $Q_d = 203.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = 35.60 m)

Zugehörige Werte: $N_d = 35.3 \text{ kN/m}$; $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max $N_d = 35.3 \text{ kN/m}$ (Tiefe = 35.60 m)

Zugehörige Werte: $Q_d = 203.9 \text{ kN/m}$; $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max $w_k = 95.4 \text{ mm}$ (Tiefe = 43.60 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 $t_g = 4.68 \text{ m}$

Profillänge = 8.78 m

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße

nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

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

$G_k = 9.65 \text{ kN/m}$

$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$E_{av,k} = 45.47 \text{ kN/m}$ ($E_{ah,k} = 122.39 \text{ kN/m}$)

$C_{h,k} = 166.04 \text{ kN/m}$

$B_{v,k} = -82.71 \text{ kN/m}$

$\delta_p [^\circ] = -16.0$

$\delta_C [^\circ] = 10.7$

Summe $V_k = 11.84 \text{ kN/m}$ (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

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

Profil: PU 12

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

$R_{Bv,d} = (288.43 - 1/2 \cdot 166.04) \cdot \tan(32.0^\circ) / 1.30 = 98.73 \text{ kN/m}$

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

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 166.04 \cdot \tan(21.3^\circ) / 1.30 = 24.96 \text{ kN/m}$

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

(gemittelt von 35.18 bis 33.38 m) $\Rightarrow q_{b,k} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0140 \cdot 10.00 \cdot 1000 / 1.40 = 100.00 \text{ kN/m}$

Mantelreibung

von

bis

$q_{s,k} [\text{kN/m}^2]$

Bezeichnung

39.50 34.82 26.67 Sand
 Mantelfläche (TF + dt1) von 35.60 bis 34.82 m = 1.219 m²/m ==> R_{s3,d}
 $R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 25.35 / 1.40 = 18.11 \text{ kN/m}$
 $R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 241.80 \text{ kN/m}$

Einwirkungen

$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 11.58 + 55.36 + 0.00 = 66.94 \text{ kN/m}$
 ==> $\mu = V_d / R_d = 66.94 / 241.80 = 0.28$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.00

gamma(Gewicht) = 0.90

gamma(Strömungskraft) = 1.35

UK Schicht = 43.60

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Aufbruchssicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten fQ = 1.300 / 1.200 = 1.083

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

Breite = 0.82 m

Gewicht G_k (einschließlich Verkehr) = 156.87 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.083)

E_{av,k} ($\delta = 2/3 \cdot \varphi$) = 54.46 [kN/m]

Kohäsionskraft K_k = 0.00 [kN/m]

Grundbruchlast P_{g,k} = 2112.60 [kN/m]

Grundbruch mit:

Reibungswinkel $\varphi_k = 32.00$ [°]

Kohäsion c_k = 0.00 [kN/m²]

N_d = 23.177 / N_b = 13.858 / N_c = 35.490

$\sigma_{\bar{u}} = 100.620 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

$\text{mue} = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.113$

$\text{mue} = [156.87 \cdot 1.20] / [(2112.60 + 0.00) / 1.300 + 54.46] = 0.113$

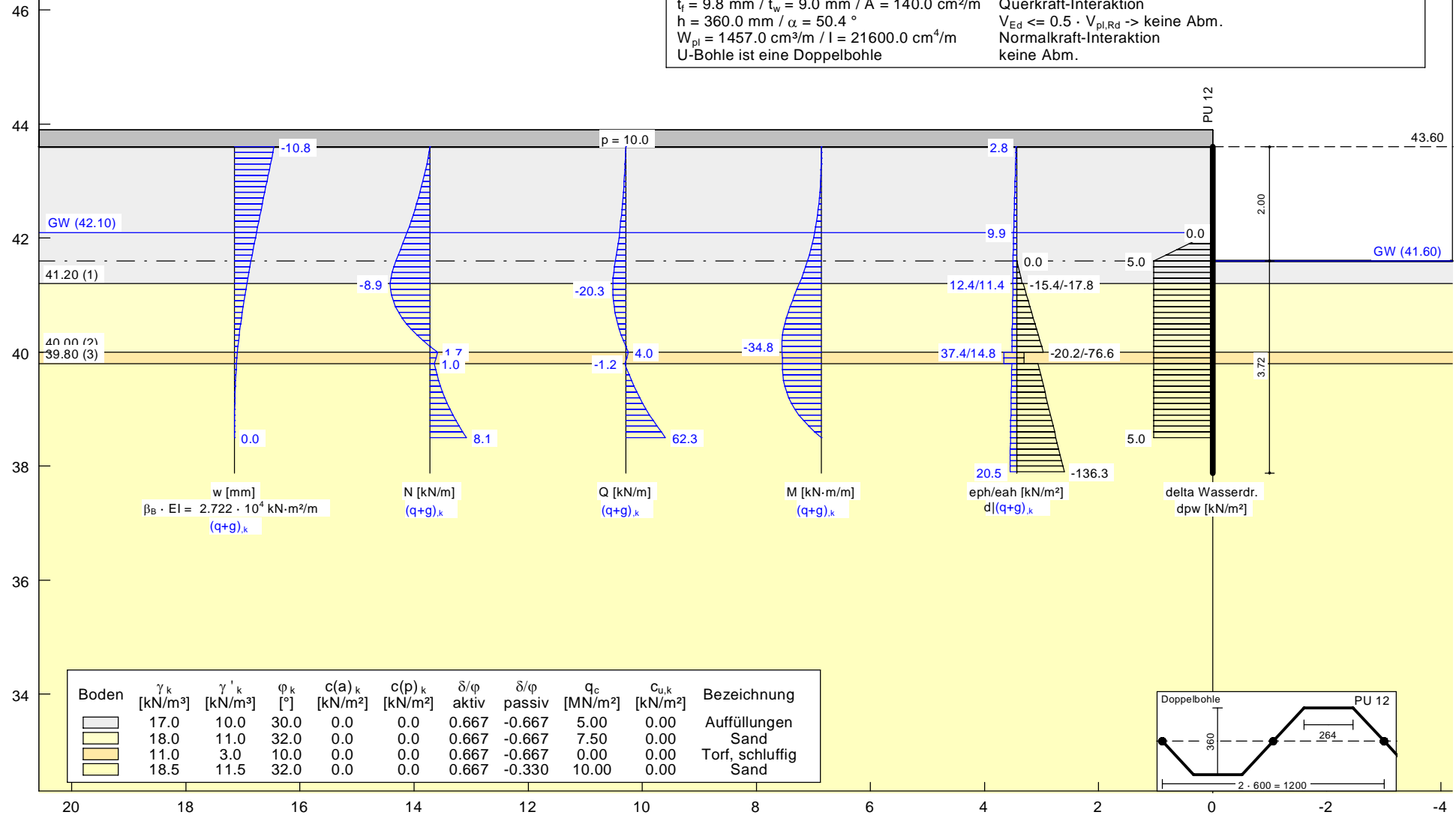
Wehr Königsgraben, Spw-links, Pos-3b, BS-P
 Spundwand
 PU 12
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
 Ersatzerddruck-Beiwert $k_{ah} [-] = 0.200$
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011
 Erf. Profillänge = 5.72 m
 Erf. Einbindetiefe = 3.72 m

$\gamma_G = 1.20$
 $\gamma_Q = 1.30$
 $\gamma_{Ep} = 1.30$
 μ (Hydr. Grundbruch) = 0.11
 mob. Ep erfüllt / $\mu = 0.88$
 μ (Vert. Tragfähigkeit) = 0.20

Bemessungswerte:
 Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)
 Bemessungssituation: max M,gq
 $M_{Ed} = 43.0 \text{ kN-m/m}$
 $V_{Ed} = 0.0 \text{ kN/m}$
 $N_{Ed} = 0.0 \text{ kN/m}$ (Zug)
 Profil: PU 12 Stahlgüte: S 240 GP
 $b = 600.0 \text{ mm} / b_t = 264.1 \text{ mm}$
 $t_f = 9.8 \text{ mm} / t_w = 9.0 \text{ mm} / A = 140.0 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $h = 360.0 \text{ mm} / \alpha = 50.4^\circ$
 $W_{pl} = 1457.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 21600.0 \text{ cm}^4/\text{m}$
 U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.10$
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_t / t_f / \varepsilon = 27.2$
 Querschnittsklasse: 2
 $\beta_B = 0.700 / \beta_D = 0.600$
 $f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$
 $M_{c,Rd} = 244.8 \text{ kN-m/m}$
 $V_{pl,Rd} = 727.9 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.000$)
 $N_{pl,Rd} = 3360.0 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.000$)
 Querkraft-Interaktion
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.
 Normalkraft-Interaktion
 keine Abm.

Nachweis M_{Rd}
 $M_{c,Rd} = 244.8 \text{ kN-m/m}$
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.176$
 $N_{Ed} > 0.0$ (Zug)
 \rightarrow Kein Knicknachweis
 max $\mu = 0.176$



Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Wehr Königsgraben, Spw-links, Pos-3b, BS-P

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 43.60 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.100 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.100 m

Baugrubensohle = 41.60 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 42.10 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 41.60 m

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

Teilsicherheiten

$\gamma_G = 1.20$

$\gamma_Q = 1.30$

$\gamma_{Ep} = 1.30$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Flächenlast p = 10.00 kN/m² als Verkehrslast

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

E_{ph,d} = 176.80 kN/m (E_{pv,d} = -44.79 kN/m)

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

B_{h(g+q),d} = 176.80 kN/m

B_{h,g,d} = 135.48 kN/m

B_{h,q,d} = 41.31 kN/m

B_{h,w,d} = 31.75 kN/m

Ersatzkräfte C_h (Blum)

C_{h,k} = 62.29 kN/m

C_{h,g,k} = 43.10 kN/m

C_{h,q,k} = 19.19 kN/m

C_{h,w,k} = 9.06 kN/m

Bodenkennwerte

Schicht	UK	γ_k	$\gamma'_{,k}$	φ_k	c(akt),k	c(pas),k	d(a)/ φ	d(p)/ φ	qc	cu,k
[-]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[MN/m ²]	[kN/m ²]
1	41.20	17.00	10.00	30.00	0.00	0.00	0.667	-0.667	5.00	0.00
2	40.00	18.00	11.00	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.667	7.50	0.00
3	39.80	11.00	3.00	10.00	0.00	0.00	0.667	-0.667	0.00	0.00
4	30.00	18.50	11.50	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.330	10.00	0.00

Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert kah [-] = 0.200

bestimmt nach: DIN 4085

Schicht	UK	k _{agh}	k _{ach}	φ_k	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	41.20	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98
2	40.00	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17
3	39.80	0.647	1.520	10.000	6.67	43.94
4	30.00	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17

Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

von bis oben unten Wasserdruck Wasserdruck

[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	oben[kN/m ²]	unten[kN/m ²]
43.600	42.500	2.794	8.018	0.00	0.00
42.500	42.100	8.018	9.917	0.00	0.00
42.100	41.600	9.917	11.314	0.00	5.00
41.600	41.200	11.314	12.432	5.00	5.00
41.200	40.500	11.399	13.371	5.00	5.00
40.500	40.100	13.371	14.498	5.00	5.00
40.100	40.000	14.498	14.780	5.00	5.00
40.000	39.800	37.355	37.744	5.00	5.00
39.800	39.600	14.934	15.523	5.00	5.00
39.600	38.500	15.523	18.763	5.00	5.00
38.500	30.000	18.763	43.803	5.00	5.00

Passive Erddruckbeiwerte
bestimmt nach: DIN 4085:2011

Schicht	UK	k _{pgh}	k _{pch}	φ _k	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	41.20	5.005	5.388	30.000	-20.01	18.10
2	40.00	5.787	5.912	32.000	-21.34	16.70
3	39.80	1.525	2.542	10.000	-6.67	31.43
4	30.00	4.470	4.825	32.000	-10.56	22.29

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
42.10	41.60	0.00	0.00
41.60	41.20	0.00	-15.40
41.20	40.50	-17.81	-52.08
40.50	40.10	-52.08	-71.67
40.10	40.00	-71.67	-76.57
40.00	39.80	-20.18	-20.88
39.80	39.60	-61.21	-69.12
39.60	38.50	-69.12	-112.62
38.50	30.00	-112.62	-448.75

Resultierende Belastung (h)orizontal und (v)ertikal ([g+q],k)

Tiefe	h	v
[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
43.60	2.79	2.12
42.50	8.02	4.02
42.10	9.92	4.71
41.60	16.31	5.22
41.20	4.91	1.07
41.20	1.92	-0.10
40.50	-23.98	-10.22
40.10	-38.77	-16.01
40.00	-42.47	-17.45
40.00	25.95	3.55
39.80	25.77	3.53
39.80	-29.83	-2.34
39.60	-35.67	-3.31
38.50	-67.80	-8.64

Schnittgrößen ([g+q],k)

Tiefe	N	Q	M
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
43.60	0.0	0.0	0.0
42.50	-3.4	-5.9	-2.7
42.10	-5.1	-9.5	-5.8
41.60	-7.6	-16.1	-12.1
41.20	-8.9	-20.3	-19.5
40.50	-5.2	-12.6	-32.1
40.10	0.0	-0.1	-34.8
40.00	1.7	4.0	-34.7
39.80	1.0	-1.2	-34.4
39.60	1.5	5.4	-34.0
38.50	8.1	62.3	0.0

Schnittgrößen (w,k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
43.60	0.0	0.0	0.0
42.50	0.0	0.0	0.0
42.10	0.0	0.0	0.0
41.60	0.0	-1.2	-0.2
41.20	0.2	-2.8	-1.0
40.50	1.6	-2.7	-3.2
40.10	3.0	-1.1	-4.0
40.00	3.4	-0.5	-4.1
39.80	3.5	-0.9	-4.2
39.60	3.8	0.0	-4.3
38.50	6.5	9.1	0.0

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit $\beta_D \cdot EI = 2.722E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
43.60	-10.8
42.50	-7.3
42.10	-6.0
41.60	-4.5
41.20	-3.4
40.50	-1.7
40.10	-1.0
40.00	-0.8
39.80	-0.6
39.60	-0.4
38.50	0.0

Weggrößen (w,k)

berechnet mit $\beta_D \cdot EI = 2.722E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
43.60	-1.2
42.50	-0.8
42.10	-0.7
41.60	-0.5
41.20	-0.4
40.50	-0.2
40.10	-0.1
40.00	-0.1
39.80	-0.1
39.60	-0.1
38.50	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

$\phi_{[g+q],k} = 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 38.500 m

$\phi_{w,k} = 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 38.500 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max M,gq

$M_{Ed} = 43.0 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

$V_{Ed} = 0.0 \text{ kN/m}$

$N_{Ed} = 0.0 \text{ kN/m}$ (Zug)

Profil: PU 12 Stahlgüte: S 240 GP

$b = 600.0 \text{ mm}$ / $b_f = 264.1 \text{ mm}$

$t_f = 9.8 \text{ mm}$ / $t_w = 9.0 \text{ mm}$ / $A = 140.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 360.0 \text{ mm}$ / $\alpha = 50.4^\circ$

$W_{pl} = 1457.0 \text{ cm}^3/\text{m}$ / $I = 21600.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

U-Bohle ist eine Doppelbohle

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

$\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 27.2$

Querschnittsklasse: 2

$\beta_B = 0.700$ / $\beta_D = 0.600$

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

$M_{c,Rd} = 244.8 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$

$V_{pl,Rd} = 727.9 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.000$)

$$N_{pl,Rd} = 3360.0 \text{ kN/m } (\mu = 0.000)$$

Querkraft-Interaktion

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

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis M_{Rd}

$$M_{c,Rd} = 244.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.176$$

$$N_{Ed} > 0.0 \text{ (Zug)}$$

-> Kein Knicknachweis

$$\max \mu = 0.176$$

$$\max M_d = 43.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m} \text{ (Tiefe = 40.10 m)}$$

$$\text{Zugehörige Werte: } N_d = 0.0 \text{ kN/m; } Q_d = 0.0 \text{ kN/m; } w_k = 1.0 \text{ mm}$$

$$\max Q_d = 76.7 \text{ kN}\cdot\text{m/m} \text{ (Tiefe = 38.50 m)}$$

$$\text{Zugehörige Werte: } N_d = 10.1 \text{ kN/m; } M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m; } w_k = 0.0 \text{ mm}$$

$$\max N_d = 10.9 \text{ kN/m} \text{ (Tiefe = 41.20 m)}$$

$$\text{Zugehörige Werte: } Q_d = -25.0 \text{ kN/m; } M_d = -24.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m; } w_k = 4.2 \text{ mm}$$

$$\max w_k = 10.8 \text{ mm} \text{ (Tiefe = 43.60 m)}$$

$$\text{Zugehörige Werte: } N_d = 0.0 \text{ kN/m; } Q_d = 0.0 \text{ kN/m; } M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %

$$\text{Einbindetiefe } t_g = 3.72 \text{ m}$$

$$\text{Profillänge} = 5.72 \text{ m}$$

Nachweis Summe V

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

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

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

$$G_k = 6.29 \text{ kN/m}$$

$$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$$

$$E_{av,k} = 22.71 \text{ kN/m} \text{ (} E_{ah,k} = 64.71 \text{ kN/m)}$$

$$C_{h,k} = 62.29 \text{ kN/m}$$

$$B_{v,k} = -36.42 \text{ kN/m}$$

$$\delta_p [^\circ] = -10.6$$

$$\delta_C [^\circ] = 10.7$$

$$\text{Summe } V_k = 4.24 \text{ kN/m (Druck)}$$

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

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

Profil: PU 12

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

$$R_{Bv,d} = (143.75 - 1/2 \cdot 62.29) \cdot \tan(30.5^\circ) / 1.30 = 51.09 \text{ kN/m}$$

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

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 62.29 \cdot \tan(21.3^\circ) / 1.30 = 9.36 \text{ kN/m}$$

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

$$\text{(gemittelt von 38.24 bis 36.44 m)} \Rightarrow q_{b,k} = 10.00 \text{ MN/m}^2$$

$$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0140 \cdot 10.00 \cdot 1000 / 1.40 = 100.00 \text{ kN/m}$$

Mantelreibung

von	bis	$q_{s,k} [\text{kN/m}^2]$	Bezeichnung
41.60	41.20	0.00	Auffüllungen
41.20	40.00	20.00	Sand
40.00	39.80	0.00	Torf, schluffig
39.80	37.88	26.67	Sand

$$\text{Mantelfläche (TF + dt1) von 38.50 bis 37.88 m} = 1.219 \text{ m}^2/\text{m} \Rightarrow R_{s3,d}$$

$$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 20.15 / 1.40 = 14.39 \text{ kN/m}$$

$$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 174.84 \text{ kN/m}$$

Einwirkungen

$$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 7.54 + 27.76 + 0.00 = 35.30 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 35.30 / 174.84 = 0.20$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.11
 $\gamma(\text{Gewicht}) = 0.90$
 $\gamma(\text{Strömungskraft}) = 1.35$
UK Schicht = 39.80

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Aufbruchssicherheit nach EB 99
Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt
Faktor Verkehrslasten $f_Q = 1.300 / 1.200 = 1.083$
Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{Gr} = 1.300$
Breite = 0.40 m
Gewicht G_k (einschließlich Verkehr) = 49.37 [kN/m]
(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.083)
 $E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 27.94$ [kN/m]
Kohäsionskraft $K_k = 0.00$ [kN/m]
Grundbruchlast $P_{g,k} = 721.92$ [kN/m]
Grundbruch mit:
Reibungswinkel $\varphi_k = 31.55$ [°]
Kohäsion $c_k = 0.00$ [kN/m²]
 $N_d = 21.993 / N_b = 12.891 / N_c = 34.188$
 $\sigma_{\bar{u}} = 77.080$ [kN/m²]
 $\mu_e = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.103$
 $\mu_e = [49.37 \cdot 1.20] / [(721.92 + 0.00) / 1.300 + 27.94] = 0.103$

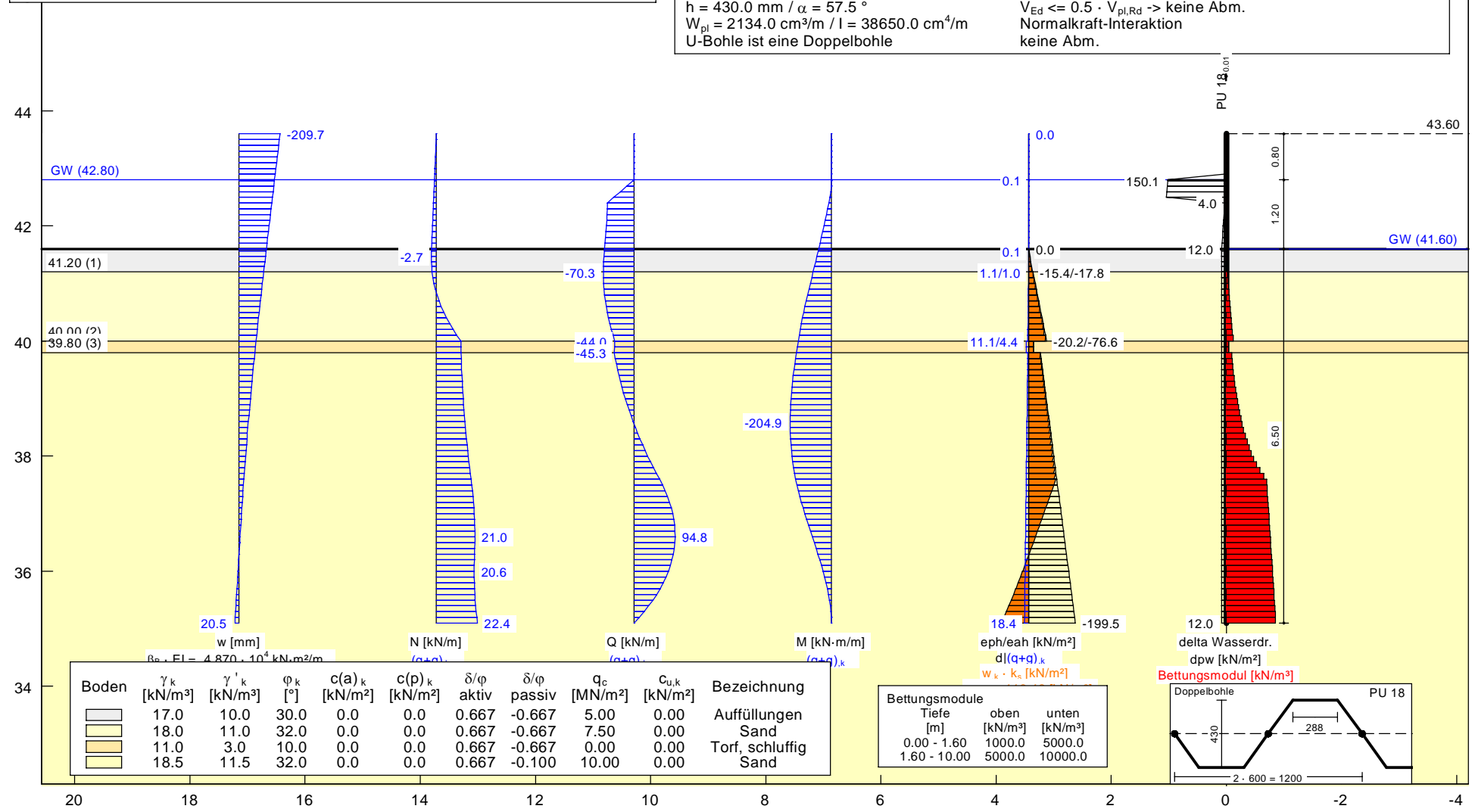
Wehr Königsgraben, Spw-links, Pos-3b, BS-P-Eis
Norm: EC 7
Spundwand
PU 18
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
Ersatzerddruck-Beiwert $k_{ah} [-] = 0.200$
Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011
Bettungsreaktion angepasst mit γ_{Ep}
Bettungslager $B_{h,d} = 313.61 \text{ kN/m}$

Erdwiderstand $E_{ph,d} = 649.04 \text{ kN/m}$
Erf. Profillänge = 8.50 m
Erf. Einbindetiefe = 6.50 m
 $\gamma_G = 1.20$
 $\gamma_Q = 1.30$
 $\gamma_{Ep} = 1.30$
 μ (Hydr. Grundbruch) = 0.13
mob. Ep erfüllt / $\mu = 0.90$
 μ (Vert. Tragfähigkeit) = 0.35

Bemessungswerte:
Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)
Bemessungssituation: max M,gq
 $M_{Ed} = 245.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{Ed} = 2.1 \text{ kN/m}$
 $N_{Ed} = 18.7 \text{ kN/m}$ (Zug)
Profil: PU 18 Stahlgüte: S 240 GP
 $b = 600.0 \text{ mm}$ / $b_f = 288.5 \text{ mm}$
 $t_f = 11.2 \text{ mm}$ / $t_w = 9.0 \text{ mm}$ / $A = 163.0 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $h = 430.0 \text{ mm}$ / $\alpha = 57.5^\circ$
 $W_{pl} = 2134.0 \text{ cm}^3/\text{m}$ / $I = 38650.0 \text{ cm}^4/\text{m}$
U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00$ / $\gamma_{M1} = 1.10$
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 26.0$
Querschnittsklasse: 2
 $\beta_B = 0.700$ / $\beta_D = 0.600$
 $f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$
 $M_{c,Rd} = 358.5 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{pl,Rd} = 870.5 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.002$)
 $N_{pl,Rd} = 3912.0 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.005$)
Querkraft-Interaktion
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.
Normalkraft-Interaktion
keine Abm.

Nachweis M_{Rd}
 $M_{c,Rd} = 358.5 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.686$
 $N_{Ed} > 0.0$ (Zug)
 \rightarrow Kein Knicknachweis
max $\mu = 0.686$



Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Wehr Königsgraben, Spw-links, Pos-3b, BS-P-Eis

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 43.60 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.100 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.100 m

Baugrubensohle = 41.60 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 42.80 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 41.60 m

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

Teilsicherheiten

$\gamma_G = 1.20$

$\gamma_Q = 1.30$

$\gamma_{Ep} = 1.30$

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 ²]	[-]
1	0.00	0.00	-0.80	0.00	0.00	0.81	0.00	nein
2	0.00	0.01	-1.20	-0.80	0.81	1.22	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 kN/m² als Verkehrslast

Zusatzdrücke

Nr.	e(oben)	e(unten)	z(oben)	z(unten)	Typ
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[-]
1	150.00	150.00	42.80	42.40	Wasserdruck

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch und Fuß gebettet

Profillänge = 8.50 m

Bettungsmodule

von	bis	ks(oben)	ks(unten)
[m]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]
41.60	40.00	1000.0	5000.0
40.00	31.60	5000.0	10000.0

Bettungsreaktion angepasst mit γ_{Ep}

Ausnutzungsgrad $\mu_e = 313.61 / 649.04 = 0.483$

Bettungslager $B_{h,d} = 313.614$ kN/m

Erdwiderstand $E_{ph,d} = 649.042$ kN/m

Bodenkennwerte

Schicht	UK	γ_k	γ'_{k}	φ_k	c(akt),k	c(pas),k	d(a)/ φ	d(p)/ φ	qc	cu,k
[-]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[MN/m ²]	[kN/m ²]
1	41.20	17.00	10.00	30.00	0.00	0.00	0.667	-0.667	5.00	0.00
2	40.00	18.00	11.00	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.667	7.50	0.00
3	39.80	11.00	3.00	10.00	0.00	0.00	0.667	-0.667	0.00	0.00
4	30.00	18.50	11.50	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.100	10.00	0.00

Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert k_a [-] = 0.200
bestimmt nach: DIN 4085
(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Schicht	UK	k_{agh}	k_{ach}	φ_{k}	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	41.20	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98
2	40.00	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17
3	39.80	0.647	1.520	10.000	6.67	43.94
4	30.00	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17

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]
43.600	42.800	0.000	0.062	0.00	0.00
42.800	42.787	0.061	0.037	150.00	150.13
42.787	42.593	0.037	0.045	150.13	152.07
42.593	42.400	0.045	0.054	152.07	154.00
42.400	41.600	0.054	0.090	4.00	12.00
41.600	41.567	0.090	0.092	12.00	12.00
41.567	41.200	0.092	1.117	12.00	12.00
41.200	40.500	1.025	2.997	12.00	12.00
40.500	40.000	2.997	4.406	12.00	12.00
40.000	39.800	11.135	11.524	12.00	12.00
39.800	39.600	4.560	5.149	12.00	12.00
39.600	38.599	5.149	8.096	12.00	12.00
38.599	37.599	8.096	11.044	12.00	12.00
37.599	36.598	11.044	13.991	12.00	12.00
36.598	35.598	13.991	16.938	12.00	12.00
35.598	35.098	16.938	18.412	12.00	12.00
35.098	30.000	18.412	33.428	12.00	12.00

Passive Erddruckbeiwerte
bestimmt nach: DIN 4085:2011

Schicht	UK	k_{pgh}	k_{pch}	φ_{k}	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	41.20	5.005	5.388	30.000	-20.01	18.10
2	40.00	5.787	5.912	32.000	-21.34	16.70
3	39.80	1.525	2.542	10.000	-6.67	31.43
4	30.00	3.608	3.984	32.000	-3.20	26.79

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m²]	[kN/m²]
42.40	41.60	0.00	0.00
41.60	41.57	0.00	-1.26
41.57	41.20	-1.26	-15.40
41.20	40.50	-17.81	-52.08
40.50	40.00	-52.08	-76.57
40.00	39.80	-20.18	-20.88
39.80	39.60	-49.40	-55.79
39.60	38.60	-55.79	-87.73
38.60	37.60	-87.73	-119.66
37.60	36.60	-119.66	-151.60
36.60	35.60	-151.60	-183.53
35.60	35.10	-183.53	-199.50
35.10	30.00	-199.50	-362.20

Resultierende Belastung (h)orizontal und (v)ertikal ($[g+q], k$)

Tiefe	h	v
[m]	[kN/m²]	[kN/m²]
43.60	0.00	1.28
42.80	0.06	1.30
42.80	150.06	1.30
42.79	150.17	1.29
42.59	152.11	1.30
42.40	154.05	1.30
42.40	4.05	1.30
41.60	12.09	1.31

41.57	12.09	0.85
41.57	12.09	0.90
41.20	13.12	-2.24
41.20	13.02	-4.52
40.50	15.00	-13.62
40.50	15.00	-15.68
40.00	16.41	-21.27
40.00	23.14	-0.69
39.80	23.52	-0.65
39.80	16.56	-1.02
39.60	17.15	-1.08
39.60	17.15	-1.32
38.60	20.10	-2.46
38.60	20.10	-2.81
37.60	23.04	-3.72
37.60	23.04	-4.14
36.60	25.99	-0.03
36.60	25.99	-0.04
35.60	28.94	-1.75
35.60	28.94	-1.77
35.10	30.41	-4.13

Schnittgrößen ([g+q],k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
43.60	0.0	0.0	0.0
42.80	-1.0	0.0	0.0
42.79	-1.0	-2.0	0.0
42.59	-1.3	-31.2	-3.2
42.40	-1.6	-60.8	-12.1
41.60	-2.6	-67.3	-63.0
41.57	-2.6	-67.7	-65.2
41.20	-2.4	-70.3	-90.6
40.50	4.0	-61.5	-137.8
40.00	13.3	-44.0	-164.5
39.80	13.4	-45.3	-173.4
39.60	13.6	-40.3	-182.0
38.60	15.6	-1.7	-204.9
37.60	18.9	59.1	-177.9
36.60	21.0	94.8	-94.6
35.60	20.9	52.6	-14.1
35.10	22.4	0.0	0.0

Schnittgrößen (w,k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
43.60	0.0	0.0	0.0
42.80	0.0	0.0	0.0
42.79	0.0	-2.0	0.0
42.59	0.0	-31.2	-3.2
42.40	0.0	-60.8	-12.1
41.60	0.0	-67.2	-62.9
41.57	0.0	-67.6	-65.1
41.20	0.0	-70.1	-90.5
40.50	0.0	-61.2	-137.5
40.00	0.0	-43.9	-164.1
39.80	0.0	-43.2	-172.8
39.60	0.0	-38.0	-181.0
38.60	0.0	1.3	-201.0
37.60	0.0	59.7	-171.8
36.60	0.0	91.2	-90.4
35.60	0.0	50.0	-13.4
35.10	0.0	0.0	0.0

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit $\beta, D \cdot EI = 4.870E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]	ks [kN/m³]	ks·w [kN/m²]
43.60	-209.7	-	-
42.80	-181.7	-	-
42.79	-181.2	-	-

42.59	-174.4	-	-
42.40	-167.6	-	-
41.60	-139.8	0.000E+0	0.00
41.57	-138.7	1.264E+1	-1.75
41.20	-126.2	1.961E+2	-24.73
40.50	-103.0	7.021E+2	-72.34
40.00	-87.3	1.101E+3	-96.16
39.80	-81.3	8.441E+2	-68.62
39.60	-75.4	1.028E+3	-77.49
38.60	-48.2	2.528E+3	-121.85
37.60	-25.1	6.429E+3	-161.59
36.60	-5.6	7.025E+3	-39.47
35.60	11.9	7.620E+3	91.04
35.10	20.5	7.859E+3	161.26

Weggrößen (w,k)

berechnet mit $\beta_D \cdot EI = 4.870E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe	w	ks	ks·w
[m]	[mm]	[kN/m ³]	[kN/m ²]
43.60	-198.4	-	-
42.80	-171.3	-	-
42.79	-170.8	-	-
42.59	-164.3	-	-
42.40	-157.7	-	-
41.60	-130.8	0.000E+0	0.00
41.57	-129.7	0.000E+0	0.00
41.20	-117.6	1.275E+2	0.00
40.50	-95.3	6.168E+2	0.00
40.00	-80.1	1.101E+3	0.00
39.80	-74.3	3.382E+2	0.00
39.60	-68.6	9.327E+2	0.00
38.60	-42.5	2.314E+3	0.00
37.60	-20.5	5.934E+3	0.00
36.60	-1.9	6.965E+3	0.00
35.60	14.8	7.561E+3	0.00
35.10	23.0	7.859E+3	0.00

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

$\phi_{i,[g+q],k} = -0.98116646$

Theoretischer Fußpunkt = 35.098 m

$\phi_{i,w,k} = -0.93531131$

Theoretischer Fußpunkt = 35.098 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max M, gq

$M_{Ed} = 245.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$V_{Ed} = 2.1 \text{ kN/m}$

$N_{Ed} = 18.7 \text{ kN/m}$ (Zug)

Profil: PU 18 Stahlgüte: S 240 GP

$b = 600.0 \text{ mm} / b_f = 288.5 \text{ mm}$

$t_f = 11.2 \text{ mm} / t_w = 9.0 \text{ mm} / A = 163.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 430.0 \text{ mm} / \alpha = 57.5^\circ$

$W_{pl} = 2134.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 38650.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

U-Bohle ist eine Doppelbohle

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

$\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 26.0$

Querschnittsklasse: 2

$\beta_B = 0.700 / \beta_D = 0.600$

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

$M_{c,Rd} = 358.5 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$V_{pl,Rd} = 870.5 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.002$)

$N_{pl,Rd} = 3912.0 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.005$)

Querkraft-Interaktion

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

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis M_{Rd}

$M_{c,Rd} = 358.5 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.686$

$N_{Ed} > 0.0$ (Zug)

-> Kein Knicknachweis
 $\max \mu = 0.686$

$\max M_d = 245.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = 38.60 m)
Zugehörige Werte: $N_d = 18.7 \text{ kN/m}$; $Q_d = -2.1 \text{ kN/m}$; $w_k = 48.2 \text{ mm}$

$\max Q_d = 113.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = 36.60 m)
Zugehörige Werte: $N_d = 25.2 \text{ kN/m}$; $M_d = -113.5 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w_k = 6.7 \text{ mm}$

$\max N_d = 26.9 \text{ kN/m}$ (Tiefe = 35.10 m)
Zugehörige Werte: $Q_d = 0.0 \text{ kN/m}$; $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w_k = 24.6 \text{ mm}$

$\max w_k = 209.7 \text{ mm}$ (Tiefe = 43.60 m)
Zugehörige Werte: $N_d = 0.0 \text{ kN/m}$; $Q_d = 0.0 \text{ kN/m}$; $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Einbindetiefe $t_g = 6.50 \text{ m}$
Profillänge = 8.50 m

Nachweis Summe V
Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung: $P_{v,k} + G_k + E_{av,k} \geq B_{v,k}$

$G_k = 10.88 \text{ kN/m}$

$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$E_{av,k} = 22.76 \text{ kN/m}$ ($E_{ah,k} = 59.86 \text{ kN/m}$)

$B_{v,k} = 30.18$

Summe $V_k = 3.46 \text{ kN/m}$ (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit
(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

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

Profil: PU 18

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

(gemittelt von 35.53 bis 33.38 m) $\Rightarrow q_{b,k} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0163 \cdot 10.00 \cdot 1000 / 1.40 = 116.43 \text{ kN/m}$

Keine Mantelreibung

$R_d = R_{b,d} = 116.43 \text{ kN/m}$

Einwirkungen

$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 13.05 + 27.32 + 0.00 = 40.37 \text{ kN/m}$

$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 40.37 / 116.43 = 0.35$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.13

$\gamma(\text{Gewicht}) = 0.90$

$\gamma(\text{Strömungskraft}) = 1.35$

UK Schicht = 39.80

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Aufbruchssicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten $f_Q = 1.300 / 1.200 = 1.083$

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

Breite = 0.40 m

Gewicht G_k (einschließlich Verkehr) = 54.58 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.083)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 42.18 \text{ [kN/m]}$

Kohäsionskraft $K_k = 0.00 \text{ [kN/m]}$

Grundbruchlast $P_{g,k} = 1401.04 \text{ [kN/m]}$

Grundbruch mit:

Reibungswinkel $\varphi_k = 31.41 [^\circ]$

Kohäsion $c_k = 0.00 \text{ [kN/m}^2]$

$N_d = 21.628 / N_b = 12.595 / N_c = 33.783$

$\sigma_{\bar{u}} = 157.027 \text{ [kN/m}^2]$

$\mu_e = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.059$

$$\text{mue} = [54.58 \cdot 1.20] / [(1401.04 + 0.00) / 1.300 + 42.18] = 0.059$$

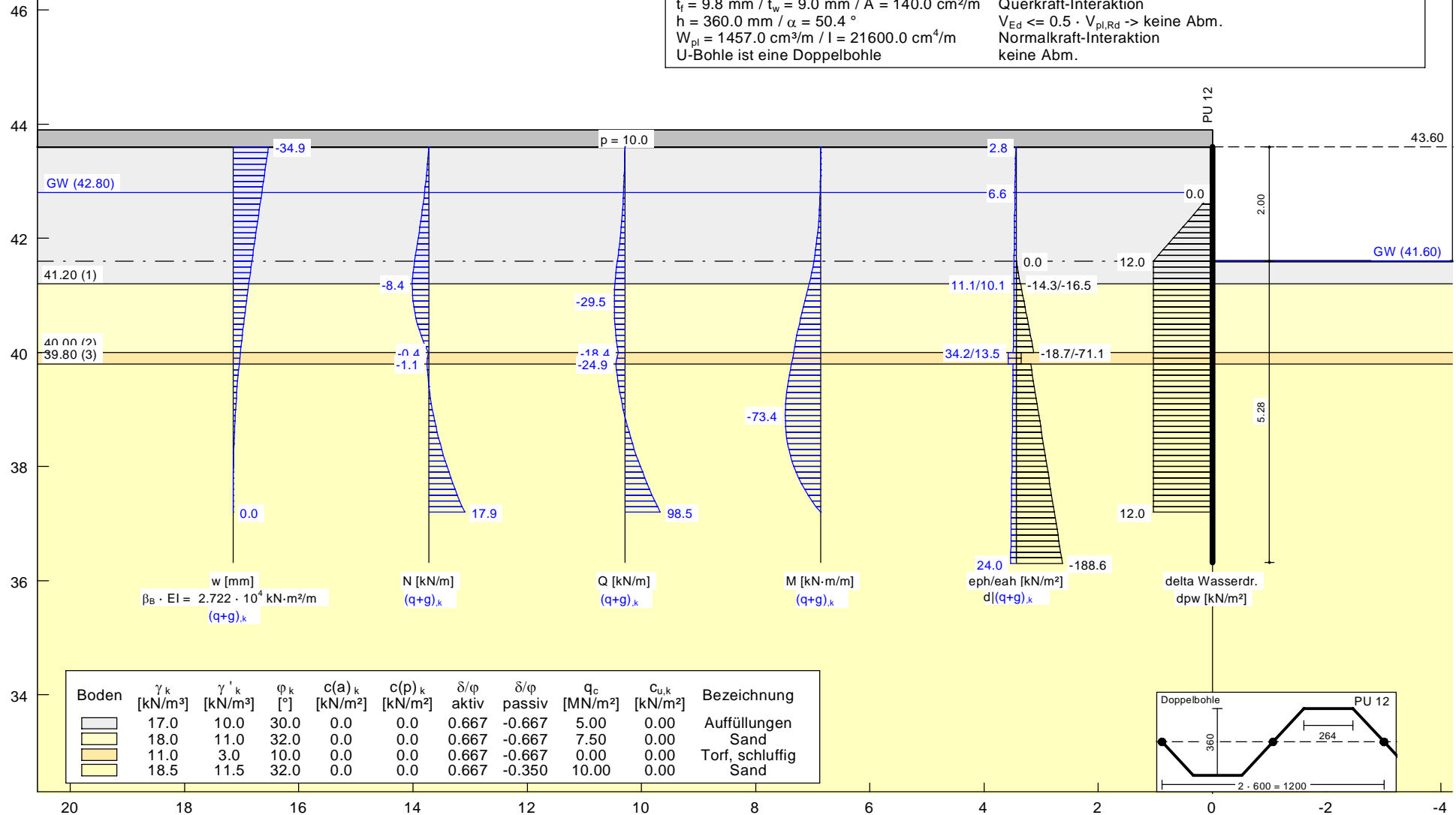
Wehr Königsgraben, Spw-rechts, Pos-4, BS-P-Revision
 Spundwand
 PU 12
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
 Ersatzerddruck-Beiwert $k_{ah} [-] = 0.200$
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011
 Erf. Profillänge = 7.28 m
 Erf. Einbindetiefe = 5.28 m

$\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{Ep} = 1.40$
 μ (Hydr. Grundbruch) = 0.18
 mob. Ep erfüllt / $\mu = 0.96$
 μ (Vert. Tragfähigkeit) = 0.24

Bemessungswerte:
 Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)
 Bemessungssituation: max M,gq
 $M_{Ed} = 101.6 \text{ kN-m/m}$
 $V_{Ed} = 0.6 \text{ kN/m}$
 $N_{Ed} = 3.0 \text{ kN/m}$ (Zug)
 Profil: PU 12 Stahlgüte: S 240 GP
 $b = 600.0 \text{ mm} / b_t = 264.1 \text{ mm}$
 $t_f = 9.8 \text{ mm} / t_w = 9.0 \text{ mm} / A = 140.0 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $h = 360.0 \text{ mm} / \alpha = 50.4^\circ$
 $W_{pl} = 1457.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 21600.0 \text{ cm}^4/\text{m}$
 U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.10$
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_t / t_f / \varepsilon = 27.2$
 Querschnittsklasse: 2
 $\beta_B = 0.700 / \beta_D = 0.600$
 $f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$
 $M_{c,Rd} = 244.8 \text{ kN-m/m}$
 $V_{pl,Rd} = 727.9 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.001$)
 $N_{pl,Rd} = 3360.0 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.001$)
 Querkraft-Interaktion
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.
 Normalkraft-Interaktion
 keine Abm.

Nachweis M_{Rd}
 $M_{c,Rd} = 244.8 \text{ kN-m/m}$
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.415$
 $N_{Ed} > 0.0$ (Zug)
 \rightarrow Kein Knicknachweis
 max $\mu = 0.415$



Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Wehr Königsgraben, Spw-rechts, Pos-4, BS-P-Revision

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 43.60 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.100 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.100 m

Baugrubensohle = 41.60 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 42.80 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 41.60 m

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

Teilsicherheiten

$\gamma_G = 1.35$

$\gamma_Q = 1.50$

$\gamma_{Ep} = 1.40$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Flächenlast p = 10.00 kN/m² als Verkehrslast

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

E_{ph,d} = 335.85 kN/m (E_{pv,d} = -76.80 kN/m)

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

B_{h(g+q),d} = 335.85 kN/m

B_{h,g,d} = 282.41 kN/m

B_{h,q,d} = 53.44 kN/m

B_{h,w,d} = 140.14 kN/m

Ersatzkräfte C_h (Blum)

C_{h,k} = 98.52 kN/m

C_{h,g,k} = 77.59 kN/m

C_{h,q,k} = 20.93 kN/m

C_{h,w,k} = 41.40 kN/m

Bodenkennwerte

Schicht	UK	γ_k	$\gamma'_{,k}$	φ_k	c(akt),k	c(pas),k	d(a)/ φ	d(p)/ φ	qc	cu,k
[-]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[MN/m ²]	[kN/m ²]
1	41.20	17.00	10.00	30.00	0.00	0.00	0.667	-0.667	5.00	0.00
2	40.00	18.00	11.00	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.667	7.50	0.00
3	39.80	11.00	3.00	10.00	0.00	0.00	0.667	-0.667	0.00	0.00
4	30.00	18.50	11.50	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.350	10.00	0.00

Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert kah [-] = 0.200

bestimmt nach: DIN 4085

Schicht	UK	k _{agh}	k _{ach}	φ_k	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	41.20	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98
2	40.00	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17
3	39.80	0.647	1.520	10.000	6.67	43.94
4	30.00	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17

Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

von bis oben unten Wasserdruck Wasserdruck

[m]	[m]	[kN/m²]	[kN/m²]	oben[kN/m²]	unten[kN/m²]
43.600	42.800	2.794	6.593	0.00	0.00
42.800	42.600	6.593	7.152	0.00	2.00
42.600	41.600	7.152	9.945	2.00	12.00
41.600	41.500	9.945	10.225	12.00	12.00
41.500	41.200	10.225	11.063	12.00	12.00
41.200	40.500	10.144	12.116	12.00	12.00
40.500	40.000	12.116	13.525	12.00	12.00
40.000	39.800	34.183	34.572	12.00	12.00
39.800	39.600	13.679	14.268	12.00	12.00
39.600	38.900	14.268	16.330	12.00	12.00
38.900	38.500	16.330	17.508	12.00	12.00
38.500	37.500	17.508	20.454	12.00	12.00
37.500	37.200	20.454	21.338	12.00	12.00
37.200	30.000	21.338	42.547	12.00	12.00

Passive Erddruckbeiwerte
bestimmt nach: DIN 4085:2011

Schicht	UK	k_{pgh}	k_{pch}	φ_k	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	41.20	5.005	5.388	30.000	-20.01	18.10
2	40.00	5.787	5.912	32.000	-21.34	16.70
3	39.80	1.525	2.542	10.000	-6.67	31.43
4	30.00	4.548	4.896	32.000	-11.20	21.93

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.40

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m²]	[kN/m²]
42.60	41.60	0.00	0.00
41.60	41.50	0.00	-3.58
41.50	41.20	-3.58	-14.30
41.20	40.50	-16.53	-48.36
40.50	40.00	-48.36	-71.10
40.00	39.80	-18.73	-19.39
39.80	39.60	-57.82	-65.29
39.60	38.90	-65.29	-91.44
38.90	38.50	-91.44	-106.38
38.50	37.50	-106.38	-143.74
37.50	37.20	-143.74	-154.94
37.20	30.00	-154.94	-423.91

Resultierende Belastung (h)orizontal und (v)ertikal ([g+q],k)

Tiefe	h	v
[m]	[kN/m²]	[kN/m²]
43.60	2.79	2.12
42.80	6.59	3.50
42.60	9.15	3.70
41.60	21.95	4.72
41.50	19.64	3.88
41.20	12.72	1.36
41.20	10.18	0.39
40.50	-10.88	-7.84
40.00	-25.92	-13.72
40.00	32.63	3.51
39.80	32.54	3.50
39.80	-16.16	-1.84
39.60	-20.97	-2.68
38.90	-37.83	-5.62
38.50	-47.46	-7.30
37.50	-71.55	-11.50
37.20	-78.77	-12.76

Schnittgrößen ([g+q],k)

Tiefe	N	Q	M
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
43.60	0.0	0.0	0.0
42.80	-2.2	-3.8	-1.3
42.60	-3.0	-5.3	-2.2
41.60	-7.2	-20.9	-14.2

41.50	-7.6	-23.0	-16.4
41.20	-8.4	-27.8	-24.1
40.50	-5.8	-27.6	-44.3
40.00	-0.4	-18.4	-56.1
39.80	-1.1	-24.9	-60.5
39.60	-0.6	-21.2	-65.1
38.90	2.3	-0.6	-73.4
38.50	4.8	16.5	-70.3
37.50	14.2	76.0	-26.1
37.20	17.9	98.5	0.0

Schnittgrößen (w,k)

Tiefe	N	Q	M
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
43.60	0.0	0.0	0.0
42.80	0.0	0.0	0.0
42.60	0.0	-0.2	0.0
41.60	0.0	-7.2	-2.9
41.50	0.0	-8.3	-3.7
41.20	0.3	-11.1	-6.6
40.50	3.0	-12.7	-15.3
40.00	6.5	-9.7	-21.1
39.80	6.7	-10.9	-23.1
39.60	7.4	-9.6	-25.2
38.90	10.7	-1.4	-29.4
38.50	13.0	5.7	-28.6
37.50	20.5	31.5	-10.9
37.20	23.2	41.4	0.0

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit $\beta, D \cdot EI = 2.722E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe	w
[m]	[mm]
43.60	-34.9
42.80	-28.3
42.60	-26.6
41.60	-18.5
41.50	-17.7
41.20	-15.4
40.50	-10.3
40.00	-7.1
39.80	-6.0
39.60	-4.9
38.90	-2.1
38.50	-1.0
37.50	0.0
37.20	0.0

Weggrößen (w,k)

berechnet mit $\beta, D \cdot EI = 2.722E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe	w
[m]	[mm]
43.60	-13.5
42.80	-11.0
42.60	-10.4
41.60	-7.3
41.50	-7.0
41.20	-6.1
40.50	-4.2
40.00	-2.9
39.80	-2.4
39.60	-2.0
38.90	-0.8
38.50	-0.4
37.50	0.0
37.20	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

$\phi, [g+q], k: 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 37.200 m

$\phi, w, k: 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 37.200 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max M,gq

$M_{Ed} = 101.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

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

$N_{Ed} = 3.0 \text{ kN/m}$ (Zug)

Profil: PU 12 Stahlgüte: S 240 GP

$b = 600.0 \text{ mm}$ / $b_f = 264.1 \text{ mm}$

$t_f = 9.8 \text{ mm}$ / $t_w = 9.0 \text{ mm}$ / $A = 140.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 360.0 \text{ mm}$ / $\alpha = 50.4^\circ$

$W_{pl} = 1457.0 \text{ cm}^3/\text{m}$ / $I = 21600.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

U-Bohle ist eine Doppelbohle

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

$\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 27.2$

Querschnittsklasse: 2

$\beta_B = 0.700$ / $\beta_D = 0.600$

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

$M_{c,Rd} = 244.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$V_{pl,Rd} = 727.9 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.001$)

$N_{pl,Rd} = 3360.0 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.001$)

Querkraft-Interaktion

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

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis M_{Rd}

$M_{c,Rd} = 244.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.415$

$N_{Ed} > 0.0$ (Zug)

\rightarrow Kein Knicknachweis

max $\mu = 0.415$

max $M_d = 101.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = 38.90 m)

Zugehörige Werte: $N_d = 3.0 \text{ kN/m}$; $Q_d = -0.6 \text{ kN/m}$; $w_k = 2.1 \text{ mm}$

max $Q_d = 136.1 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = 37.20 m)

Zugehörige Werte: $N_d = 24.5 \text{ kN/m}$; $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max $N_d = 24.5 \text{ kN/m}$ (Tiefe = 37.20 m)

Zugehörige Werte: $Q_d = 136.1 \text{ kN/m}$; $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max $w_k = 34.9 \text{ mm}$ (Tiefe = 43.60 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 $t_g = 5.28 \text{ m}$

Profillänge = 7.28 m

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße

nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

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

$G_k = 8.00 \text{ kN/m}$

$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$E_{av,k} = 30.65 \text{ kN/m}$ ($E_{ah,k} = 84.48 \text{ kN/m}$)

$C_{h,k} = 98.52 \text{ kN/m}$

$B_{v,k} = -55.57 \text{ kN/m}$

$\delta_p [^\circ] = -11.2$

$\delta_C [^\circ] = 10.7$

Summe $V_k = 2.11 \text{ kN/m}$ (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

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

Profil: PU 12

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

$R_{Bv,d} = (243.00 - 1/2 \cdot 98.52) \cdot \tan(31.0^\circ) / 1.40 = 83.05 \text{ kN/m}$

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

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 98.52 \cdot \tan(21.3^\circ) / 1.40 = 13.75 \text{ kN/m}$

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

(gemittelt von 36.68 bis 34.88 m) $\Rightarrow q_{b,k} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0140 \cdot 10.00 \cdot 1000 / 1.40 = 100.00 \text{ kN/m}$

Mantelreibung

von	bis	$q_{s,k} [\text{kN/m}^2]$	Bezeichnung
41.60	41.20	0.00	Auffüllungen
41.20	40.00	20.00	Sand
40.00	39.80	0.00	Torf, schluffig
39.80	36.32	26.67	Sand

Mantelfläche (TF + dt1) von 37.20 bis 36.32 m = $1.219 \text{ m}^2/\text{m} \Rightarrow R_{s3,d}$

$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 28.60 / 1.40 = 20.43 \text{ kN/m}$

$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 217.23 \text{ kN/m}$

Einwirkungen

$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 10.80 + 42.34 + 0.00 = 53.14 \text{ kN/m}$

$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 53.14 / 217.23 = 0.24$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.18

gamma(Gewicht) = 0.90

gamma(Strömungskraft) = 1.35

UK Schicht = 39.80

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Aufbruchssicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten $f_Q = 1.500 / 1.350 = 1.111$

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

Breite = 0.40 m

Gewicht G_k (einschließlich Verkehr) = 63.73 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.111)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 39.22 [\text{kN/m}]$

Kohäsionskraft $K_k = 0.00 [\text{kN/m}]$

Grundbruchlast $P_{g,k} = 1016.98 [\text{kN/m}]$

Grundbruch mit:

Reibungswinkel $\varphi_k = 31.55 [^\circ]$

Kohäsion $c_k = 0.00 [\text{kN/m}^2]$

$N_d = 21.993 / N_b = 12.891 / N_c = 34.188$

$\sigma_{\bar{u}} = 110.620 [\text{kN/m}^2]$

$\mu_{ue} = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.114$

$\mu_{ue} = [63.73 \cdot 1.35] / [(1016.98 + 0.00) / 1.400 + 39.22] = 0.114$

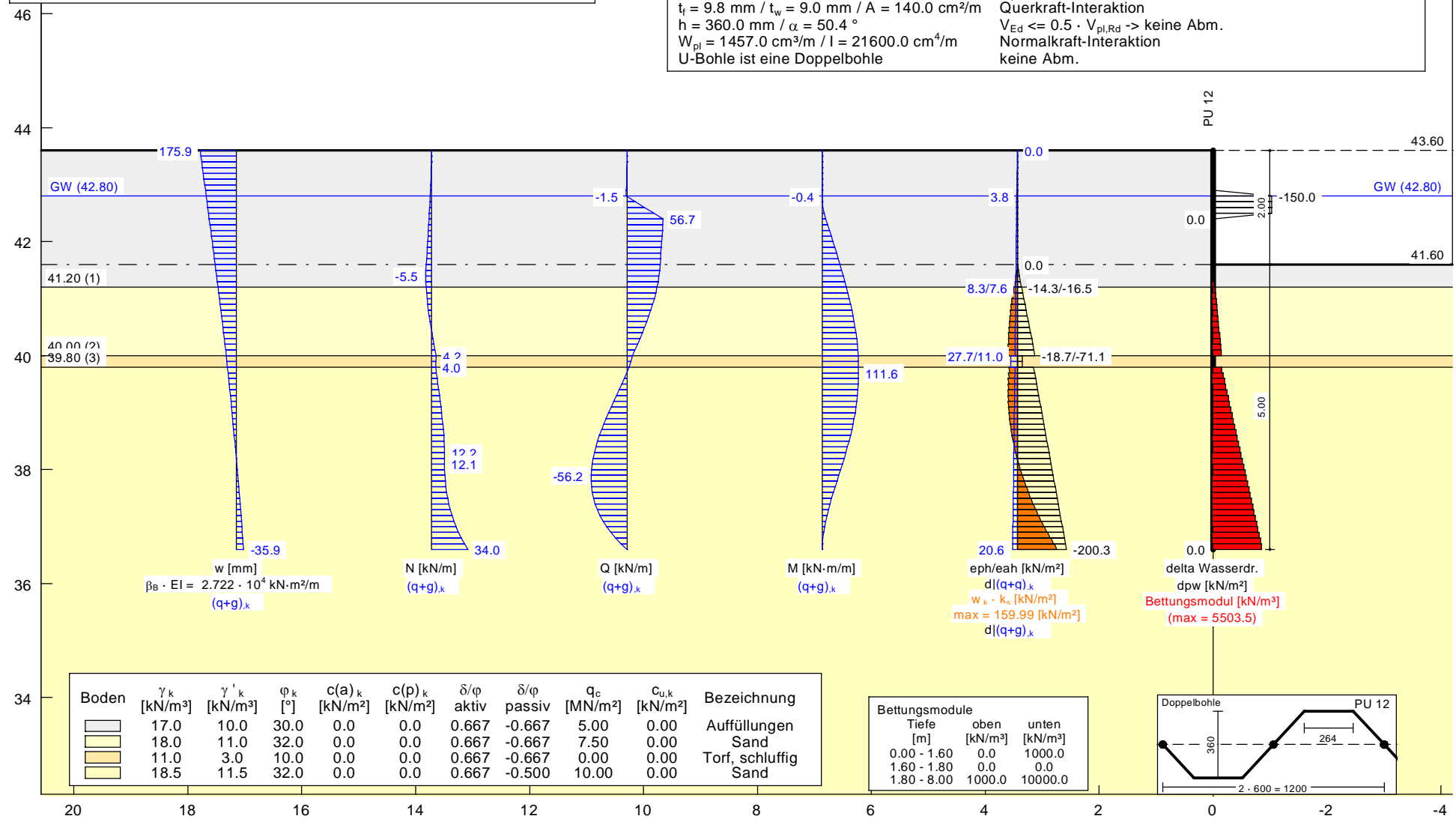
Wehr Königsgraben, Spw-links, Pos-4, BS-P-Eis
Spundwand
PU 12
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
Ersatzerddruck-Beiwert $k_{ah} [-] = 0.200$
Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011
Bettungsreaktion angepasst mit γ_{Ep}
Erf. Profillänge = 7.00 m

Erf. Einbindetiefe = 5.00 m
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{Ep} = 1.40$
 μ (Hydr. Grundbruch) = 0.00
mob. Ep erfüllt / $\mu = 0.58$
 μ (Vert. Tragfähigkeit) = 0.49

Bemessungswerte:
Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)
Bemessungssituation: max M, g_q
 $M_{Ed} = 150.7 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{Ed} = 0.7 \text{ kN/m}$
 $N_{Ed} = 6.3 \text{ kN/m}$ (Zug)
Profil: PU 12 Stahlgüte: S 240 GP
 $b = 600.0 \text{ mm}$ / $b_t = 264.1 \text{ mm}$
 $t_f = 9.8 \text{ mm}$ / $t_w = 9.0 \text{ mm}$ / $A = 140.0 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $h = 360.0 \text{ mm}$ / $\alpha = 50.4^\circ$
 $W_{pl} = 1457.0 \text{ cm}^3/\text{m}$ / $I = 21600.0 \text{ cm}^4/\text{m}$
U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00$ / $\gamma_{M1} = 1.10$
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_t / t_f / \varepsilon = 27.2$
Querschnittsklasse: 2
 $\beta_B = 0.700$ / $\beta_D = 0.600$
 $f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$
 $M_{c,Rd} = 244.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{pl,Rd} = 727.9 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.001$)
 $N_{pl,Rd} = 3360.0 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.002$)
Querkraft-Interaktion
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.
Normalkraft-Interaktion
keine Abm.

Nachweis M_{Rd}
 $M_{c,Rd} = 244.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.616$
 $N_{Ed} > 0.0$ (Zug)
 \rightarrow Kein Knicknachweis
max $\mu = 0.616$



Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Wehr Königsgraben, Spw-links, Pos-4, BS-P-Eis

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 43.60 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.100 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.100 m

Baugrubensohle = 41.60 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 42.80 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 42.80 m

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

Teilsicherheiten

$\gamma_G = 1.35$

$\gamma_Q = 1.50$

$\gamma_{Ep} = 1.40$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Flächenlast p = 0.00 kN/m² als Verkehrslast

Zusatzdrücke

Nr.	e(oben)	e(unten)	z(oben)	z(unten)	Typ
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[-]
1	-150.00	-150.00	42.80	42.40	Wasserdruck

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch und Fuß gebettet

Profillänge = 7.00 m

Bettungsmodule

von	bis	ks(oben)	ks(unten)
[m]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]
41.60	40.00	0.0	1000.0
40.00	39.80	0.0	0.0
39.80	33.60	1000.0	10000.0

Bettungsreaktion angepasst mit γ_{Ep}

Ausnutzungsgrad $\mu_e = 86.01 / 484.56 = 0.178$

Bettungslager $B_{h,d} = 86.010$ kN/m

Erdwiderstand $E_{ph,d} = 484.555$ kN/m

Bodenkennwerte

Schicht	UK	γ_k	γ'_{k}	φ_k	c(akt),k	c(pas),k	d(a)/ φ	d(p)/ φ	qc	cu,k
[-]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[MN/m ²]	[kN/m ²]
1	41.20	17.00	10.00	30.00	0.00	0.00	0.667	-0.667	5.00	0.00
2	40.00	18.00	11.00	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.667	7.50	0.00
3	39.80	11.00	3.00	10.00	0.00	0.00	0.667	-0.667	0.00	0.00
4	30.00	18.50	11.50	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.500	10.00	0.00

Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert $k_{ah} [-] = 0.200$

bestimmt nach: DIN 4085

Schicht	UK	k_{agh}	k_{ach}	φ_k	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	41.20	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98
2	40.00	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17
3	39.80	0.647	1.520	10.000	6.67	43.94
4	30.00	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17

Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

mit Zusatzdrücke

von [m]	bis [m]	oben [kN/m²]	unten [kN/m²]	Wasserdruck oben[kN/m²]	Wasserdruck unten[kN/m²]
43.600	42.800	0.000	3.799	0.00	0.00
42.800	42.600	3.799	4.358	-150.00	-150.00
42.600	42.400	4.358	4.917	-150.00	-150.00
42.400	41.600	4.917	7.152	0.00	0.00
41.600	41.200	7.152	8.269	0.00	0.00
41.200	40.600	7.582	9.273	0.00	0.00
40.600	40.000	9.273	10.963	0.00	0.00
40.000	39.800	27.709	28.098	0.00	0.00
39.800	39.700	11.117	11.412	0.00	0.00
39.700	39.600	11.412	11.707	0.00	0.00
39.600	38.599	11.707	14.655	0.00	0.00
38.599	37.598	14.655	17.603	0.00	0.00
37.598	36.598	17.603	20.551	0.00	0.00
36.598	30.000	20.551	39.986	0.00	0.00

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

Schicht [-]	UK [m]	k_{pgh} [-]	k_{pch} [-]	ϕ_k [°]	δ [°]	θ [°]
1	41.20	5.005	5.388	30.000	-20.01	18.10
2	40.00	5.787	5.912	32.000	-21.34	16.70
3	39.80	1.525	2.542	10.000	-6.67	31.43
4	30.00	5.134	5.403	32.000	-16.00	19.36

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.40

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von [m]	bis [m]	oben [kN/m²]	unten [kN/m²]
42.40	41.60	0.00	0.00
41.60	41.20	0.00	-14.30
41.20	40.60	-16.53	-43.82
40.60	40.00	-43.82	-71.10
40.00	39.80	-18.73	-19.39
39.80	39.70	-65.28	-69.50
39.70	39.60	-69.50	-73.72
39.60	38.60	-73.72	-115.92
38.60	37.60	-115.92	-158.13
37.60	36.60	-158.13	-200.33
36.60	30.00	-200.33	-478.56

Resultierende Belastung (h)orizontal und (v)ertikal ([g+q],k)

Tiefe [m]	h [kN/m²]	v [kN/m²]
43.60	0.00	1.10
42.80	3.80	2.48
42.80	-146.20	2.48
42.60	-145.64	2.69
42.40	-145.08	2.89
42.40	4.92	2.89
41.60	7.15	3.70
41.20	8.27	-1.69
41.20	7.58	-3.69
40.60	9.27	-7.92
40.60	9.27	-8.92
40.00	10.96	-9.74
40.00	27.71	1.10
39.80	28.10	1.10
39.80	11.12	-6.35
39.70	11.41	-5.84
39.70	11.41	-6.85
39.60	11.71	-6.28
39.60	11.71	-7.22
38.60	14.65	-3.59
38.60	14.65	-3.85
37.60	17.60	-8.21

37.60	17.60	-8.54
36.60	20.55	-32.88

Schnittgrößen ([g+q],k)

Tiefe	N	Q	M
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
43.60	0.0	0.0	0.0
42.80	-1.4	-1.5	-0.4
42.60	-1.9	27.7	2.2
42.40	-2.5	56.7	10.7
41.60	-5.1	51.9	54.2
41.20	-5.2	47.3	74.2
40.60	-1.5	31.1	98.2
40.00	4.2	8.7	110.3
39.80	4.0	3.1	111.5
39.70	4.6	-0.5	111.6
39.60	5.2	-4.3	111.4
38.60	11.5	-43.2	86.9
37.60	14.1	-54.3	34.2
36.60	34.0	0.0	0.0

Schnittgrößen (w,k)

Tiefe	N	Q	M
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
43.60	0.0	0.0	0.0
42.80	0.0	0.0	0.0
42.60	0.0	30.0	3.0
42.40	0.0	60.0	12.0
41.60	0.0	60.0	60.0
41.20	0.1	57.6	83.7
40.60	0.1	39.7	113.6
40.00	0.1	12.4	129.5
39.80	0.1	12.4	131.9
39.70	0.1	8.0	133.0
39.60	0.1	3.2	133.5
38.60	0.1	-49.9	109.8
37.60	0.1	-69.8	44.7
36.60	0.1	0.0	0.0

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit $\beta_D \cdot EI = 2.722E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe	w	ks	ks·w
[m]	[mm]	[kN/m³]	[kN/m²]
43.60	175.9	-	-
42.80	146.5	-	-
42.60	139.2	-	-
42.40	131.8	-	-
41.60	102.8	0.000E+0	0.00
41.20	88.7	2.302E+2	20.41
40.60	68.4	6.250E+2	42.73
40.00	49.3	9.375E+2	46.25
39.80	43.3	1.000E+3	43.31
39.70	40.4	1.145E+3	46.22
39.60	37.4	1.291E+3	48.33
38.60	10.5	2.743E+3	28.79
37.60	-13.4	4.196E+3	-56.02
36.60	-35.9	5.504E+3	-197.52

Weggrößen (w,k)

berechnet mit $\beta_D \cdot EI = 2.722E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe	w	ks	ks·w
[m]	[mm]	[kN/m³]	[kN/m²]
43.60	259.9	-	-
42.80	219.6	-	-
42.60	209.5	-	-
42.40	199.4	-	-
41.60	159.4	0.000E+0	0.00
41.20	139.9	1.437E+2	0.00
40.60	111.6	5.625E+2	0.00
40.00	84.8	9.375E+2	0.00
39.80	76.2	0.000E+0	0.00

39.70	72.0	1.000E+3	0.00
39.60	67.8	1.145E+3	0.00
38.60	28.8	2.598E+3	0.00
37.60	-6.4	4.051E+3	0.00
36.60	-39.8	5.504E+3	0.00

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

$\phi_i, [g+q], k: 1.28330459$

Theoretischer Fußpunkt = 36.598 m

$\phi_i, w, k: 1.90505668$

Theoretischer Fußpunkt = 36.598 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max M, gq

$M_{Ed} = 150.7 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

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

$N_{Ed} = 6.3 \text{ kN/m}$ (Zug)

Profil: PU 12 Stahlgüte: S 240 GP

$b = 600.0 \text{ mm} / b_f = 264.1 \text{ mm}$

$t_f = 9.8 \text{ mm} / t_w = 9.0 \text{ mm} / A = 140.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 360.0 \text{ mm} / \alpha = 50.4^\circ$

$W_{pl} = 1457.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 21600.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

U-Bohle ist eine Doppelbohle

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

$\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 27.2$

Querschnittsklasse: 2

$\beta_B = 0.700 / \beta_D = 0.600$

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

$M_{c,Rd} = 244.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$V_{pl,Rd} = 727.9 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.001$)

$N_{pl,Rd} = 3360.0 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.002$)

Querkraft-Interaktion

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

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis M_{Rd}

$M_{c,Rd} = 244.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.616$

$N_{Ed} > 0.0$ (Zug)

\rightarrow Kein Knicknachweis

max $\mu = 0.616$

max $M_d = 150.7 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = 39.70 m)

Zugehörige Werte: $N_d = 6.3 \text{ kN/m}$; $Q_d = -0.7 \text{ kN/m}$; $w_k = 40.4 \text{ mm}$

max $Q_d = 76.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = 42.40 m)

Zugehörige Werte: $N_d = -3.4 \text{ kN/m}$; $M_d = 14.4 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w_k = 178.0 \text{ mm}$

max $N_d = 46.0 \text{ kN/m}$ (Tiefe = 36.60 m)

Zugehörige Werte: $Q_d = 0.0 \text{ kN/m}$; $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w_k = 48.5 \text{ mm}$

max $w_k = 175.9 \text{ mm}$ (Tiefe = 43.60 m)

Zugehörige Werte: $N_d = 0.0 \text{ kN/m}$; $Q_d = 0.0 \text{ kN/m}$; $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Einbindetiefe $t_g = 5.00 \text{ m}$

Profillänge = 7.00 m

Nachweis Summe V

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

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung: $P_{v,k} + G_k + E_{av,k} \geq Bv_k$

$G_k = 7.69 \text{ kN/m}$

$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$E_{av,k} = 28.89 \text{ kN/m}$ ($E_{ah,k} = 78.59 \text{ kN/m}$)

$Bv_k = 21.24$

Summe $V_k = 15.34 \text{ kN/m}$ (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

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

Profil: PU 12

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

(gemittelt von 36.96 bis 35.16 m) $\Rightarrow q_{b,k} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0140 \cdot 10.00 \cdot 1000 / 1.40 = 100.00 \text{ kN/m}$

Keine Mantelreibung

$R_d = R_{b,d} = 100.00 \text{ kN/m}$

Einwirkungen

$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 10.39 + 39.00 + 0.00 = 49.38 \text{ kN/m}$

$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 49.38 / 100.00 = 0.49$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.00

$\gamma(\text{Gewicht}) = 0.90$

$\gamma(\text{Strömungskraft}) = 1.35$

UK Schicht = 43.60

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Aufbruchssicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten $f_Q = 1.500 / 1.350 = 1.111$

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

Breite = 0.40 m

Gewicht G_k (einschließlich Verkehr) = 56.88 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.111)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 28.85 \text{ [kN/m]}$

Kohäsionskraft $K_k = 0.00 \text{ [kN/m]}$

Grundbruchlast $P_{g,k} = 964.02 \text{ [kN/m]}$

Grundbruch mit:

Reibungswinkel $\varphi_k = 31.55 [^\circ]$

Kohäsion $c_k = 0.00 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

$N_d = 21.993 / N_b = 12.891 / N_c = 34.188$

$\sigma_{\bar{u}} = 104.600 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

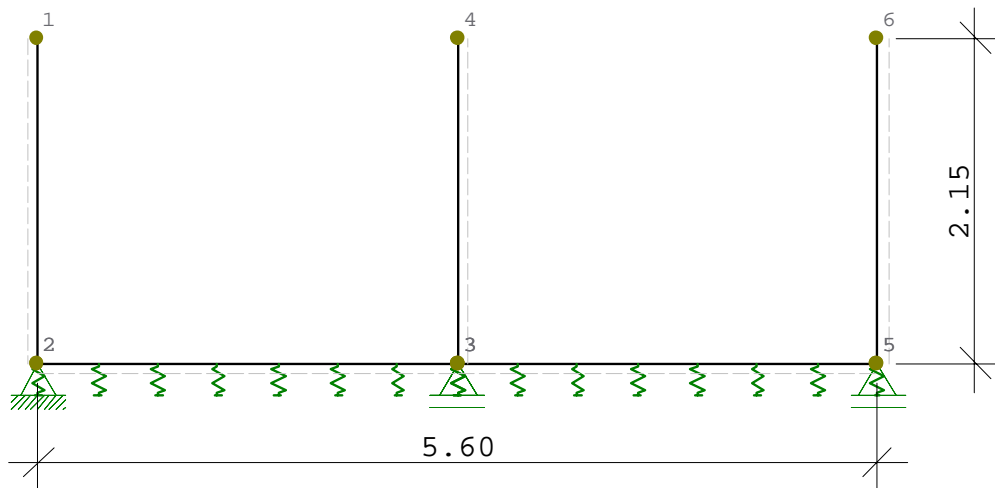
$\mu_e = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.108$

$\mu_e = [56.88 \cdot 1.35] / [(964.02 + 0.00) / 1.400 + 28.85] = 0.108$

Position: Stahlbetonrahmen Berechnungsquerschnitt Wehr

Ebenes Stabwerk ESK1 02/2019D (Frilo R-2022-1)

System M 1 : 50



BAUSTOFF :	C30/37	E-Modul	E = 3300.00 kN/cm ²	$\gamma_M=1.50$
		spez. Gewicht	: 2.50 kg/dm ³	

QUERSCHNITTSWERTE			Träg.h.mom.	Fläche	Bettung
Q.Nr	Mat.	Nr	I (cm ⁴)	A (cm ²)	K _b (kN/cm ²)
1	1	100x40 (	533333	4000.0	0.000
2	1	100x40 (	533333	4000.0	0.100
3	1	100x80 (	4266667	8000.0	0.000

PLASTISCHE SCHNITTGRÖßEN						
Nr	Mat	NPI (kN)	Mply (kNm)	Qplz (kN)	Mplz (kNm)	Qply (kN)
1	1	200000	20000	57735	50000	57735
2	1	200000	20000	57735	50000	57735
3	1	400000	80000	115470	100000	115470

QUERSCHNITTSABMESSUNGEN in (cm)				
Q.Nr.	Mat.Nr	b	d	Faktor
1	1	100.0	40.0	1.00
2	1	100.0	40.0	1.00
3	1	100.0	80.0	1.00

Querschnitte 1 2 3 : Schubbemessung wie Platte

BEWEHRUNGSLAGE: d1 = 7.0 cm d2 = 7.0 cm

SYSTEM Stab Nr.	Projektionen		Querschnitt		Knoten	
	Lx (m)	Lz (m)	Q1	Q2	Ende 1	Ende 2
1	0.000	-2.150	1	1	1.0	2.0
2	2.800	0.000	2	2	2.0	3.0
3	0.000	2.150	3	3	3.0	4.0
4	2.800	0.000	2	2	3.0	5.0
5	0.000	2.150	1	1	5.0	6.0

AUFLAGER : -1 = starr , 0 = frei , > 0 = elastisch (kN/cm , kNcm)			
Knoten	horizontal	vertikal	drehend
2	-1	-1	0
3	0	-1	0
5	0	-1	0

Volumen der Konstruktion	V =	5.680	m ³
Gewicht der Konstruktion	G =	14200	kg

BELASTUNG Nr. 1 Lastfall: Eigengewicht
 Einwirkung Nr. 99 Ständige Lasten $\gamma = 1.35$
 Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

Eigenlastfaktor in z-Richtung F_{ak_z} = 1.00

Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	0.000	142.000

AUFLAGERKRÄFTE		Th. 1.Ord.	Lastfall 1 : Eigengewicht
Knoten	Kraft H	Kraft V	Moment M
Nr.	(kN)	(kN)	(kNm)
2	0.000	31.992	
3		77.982	
5		31.992	
Summe :	0.000	141.966	

BELASTUNG Nr. 2 Lastfall: Erddruck,min.
 Einwirkung Nr. 99 Ständige Lasten $\gamma = 1.35$
 Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN					
Art:		1=Einzellast (kN)	3=Voll-Trapezlast (kN/m)		
		2=Einzelmomen(kNm)	4=Teil-Trapezlast (kN/m)		
Richtung:		1=horizontal	2=vertikal	bezogen auf Projektionen H, L	
		3=längs	4=quer	bezogen auf Stablänge	
Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a Länge b
5	3	1	-12.000	0.000	

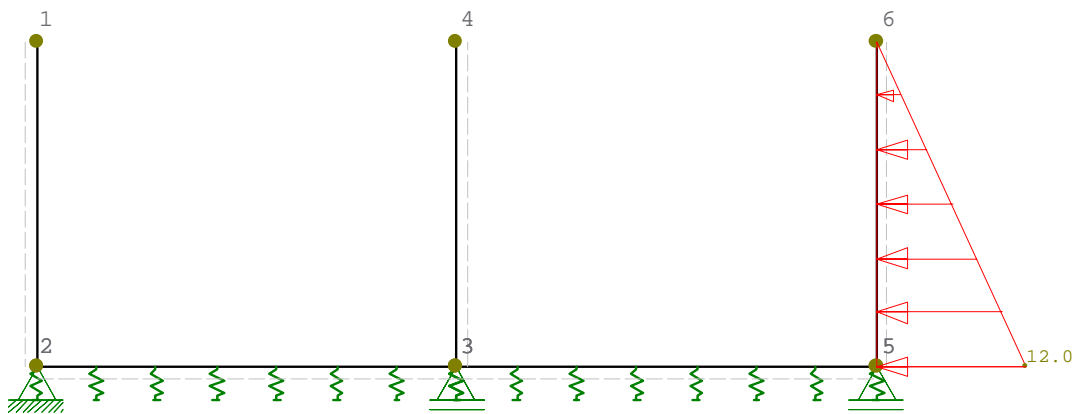
Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	-12.900	0.000

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 2 : Erddruck,min.

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
2	-12.900	-0.818	
3		4.940	
5		-4.145	
Summe :	-12.900	-0.024	

Belastung Lastfall Nr. 2 M 1 : 50



BELASTUNG Nr. 3 Lastfall: Erddruck,max
 Einwirkung Nr. 99 Ständige Lasten $\gamma = 1.35$
 Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN

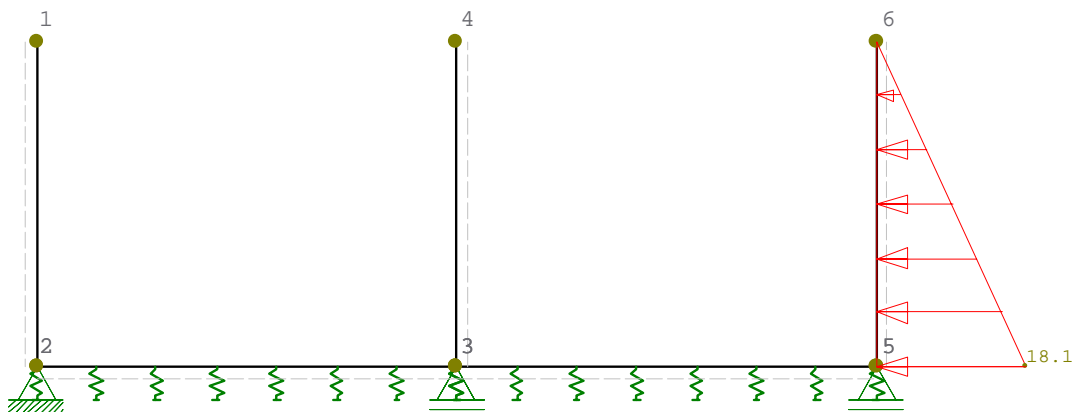
Art:	1=Einzellast (kN)		3=Voll-Trapezlast (kN/m)			
	2=Einzelmomen(kNm)		4=Teil-Trapezlast (kN/m)			
Richtung:	1=horizontal		2=vertikal		bezogen auf Projektionen H, L	
	3=längs		4=quer		bezogen auf Stablänge	
Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
5	3	1	-18.100	0.000		

Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	-19.458	0.000

AUFLAGERKRÄFTE		Th. 1.Ord.	Lastfall 3 : Erddruck,max	
Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)	
2	-19.457	-1.234		
3		7.451		
5		-6.253		
Summe :	-19.457	-0.036		

Belastung Lastfall Nr. 3 M 1 : 50



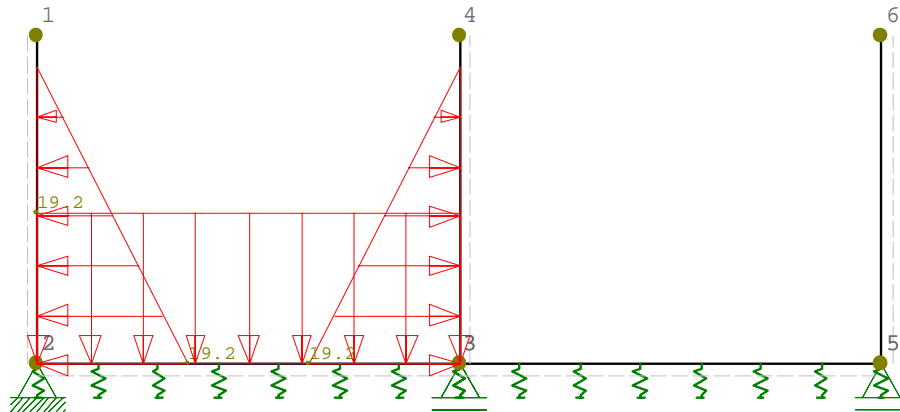
BELASTUNG Nr. 4 Lastfall: wasser, innen
 Einwirkung Nr. 99 Ständige Lasten $\gamma = 1.35$
 Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN						
Art:		1=Einzellast (kN)		3=Voll-Trapezlast (kN/m)		
		2=Einzelmomen(kNm)		4=Teil-Trapezlast (kN/m)		
Richtung:		1=horizontal		2=vertikal		
		3=längs		4=quer		
				bezogen auf Projektionen H, L		
				bezogen auf Stablänge		
Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
1	4	1	0.000	-19.200	0.200	1.950
2	3	2	19.200	19.200		
3	4	1	19.200	0.000	0.000	1.950

Summe aller äußeren Lasten(kN)		
Gesamt	Fx	Fz
	0.000	53.760

AUFLAGERKRÄFTE		Th. 1.Ord.	Lastfall 4 : wasser, innen	
Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)	
2	0.000	26.778		
3		27.081		
5		-0.100		
Summe :	0.000	53.759		

Belastung Lastfall Nr. 4 M 1 : 50



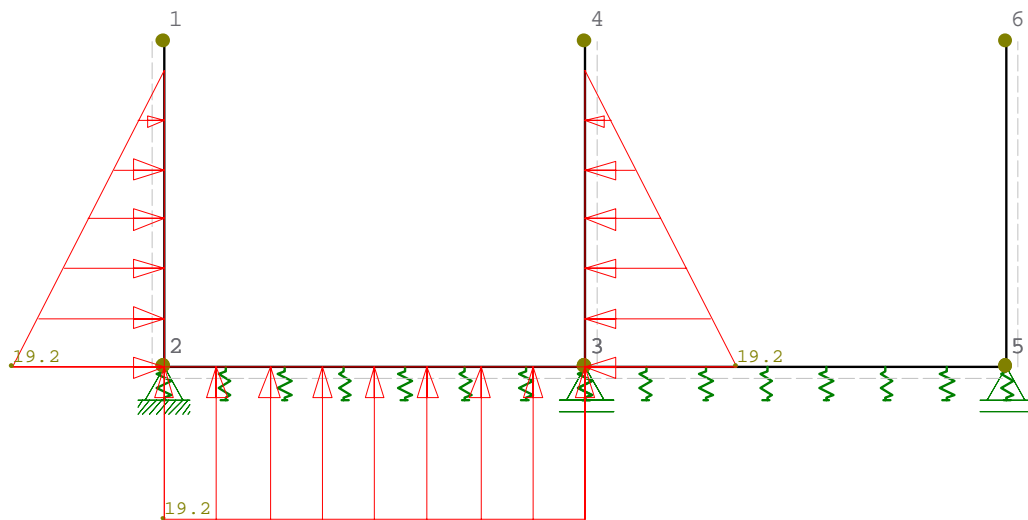
BELASTUNG Nr. 5 Lastfall: wasser, außen
Einwirkung Nr. 99 Ständige Lasten $\gamma = 1.35$
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN						
Art:		1=Einzellast (kN)		3=Voll-Trapezlast (kN/m)		
		2=Einzelmomen(kNm)		4=Teil-Trapezlast (kN/m)		
Richtung:		1=horizontal	2=vertikal	bezogen auf Projektionen H, L		
		3=längs	4=quer	bezogen auf Stablänge		
Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
1	4	1	0.000	19.200	0.200	1.950
2	3	2	-19.200	-19.200		
3	4	1	-19.200	0.000	0.000	1.950

Summe aller äußeren Lasten(kN)		
Gesamt	Fx	Fz
	0.000	-53.760

AUFLAGERKRÄFTE		Th. 1.Ord.	Lastfall 5 : wasser, außen
Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
2	0.000	-26.778	
3		-27.081	
5		0.100	
Summe :	0.000	-53.759	

Belastung Lastfall Nr. 5 M 1 : 50



BELASTUNG Nr. 6 Lastfall: Verkehr, neben BW
Einwirkung Nr. 14 sonstige veränderliche Lasten $\gamma = 1.50$
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN

Art:	1=Einzellast (kN)		3=Voll-Trapezlast (kN/m)			
	2=Einzelmomen(kNm)		4=Teil-Trapezlast (kN/m)			
Richtung:	1=horizontal		2=vertikal		bezogen auf Projektionen H, L	
	3=längs		4=quer		bezogen auf Stablänge	
Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
5	4	1	-8.400	-8.400	0.000	1.950

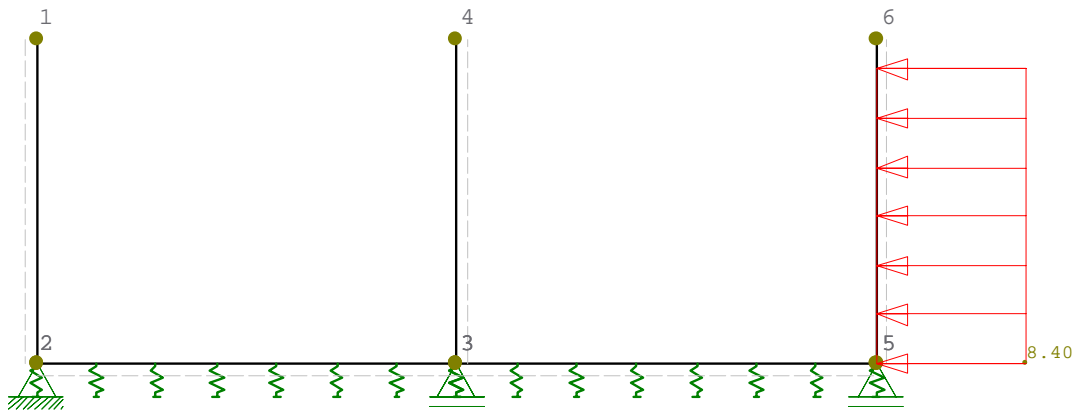
Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	-16.380	0.000

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 6 : Verkehr, neben BW

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
2	-16.380	-1.413	
3		8.533	
5		-7.161	
Summe :	-16.380	-0.041	

Belastung Lastfall Nr. 6 M 1 : 50



BELASTUNG Nr. 7 Lastfall: Eisdruck
 Einwirkung Nr. 14 sonstige veränderliche Lasten $\gamma = 1.50$
 Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN

Art:	1=Einzellast (kN)		3=Voll-Trapezlast (kN/m)			
	2=Einzelmomen(kNm)		4=Teil-Trapezlast (kN/m)			
Richtung:	1=horizontal		2=vertikal		bezogen auf Projektionen H, L	
	3=längs		4=quer		bezogen auf Stablänge	
Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
1	4	1	-150.000	-150.000	0.750	0.400
3	4	1	150.000	150.000	1.000	0.400

Summe aller äußeren Lasten(kN)

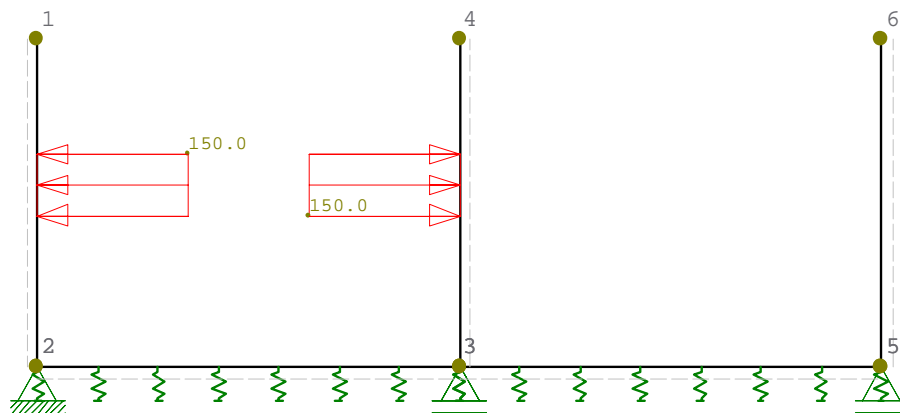
Gesamt	Fx	Fz
	0.000	0.000

Maximale Verschiebung im Stab 1 bei $x = 0.00 \cdot L$ Max_f = 0.14 cm

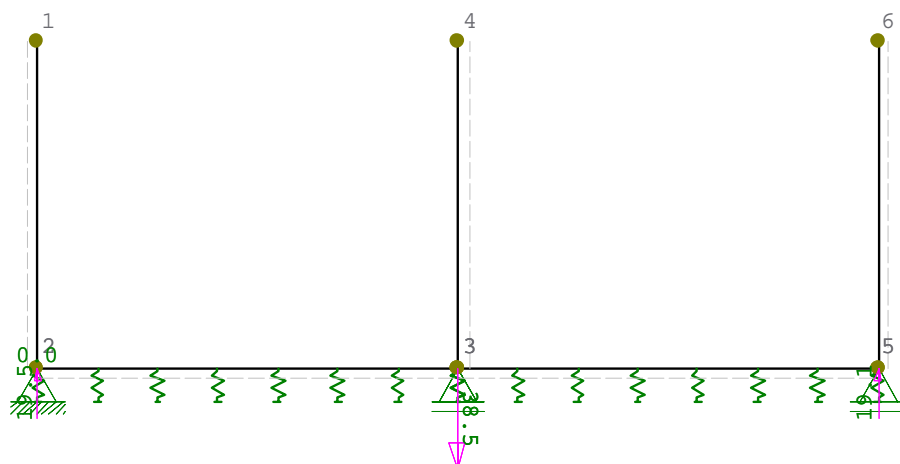
AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 7 : Eisdruck

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
2	0.000	19.515	
3		-38.470	
5		19.142	
Summe :	0.000	0.187	

Belastung Lastfall Nr. 7 M 1 : 50



Auflagerkräfte (kN) Lastfall Nr. 7 Th.1.Ord. M 1 : 50



LASTFALL-ÜBERLAGERUNG Nr. 1

Einwirkungen:

Nr	Kl	Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	γ
g		Ständige Lasten	1,00	1,00	1,00	1,35
N	8	sonstige veränderliche Lasten	0,80	0,70	0,50	1,50

Grenzzustand der Tragfähigkeit nach EN 1990 6.4.3

ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Komb. max-innen

Lastfall Nr.	1	:	*	1.35	(EWG99)	Eigengewicht
	Nr. 2	:	*	1.00	(EWG99)	Erddruck,min.
	Nr. 4	:	*	1.35	(EWG99)	wasser, innen
	Nr. 7	:	*	1.50	(EWG14)	Eisdruck

Maximale Verschiebung im Stab 1 bei x = 0.00 * L Max_f = 0.20 cm

AUFLAGERKRÄFTE : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Komb. max-innen

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
2	-12.900	107.794	
3		89.069	
5		67.622	
Summe :	-12.900	264.485	

Baustoff C30/37 B500B DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Komb. max

Stab Q Nr.	Knoten Nr.	Ved Nr.	(kN)	Ned (kN)	Med (kNm)	Asu (cm ²)	Aso (cm ²)	AsBu (cm ² /m)
1	1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	0.250		-0.8	-7.3	-0.1	0.0	0.0	
	0.500		-78.2	-14.5	-13.4	0.0	5.2	
	0.750		-103.3	-21.8	-65.9	0.0	5.2	
	1	2	-115.3	-29.0	-124.4	0.0	8.2	
2	2	2	78.8	102.4	-124.4	0.0	9.9	
	0.250		51.1	102.4	-79.0	0.0	6.8	
	0.500		23.2	102.4	-53.0	0.0	6.8	
	0.750		-4.6	102.4	-46.4	0.0	6.8	
	2	3	-32.2	102.4	-59.3	0.0	6.8	
3	3	3	115.3	-58.0	-124.4	0.0	9.4	
	0.250		103.3	-43.5	-65.9	0.0	9.4	
	0.500		78.2	-29.0	-13.4	0.1	9.4	
	0.750		0.8	-14.5	-0.1	0.0	0.0	
	3	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
4	2	3	-1.3	-12.9	65.0	5.2	0.0	
	0.250		-10.6	-12.9	60.9	5.2	0.0	
	0.500		-19.9	-12.9	50.2	5.2	0.0	
	0.750		-29.2	-12.9	33.0	5.2	0.0	
	2	5	-38.6	-12.9	9.3	5.2	0.0	
5	1	5	-12.9	-29.0	9.2	5.2	0.0	
	0.250		-7.3	-21.8	3.9	5.2	0.0	
	0.500		-3.2	-14.5	1.2	5.2	0.0	
	0.750		-0.8	-7.3	0.1	0.0	0.0	
	1	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Komb. max

Stab Q Nr.	Knoten Nr.	Ved Nr.	(kN)	AsZ (cm ²)	VRd,c (kN)	VRd,max (kN)	Theta (Grad)	AsBu (cm ² /m)
1	1	1	0.0	0.0	150.0	1136.0	18.4	
	0.250		-0.8	0.0	150.8	1020.0	18.4	
	0.500		-78.2	5.2	151.5	1136.0	18.4	
	0.750		-103.3	5.2	152.2	1136.0	18.4	
	1	2	-115.3	8.2	152.9	1136.0	18.4	
2	2	2	78.8	9.9	139.9	1136.0	18.4	
	0.250		51.1	6.8	139.9	1136.0	18.4	
	0.500		23.2	6.8	139.9	1136.0	18.4	
	0.750		-4.6	6.8	139.9	1136.0	18.4	
	2	3	-32.2	6.8	139.9	1136.0	18.4	
3	3	3	115.3	9.4	220.6	2513.0	18.4	

SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Komb. max

Stab Q	Knoten		Ved	AsZ	VRd,c	VRd,max	Theta AsBu	
Nr.	Nr.	Nr.	(kN)	(cm2)	(kN)	(kN)	(Grad)(cm2/m)	
4			0.250	103.3	9.4	219.0	2513.0	18.4
			0.500	78.2	9.4	217.4	1530.0	18.4
			0.750	0.8	0.0	215.9	2040.0	18.4
	3	4	0.0	0.0	214.3	2040.0	18.4	
	2	3	-1.3	5.2	151.3	1136.0	18.4	
			0.250	-10.6	5.2	151.3	1136.0	18.4
			0.500	-19.9	5.2	151.3	1136.0	18.4
5			0.750	-29.2	5.2	151.3	1136.0	18.4
	2	5	-38.6	5.2	151.3	1136.0	18.4	
	1	5	-12.9	5.2	152.9	1136.0	18.4	
			0.250	-7.3	5.2	152.2	765.0	18.4
			0.500	-3.2	5.2	151.5	765.0	18.4
			0.750	-0.8	0.0	150.8	1020.0	18.4
	1	6	0.0	0.0	150.0	1020.0	18.4	

Querschnitte 1 2 3 : Schubbemessung wie Platte

VERSCHIEBUNGEN : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Komb. max-innen

Knoten	Verschiebung u	Verschiebung v	Verdrehung r
Nr.	(cm)	(cm)	
1	-0.20411	0.00024	-0.00103
2	0.00000	0.00000	-0.00061
3	0.00217	0.00000	0.00044
4	0.10554	0.00024	0.00049
5	0.00190	0.00000	-0.00029
6	-0.06543	0.00024	-0.00032

FELD VERSCHIEBUNGEN (cm) : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Komb. max

Stab	Ende 1	x/L =							Ende 2
Nr	0	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8	1
1	0.20	0.18	0.15	0.12	0.09	0.07	0.04	0.02	0.00
2	0.00	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.02	-0.01	0.00
3	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.09	0.11
4	0.00	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.00
5	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06	-0.07

FELD PRESSUNGEN (kN/m²) : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Komb. max-

Stab	Ende 1	x/L =				Ende 2
	0	2/8	4/8	6/8	1	
2	0.0	-0.3	-0.3	-0.2	0.0	
4	0.0	0.2	0.3	0.2	0.0	

LASTFALL-ÜBERLAGERUNG Nr. 2

Einwirkungen:							
Nr		Kl	Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	γ
g			Ständige Lasten	1,00	1,00	1,00	1,35
N	8		sonstige veränderliche Lasten	0,80	0,70	0,50	1,50

Grenzzustand der Tragfähigkeit nach EN	1990	6.4.3
--	------	-------

ÜBERLAGERUNG Nr. 2 : Komb, max-außen					
Lastfall Nr.	1	:	*	1.35	(EWG99) Eigengewicht
	Nr.	3	:	*	1.35 (EWG99) Erddruck,max
	Nr.	5	:	*	1.35 (EWG99) wasser, außen
	Nr.	6	:	*	1.50 (EWG14) Verkehr, neben BW

AUFLAGERKRÄFTE : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 2 : Komb, max-außen			
Knoten	Kraft H	Kraft V	Moment M
Nr.	(kN)	(kN)	(kNm)
2	-50.838	3.253	
3		91.574	
5		24.141	
Summe :	-50.838	118.968	

Baustoff C30/37 B500B DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12							
SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 2 : Komb, max							
Stab Q	Knoten	Ved	Ned	Med	Asu	Aso	AsBu
Nr.	Nr.	Nr.	(kN)	(kN)	(kNm)	(cm ²)	(cm ²) (cm ² /m)
1	1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.250	0.8	-7.3	0.1	0.0	0.0
		0.500	5.1	-14.5	1.5	5.2	0.0
		0.750	13.3	-21.8	6.2	5.2	0.0
	1	2	25.3	-29.0	16.4	5.2	0.0
2	2	2	-25.8	-76.1	16.4	5.2	0.1
		0.250	-17.1	-76.1	1.4	0.1	0.1
		0.500	-8.4	-76.1	-7.5	0.1	5.2
		0.750	0.3	-76.1	-10.3	0.1	5.2
	2	3	8.9	-76.1	-7.1	0.1	5.2
3	3	3	-25.3	-58.0	16.4	9.4	0.1
		0.250	-13.3	-43.5	6.2	9.4	0.1
		0.500	-5.1	-29.0	1.5	0.1	0.1
		0.750	-0.8	-14.5	0.1	0.0	0.0
	3	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	2	3	42.5	-50.8	-23.5	0.0	5.2
		0.250	33.1	-50.8	2.9	0.1	0.1
		0.500	23.7	-50.8	22.8	5.2	0.0
		0.750	14.3	-50.8	36.1	5.2	0.0
	2	5	4.9	-50.8	42.8	5.2	0.0
5	1	5	-50.8	-29.0	42.8	5.2	0.0
		0.250	-32.6	-21.8	20.5	5.2	0.0
		0.500	-17.6	-14.5	7.2	5.2	0.0
		0.750	-5.9	-7.3	1.0	5.2	0.0
	1	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 2 : Komb, max

Stab Q	Knoten	Ved	AsZ	VRd,c	VRd,max	Theta AsBu
Nr.	Nr.	Nr.	(kN)	(cm ²)	(kN)	(Grad)(cm ² /m)
1	1	1	0.0	0.0	150.0	1136.0
	0.250		0.8	0.0	150.8	1020.0
	0.500		5.1	5.2	151.5	765.0
	0.750		13.3	5.2	152.2	765.0
	1	2	25.3	5.2	152.9	1136.0
2	2	2	-25.8	5.2	157.6	755.6
	0.250		-17.1	0.1	157.6	1020.0
	0.500		-8.4	5.2	157.6	872.8
	0.750		0.3	5.2	157.6	1014.2
	2	3	8.9	5.2	157.6	854.5
3	3	3	-25.3	9.4	220.6	1530.0
	0.250		-13.3	9.4	219.0	1530.0
	0.500		-5.1	0.1	217.4	2040.0
	0.750		-0.8	0.0	215.9	2040.0
	3	4	0.0	0.0	214.3	2040.0
4	2	3	42.5	5.2	155.1	1136.0
	0.250		33.1	0.1	155.1	1020.0
	0.500		23.7	5.2	155.1	1136.0
	0.750		14.3	5.2	155.1	1136.0
	2	5	4.9	5.2	155.1	1136.0
5	1	5	-50.8	5.2	152.9	1136.0
	0.250		-32.6	5.2	152.2	1136.0
	0.500		-17.6	5.2	151.5	1136.0
	0.750		-5.9	5.2	150.8	765.0
	1	6	0.0	0.0	150.0	1020.0

Querschnitte 1 2 3 : Schubbemessung wie Platte

VERSCHIEBUNGEN : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 2 : Komb, max-außen

Knoten	Verschiebung u	Verschiebung v	Verdrehung r
Nr.	(cm)	(cm)	
1	0.00884	0.00024	0.00005
2	0.00000	0.00000	0.00000
3	-0.00161	0.00000	0.00006
4	0.00996	0.00024	0.00005
5	-0.00269	0.00000	-0.00023
6	-0.07765	0.00024	-0.00038

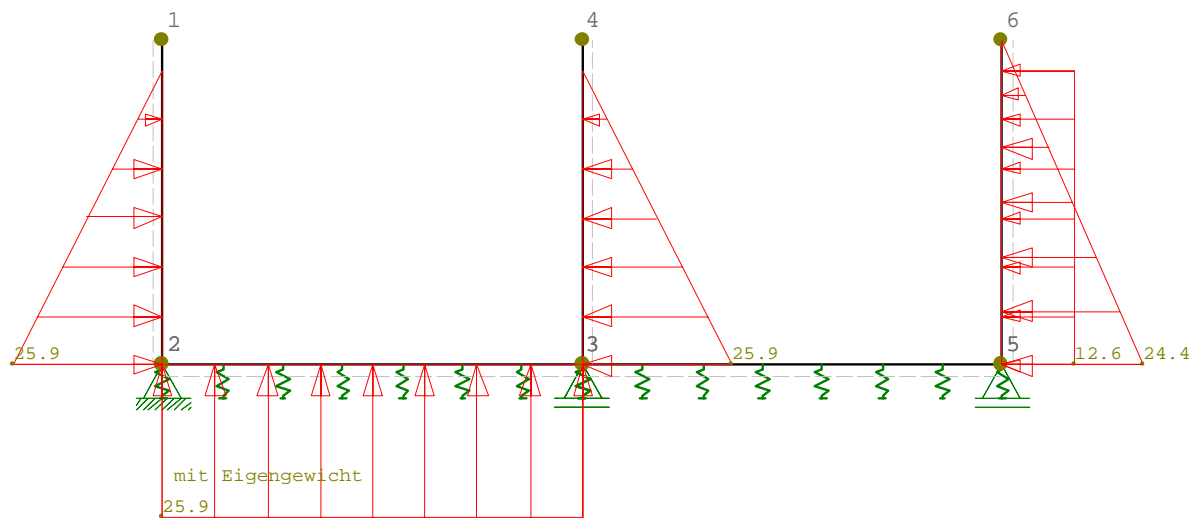
FELD VERSCHIEBUNGEN (cm) : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 2 : Komb, max

Stab	Ende 1	x/L =							Ende 2
Nr	0	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8	1
1	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
5	0.00	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06	-0.07	-0.08

FELD PRESSUNGEN (kN/m²) : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 2 : Komb, max-

Stab	Ende 1		x/L =		Ende 2
	0	2/8	4/8	6/8	1
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0

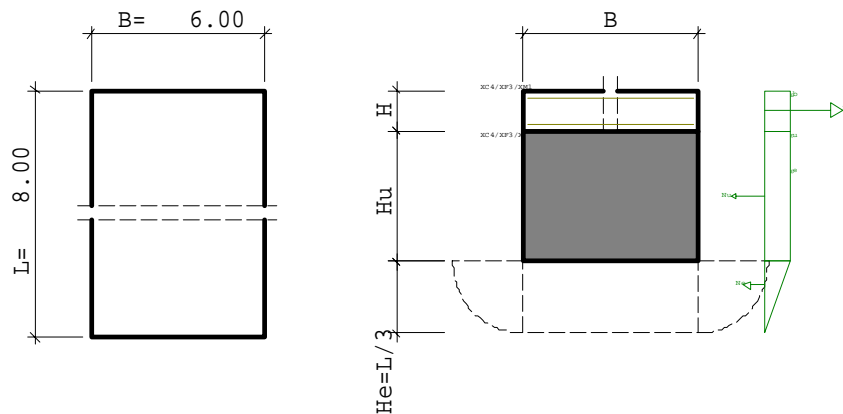
Belastung Überlagerung Nr. 2 M 1 : 50



Position: Sohle - Wehrbereich Wehr Königsgraben

Rissbreitennachweis B11 01/22 (Frilo R-2022-1)

Maßstab 1 : 75



RISSBREITENNACHWEIS nach DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

Betonstahl	B500B	
Beton	C 35/45	
	t= 3 ... 5d (normale Erh.)	
Betonzugfestigkeit	kFct(t)= 0.65 (nutzerdef.)	fcteff= 2.09 N/mm2
E-Modul Beton	αE = 1.00 (Zuschlagstoffe)	
	kEc(t) = 0.90 (nutzerdef.)	Ecm= 30600 N/mm2

KRIECHZAHL

junger Beton	$\phi t = 0.36$ (nutzerdefiniert)
--------------	-----------------------------------

Anforderungen Dauerhaftigkeit:

Betonangriff	XF3/XM1/WF
Bewehrungskorrosion	XC4
Mindestbetonklasse	C 35/45
Bügel	$d_{s,b} = 12 \text{ mm}$
Längsbewehrung	$d_{s,l} = 12 \text{ mm}$
Vorhaltemaß	$\Delta C_{dev} = 15 \text{ mm}$
reduziertes c_{min}	$\geq C 25/30$
Bügel	$c_{min,b} = 25 \text{ mm}$
Betondeckung	$c_{nom,b} = 40 \text{ mm}$
Längsbewehrung	$c_{min,l} = 25 \text{ mm}$
Betondeckung	$c_{nom,l} = 52 \text{ mm} \quad *1$
Verlegemaß Bügel	$c_{v,b} = 40 \text{ mm}$
zul. Rissbreite	$w_{max} = 0.25 \text{ mm} \quad *3$
*1: mit $c_{min,b}$	
*3: nutzerdef.	

BODENPLATTE

Abmessungen	B = 6.00 m	H = 0.40 m
	L = 8.00 m	
Bewehrung	$d_{ob} = 7.0 \text{ cm}$	$d_{un} = 7.0 \text{ cm}$

ZWANG AUS HYDRATATION (FRÜHER ZWANG)

Es wird die in Richtung der Seite L verlaufende Zwangskraft bestimmt.	
Verfahren nach DAfStb Heft 466	
Bodenplatte:	
$\Delta T = -25.00 \text{ K}$	$\alpha T = 10.00 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$
$\epsilon_b = -0.250 \text{ o/oo}$	$C_b = 1.2240 \text{e}+05 \text{ kN/cm}$
Baugrund:	

ZWANG AUS HYDRATATION (FRÜHER ZWANG)

$E_e = 50.00 \text{ MN/m}^2$ $C_e = 5.8617e+05 \text{ KN}$
 Unterbeton: C 25/30
 $\alpha E = 1.00$ $k_{Ec}(t) = 0.90$ $E_{cm} = 27900 \text{ N/mm}^2$
 $H_u = 1.30 \text{ m}$ $C_u = 3.6270e+05 \text{ kN/cm}$ $\epsilon_s = 0.000 \text{ o/oo}$
 $N_{zw} = 2289.46 \text{ kN/m}$
 Zwang aus Bodenreibung (oberer Grenzwert):
 $\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$ $q = 0.00 \text{ kN/m}^2$
 $\text{cal } \phi = 32.5 \text{ Grd}$ $\mu = 0.56$
 $\gamma_R = 1.35$ $\mu_d = 0.75$
 $N_{zw} = 30.10 \text{ kN/m}$
 maßgebend: $N_{zw} = 30.10 \text{ kN/m}$

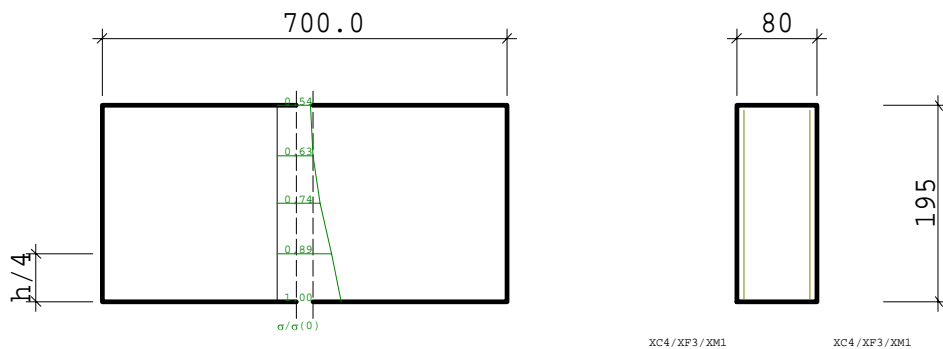
NACHWEIS RISSBREITE

$w_{max} = 0.25 \text{ mm (nutzedef.)}$ $d_s = 12.0 \text{ mm}$
 Zwang aus Hydratation (Dauerlast $k_t = 0.4$)
 Biegezwang $N_x = 30.10 \text{ kN/m}$ $M_y = 53.63 \text{ kNm/m}$
 gewählt: $A_{so} = 0.00 \text{ cm}^2/\text{m}$
 Dehnung mit $\phi = 0.36$ $\epsilon_1 = -0.24 \text{ o/oo}$ $\epsilon_2 = 1.44 \text{ o/oo}$
 Druckzonenhöhe $X = 58.2 \text{ mm}$
 $\epsilon_{2s} = 1.14 \text{ o/oo}$ $F_s = 190.2 \text{ kN/m}$
 $h_{eff} = 11.4 \text{ cm}$ $F_{cre} = 237.7 \text{ kN/m}$
 erforderlich: $A_{su} = 8.33 \text{ cm}^2/\text{m}$
 Die Bewehrung ist über die Seite B zu verteilen.
 Es ist zu prüfen, ob ein Nachweis für späten Zwang maßgebend wird.

Position: Mittelpfeiler Wehr Königsgraben

Rissbreitennachweis B11 01/22 (Frilo R-2022-1)

Maßstab 1 : 75



RISSBREITENNACHWEIS nach DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

Betonstahl	B500B	
Beton	C 30/37	
	t= 3 ... 5d (normale Erh.)	
Betonzugfestigkeit	kFct(t)= 0.65 (nutzerdef.)	fcteff= 1.88 N/mm2
E-Modul Beton	αE= 1.00 (Zuschlagstoffe)	
	kEc(t)= 0.90 (nutzerdef.)	Ecm= 29700 N/mm2

KRIECHZAHL

junger Beton	ϕt = 0.36 (nutzerdefiniert)
--------------	-----------------------------

Anforderungen Dauerhaftigkeit:

Betonangriff	XF3/XM1/WF
Bewehrungskorrosion	XC4
Beton mit	langsamer Erhärtung
Mindestbetonklasse	C 30/37
Bügel	d _{s,b} = 12 mm
Längsbewehrung	d _{s,l} = 16 mm
Vorhaltemaß	ΔC _{dev} = 15 mm
Bügel	c _{min,b} = 30 mm
Betondeckung	c _{nom,b} = 45 mm
Längsbewehrung	c _{min,l} = 30 mm
Betondeckung	c _{nom,l} = 57 mm *1
Verlegemaß Bügel	c _{v,b} = 45 mm
zul. Rissbreite	w _{max} = 0.25 mm *3
*1: mit c _{min,b}	
*3: nutzerdef.	

WAND AUF FUNDAMENT

Abmessungen	B = 0.80 m	H = 1.95 m
	L = 7.00 m	
Bewehrung	d _{li} = 6.5 cm	d _{re} = 6.5 cm

ZWANG AUS HYDRATATION (FRÜHER ZWANG)

Verfahren nach Lohmeyer 9. Auflage

Zement	: 32.5R;42.5	Z = 300 kg/m ³
t _m	= 1.64 d	Q _H = 215 kJ/kg
α _b	= 0.85	T _{bH} = 22.0 K
T _{cO}	= 20.0 °C	k _{tV} = 0.70
T _{b,m}	= 36.0 K	T _F = 15.0 °C
α _T	= 10 10-6/K	k _V = 0.80
Zwangsspannungen am Fußpunkt	:	σ _{ct} = 4.98 N/mm ²
Rechenwert Zwangsspannung bei H/4:		k _{ct,d} = 0.66

ZWANG AUS HYDRATATION (FRÜHER ZWANG)

$\sigma_{ct,d} = 3.28 \text{ N/mm}^2 > f_{cteff}$
 $N_{zw} = \sigma_{ct,d} \cdot A_c < k \cdot f_{cteff} \cdot A_c$
 $N_{zw} = 2 \cdot 624.20 \text{ kN} \quad k = 0.52 \quad \text{max. } N_{zw} = 783.21 \text{ kN}$

NACHWEIS RISSBREITE

$w_{max} = 0.25 \text{ mm (nutzedef.)} \quad d_s = 16.0 \text{ mm}$

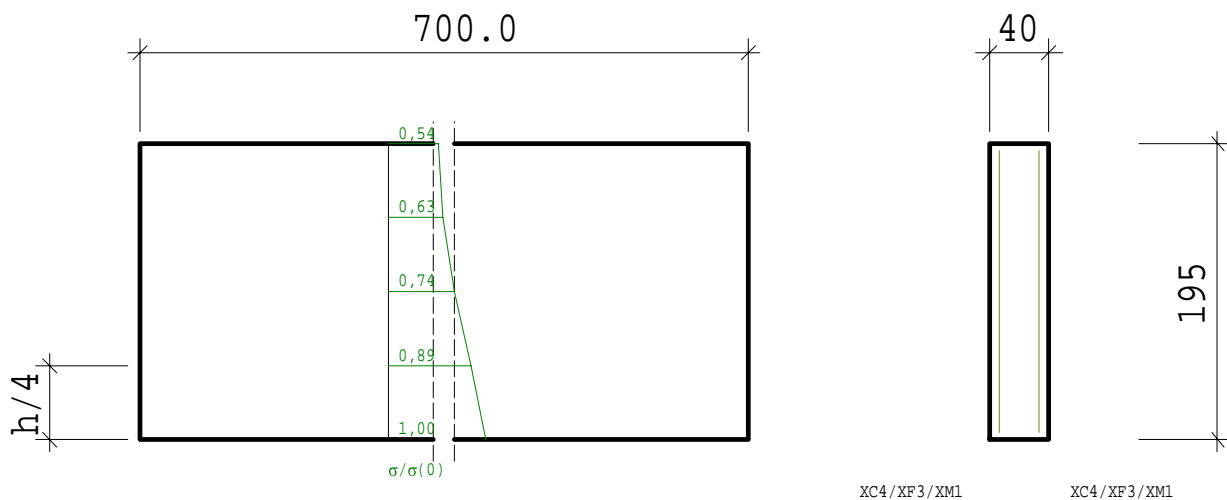
Zwang aus Hydratation (Dauerlast $k_t = 0.4$)

zentr. Zwang $N_x = 783.21 \text{ kN/m}$
 $\epsilon_{2s} = 1.02 \text{ o/oo} \quad F_s = 783.2 \text{ kN/m}$
 $heff = 32.5 \text{ cm} \quad F_{cre} = 611.9 \text{ kN/m}$
erforderlich: $Asli = 19.23 \text{ cm}^2/\text{m} \quad Asre = 19.23 \text{ cm}^2/\text{m}$
Es ist zu prüfen, ob ein Nachweis für späten Zwang maßgebend wird.

Position: Seitenwand Wehr Königsgaben

Rissbreitennachweis B11 01/22 (Frilo R-2022-1)

Maßstab 1 : 50



XC4 / XF3 / XM1

XC4 / XF3 / XM1

RISSBREITENNACHWEIS nach DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

Betonstahl	B500B	
Beton	C 30/37	
	t = 3 ... 5d (normale Erh.)	
Betonzugfestigkeit	kFct(t) = 0.65 (nutzerdef.)	fcteff = 1.88 N/mm ²
E-Modul Beton	αE = 1.00 (Zuschlagstoffe)	
	kEc(t) = 0.90 (nutzerdef.)	Ecm = 29700 N/mm ²

KRIECHZAHL

junger Beton	φt = 0.36 (nutzerdefiniert)
--------------	-----------------------------

Anforderungen Dauerhaftigkeit:

Betonangriff	XF3/XM1/WF
Bewehrungskorrosion	XC4
Beton mit	langsamer Erhärtung
Mindestbetonklasse	C 30/37
Bügel	d _{s,b} = 12 mm
Längsbewehrung	d _{s,l} = 14 mm
Vorhaltemaß	ΔC _{dev} = 15 mm
Bügel	C _{min,b} = 30 mm
Betondeckung	C _{nom,b} = 45 mm
Längsbewehrung	C _{min,l} = 30 mm
Betondeckung	C _{nom,l} = 57 mm *1
Verlegemaß Bügel	C _{v,b} = 45 mm
zul. Rissbreite	W _{max} = 0.25 mm *3
*1: mit c _{min,b}	
*3: nutzerdef.	

WAND AUF FUNDAMENT

Abmessungen	B = 0.40 m	H = 1.95 m
	L = 7.00 m	
Bewehrung	d _{li} = 6.5 cm	dre = 6.5 cm

ZWANG AUS HYDRATATION (FRÜHER ZWANG)

Verfahren nach Lohmeyer 9. Auflage

Zement : 32.5R;42.5 Z = 300 kg/m³

tm = 1.32 d QH = 198 kJ/kg

 α_b = 0.75 TbH = 17.8 K

TcO = 20.0 °C ktV = 0.50

Tb,m = 27.8 K Tf = 15.0 °C

 α_T = 10 10⁻⁶/K kV = 0.80Zwangsspannungen am Fußpunkt : σ_{ct} = 3.04 N/mm²

Rechenwert Zwangsspannung bei H/4: kct,d= 0.66

 $\sigma_{ct,d}$ = 2.00 N/mm² > fcteffNzw= $\sigma_{ct,d} \cdot A_c < k \cdot f_{cteff} \cdot A_c$

Nzw= 800.65 kN k= 0.74 max. Nzw= 560.29 kN

NACHWEIS RISSBREITEW_{max}= 0.25 mm (nutzerdef.) ds = 14.0 mm

Zwang aus Hydratation (Dauerlast kt= 0.4)

zentr. Zwang Nx = 560.29 kN/m

 ϵ_{2s} = 1.00 o/oo Fs = 560.3 kN/m

heff = 32.5 cm Fcre = 611.9 kN/m

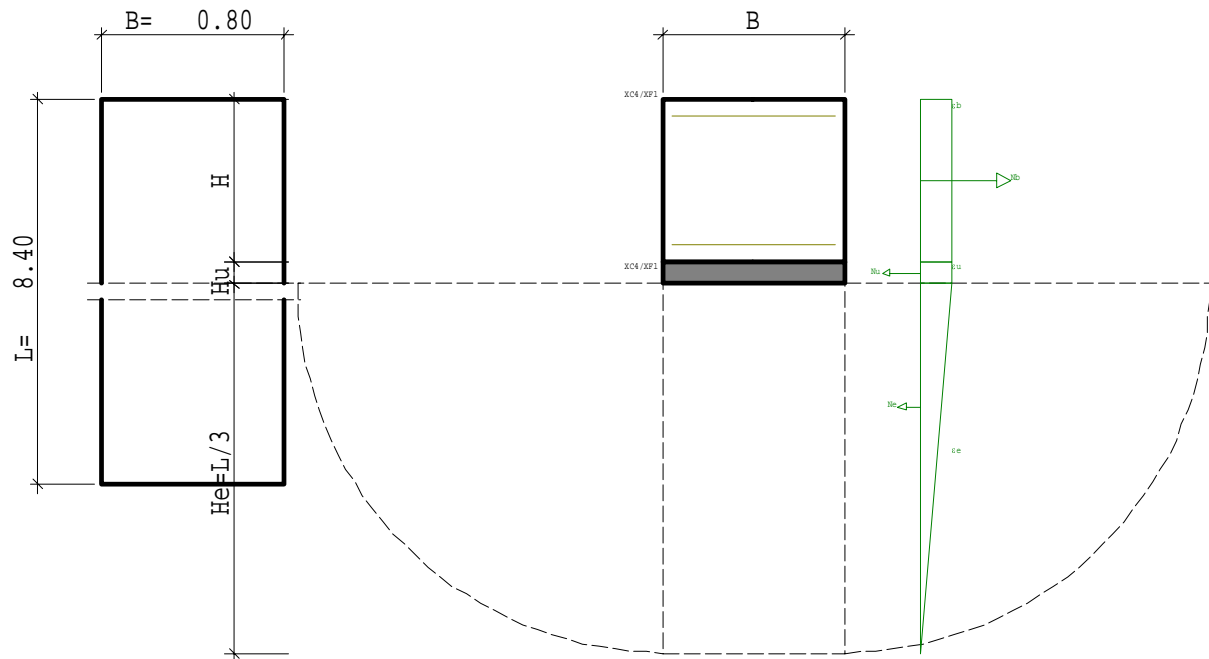
erforderlich: Asli = 13.95 cm²/m Asre = 13.95 cm²/m

Es ist zu prüfen, ob ein Nachweis für späten Zwang maßgebend wird.

Position: Kopfbalken_80cm Spundwandholm

Rissbreitennachweis B11 01/22 (Frilo R-2022-1)

Maßstab 1 : 33



RISSBREITENNACHWEIS nach DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

Betonstahl	B500B	
Beton	C 25/30	
	t= 3 ... 5d (normale Erh.)	
Betonzugfestigkeit	kFct(t)= 0.65 (nutzerdef.)	fcteff= 1.67 N/mm2
E-Modul Beton	$\alpha E = 1.00$ (Zuschlagstoffe)	
	kEc(t) = 0.90 (nutzerdef.)	Ecm= 27900 N/mm2

KRIECHZAHL

junger Beton	$\phi t = 0.36$ (nutzerdefiniert)
--------------	-----------------------------------

Anforderungen Dauerhaftigkeit:

Betonangriff	XF1/WF
Bewehrungskorrosion	XC4
Beton mit	langsamer Erhärtung
Mindestbetonklasse	C 25/30
Bügel	$d_{s,b} = 12$ mm
Längsbewehrung	$d_{s,l} = 12$ mm
Vorhaltemaß	$\Delta C_{dev} = 15$ mm
Bügel	$C_{min,b} = 25$ mm
Betondeckung	$C_{nom,b} = 40$ mm
Längsbewehrung	$C_{min,l} = 25$ mm
Betondeckung	$C_{nom,l} = 52$ mm *1
Verlegemaß Bügel	$C_{v,b} = 40$ mm
zul. Rissbreite	$w_{max} = 0.25$ mm *3

*1: mit $c_{min,b}$

*3: nutzerdef.

BODENPLATTE

Abmessungen	B =	0.80 m	H =	0.70 m
	L =	8.40 m		
Bewehrung	dob =	6.6 cm	dun =	6.6 cm

ZWANG AUS HYDRATATION (FRÜHER ZWANG)

Es wird die in Richtung der Seite L verlaufende Zwangskraft bestimmt.

Verfahren nach DAFStb Heft 466

Bodenplatte:

$\Delta T = -25.00K$ $\alpha T = 10.00 \cdot 10^{-6} 1/K$

$\epsilon_b = -0.250$ o/o $C_b = 1.9530e+05 kN/cm$

Baugrund:

$E_e = 50.00 MN/m^2$ $C_e = 2.6125e+05 KN$

Unterbeton: C 12/15

$\alpha E = 1.00 kEc(t) = 0.90 E_{cm} = 24300 N/mm^2$

$H_u = 0.10 m$ $C_u = 2.4300e+04 kN/cm$ $\epsilon_s = 0.000$ o/o

$N_{zw} = 603.90 kN/m$

Zwang aus Bodenreibung (oberer Grenzwert):

$\gamma = 25.00 kN/m^3$ $q = 0.00 kN/m^2$

$\tan \phi = 32.5^\circ$ $\mu = 0.56$

$\gamma_R = 1.35$ $\mu_d = 0.75$

$N_{zw} = 55.31 kN/m$

maßgebend: $N_{zw} = 55.31 kN/m$

NACHWEIS RISSBREITE

$w_{max} = 0.25 mm$ (nutzerdef.) $d_s = 12.0 mm$

Zwang aus Hydratation (Dauerlast $k_t = 0.4$)

Biegezwang $N_x = 55.31 kN/m$ $M_y = 129.70 kNm/m$

gewählt: $A_{so} = 0.00 cm^2/m$

Dehnung mit $\phi = 0.36$ $\epsilon_1 = -0.19$ o/o $\epsilon_2 = 1.15$ o/o

Druckzonenhöhe $X = 98.5 mm$

$\epsilon_{2s} = 1.02$ o/o $F_s = 244.9 kN/m$

$h_{eff} = 16.5 cm$ $F_{cre} = 275.1 kN/m$

erforderlich: $A_{su} = 12.00 cm^2/m$

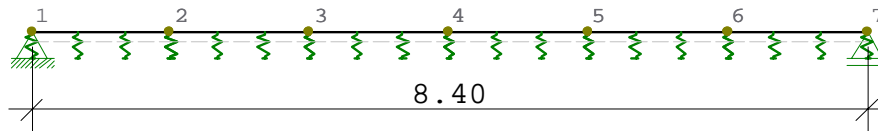
Die Bewehrung ist über die Seite B zu verteilen.

Es ist zu prüfen, ob ein Nachweis für späten Zwang maßgebend wird.

Position: Kopfbalken_Temp Spundwandholm

Ebenes Stabwerk ESK1 02/2019D (Frilo R-2022-1)

System M 1 : 75



BAUSTOFF	:	C25/30	E-Modul	E =	3100.00	kN/cm ²	$\gamma_M=1.50$
			spez. Gewicht	:	2.50	kg/dm ³	

QUERSCHNITTSWERTE	Träg.h.mom.	Fläche	Bettung
Q.Nr Mat.Nr	I (cm ⁴)	A (cm ²)	Kb (kN/cm ²)
1 1 80x70 (s)	2286667	5600.0	1.000

PLASTISCHE SCHNITTGRÖßEN						
Nr	Mat	NPl (kN)	Mply (kNm)	Qplz (kN)	Mplz (kNm)	Qply (kN)
1	1	280000	49000	80829	56000	80829

QUERSCHNITTSABMESSUNGEN in (cm)				
Q.Nr. Mat.Nr	b	d	Faktor	
1 1	80.0	70.0	1.00	

BEWEHRUNGSLAGE: d1 = 7.0 cm d2 = 7.0 cm

SYSTEM	Projektionen		Querschnitt		Knoten	
Stab Nr.	Lx (m)	Lz (m)	Q1	Q2	Ende 1	Ende 2
1	1.400	0.000	1	1	1.0	2.0
2	1.400	0.000	1	1	2.0	3.0
3	1.400	0.000	1	1	3.0	4.0
4	1.400	0.000	1	1	4.0	5.0
5	1.400	0.000	1	1	5.0	6.0
6	1.400	0.000	1	1	6.0	7.0

AUFLAGER	(-1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch)				(kN/cm, kNcm)
Knoten	horizontal	vertikal	drehend		
1	-1	-1	0		
7	0	-1	0		

Volumen der Konstruktion	V =	4.704	m ³
Gewicht der Konstruktion	G =	11760	kg

BELASTUNG Nr. 1 Lastfall: Eigengewicht
Einwirkung Nr. 99 Ständige Lasten $\gamma = 1.35$
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

Eigenlastfaktor in z-Richtung $F_{ak_g_z} = 1.00$

Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	F _x	F _z
	0.000	117.600

AUFLAGERKRÄFTE		Th. 1.Ord.	Lastfall 1 : Eigengewicht
Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
1	0.000	38.785	
7		38.785	
Summe :	0.000	77.570	

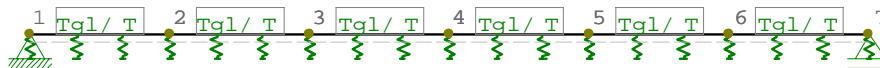
BELASTUNG Nr. 2 Lastfall: Temperatur
Einwirkung Nr. 12 Temperatureinwirkungen $\gamma = 1.50$
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

Temperaturlasten von Stab Nr.	(Grad) bis Stab Nr.	const. T	Delta T	Alpha
1	6	17.5	-15.0	0.0000100

Maximale Verschiebung im Stab 3 bei $x = 1.00 \cdot L$ $Max_f = 0.11$ cm

AUFLAGERKRÄFTE		Th. 1.Ord.	Lastfall 2 : Temperatur
Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
1	0.000	31.065	
7		31.065	
Summe :	0.000	62.131	

Belastung Lastfall Nr. 2 M 1 : 75



LASTFALL-ÜBERLAGERUNG Nr. 1

Einwirkungen:

Nr	KI Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	γ
g	Ständige Lasten	1,00	1,00	1,00	1,35
L 5	Temperatureinwirkungen	0,60	0,50	0,00	1,50

Grenzzustand der Tragfähigkeit nach EN 1990 6.4.3

ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : maßgebend				
Lastfall Nr.	1	:	*	1.35 (EWG99) Eigengewicht
	Nr. 2	:	*	1.50 (EWG12) Temperatur

AUFLAGERKRÄFTE : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : maßgebend			
Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
1	0.000	98.958	
7		98.958	
Summe :	0.000	197.915	

SCHNITTGRÖSSEN : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : maßgebend					
Stab	Q	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)

1	1	1	98.96	0.00	0.00
		.25	92.06	0.00	33.44
		.50	84.66	0.00	64.38
		.75	76.89	0.00	92.66
	1	2	68.82	0.00	118.17
2	1	2	68.82	0.00	118.17
		.25	60.53	0.00	140.81
		.50	52.08	0.00	160.52
		.75	43.52	0.00	177.25
	1	3	34.89	0.00	190.98
3	1	3	34.89	0.00	190.98
		.25	26.20	0.00	201.67
		.50	17.48	0.00	209.31
		.75	8.75	0.00	213.90
	1	4	0.00	0.00	215.43
4	1	4	0.00	0.00	215.43
		.25	-8.74	0.00	213.90
		.50	-17.48	0.00	209.31
		.75	-26.20	0.00	201.67
	1	5	-34.88	0.00	190.98
5	1	5	-34.89	0.00	190.98
		.25	-43.52	0.00	177.25
		.50	-52.08	0.00	160.52
		.75	-60.53	0.00	140.81
	1	6	-68.81	0.00	118.17
6	1	6	-68.82	0.00	118.17
		.25	-76.89	0.00	92.66
		.50	-84.66	0.00	64.38
		.75	-92.05	0.00	33.44
	1	7	-98.95	0.00	0.00

Baustoff C25/30 B500B DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12								
SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : maßgebend								
Stab Q	Knoten	Ved	Ned	Med	Asu	Aso	AsBu	
Nr.	Nr.	Nr.	(kN)	(kN)	(kNm)	(cm2)	(cm2)	(cm2/m)
1	1	1	99.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6
	0.250		92.1	0.0	33.4	5.9	0.0	6.6
	0.500		84.7	0.0	64.4	5.9	0.0	6.6
	0.750		76.9	0.0	92.7	5.9	0.0	6.6
	1	2	68.8	0.0	118.2	5.9	0.0	6.6
2	1	2	68.8	0.0	118.2	5.9	0.0	6.6
	0.250		60.5	0.0	140.8	5.9	0.0	6.6
	0.500		52.1	0.0	160.5	5.9	0.0	6.6
	0.750		43.5	0.0	177.3	6.3	0.0	6.6
	1	3	34.9	0.0	191.0	6.8	0.0	6.6
3	1	3	34.9	0.0	191.0	6.8	0.0	6.6
	0.250		26.2	0.0	201.7	7.2	0.0	6.6
	0.500		17.5	0.0	209.3	7.5	0.0	6.6
	0.750		8.7	0.0	213.9	7.6	0.0	6.6
	1	4	0.0	0.0	215.4	7.7	0.0	6.6
4	1	4	0.0	0.0	215.4	7.7	0.0	6.6
	0.250		-8.7	0.0	213.9	7.6	0.0	6.6
	0.500		-17.5	0.0	209.3	7.5	0.0	6.6
	0.750		-26.2	0.0	201.7	7.2	0.0	6.6
	1	5	-34.9	0.0	191.0	6.8	0.0	6.6
5	1	5	-34.9	0.0	191.0	6.8	0.0	6.6
	0.250		-43.5	0.0	177.3	6.3	0.0	6.6
	0.500		-52.1	0.0	160.5	5.9	0.0	6.6
	0.750		-60.5	0.0	140.8	5.9	0.0	6.6
	1	6	-68.8	0.0	118.2	5.9	0.0	6.6
6	1	6	-68.8	0.0	118.2	5.9	0.0	6.6
	0.250		-76.9	0.0	92.7	5.9	0.0	6.6
	0.500		-84.7	0.0	64.4	5.9	0.0	6.6
	0.750		-92.1	0.0	33.4	5.9	0.0	6.6
	1	7	-99.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6

SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : maßgebend								
Stab Q	Knoten		Ved	AsZ	VRd,c	VRd,max	Theta	AsBu
Nr.	Nr.	Nr.	(kN)	(cm2)	(kN)	(kN)	(Grad)	(cm2/m)
1	1	1	99.0	0.0	165.0	1445.8	18.4	6.6
	0.250		92.1	5.9	165.0	1445.8	18.4	6.6
	0.500		84.7	5.9	165.0	1445.8	18.4	6.6
	0.750		76.9	5.9	165.0	1445.8	18.4	6.6
	1	2	68.8	5.9	165.0	1445.8	18.4	6.6
2	1	2	68.8	5.9	165.0	1445.8	18.4	6.6
	0.250		60.5	5.9	165.0	1445.8	18.4	6.6
	0.500		52.1	5.9	165.0	1445.8	18.4	6.6
	0.750		43.5	6.3	165.0	1445.8	18.4	6.6
	1	3	34.9	6.8	165.0	1445.8	18.4	6.6
3	1	3	34.9	6.8	165.0	1445.8	18.4	6.6
	0.250		26.2	7.2	165.0	1445.8	18.4	6.6
	0.500		17.5	7.5	165.0	1445.8	18.4	6.6
	0.750		8.7	7.6	165.0	1445.8	18.4	6.6
	1	4	0.0	7.7	165.0	1445.8	18.4	6.6

SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : maßgebend

Stab Q	Knoten	Ved	AsZ	VRd,c	VRd,max	Theta AsBu
Nr.	Nr.	Nr.	(kN)	(cm2)	(kN)	(Grad)(cm2/m)
4	1	4	0.0	7.7	165.0	1445.8
	0.250		-8.7	7.6	165.0	1445.8
	0.500		-17.5	7.5	165.0	1445.8
	0.750		-26.2	7.2	165.0	1445.8
	1	5	-34.9	6.8	165.0	1445.8
5	1	5	-34.9	6.8	165.0	1445.8
	0.250		-43.5	6.3	165.0	1445.8
	0.500		-52.1	5.9	165.0	1445.8
	0.750		-60.5	5.9	165.0	1445.8
	1	6	-68.8	5.9	165.0	1445.8
6	1	6	-68.8	5.9	165.0	1445.8
	0.250		-76.9	5.9	165.0	1445.8
	0.500		-84.7	5.9	165.0	1445.8
	0.750		-92.1	5.9	165.0	1445.8
	1	7	-99.0	0.0	165.0	1445.8

VERSCHIEBUNGEN : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : maßgebend

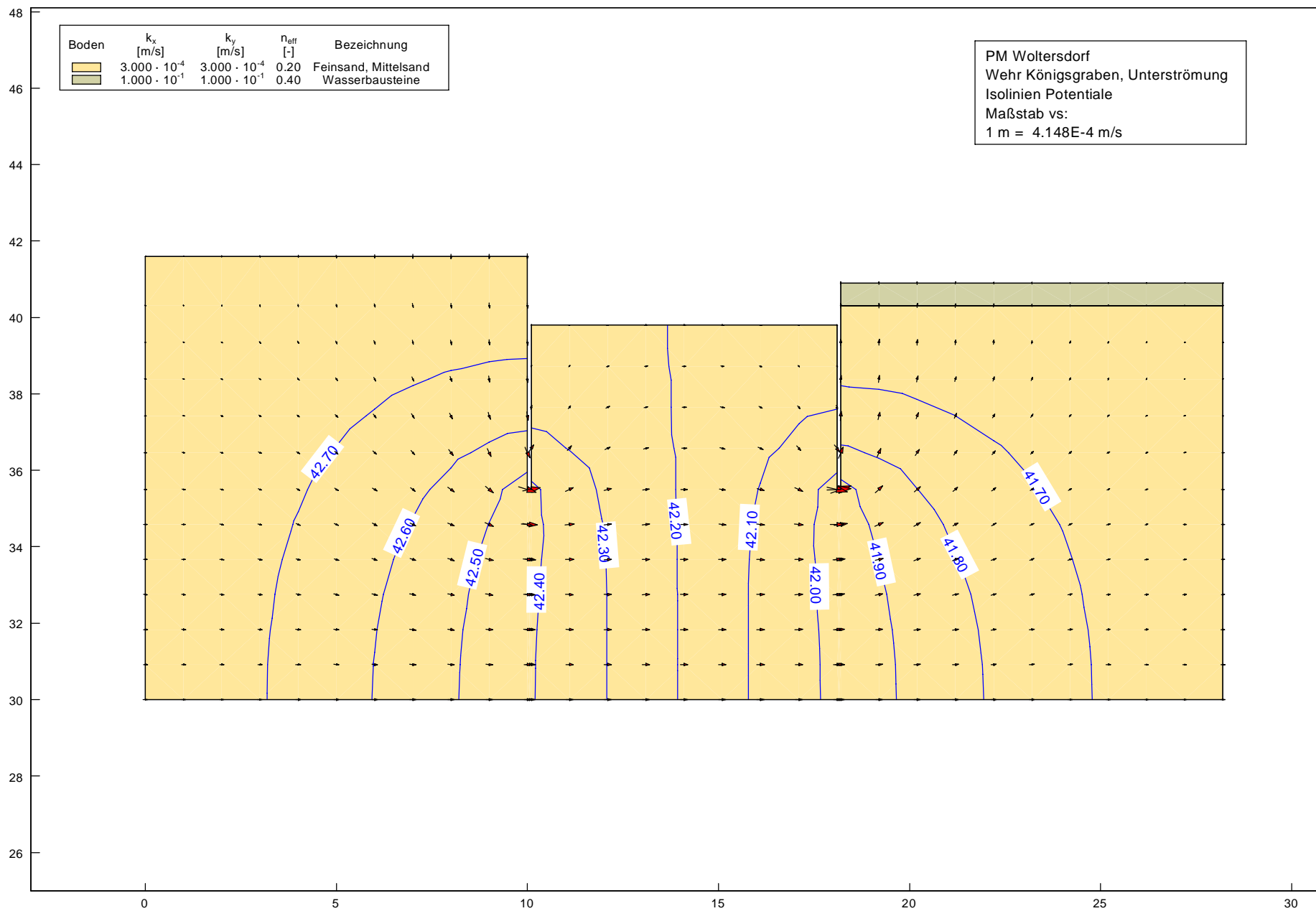
Knoten	Verschiebung u	Verschiebung v	Verdrehung r
Nr.	(cm)	(cm)	
1	0.00000	0.00000	-0.00050
2	0.03675	-0.04497	-0.00018
3	0.07350	-0.05857	-0.00004
4	0.11025	-0.06085	0.00000
5	0.14700	-0.05857	0.00004
6	0.18375	-0.04497	0.00018
7	0.22050	0.00000	0.00050

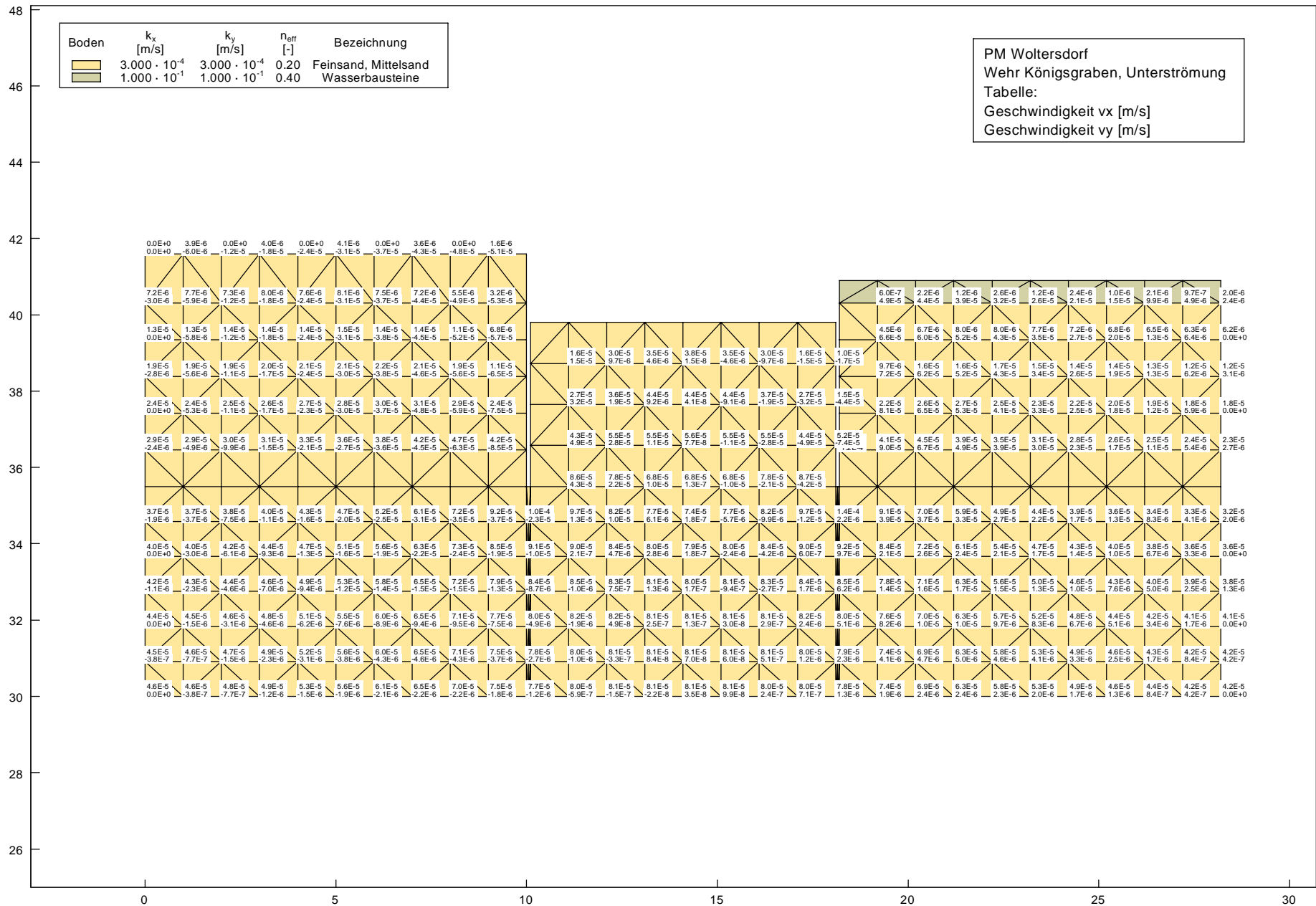
FELD VERSCHIEBUNGEN (cm) : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : maßgebend

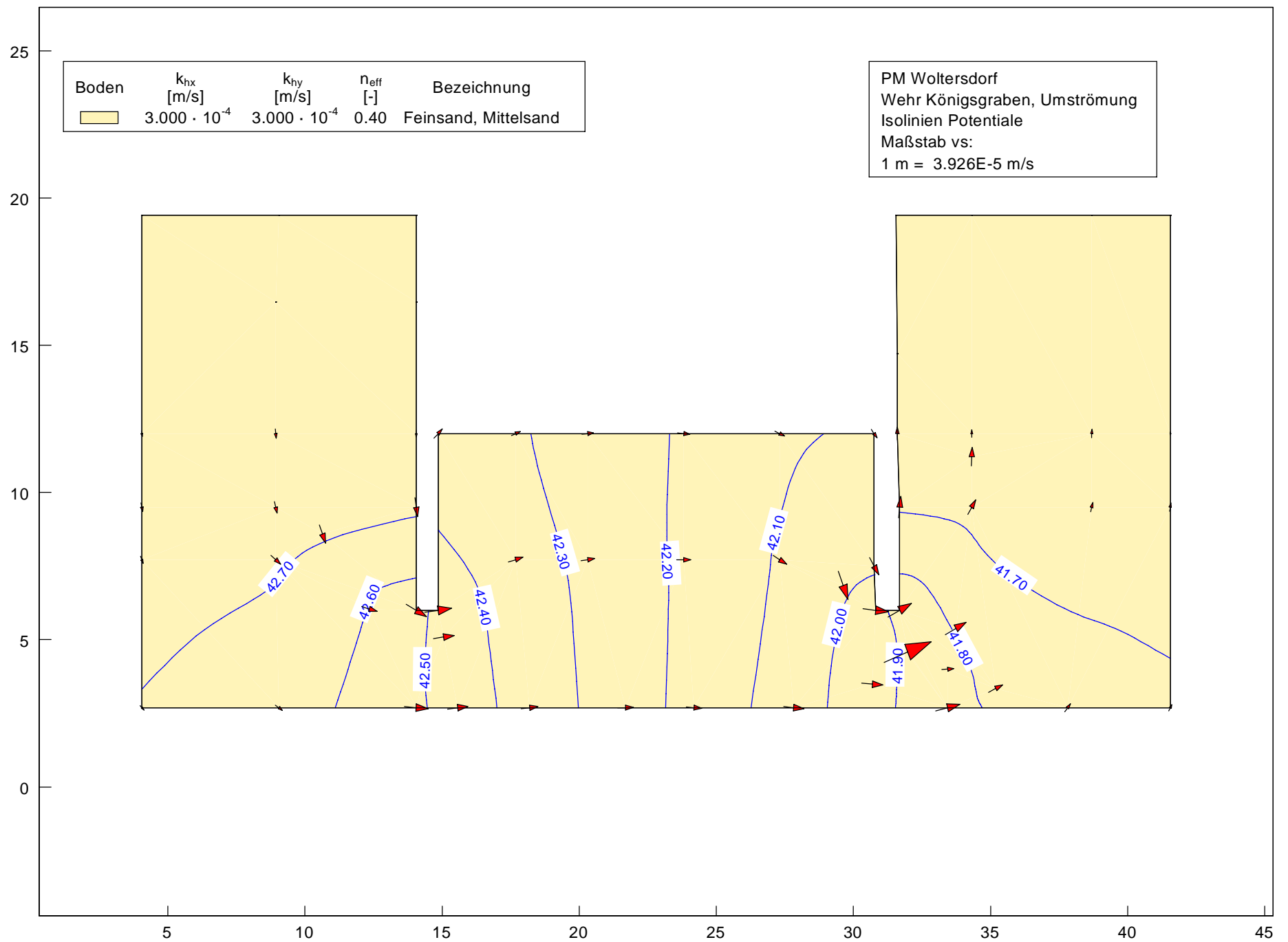
Stab	Ende 1	x/L =							Ende 2
Nr	0	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8	1
1	0.00	-0.01	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04	-0.04
2	-0.04	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06
3	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06
4	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06
5	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.04
6	-0.04	-0.04	-0.04	-0.03	-0.03	-0.02	-0.02	-0.01	0.00

FELD PRESSUNGEN (kN/m2) : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : maßgebend


Stab	Ende 1	x/L =				Ende 2
	0	2/8	4/8	6/8	1	
1	0.0	-2.0	-3.5	-4.7	-5.6	
2	-5.6	-6.3	-6.8	-7.1	-7.3	
3	-7.3	-7.5	-7.5	-7.6	-7.6	
4	-7.6	-7.6	-7.5	-7.5	-7.3	
5	-7.3	-7.1	-6.8	-6.3	-5.6	
6	-5.6	-4.7	-3.5	-2.0	0.0	







25

Boden	k_{hx} [m/s]	k_{hy} [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$3.000 \cdot 10^{-4}$	$3.000 \cdot 10^{-4}$	0.40	Feinsand, Mittelsand

PM Woltersdorf
Wehr Königsgaben, Umströmung
Tabelle:
Geschwindigkeit vx [m/s]
Geschwindigkeit vy [m/s]

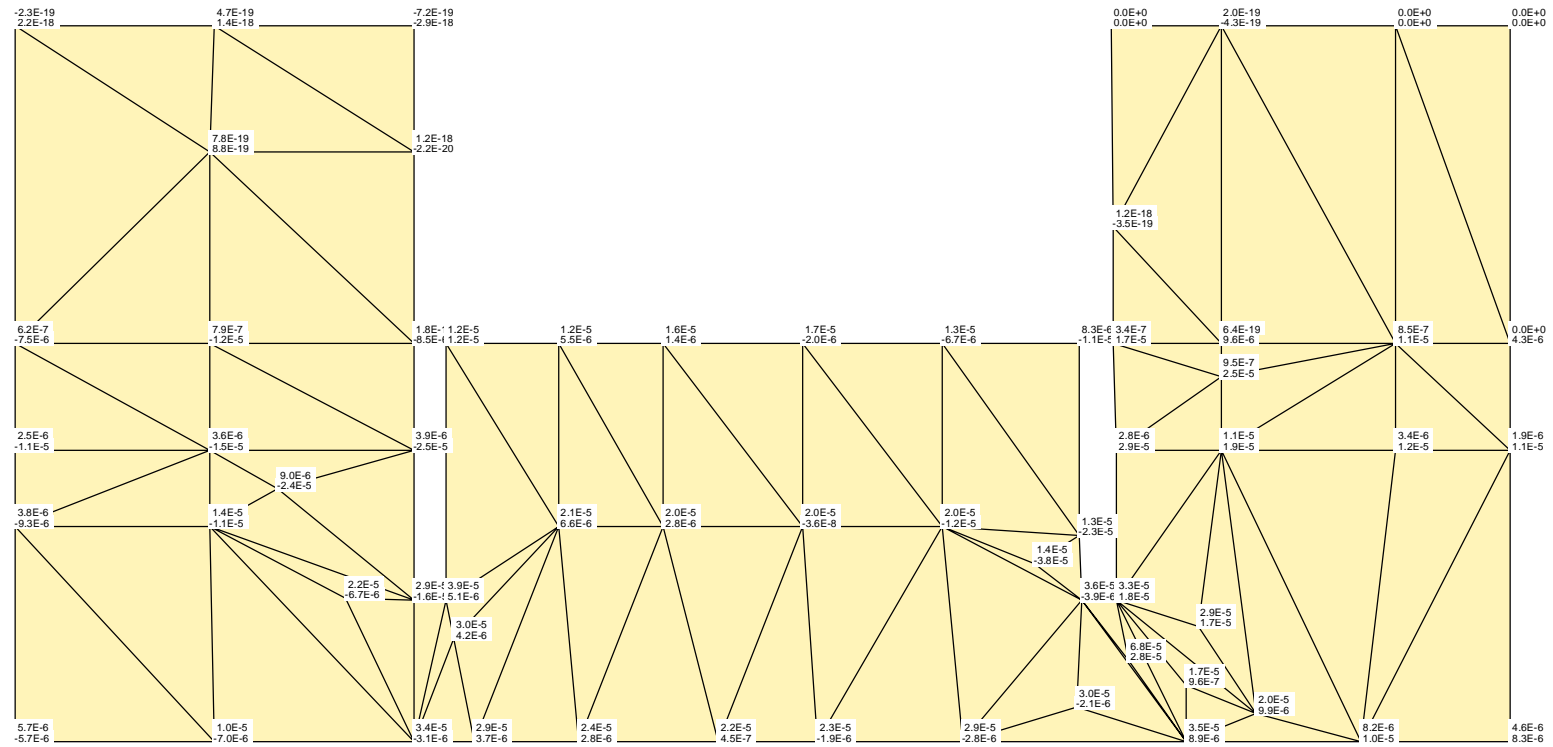
20

15

10

5

0



5

10

15

20

25

30

35

40

45

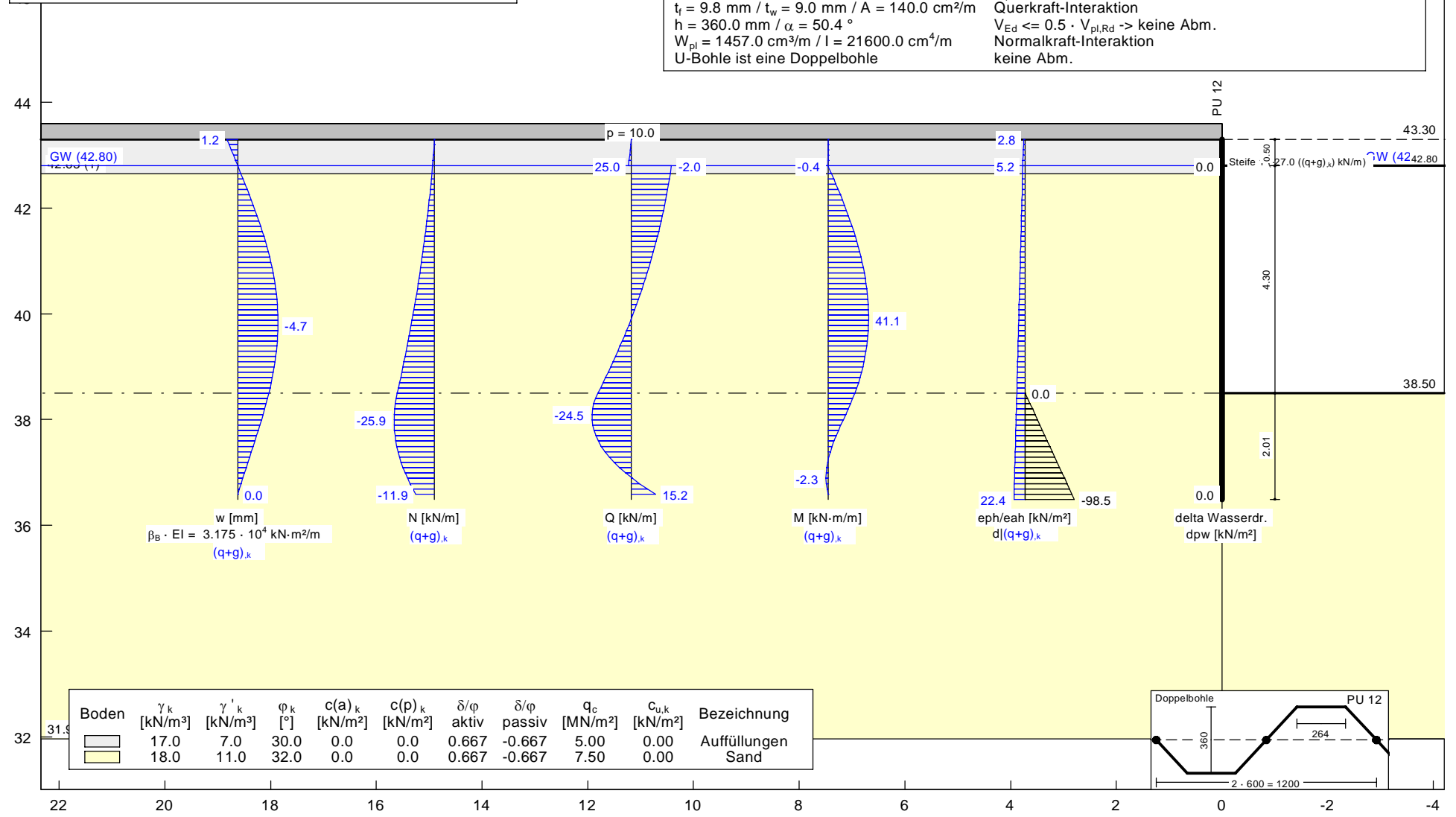
Verbau-Durchlass, BS-T
Spundwand
PU 12
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
Ersatzerddruck-Beiwert $k_{ah} [-] = 0.200$
Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011
Einspanngrad = 0.250
Erf. Profillänge = 6.81 m

Erf. Einbindetiefe = 2.01 m
 $\gamma_G = 1.20$
 $\gamma_Q = 1.30$
 $\gamma_{Ep} = 1.30$
 μ (Hydr. Grundbruch) = 0.00
mob. Ep erfüllt / $\mu = 0.61$
 μ (Vert. Tragfähigkeit) = 0.62

Bemessungswerte:
Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)
Bemessungssituation: max M,gq
 $M_{Ed} = 50.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{Ed} = 0.6 \text{ kN/m}$
 $N_{Ed} = -17.6 \text{ kN/m}$ (Druck)
Profil: PU 12 Stahlgüte: S 240 GP
 $b = 600.0 \text{ mm}$ / $b_f = 264.1 \text{ mm}$
 $t_f = 9.8 \text{ mm}$ / $t_w = 9.0 \text{ mm}$ / $A = 140.0 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $h = 360.0 \text{ mm}$ / $\alpha = 50.4^\circ$
 $W_{pl} = 1457.0 \text{ cm}^3/\text{m}$ / $I = 21600.0 \text{ cm}^4/\text{m}$
U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00$ / $\gamma_{M1} = 1.10$
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 27.2$
Querschnittsklasse: 2
 $\beta_B = 0.800$ / $\beta_D = 0.700$
 $f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$
 $M_{c,Rd} = 279.7 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{pl,Rd} = 727.9 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.001$)
 $N_{pl,Rd} = 3360.0 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.005$)
Querkraft-Interaktion
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.
Normalkraft-Interaktion
keine Abm.

Nachweis M_{Rd}
 $M_{c,Rd} = 279.7 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.179$
Knicklänge = 5.83 m
 $N_{cr} = 9220.1 \text{ kN/m}$
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.002 \leq 0.04$
 \rightarrow Kein Knicknachweis
max $\mu = 0.179$



Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Verbau-Durchlass, BS-T

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 43.30 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.100 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.100 m

Baugrubensohle = 38.50 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 42.80 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 42.80 m

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

Teilsicherheiten

$\gamma_G = 1.20$

$\gamma_Q = 1.30$

$\gamma_{Ep} = 1.30$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Flächenlast p = 10.00 kN/m² als Verkehrslast

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch und Einspanngrad von 0.250 vorgegeben

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

Eph,d = 89.48 kN/m (Epv,d = -34.97 kN/m)

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

Bh(g+q),d = 89.48 kN/m

Bh,g,d = 74.68 kN/m

Bh,q,d = 14.79 kN/m

Bh,w,d = 0.00 kN/m

Ersatzkräfte C_h (Blum)

C_{h,k} = 15.16 kN/m

C_{h,g,k} = 12.22 kN/m

C_{h,q,k} = 2.94 kN/m

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

Anker und Steifen

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·m ² /m]	Steife
1	42.80	0.00	6.00	-33.23	-27.00	-18.80	0.00	2.100E+7	2.100E+7	

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]
-6.00	42.80	0.0	0.0	-33.23	0.00	0.00
-5.40	42.80	0.0	0.0	-33.23	0.00	0.00
-5.40	42.80	0.0	0.0	-33.23	0.00	0.00
-4.80	42.80	0.0	0.0	-33.23	0.00	0.00
-4.20	42.80	0.0	0.0	-33.23	0.00	0.00
-3.60	42.80	0.0	0.0	-33.23	0.00	0.00
-3.00	42.80	0.0	0.0	-33.23	0.00	0.00

-2.40	42.80	0.0	0.0	-33.23	0.00	0.00
-1.80	42.80	0.0	0.0	-33.23	0.00	0.00
-1.20	42.80	0.0	0.0	-33.23	0.00	0.00
-0.60	42.80	0.0	0.0	-33.23	0.00	0.00
0.00	42.80	0.0	0.0	-33.23	0.00	0.00

Bodenkennwerte

Schicht	UK	γ_k	γ'_{k}	φ_k	$c(akt),k$	$c(pas),k$	$d(a)/\varphi$	$d(p)/\varphi$	q_c	$c_{u,k}$
[-]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[MN/m ²]	[kN/m ²]
1	42.65	17.00	7.00	30.00	0.00	0.00	0.667	-	5.00	0.00
2	31.96	18.00	11.00	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.667	7.50	0.00

Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert kah [-] = 0.200

bestimmt nach: DIN 4085

Schicht	UK	k_{agh}	k_{ach}	φ_k	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	42.65	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98
2	31.96	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17

Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	Wasserdruck
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	oben[kN/m ²]	unten[kN/m ²]
43.300	42.800	2.794	5.168	0.00	0.00
42.800	42.650	5.168	5.462	0.00	0.00
42.650	42.255	5.008	6.122	0.00	0.00
42.255	41.267	6.122	8.906	0.00	0.00
41.267	40.279	8.906	11.690	0.00	0.00
40.279	39.883	11.690	12.804	0.00	0.00
39.883	39.290	12.804	14.474	0.00	0.00
39.290	38.500	14.474	16.701	0.00	0.00
38.500	38.299	16.701	17.268	0.00	0.00
38.299	37.997	17.268	18.119	0.00	0.00
37.997	37.293	18.119	20.103	0.00	0.00
37.293	36.588	20.103	22.088	0.00	0.00
36.588	31.960	22.088	35.129	0.00	0.00

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

Schicht	UK	k_{pgh}	k_{pch}	φ_k	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
2	31.96	5.787	5.912	32.000	-21.34	16.70

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
39.29	38.50	0.00	0.00
38.50	38.30	0.00	-9.85
38.30	38.00	-9.85	-24.63
38.00	37.29	-24.63	-59.12
37.29	36.59	-59.12	-93.61
36.59	31.96	-93.61	-320.25

Resultierende Belastung (h)orizontal und (v)ertikal ([g+q],k)

Tiefe	h	v
[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
43.30	2.79	2.12
42.80	5.17	2.98
42.65	5.46	3.09
42.65	5.01	3.06
42.25	6.12	3.49
41.27	8.91	4.58
40.28	11.69	5.67
39.88	12.80	6.10
39.29	14.47	6.75
38.50	16.70	7.63
38.30	9.22	4.70
38.00	-2.00	0.32
37.29	-28.18	-9.91

36.59 -54.36 -20.14

Schnittgrößen ([g+q],k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]	A(h) [kN/m]
43.30	0.0	0.0	0.0	
42.80	-1.3	-2.0	-0.4	-27.0
42.80	-1.3	25.0	-0.4	
42.65	-1.7	24.2	3.2	
42.25	-3.0	22.0	12.4	
41.27	-7.0	14.6	30.7	
40.28	-12.1	4.4	40.3	
39.88	-14.4	-0.4	41.1	
39.29	-18.2	-8.5	38.5	
38.50	-23.9	-20.8	27.1	
38.30	-25.1	-23.4	22.6	
38.00	-25.9	-24.5	15.3	
37.29	-22.5	-13.9	0.6	
36.59	-11.9	15.2	0.0	

Schnittgrößen (w,k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]	A(h) [kN/m]
43.30	0.0	0.0	0.0	
42.80	0.0	0.0	0.0	0.0
42.65	0.0	0.0	0.0	
42.25	0.0	0.0	0.0	
41.27	0.0	0.0	0.0	
40.28	0.0	0.0	0.0	
39.88	0.0	0.0	0.0	
39.29	0.0	0.0	0.0	
38.50	0.0	0.0	0.0	
38.30	0.0	0.0	0.0	
38.00	0.0	0.0	0.0	
37.29	0.0	0.0	0.0	
36.59	0.0	0.0	0.0	

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit $\beta_D \cdot EI = 3.175E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
43.30	1.2
42.80	0.0
42.65	-0.4
42.25	-1.4
41.27	-3.4
40.28	-4.6
39.88	-4.7
39.29	-4.5
38.50	-3.6
38.30	-3.3
38.00	-2.8
37.29	-1.4
36.59	0.0

Weggrößen (w,k)

berechnet mit $\beta_D \cdot EI = 3.175E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
43.30	0.0
42.80	0.0
42.65	0.0
42.25	0.0
41.27	0.0
40.28	0.0
39.88	0.0
39.29	0.0
38.50	0.0
38.30	0.0
38.00	0.0
37.29	0.0

36.59 0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

$\phi_{i,[g+q],k} = -0.11380649$

Theoretischer Fußpunkt = 36.588 m

$\phi_{i,w,k} = 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 36.588 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max M,gq

$M_{Ed} = 50.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

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

$N_{Ed} = -17.6 \text{ kN/m}$ (Druck)

Profil: PU 12 Stahlgüte: S 240 GP

$b = 600.0 \text{ mm}$ / $b_f = 264.1 \text{ mm}$

$t_f = 9.8 \text{ mm}$ / $t_w = 9.0 \text{ mm}$ / $A = 140.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 360.0 \text{ mm}$ / $\alpha = 50.4^\circ$

$W_{pl} = 1457.0 \text{ cm}^3/\text{m}$ / $I = 21600.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

U-Bohle ist eine Doppelbohle

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

$\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 27.2$

Querschnittsklasse: 2

$\beta_B = 0.800$ / $\beta_D = 0.700$

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

$M_{c,Rd} = 279.7 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$V_{pl,Rd} = 727.9 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.001$)

$N_{pl,Rd} = 3360.0 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.005$)

Querkraft-Interaktion

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

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis M_{Rd}

$M_{c,Rd} = 279.7 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.179$

Knicklänge = 5.83 m

$N_{cr} = 9220.1 \text{ kN/m}$

$N_{Ed} / N_{cr} = 0.002 \leq 0.04$

\rightarrow Kein Knicknachweis

max $\mu = 0.179$

max $M_d = 50.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = 39.88 m)

Zugehörige Werte: $N_d = -17.6 \text{ kN/m}$; $Q_d = -0.6 \text{ kN/m}$; $w_k = 4.7 \text{ mm}$

max $Q_d = 30.7 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = 42.80 m)

Zugehörige Werte: $N_d = -1.6 \text{ kN/m}$; $M_d = -0.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max $N_d = 31.6 \text{ kN/m}$ (Tiefe = 38.00 m)

Zugehörige Werte: $Q_d = -29.9 \text{ kN/m}$; $M_d = 18.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w_k = 3.4 \text{ mm}$

max $w_k = 4.7 \text{ mm}$ (Tiefe = 39.78 m)

Zugehörige Werte: $N_d = -18.4 \text{ kN/m}$; $Q_d = -2.1 \text{ kN/m}$; $M_d = 50.1 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Vergrößerung der Einbindetiefe um 5.00 %

Einbindetiefe $t_g = 2.01 \text{ m}$

Profillänge = 6.81 m

Nachweis Summe V

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

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

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

$G_k = 7.48 \text{ kN/m}$

$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$E_{av,k} = 33.11 \text{ kN/m}$ ($E_{ah,k} = 84.91 \text{ kN/m}$)

$C_{h,k} = 15.16 \text{ kN/m}$

$B_{v,k} = -28.55 \text{ kN/m}$

$\delta_p [^\circ] = -21.3$

$\delta_C [^\circ] = 10.7$

Summe $V_k = 16.42 \text{ kN/m}$ (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

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

Profil: PU 12

Abminderung $q_{b,k}$ und $q_{s,k}$ wegen Einbindetiefe $t_g < 3.00 \text{ m} = (t_g - 0,50) / 2,50 = 0.603$

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

$$R_{Bv,d} = (73.07 - 1/2 \cdot 15.16) \cdot \tan(32.0^\circ) / 1.30 = 31.48 \text{ kN/m}$$

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

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 15.16 \cdot \tan(21.3^\circ) / 1.30 = 2.28 \text{ kN/m}$$

Spitzendruck $q_{c,m} = 7.50 \text{ MN/m}^2$

(gemittelt von 36.85 bis 35.05 m) $\Rightarrow q_{b,k} = 4.52 \text{ MN/m}^2$

$$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0140 \cdot 4.52 \cdot 1000 / 1.40 = 45.22 \text{ kN/m}$$

Mantelreibung

von	bis	$q_{s,k} [\text{kN/m}^2]$	Bezeichnung
38.50	36.49	12.06	Sand

Mantelfläche (TF + dt1) von 36.59 bis 36.49 m = 1.219 m²/m $\Rightarrow R_{s3,d}$

$$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 1.40 / 1.40 = 1.00 \text{ kN/m}$$

$$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 79.98 \text{ kN/m}$$

Einwirkungen

$$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 8.98 + 40.40 + 0.00 = 49.38 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 49.38 / 79.98 = 0.62$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.00

gamma(Gewicht) = 0.90

gamma(Strömungskraft) = 1.35

UK Schicht = 43.30

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) $\gamma_{Gr} = 1.300$

Breite = 0.96 m

Gewicht G_k (einschließlich Verkehr) = 145.14 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.083)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 34.49 [\text{kN/m}]$

Kohäsionskraft $K_k = 0.00 [\text{kN/m}]$

Grundbruchlast $P_{g,k} = 1206.07 [\text{kN/m}]$

Grundbruch mit:

Reibungswinkel $\varphi_k = 32.00 [^\circ]$

Kohäsion $c_k = 0.00 [\text{kN/m}^2]$

$N_d = 23.177 / N_b = 13.857 / N_c = 35.490$

$\sigma_{\bar{u}} = 42.153 [\text{kN/m}^2]$

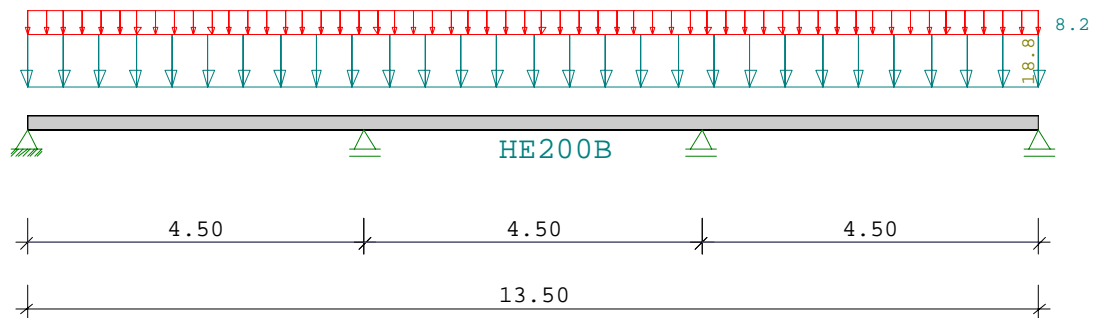
$$\mu_e = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.183$$

$$\mu_e = [145.14 \cdot 1.20] / [(1206.07 + 0.00) / 1.300 + 34.49] = 0.183$$

Position: Gurtung_HEB-200 Spundwandkasten_Durchlass

Durchlaufträger DLT10 01/2022 (Frilo R-2022-1)

Maßstab 1 : 100



Stahlträger über 3 Felder S235 DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
E-Modul $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

System	Länge	Querschnittswerte					
Feld	L (m)		QNr.	I (cm ⁴)	Wo (cm ³)	Wu (cm ³)	
1	4.500	konstant	1	5700.0	570.0	570.0	HE200B
2	4.500	konstant	1	5700.0	570.0	570.0	HE200B
3	4.500	konstant	1	5700.0	570.0	570.0	HE200B

Trägerbezogene Lasten (kN,m)							
Belastung (kN,m)	Lasttyp:	1=Gleichlast über L 3=Einzelmoment bei a 5=Dreieckslast über L			2=Einzellast bei a 4=Trapezlast von a - a+b 6=Trapezlast über L		
Typ EG Gr	VK	g _L /r	q _L /r	Fak.	Abst. Lb/Lc	ausPOS	Phi
1 N		18.800	8.200	1.000			

Einwirkungen:						
Nr	KI	Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	γ
N 8		sonstige veränderliche Lasten	0.80	0.70	0.50	1.50

Schadensfolgeklasse CC 2 nach EN 1990 Tab. B1 -> $K_{FI} = 1.0$ Tab. B3
In den folgenden Tabellen steht am Ende der Zeilen ein Verweis auf die Nummer der zug. Überlagerung (siehe unten).
In Tabellen mit Gammafachen Schnittgrößen steht zusätzlich ein Verweis auf die Leiteinwirkung.

Ergebnisse für 1-fache Lasten							
Feldmomente Maximum				(kNm , kN)			
Feld		Mf	M li	M re	V li	V re	komb
1	x0 = 1.870	47.12	0.00	-46.37	50.45	-71.05	2
2	x0 = 2.250	21.97	-46.37	-46.37	60.75	-60.75	3
3	x0 = 2.630	47.12	-46.37	0.00	71.05	-50.44	2

Stützmomente Maximum						(kNm , kN)	
Stütze	M li	M re	V li	V re	max F	min F	komb
1	0.00	0.00	0.00	50.44	50.44	31.99	2
2	-57.44	-57.44	-73.51	63.83	137.34	89.37	5
3	-57.44	-57.44	-63.83	73.51	137.34	89.37	7
4	0.00	0.00	-50.44	0.00	50.44	31.99	2

Auflagerkräfte							(kN)
Stütze	aus g	max q	min q	Vollast	max	min	
1	33.84	16.61	-1.85	48.60	50.44	31.99	
2	93.06	44.28	-3.69	133.65	137.34	89.37	
3	93.06	44.28	-3.69	133.65	137.34	89.37	
4	33.84	16.61	-1.84	48.60	50.44	31.99	
Summe:	253.80	121.77	-11.07	364.50	375.57	242.73	

Auflagerkräfte									(kN)
EG	Stütze 1		Stütze 2		Stütze 3		Stütze 4		
	max	min	max	min	max	min	max	min	
g	33.8	33.8	93.1	93.1	93.1	93.1	33.8	33.8	
N	16.6	-1.8	44.3	-3.7	44.3	-3.7	16.6	-1.8	
Sum	50.4	32.0	137.3	89.4	137.3	89.4	50.4	32.0	

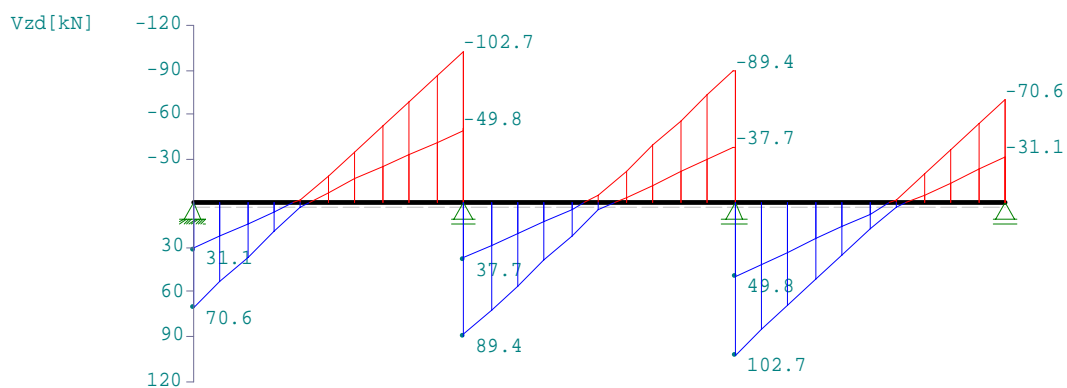
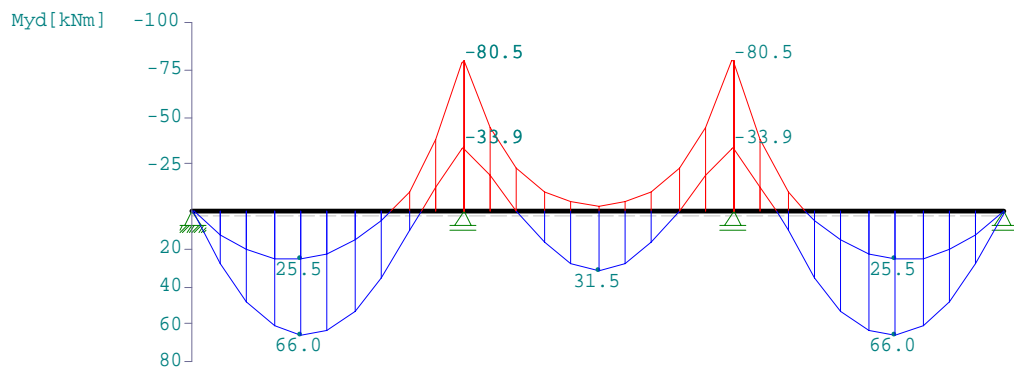
Ergebnisse für y-fache Lasten

Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_G \cdot K_{Fi} = 1.35$ über Trägerlänge konstant

Feldmomente Maximum						(kNm , kN)	
Feld		Mfd	Mdli	Mdre	V li	V re	komb
1	x0 = 1.870	66.12	0.00	-63.85	70.59	-98.97	N 2
2	x0 = 2.250	31.53	-63.85	-63.85	84.78	-84.78	N 3
3	x0 = 2.630	66.12	-63.85	0.00	98.97	-70.59	N 2

Stützmomente Maximum						(kNm , kN)	
Stütze	Mdli	Mdre	Vdli	Vdre	max F	min F	komb
1	0.00	0.00	0.00	70.59	70.59	31.07	N 2
2	-80.45	-80.45	-102.66	89.39	192.05	87.52	N 5
3	-80.45	-80.45	-89.39	102.66	192.05	87.52	N 7
4	0.00	0.00	-70.59	0.00	70.59	31.07	N 2

Maßstab 1 : 125



Querschnitte S235		fyk = 235 N/mm ²				
Art	Name	Npl	Mplyd	Vplyd	Mplzd	Vplyd
4	HE200B	1835	151	337	72	814

Nachweis nach DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08 6.2.1 (6.1)									$\gamma_{M0} = 1.00$	
Feld Nr.	x (m)	QNr.	My,ed (kNm)	Vz,ed (kN)	σ_v (N/mm ²)	τ	QKL	η	komb	
1	0.000	1	0.0	70.6	75	43	1	0.32	N	2
	1.870	1	66.1	0.1	116	0	1	0.49	N	2
	4.500	1	-80.5	-102.7	144	17	1	0.61	N	5
2	0.000	1	-80.5	89.4	143	15	1	0.61	N	5
	2.250	1	31.5	0.0	55	0	1	0.24	N	3
	4.500	1	-80.5	-89.4	143	15	1	0.61	N	7
3	0.000	1	-80.5	102.7	144	17	1	0.61	N	7
	2.630	1	66.1	-0.1	116	0	1	0.49	N	2
	4.500	1	0.0	-70.6	75	43	1	0.32	N	2

Nachweis nach DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08 6.2.1 (6.2)								$\gamma_{M0} = 1.00$
Feld Nr.	x (m)	$M_{y,ed}$ (kNm)	$V_{z,ed}$ (kN)	QKL (-)	ρ (-)	M_{Rd} (kNm)	η	komb
1	0.000	0.0	70.6	1	0.00	151.3	0.21	N 2
	1.870	66.1	0.1	1	0.00	151.3	0.44	N 2
	4.500	-80.5	-102.7	1	0.00	151.3	0.53	N 5
2	0.000	-80.5	89.4	1	0.00	151.3	0.53	N 5
	2.250	31.5	0.0	1	0.00	151.3	0.21	N 3
	4.500	-80.5	-89.4	1	0.00	151.3	0.53	N 7
3	0.000	-80.5	102.7	1	0.00	151.3	0.53	N 7
	2.630	66.1	-0.1	1	0.00	151.3	0.44	N 2
	4.500	0.0	-70.6	1	0.00	151.3	0.21	N 2

Biegedrillknicken nach DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08 Gl.6.54, Anhang B

Der Druckgurt ist nur an den Auflagern gehalten.

Die Lasten sind OK Balken angesetzt.

Feld Nr.	$M_{Ed,y}$ (kNm)	$M_{Rk,y}$ (kNm)	λ_{lt}	κ_{lt}	γ_{MEt}	komb
1	80.45	151.31	0.61	0.91	1.10	N 5
2	80.45	151.31	0.51	0.96	1.10	N 5
3	80.45	151.31	0.61	0.91	1.10	N 7

Zulässige Durchbiegungen : im Feld $zul f = L / 300$
charakteristische Kombination

Feld Nr.	x (m)	f_g (cm)	f_{tot} (cm)	f (cm)	zul f (cm)	η	komb
1	2.250	0.44	0.71	0.714	1.500	0.48	2
2	2.250	0.03	0.22	0.224	1.500	0.15	3
3	2.250	0.44	0.71	0.714	1.500	0.48	2

In der folgenden Tabelle sind die Lasten mit der internen Numerierung angegeben. Die anschließende Tabelle der gerechneten Kombinationen referenziert auf diese Nummern.

Belastung Lasttyp: 1=Gleichlast über L 2=Einzellast bei a
(kN,m) 3=Einzelmoment bei a 4=Trapezlast von a - a+b
5=Dreieckslast über L 6=Trapezlast über L

Nr.	Feld	Typ	Grp	g1	q1	g2	q2	Faktor	Abstand	Länge
1	1	4	N1	18.80	8.20	18.80	8.20	1.00	0.00	4.50
2	2	4	N2	18.80	8.20	18.80	8.20	1.00	0.00	4.50
3	3	4	N3	18.80	8.20	18.80	8.20	1.00	0.00	4.50

Gerechnete Kombinationen aus 3 Lasten

Last	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
	g	g	g	g	g	g	g
1	.	x	.	.	x	x	.
2	.	.	x	.	x	.	x
3	.	x	.	x	.	.	x

Die vorstehenden Kombinationen werden wie folgt bearbeitet:

Beim Nachweis der Tragsicherheit werden die ständigen Lasten

alle gleichzeitig alternierend mit $\gamma_G = 1,00 / 1,35$ beaufschlagt.

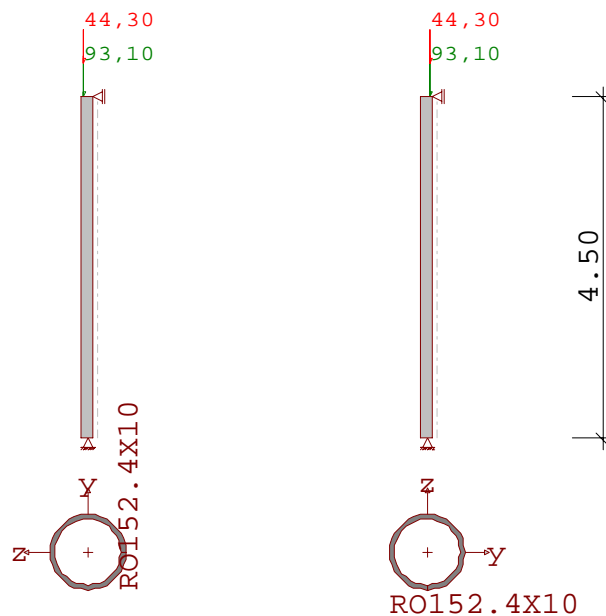
Wenn in einer Kombination p-Lasten aus unterschiedlichen Einwirkungen vorhanden sind, dann wird jeweils untersucht, welche Einwirkung die Leiteinwirkung ist.

Die Auswirkung der Lasteinwirkungsdauer wird ebenfalls geprüft.

Position: Aussteifung-Ro-150x10 Spundwandkasten_Durchlass

Stahlstütze ST1 01/2014/C (Frilo R-2022-1)

Maßstab 1 : 100



(Die Lasten werden nicht an ihren Lastangriffspunkten dargestellt.)

PENDELSTÜTZE RO 152.4 X 10 h = 4.50 m S235

Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M = 1.10$ Eigengewicht = 0.351 kN/m

AUFLAGER : -1 = starr , 0 = frei , > 0 = elastisch (kN/m , kNm)

Knoten	in z	in y	um y	um z
Kopf	-1	-1	0	0
Fuss	-1	-1	0	0

EINFACHE LASTEN (q-Anteile : $\gamma_F = 1.50$; z_p : Oberseite)

Vertikallast	Nr. 1 : VG	=	93.10 kN	VQ =	44.30 kN
	ez	=	4.50 cm	ey =	4.50 cm

AUFLAGERKRÄFTE Grundkomb.		(ohne γ_F)				
Lager	Ew	V (kN)	H _z (kN)	H _y (kN)	M _y (kNm)	M _z (kNm)
Kopf	G	-0.00	-0.93	0.93	0.00	0.00
	Q	-0.00	-0.44	0.44	0.00	0.00
Fuß	G	94.68	0.93	-0.93	-0.00	0.00
	Q	44.30	0.44	-0.44	-0.00	0.00

SCHNITTGRÖSSEN Grundkomb. nach Th.1.O. , h = 4.50 m γ_F -fach

Nd =	-194.27 kN	Myd =	8.65 kNm	Mzd =	-8.65 kNm
		Vzd =	1.92 kN	Vyd =	-1.92 kN

SPANNUNGEN Grundkomb. nach Th.1.O. , h = 4.50 m GammaF-fach

vorh.SigmaX / fyd = 125.19 / 218.2 = 0.57 < 1
 vorh.Tau / TauRd = 1.21 / 126.0 = 0.01 < 1
 vorh.SigmaV / fyd = 125.19 / 218.2 = 0.57 < 1

NACHWEIS BIEGEKNICKEN DIN 18800 T2

Grundkomb. Nd = 194.27 kN Myd = 8.65 Mzd = 8.65 kNm
 Vzd = -1.92 Vyd = 1.92 kN
 Gleichung 29 : Eta = 0.72 < 1

NACHWEIS BIEGEDRILLKNICKEN DIN 18800 T2 (Ersatzstab nach BTII)

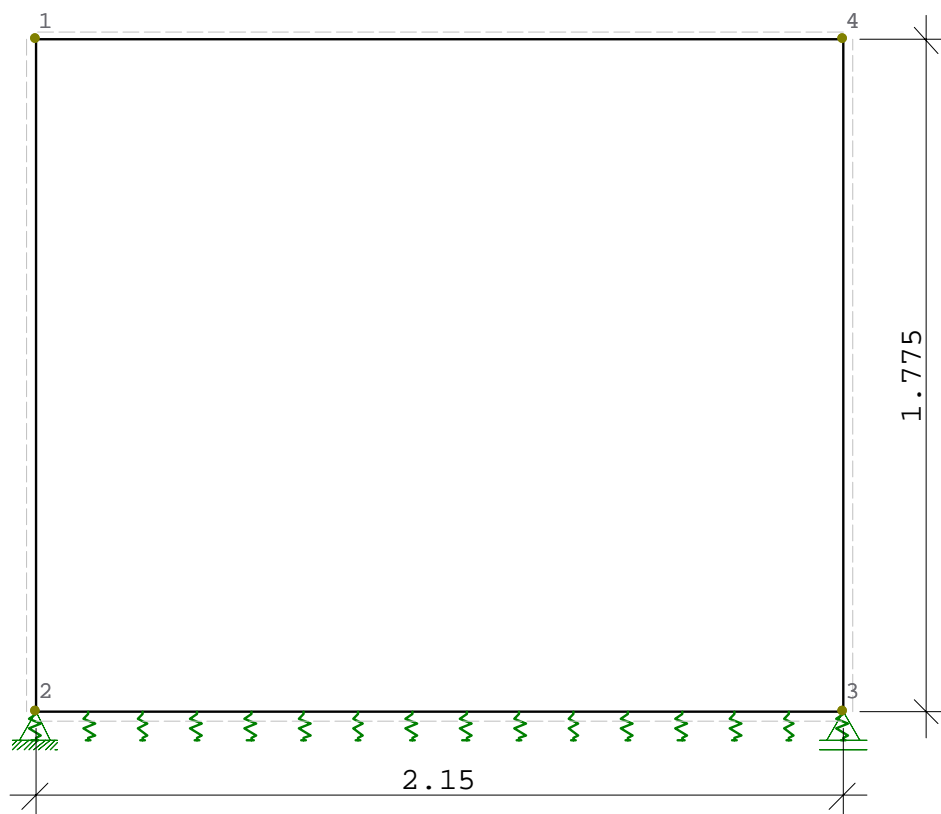
Grundkomb. : Nachweis für Biegedrillknicken nicht erforderlich.

DURCHBIEGUNGEN für 1-fache Lasten , h = 2.53 m				zul f = L / 200	
vorh.fRes / zul f	=	0.47 / 2.25	=	0.21	< 1

Position: Rechteckrahmenprofil Durchlass

Ebenes Stabwerk ESK1 02/2019D (Frilo R-2022-1)

System M 1 : 20



BAUSTOFF : C30/37 E-Modul $E = 3300.00 \text{ kN/cm}^2$ $\gamma_M = 1.50$
 spez. Gewicht : 2.50 kg/dm^3

QUERSCHNITTSWERTE			Träg.mom.	Fläche	Bettung
Q.Nr	Mat.	Nr	I (cm ⁴)	A (cm ²)	K_b (kN/cm ²)
1	1	100x30 (	225000	3000.0	0.000
2	1	100x25 (	130208	2500.0	0.000
3	1	100x25 (	130208	2500.0	0.100

PLASTISCHE SCHNITTGRÖßEN						
Nr	Mat	NPI (kN)	Mply (kNm)	Qplz (kN)	Mplz (kNm)	Qply (kN)
1	1	150000	11250	43301	37500	43301
2	1	125000	7812.5	36084	31250	36084
3	1	125000	7812.5	36084	31250	36084

QUERSCHNITTSABMESSUNGEN in (cm)

Q.Nr.	Mat.Nr	b	d	Faktor
1	1	100.0	30.0	1.00
2	1	100.0	25.0	1.00
3	1	100.0	25.0	1.00

Querschnitte 1 2 3 : Schubbemessung wie Platte

BEWEHRUNGSLAGE: d1 = 7.0 cm d2 = 7.0 cm

SYSTEM Stab Nr.	Projektionen		Querschnitt		Knoten	
	Lx (m)	Lz (m)	Q1	Q2	Ende 1	Ende 2
1	0.000	-1.775	2	2	1.0	2.0
2	2.150	0.000	3	3	2.0	3.0
3	0.000	1.775	2	2	3.0	4.0
4	-2.150	0.000	1	1	4.0	1.0

AUFLAGER : -1 = starr , 0 = frei , > 0 = elastisch (kN/cm , kNcm)			
Knoten	horizontal	vertikal	drehend
2	-1	-1	0
3	0	-1	0

Volumen der Konstruktion V = 2.070 m³
Gewicht der Konstruktion G = 5175 kg

BELASTUNG Nr. 1 Lastfall: Eigengewicht
Einwirkung Nr. 99 Ständige Lasten $\gamma = 1.35$
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

Eigenlastfaktor in z-Richtung Fak_g_z = 1.00

Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	0.000	51.750

AUFLAGERKRÄFTE		Th. 1.Ord.	Lastfall 1 : Eigengewicht
Knoten	Kraft H	Kraft V	Moment M
Nr.	(kN)	(kN)	(kNm)
2	0.000	25.870	
3		25.870	
Summe :	0.000	51.740	

BELASTUNG Nr. 2 Lastfall: Erddruck,min.
Einwirkung Nr. 99 Ständige Lasten $\gamma = 1.35$
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN

Art:	1=Einzellast (kN)		3=Voll-Trapezlast (kN/m)			
	2=Einzelmomen(kNm)		4=Teil-Trapezlast (kN/m)			
Richtung:	1=horizontal		2=vertikal		bezogen auf Projektionen H, L	
	3=längs		4=quer		bezogen auf Stablänge	
Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
1	3	1	3.400	12.400		
3	3	1	-12.400	-3.400		

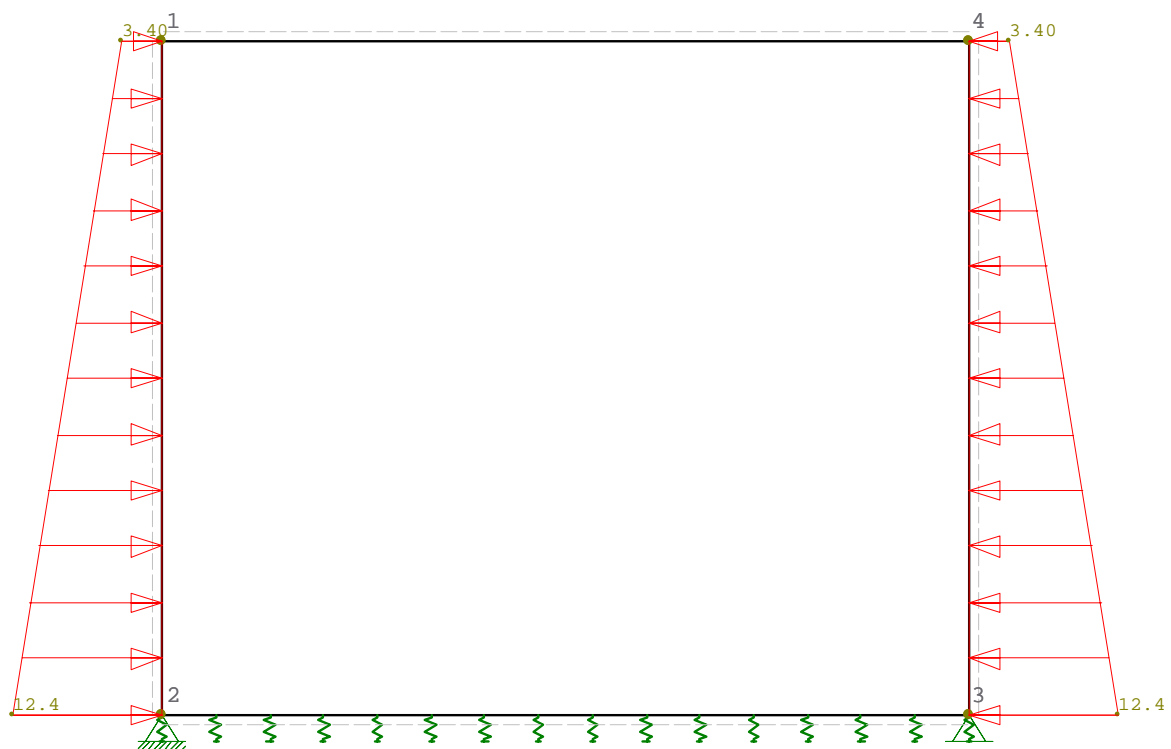
Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	0.000	0.000

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 2 : Erddruck,min.

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
2	0.000	-0.009	
3		-0.009	
Summe :	0.000	-0.018	

Belastung Lastfall Nr. 2 M 1 : 20



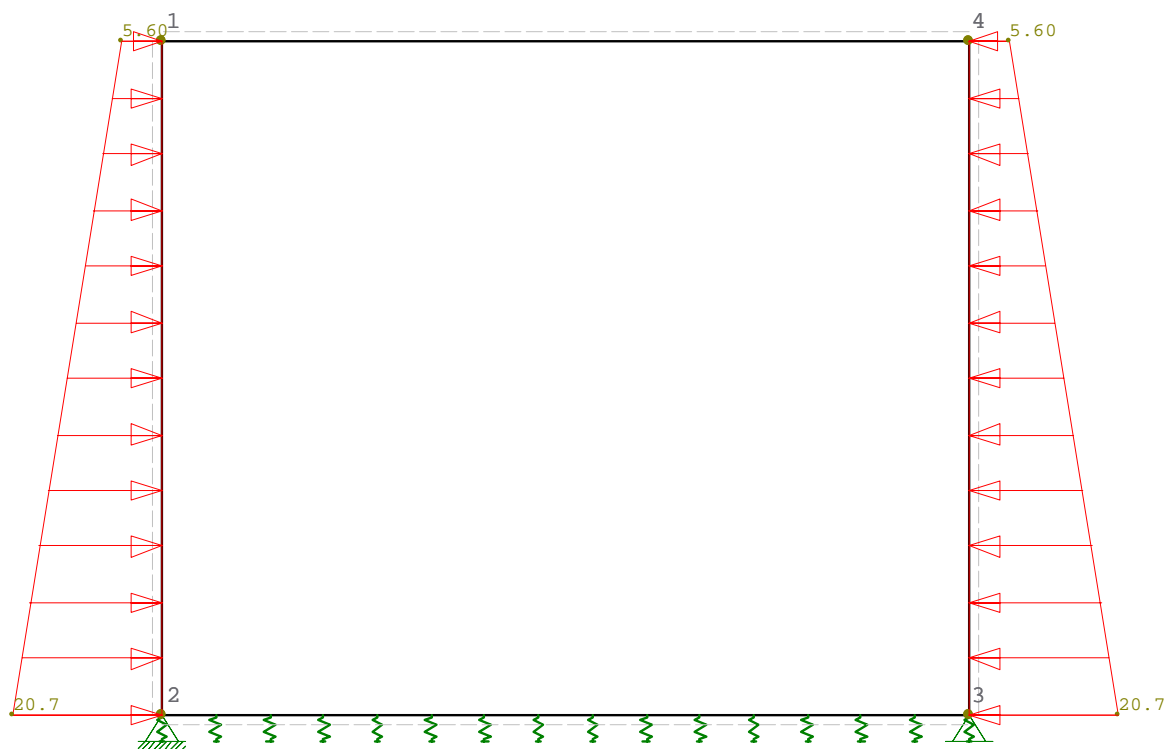
BELASTUNG Nr. 3 Lastfall: Erddruck,max
Einwirkung Nr. 99 Ständige Lasten $\gamma = 1.35$
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN						
Art:		1=Einzellast (kN)		3=Voll-Trapezlast (kN/m)		
		2=Einzelmomen(kNm)		4=Teil-Trapezlast (kN/m)		
Richtung:		1=horizontal	2=vertikal	bezogen auf Projektionen H, L		
		3=längs	4=quer	bezogen auf Stablänge		
Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
1	3	1	5.600	20.700		
3	3	1	-20.700	-5.600		

Summe aller äußeren Lasten(kN)		
Gesamt	Fx	Fz
	0.000	0.000

AUFLAGERKRÄFTE		Th. 1.Ord.	Lastfall 3 : Erddruck,max	
Knoten	Kraft H	Kraft V	Moment M	
Nr.	(kN)	(kN)	(kNm)	
2	0.000	-0.015		
3		-0.015		
Summe :	0.000	-0.029		

Belastung Lastfall Nr. 3 M 1 : 20



BELASTUNG Nr. 4 Lastfall: wasser, innen
 Einwirkung Nr. 99 Ständige Lasten $\gamma = 1.35$
 Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN

Art:	1=Einzellast (kN)		3=Voll-Trapezlast (kN/m)			
	2=Einzelmomen(kNm)		4=Teil-Trapezlast (kN/m)			
Richtung:	1=horizontal		2=vertikal		bezogen auf Projektionen H, L	
	3=längs		4=quer		bezogen auf Stablänge	
Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
1	3	1	0.000	-14.700		
2	3	2	14.700	14.700		
3	3	1	14.700	0.000		

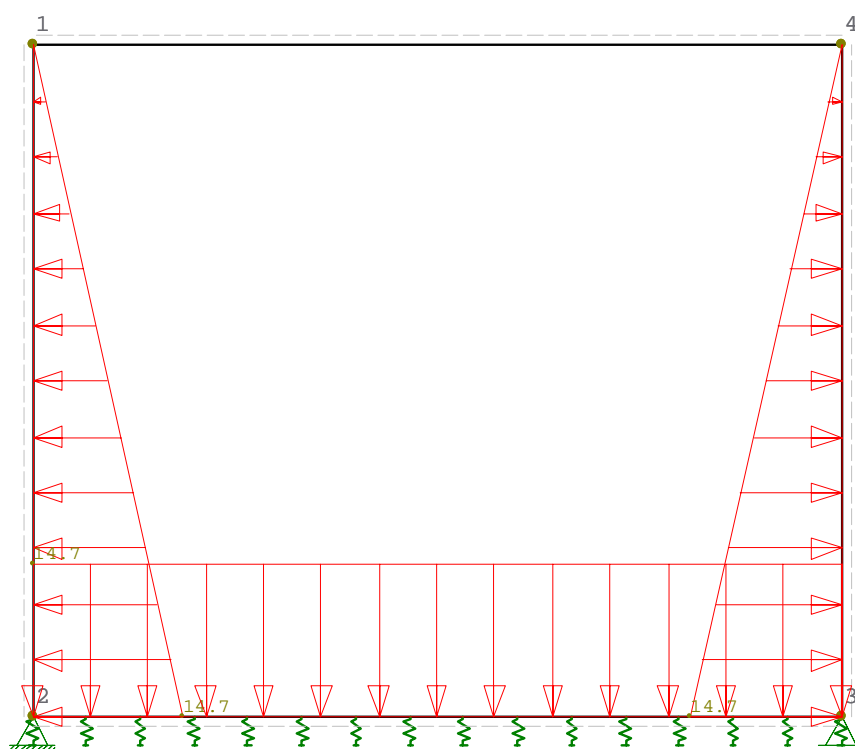
Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	0.000	31.605

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 4 : wasser, innen

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
2	0.000	15.793	
3		15.793	
Summe :	0.000	31.586	

Belastung Lastfall Nr. 4 M 1 : 20



BELASTUNG Nr. 5 Lastfall: wasser, außen
 Einwirkung Nr. 99 Ständige Lasten $\gamma = 1.35$
 Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN

Art:	1=Einzellast (kN)		3=Voll-Trapezlast (kN/m)			
	2=Einzelmomen(kNm)		4=Teil-Trapezlast (kN/m)			
Richtung:	1=horizontal		2=vertikal		bezogen auf Projektionen H, L	
	3=längs		4=quer		bezogen auf Stablänge	
Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
1	3	1	5.900	21.900		
2	3	2	-21.900	-21.900		
3	3	1	-21.900	-5.900		

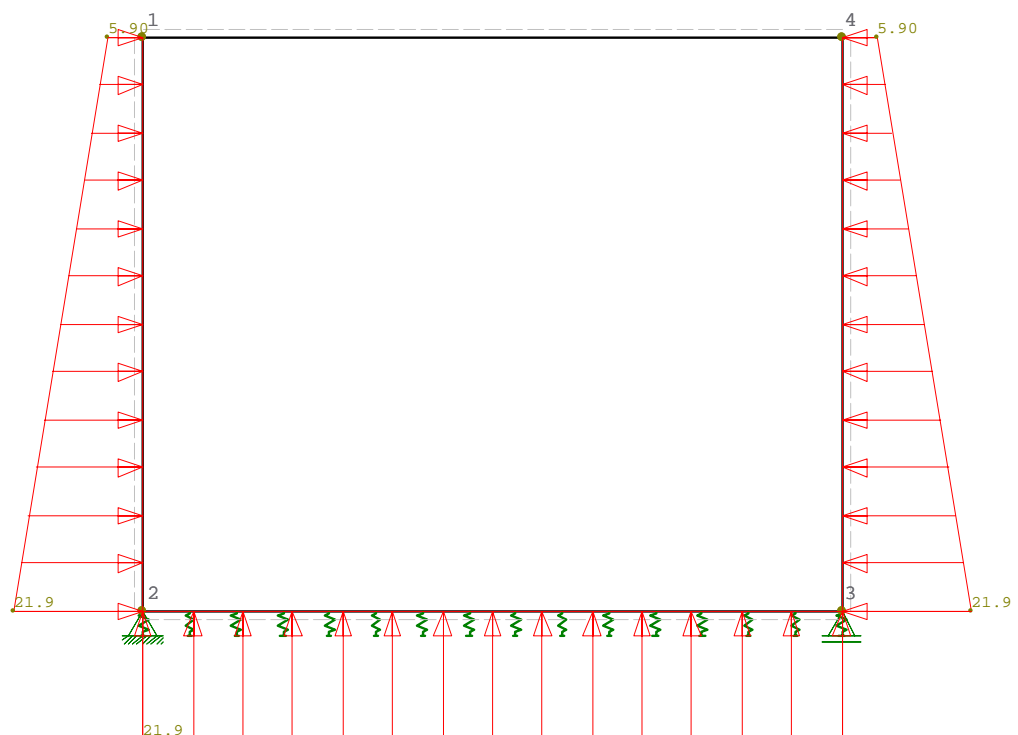
Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	0.000	-47.085

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 5 : wasser, außen

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
2	0.000	-23.531	
3		-23.531	
Summe :	0.000	-47.063	

Belastung Lastfall Nr. 5 M 1 : 20



BELASTUNG Nr. 6 Lastfall: Verkehr, neben BW
Einwirkung Nr. 14 sonstige veränderliche Lasten $\gamma = 1.50$
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN

Art:	1=Einzellast (kN)		3=Voll-Trapezlast (kN/m)			
	2=Einzelmomen(kNm)		4=Teil-Trapezlast (kN/m)			
Richtung:	1=horizontal		2=vertikal		bezogen auf Projektionen H, L	
	3=längs		4=quer		bezogen auf Stablänge	
Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
1	3	1	26.000	26.000		

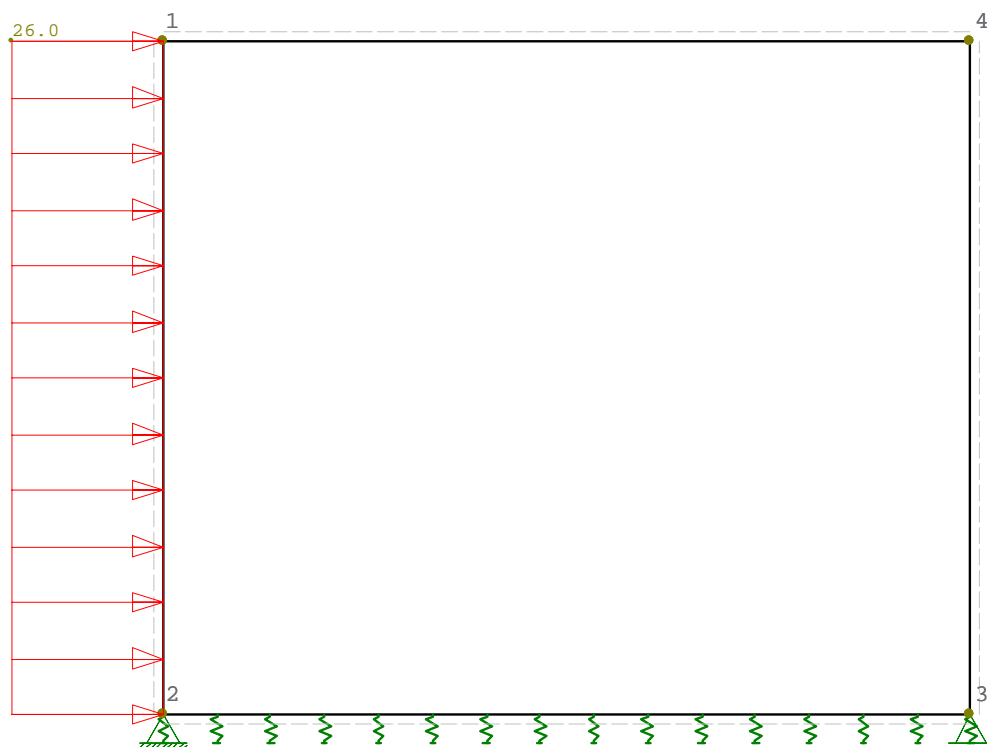
Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	46.150	0.000

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 6 : Verkehr, neben BW

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
2	46.150	-19.072	
3		19.044	
Summe :	46.150	-0.029	

Belastung Lastfall Nr. 6 M 1 : 20

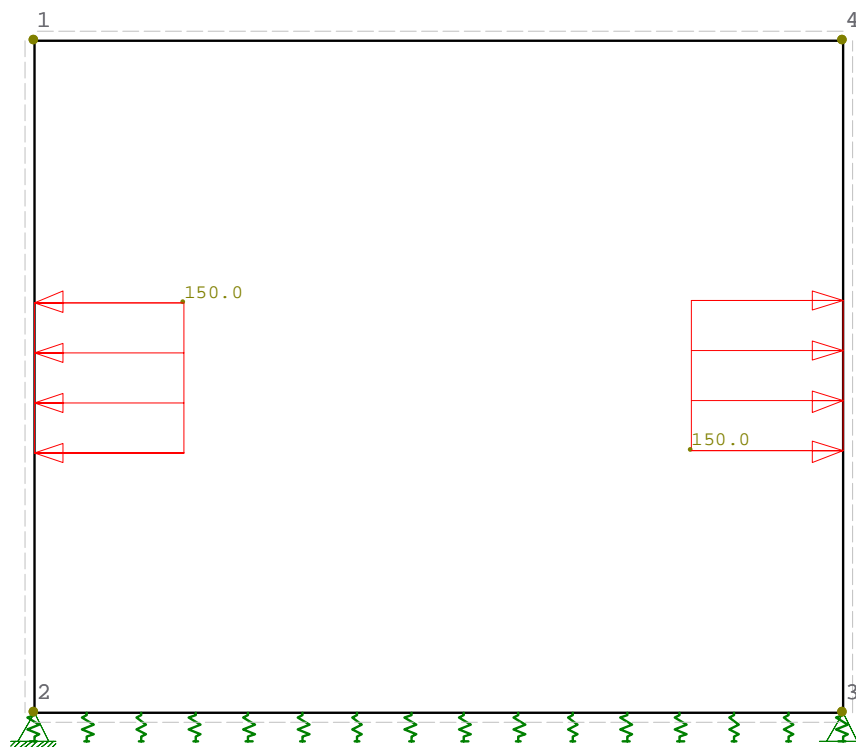


BELASTUNG Nr. 7 Lastfall: Eisdruck
 Einwirkung Nr. 14 sonstige veränderliche Lasten $\gamma = 1.50$
 Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN						
Art:		1=Einzellast (kN)		3=Voll-Trapezlast (kN/m)		
		2=Einzelmoment(kNm)		4=Teil-Trapezlast (kN/m)		
Richtung:		1=horizontal		2=vertikal		
		3=längs		4=quer		
				bezogen auf Projektionen H, L		
				bezogen auf Stablänge		
Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
1	4	1	-150.000	-150.000	0.690	0.400
3	4	1	150.000	150.000	0.690	0.400

AUFLAGERKRÄFTE		Th. 1.Ord.	Lastfall 7 : Eisdruck	
Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)	
2	0.000	-0.087		
3		0.193		
Summe :	0.000	0.106		

Belastung Lastfall Nr. 7 M 1 : 20



BELASTUNG Nr. 8 Lastfall: Verkehr, auf Decke
Einwirkung Nr. 99 Ständige Lasten $\gamma = 1.35$
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN

Art:	1=Einzellast (kN)		3=Voll-Trapezlast (kN/m)			
	2=Einzelmomen(kNm)		4=Teil-Trapezlast (kN/m)			
Richtung:	1=horizontal		2=vertikal		bezogen auf Projektionen H, L	
	3=längs		4=quer		bezogen auf Stablänge	
Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
4	3	2	52.000	52.000		

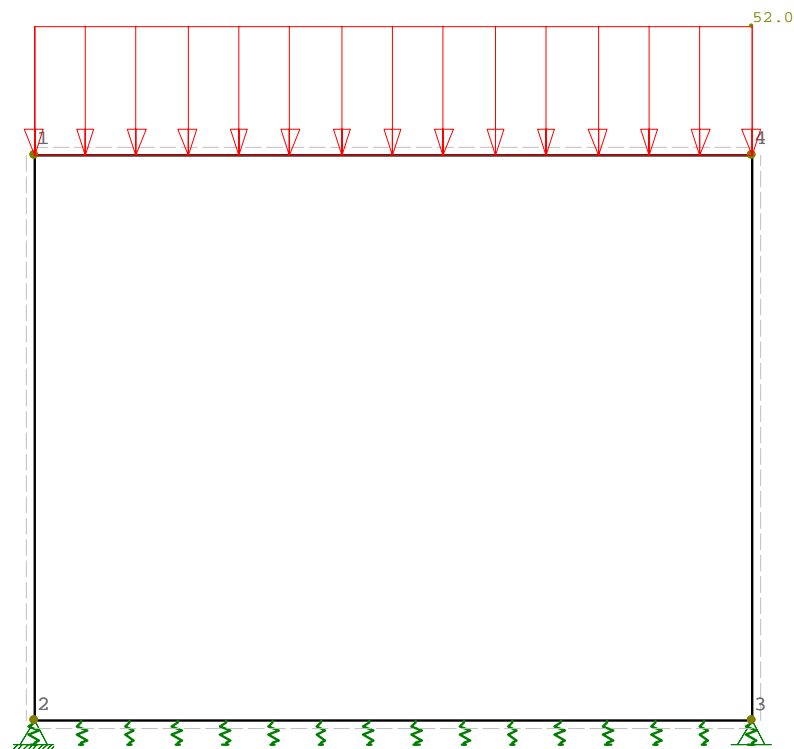
Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	0.000	111.800

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 8 : Verkehr, auf Decke

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
2	0.000	55.918	
3		55.918	
Summe :	0.000	111.836	

Belastung Lastfall Nr. 8 M 1 : 20

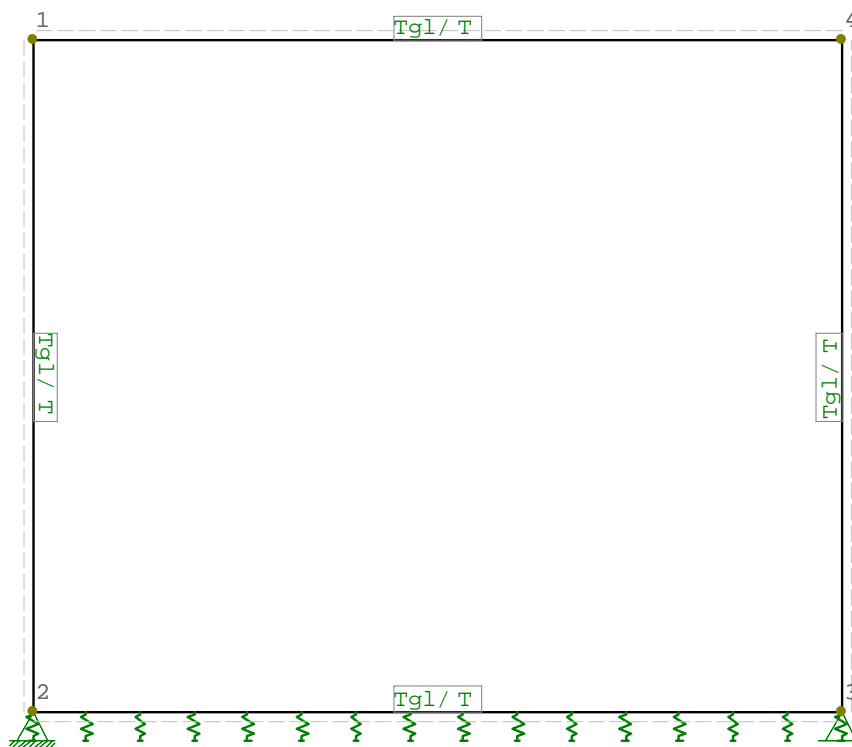


BELASTUNG Nr. 9 Lastfall: Temperatur-Winter
 Einwirkung Nr. 14 sonstige veränderliche Lasten $\gamma = 1.50$
 Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

Temperaturlasten von Stab Nr.	(Grad) bis Stab Nr.	const. T	Delta T	Alpha
1	4	-30.0	10.0	0.0000100

AUFLAGERKRÄFTE	Th. 1.Ord.	Lastfall 9 : Temperatur-Winter	
Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
2	0.000	-0.007	
3		-0.007	
Summe :	0.000	-0.014	

Belastung Lastfall Nr. 9 M 1 : 20

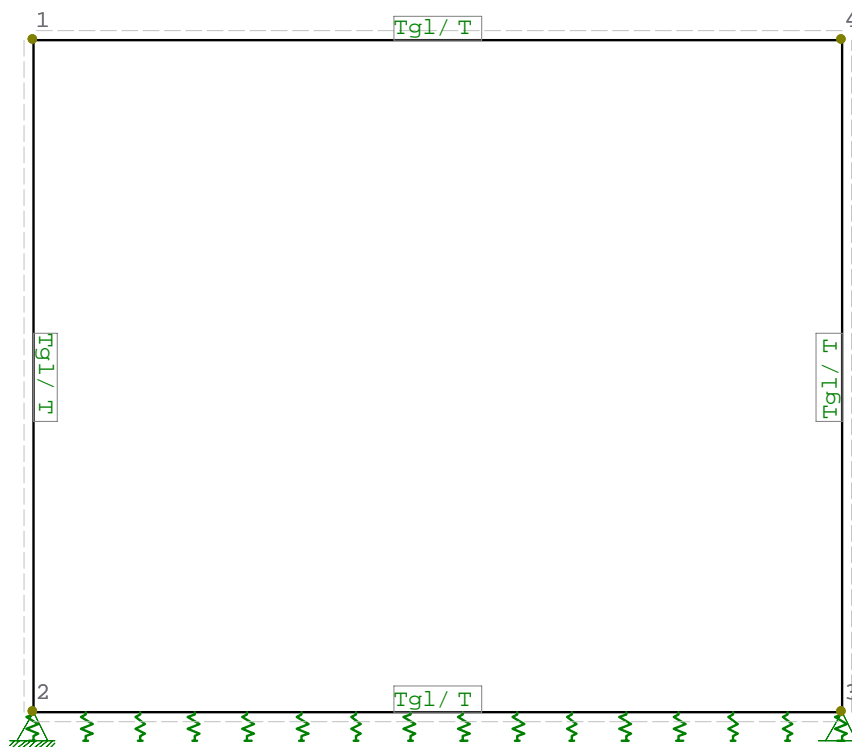


BELASTUNG Nr. 10 Lastfall: Temperatur-Sommer
 Einwirkung Nr. 14 sonstige veränderliche Lasten $\gamma = 1.50$
 Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

Temperaturlasten von Stab Nr.	(Grad) bis Stab Nr.	const. T	Delta T	Alpha
1	4	20.0	-10.0	0.0000100

AUFLAGERKRÄFTE	Th. 1.Ord.	Lastfall 10 : Temperatur-Sommer	
Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
2	0.000	0.007	
3		0.007	
Summe :	0.000	0.014	

Belastung Lastfall Nr. 10 M 1 : 20



LASTFALL-ÜBERLAGERUNG Nr. 1

Einwirkungen:		ψ_0	ψ_1	ψ_2	γ
Nr	KI Bezeichnung				
g	Ständige Lasten	1,00	1,00	1,00	1,35
N 8	sonstige veränderliche Lasten	0,80	0,70	0,50	1,50

Grenzzustand der Tragfähigkeit nach EN 1990 6.4.3

ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Komb. max-innen

Lastfall Nr.	1	:	*	1.35	(EWG99)	Eigengewicht
Nr.	2	:	*	1.35	(EWG99)	Erddruck,min.
Nr.	4	:	*	1.35	(EWG99)	wasser, innen
Nr.	7	:	*	1.50	(EWG14)	Eisdruck
Nr.	8	:	*	1.35	(EWG99)	Verkehr, auf Decke
Nr.	9	:	*	1.50	(EWG14)	Temperatur-Winter

Maximale Verschiebung im Stab 4 bei $x = 0.50 \cdot L$ Max_f = 0.10 cm

AUFLAGERKRÄFTE : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Komb. max-innen

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
2	0.000	131.583	
3		132.001	
Summe :	0.000	263.584	

Baustoff C30/37 B500B DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Komb. max

Stab Q Nr.	Knoten Nr.	Ved (kN)	Ned (kN)	Med (kNm)	Asu (cm ²)	Aso (cm ²)	AsBu (cm ² /m)
1	2	1	33.4	-86.2	-25.9	0.0	3.7
	0.500		-8.7	-93.7	0.7	0.0	0.0
	2	2	-55.3	-101.2	-43.1	0.0	4.0
2	3	2	30.4	55.3	-43.1	0.0	6.3
	0.500		-0.1	55.3	-26.8	0.0	4.5
	3	3	-30.5	55.3	-43.2	0.0	6.3
3	2	3	55.3	-101.4	-43.3	0.0	4.0
	0.500		9.8	-93.9	0.7	0.0	0.0
	2	4	-33.4	-86.5	-25.6	0.0	3.7
4	1	4	-86.5	33.4	-25.6	0.0	4.7
	0.500		-0.1	33.4	-72.1	0.0	7.6
	1	1	86.2	33.4	-25.9	0.0	4.7

SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Komb. max

Stab Q	Knoten		Ved	AsZ	VRd,c	VRd,max	Theta AsBu
Nr.	Nr.	Nr.	(kN)	(cm2)	(kN)	(kN)	(Grad)(cm2/m)
1	2	1	33.4	3.7	105.1	619.6	18.4
	0.500		-8.7	0.0	105.7	619.6	18.4
	2	2	-55.3	4.0	106.3	619.6	18.4
2	3	2	30.4	6.3	92.8	619.6	18.4
	0.500		-0.1	4.5	92.8	619.6	18.4
	3	3	-30.5	6.3	92.8	619.6	18.4
3	2	3	55.3	4.0	106.4	619.6	18.4
	0.500		9.8	0.0	105.7	619.6	18.4
	2	4	-33.4	3.7	105.1	619.6	18.4
4	1	4	-86.5	4.7	115.4	791.8	18.4
	0.500		-0.1	7.6	115.4	791.8	18.4
	1	1	86.2	4.7	115.4	791.8	18.4

Querschnitte 1 2 3 : Schubbemessung wie Platte

VERSCHIEBUNGEN : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Komb. max-innen

Knoten	Verschiebung u	Verschiebung v	Verdrehung r
Nr.	(cm)	(cm)	
1	0.00069	0.08189	0.00028
2	0.00000	0.00000	-0.00016
3	-0.09531	0.00000	0.00016
4	-0.09533	0.08190	-0.00028

FELD VERSCHIEBUNGEN (cm) : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Komb. max

Stab	Ende 1	x/L =							Ende 2
Nr	0	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8	1
1	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
3	-0.10	-0.09	-0.09	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.09	-0.10
4	-0.08	-0.09	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.09	-0.08

FELD PRESSUNGEN (kN/m2) : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Komb. max-

Stab	Ende 1	x/L =			Ende 2
	0	2/8	4/8	6/8	1
2	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0

LASTFALL-ÜBERLAGERUNG Nr. 2

Einwirkungen:		ψ_0	ψ_1	ψ_2	γ
Nr	KI Bezeichnung				
g	Ständige Lasten	1,00	1,00	1,00	1,35
N 8	sonstige veränderliche Lasten	0,80	0,70	0,50	1,50

Grenzzustand der Tragfähigkeit nach EN 1990 6.4.3

ÜBERLAGERUNG Nr. 2 : Komb, max-außen

Lastfall Nr.	1	:	*	1.35	(EWG99)	Eigengewicht
Nr.	3	:	*	1.35	(EWG99)	Erddruck,max
Nr.	5	:	*	1.35	(EWG99)	wasser, außen
Nr.	6	:	*	1.50	(EWG14)	Verkehr, neben BW
Nr.	10	:	*	1.50	(EWG14)	Temperatur-Sommer

Maximale Verschiebung im Stab 3 bei $x = 1.00 \cdot L$ $Max_f = 0.10$ cm

AUFLAGERKRÄFTE : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 2 : Komb, max-außen

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
2	69.225	-25.461	
3		31.713	
Summe :	69.225	6.252	

Baustoff C30/37 B500B DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 2 : Komb, max

Stab Q Nr.	Knoten Nr.	Ved (kN)	Ned (kN)	Med (kNm)	Asu (cm ²)	Aso (cm ²)	AsBu (cm ² /m)
1	2	1	-46.4	0.7	29.0	3.7	0.0
	0.500		11.3	-6.8	12.1	3.7	0.0
	2	2	87.6	-14.3	54.6	6.8	0.0
2	3	2	-39.8	-18.4	54.6	6.8	0.0
	0.500		-17.0	-18.4	24.1	3.7	0.0
	3	3	5.7	-18.4	18.0	3.7	0.0
3	2	3	-18.4	-37.4	18.0	3.7	0.0
	0.500		23.3	-29.9	21.6	3.7	0.0
	2	4	46.4	-22.4	53.9	6.6	0.0
4	1	4	-22.4	-46.4	53.9	4.7	0.0
	0.500		-11.6	-46.4	35.6	4.2	0.0
	1	1	-0.7	-46.4	29.0	4.2	0.0

SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 2 : Komb, max

Stab Q Nr.	Knoten Nr.	Ved (kN)	AsZ (cm ²)	VRd,c (kN)	VRd,max (kN)	Theta (Grad)	AsBu (cm ² /m)
1	2	1	-46.4	3.7	97.5	619.6	18.4
	0.500		11.3	3.7	98.2	619.6	18.4
	2	2	87.6	6.8	98.8	619.6	18.4
2	3	2	-39.8	6.8	99.2	619.6	18.4
	0.500		-17.0	3.7	99.2	619.6	18.4

SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 2 : Komb, max

Stab Q Nr.	Knoten Nr.	Ved Nr.	(kN)	AsZ (cm ²)	VRd,c (kN)	VRd,max (kN)	Theta AsBu (Grad)(cm ² /m)
	3	3	5.7	3.7	99.2	619.6	18.4
3	2	3	-18.4	3.7	100.8	619.6	18.4
	0.500		23.3	3.7	100.2	619.6	18.4
	2	4	46.4	6.6	99.5	619.6	18.4
4	1	4	-22.4	4.7	122.7	791.8	18.4
	0.500		-11.6	4.2	122.7	791.8	18.4
	1	1	-0.7	4.2	122.7	791.8	18.4

Querschnitte 1 2 3 : Schubbemessung wie Platte

VERSCHIEBUNGEN : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 2 : Komb, max-außen

Knoten Nr.	Verschiebung u (cm)	Verschiebung v (cm)	Verdrehung r
1	0.03810	-0.05310	0.00006
2	0.00000	0.00000	0.00021
3	0.06402	0.00000	0.00009
4	0.10159	-0.05261	0.00007

FELD VERSCHIEBUNGEN (cm) : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 2 : Komb, max

Stab Nr	Ende 1 0	1/8	2/8	3/8	x/L = 4/8	5/8	6/8	7/8	Ende 2 1
1	-0.04	-0.04	-0.03	-0.03	-0.03	-0.02	-0.01	-0.01	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10
4	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

FELD PRESSUNGEN (kN/m²) : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 2 : Komb, max-

Stab	Ende 1 0	2/8	x/L = 4/8	6/8	Ende 2 1
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

LASTFALL-ÜBERLAGERUNG Nr. 3

Einwirkungen:		ψ_0	ψ_1	ψ_2	γ
Nr	KI Bezeichnung				
g	Ständige Lasten	1,00	1,00	1,00	1,35
N 8	sonstige veränderliche Lasten	0,80	0,70	0,50	1,50

Grenzzustand der Tragfähigkeit nach EN 1990 6.4.3

ÜBERLAGERUNG Nr. 3 : Komb. verkehr

Lastfall Nr.	1	:	*	1.35	(EWG99)	Eigengewicht
	Nr. 2	:	*	1.35	(EWG99)	Erddruck,min.
	Nr. 4	:	*	1.35	(EWG99)	wasser, innen
	Nr. 8	:	*	1.35	(EWG99)	Verkehr, auf Decke
	Nr. 9	:	*	1.50	(EWG14)	Temperatur-Winter

AUFLAGERKRÄFTE : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 3 : Komb. verkehr

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
2	0.000	131.712	
3		131.712	
Summe :	0.000	263.425	

Baustoff C30/37 B500B DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 3 : Komb. ver

Stab Q Nr.	Knoten Nr.	Ved (kN)	Ned (kN)	Med (kNm)	Asu (cm ²)	Aso (cm ²)	AsBu (cm ² /m)
1	2	1	-13.9	-86.3	-13.4	0.0	3.7
	0.500		-11.5	-93.8	-24.4	0.0	3.7
	2	2	-12.6	-101.3	-34.9	0.0	3.7
2	3	2	30.4	12.6	-34.9	0.0	4.6
	0.500		0.0	12.6	-18.6	0.0	3.9
	3	3	-30.3	12.6	-34.8	0.0	4.6
3	2	3	12.6	-101.3	-34.9	0.0	3.7
	0.500		11.5	-93.8	-24.4	0.0	3.7
	2	4	13.9	-86.3	-13.4	0.0	3.7
4	1	4	-86.3	-13.9	-13.4	0.0	4.2
	0.500		0.0	-13.9	-59.8	0.0	5.7
	1	1	86.3	-13.9	-13.4	0.0	4.2

SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 3 : Komb. ver

Stab Q Nr.	Knoten Nr.	Ved (kN)	AsZ (cm ²)	VRd,c (kN)	VRd,max (kN)	Theta (Grad)	AsBu (cm ² /m)
1	2	1	-13.9	3.7	105.1	619.6	18.4
	0.500		-11.5	3.7	105.7	619.6	18.4
	2	2	-12.6	3.7	106.4	619.6	18.4
2	3	2	30.4	4.6	96.5	619.6	18.4
	0.500		0.0	3.9	96.5	619.6	18.4
	3	3	-30.3	4.6	96.5	619.6	18.4
3	2	3	12.6	3.7	106.4	619.6	18.4

SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 3 : Komb. ver

Stab Q	Knoten		Ved	AsZ	VRd,c	VRd,max	Theta AsBu
Nr.	Nr.	Nr.	(kN)	(cm2)	(kN)	(kN)	(Grad)(cm2/m)
	0.500		11.5	3.7	105.7	619.6	18.4
	2	4	13.9	3.7	105.1	619.6	18.4
4	1	4	-86.3	4.2	119.7	791.8	18.4
	0.500		0.0	5.7	119.7	791.8	18.4
	1	1	86.3	4.2	119.7	791.8	18.4
Querschnitte 1 2 3 : Schubbemessung wie Platte							

VERSCHIEBUNGEN : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 3 : Komb. verkehr

Knoten Nr.	Verschiebung u (cm)	Verschiebung v (cm)	Verdrehung r
1	0.00032	0.08189	0.00010
2	0.00000	0.00000	0.00004
3	-0.09642	0.00000	-0.00004
4	-0.09674	0.08189	-0.00010

FELD VERSCHIEBUNGEN (cm) : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 3 : Komb. ver

Stab Nr	Ende 1 0	1/8	2/8	3/8	x/L = 4/8	5/8	6/8	7/8	Ende 2 1
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
3	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.09	-0.09	-0.10	-0.10
4	-0.08	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.08

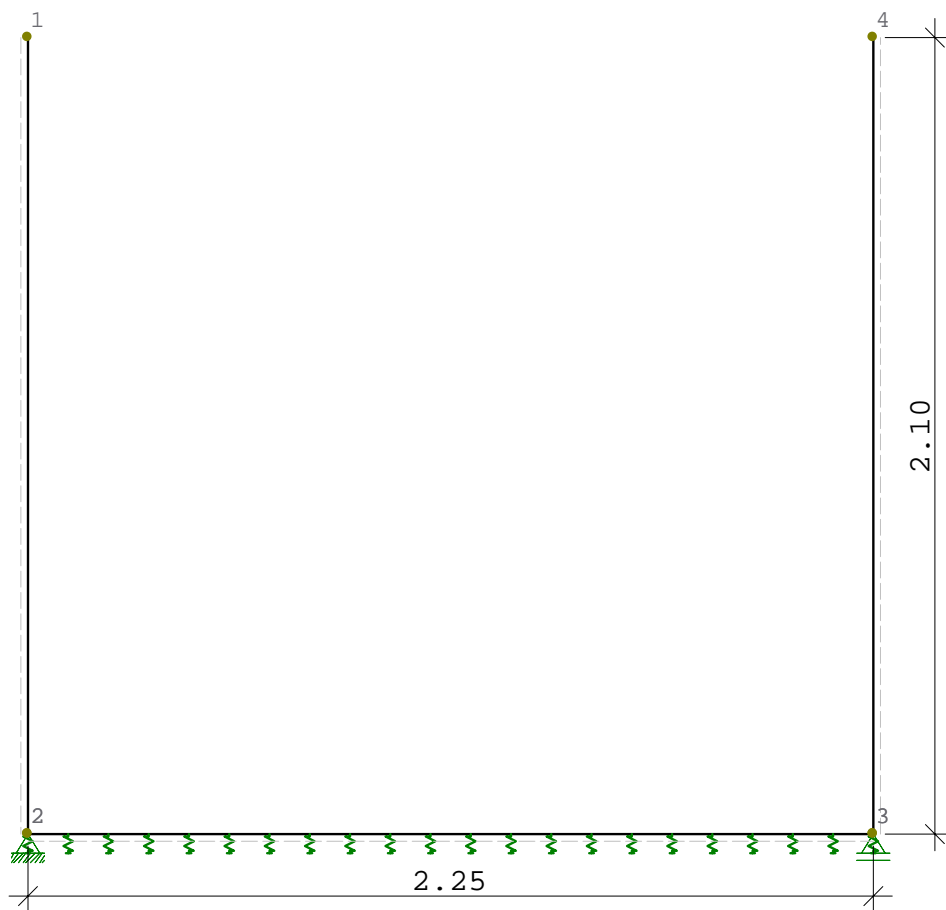
FELD PRESSUNGEN (kN/m²) : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 3 : Komb. verk

Stab	Ende 1 0	2/8	x/L = 4/8	6/8	Ende 2 1
2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0

Position: Trog Abschlagsbauwerk

Ebenes Stabwerk ESK1 02/2019D (Frilo R-2022-1)

System M 1 : 20



BAUSTOFF : C35/45 E-Modul $E = 3400.00 \text{ kN/cm}^2$ $\gamma_M = 1.50$
spez. Gewicht : 2.50 kg/dm^3

QUERSCHNITTSWERTE	Trägh.mom.	Fläche	Bettung
Q.Nr Mat.Nr	I (cm^4)	A (cm^2)	K_b (kN/cm^2)
1 1 100x25 (	130208	2500.0	0.000
2 1 100x25 (	130208	2500.0	0.100

PLASTISCHE SCHNITTGRÖßEN						
Nr	Mat	NPl (kN)	Mply (kNm)	Qplz (kN)	Mplz (kNm)	Qply (kN)
1	1	125000	7812.5	36084	31250	36084
2	1	125000	7812.5	36084	31250	36084

QUERSCHNITTSABMESSUNGEN in (cm)				
Q.Nr.	Mat.Nr	b	d	Faktor
1	1	100.0	25.0	1.00
2	1	100.0	25.0	1.00
Querschnitte 1 2 : Schubbemessung wie Platte				

BEWEHRUNGSLAGE: d1 = 7.0 cm d2 = 7.0 cm

SYSTEM Stab Nr.	Projektionen		Querschnitt		Knoten	
	Lx (m)	Lz (m)	Q1	Q2	Ende 1	Ende 2
1	0.000	-2.100	1	1	1.0	2.0
2	2.250	0.000	2	2	2.0	3.0
3	0.000	2.100	1	1	3.0	4.0

AUFLAGER Knoten	: -1 = starr , 0 = frei , > 0 = elastisch			(kN/cm , kNcm)
	horizontal	vertikal	drehend	
2	-1	-1	0	
3	0	-1	0	

Volumen der Konstruktion V = 1.612 m³
Gewicht der Konstruktion G = 4031 kg

BELASTUNG Nr. 1 Lastfall: Eigengewicht

Einwirkung Nr. 99 Ständige Lasten $\gamma = 1.35$
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

Eigenlastfaktor in z-Richtung Fak_g_z = 1.00

Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	0.000	40.312

AUFLAGERKRÄFTE Knoten Nr.	Th. 1.Ord.		Lastfall 1 : Eigengewicht Moment M (kNm)
	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	
2	0.000	20.128	
3		20.128	
Summe :	0.000	40.256	

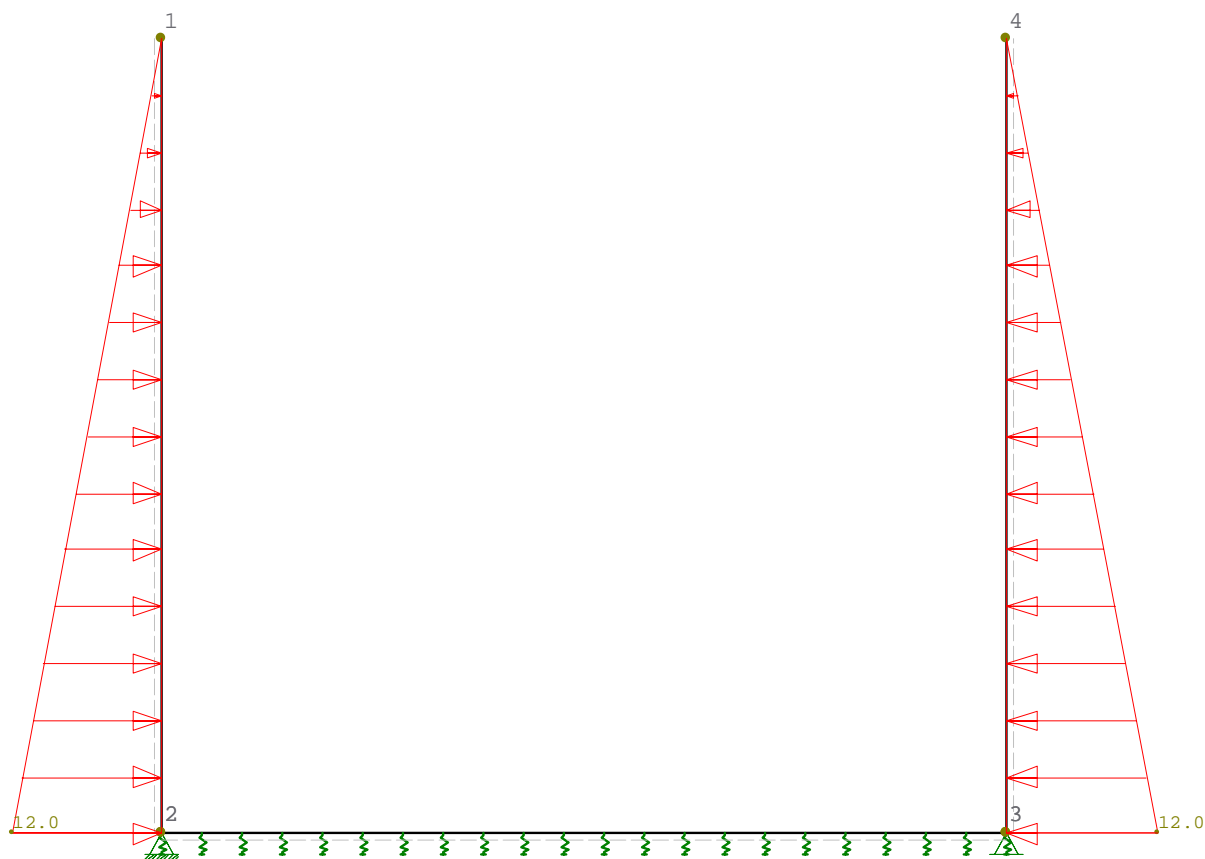
BELASTUNG Nr. 2 Lastfall: Erddruck,min.

Einwirkung Nr. 99 Ständige Lasten $\gamma = 1.35$
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN					
Art:		1=Einzellast (kN) 3=Voll-Trapezlast (kN/m)			
		2=Einzelmomen(kNm) 4=Teil-Trapezlast (kN/m)			
Richtung:		1=horizontal 2=vertikal bezogen auf Projektionen H, L			
		3=längs 4=quer bezogen auf Stablänge			
Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a Länge b
1	3	1	0.000	12.000	
3	3	1	-12.000	0.000	

AUFLAGERKRÄFTE	Th. 1.Ord.	Lastfall 2 : Erddruck,min.	
Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
2	0.000	-0.094	
3		-0.094	
Summe :	0.000	-0.188	

Belastung Lastfall Nr. 2 M 1 : 20



BELASTUNG Nr. 3 Lastfall: Erddruck,max

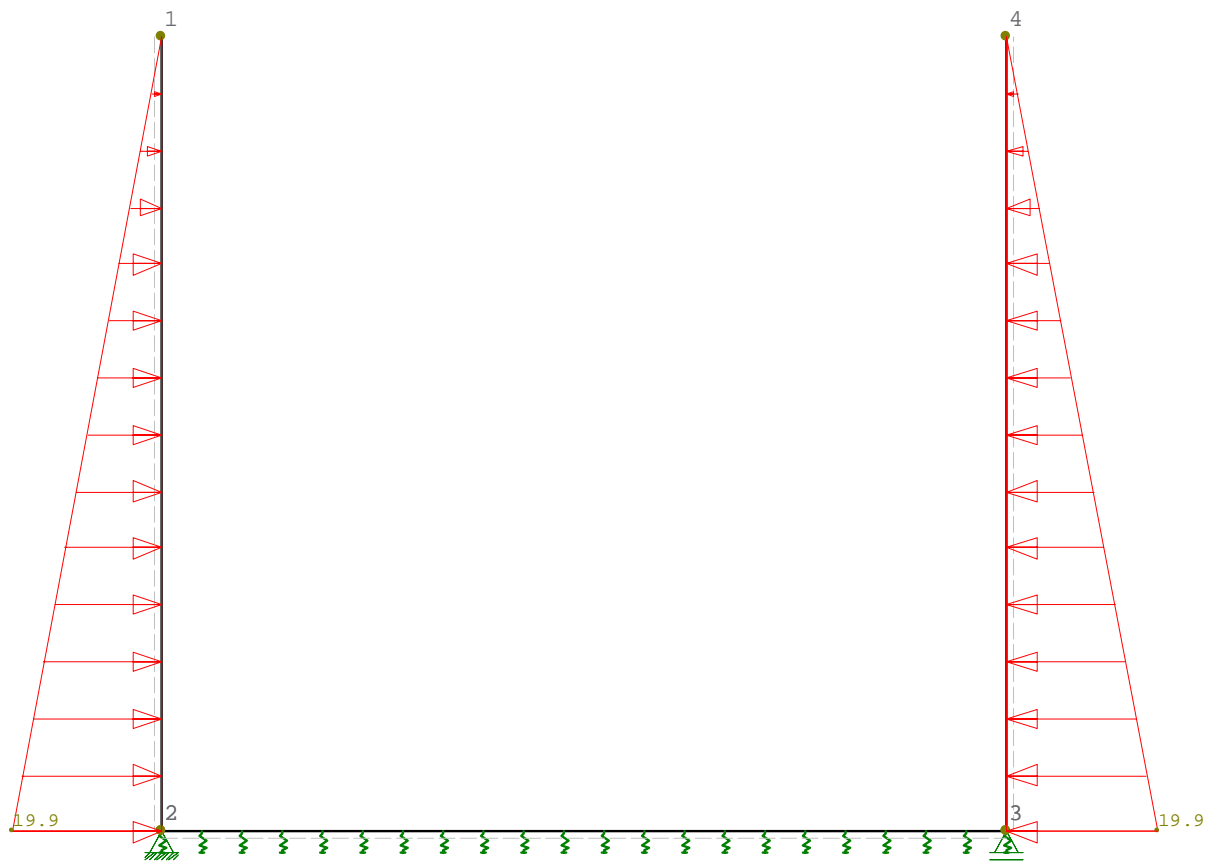
Einwirkung Nr. 99 Ständige Lasten $\gamma = 1.35$
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN						
Art:		1=Einzellast (kN)	3=Voll-Trapezlast (kN/m)			
		2=Einzelmomen(kNm)	4=Teil-Trapezlast (kN/m)			
Richtung:		1=horizontal	2=vertikal	bezogen auf Projektionen H, L		
		3=längs	4=quer	bezogen auf Stablänge		
Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
1	3	1	0.000	19.900		
3	3	1	-19.900	0.000		

Maximale Verschiebung im Stab 3 bei x = 1.00 * L Max_f = 0.11 cm

AUFLAGERKRÄFTE Knoten Nr.	Th. 1.Ord. Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Lastfall 3 : Erddruck,max Moment M (kNm)
2	0.000	-0.156	
3		-0.156	
Summe :	0.000	-0.312	

Belastung Lastfall Nr. 3 M 1 : 20



BELASTUNG Nr. 4 Lastfall: wasser, innen

Einwirkung Nr. 99 Ständige Lasten $\gamma = 1.35$
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

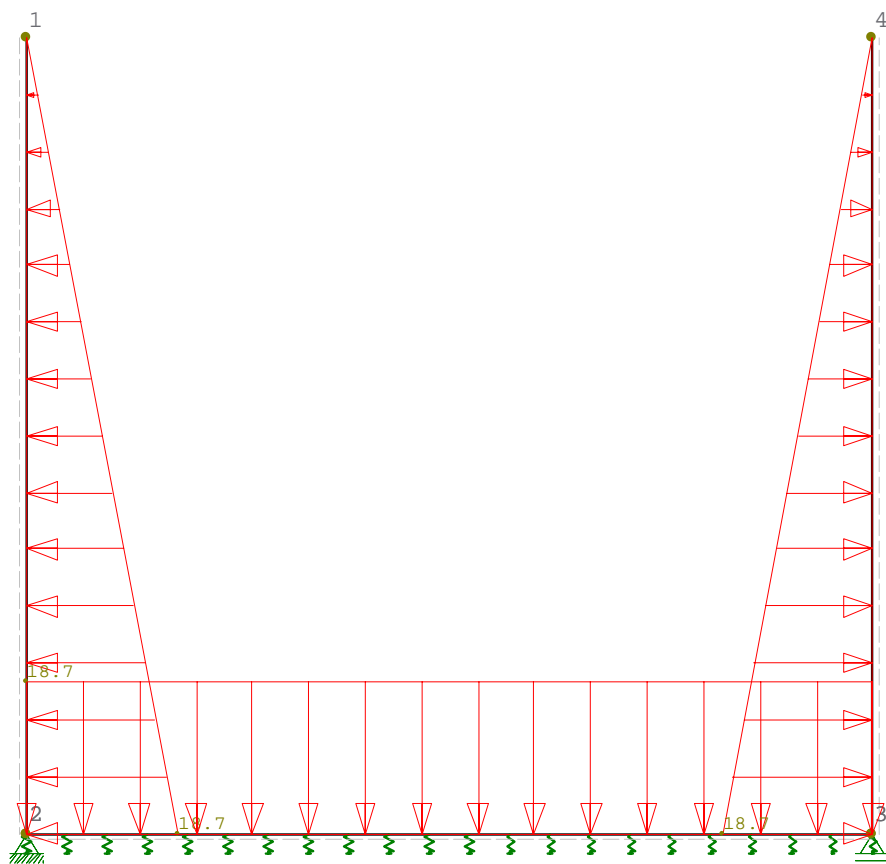
STABLASTEN					
Art:		1=Einzellast (kN)	3=Voll-Trapezlast (kN/m)		
		2=Einzelmoment(kNm)	4=Teil-Trapezlast (kN/m)		
Richtung:		1=horizontal	2=vertikal	bezogen auf Projektionen H, L	
		3=längs	4=quer	bezogen auf Stablänge	
Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a Länge b
1	3	1	0.000	-18.700	
2	3	2	18.700	18.700	
3	3	1	18.700	0.000	

Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	0.000	42.075

AUFLAGERKRÄFTE	Th. 1.Ord.	Lastfall 4 : wasser, innen	
Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
2	0.000	21.100	
3		21.100	
Summe :	0.000	42.200	

Belastung Lastfall Nr. 4 M 1 : 20



BELASTUNG Nr. 5 Lastfall: wasser, außen

Einwirkung Nr. 99 Ständige Lasten $\gamma = 1.35$
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN

Art: 1=Einzellast (kN) 3=Voll-Trapezlast (kN/m)
2=Einzelmomen(kNm) 4=Teil-Trapezlast (kN/m)

Richtung: 1=horizontal 2=vertikal bezogen auf Projektionen H, L
3=längs 4=quer bezogen auf Stablänge

Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
1	3	1	0.000	21.100		
2	3	2	-21.100	-21.100		
3	3	1	-21.100	0.000		

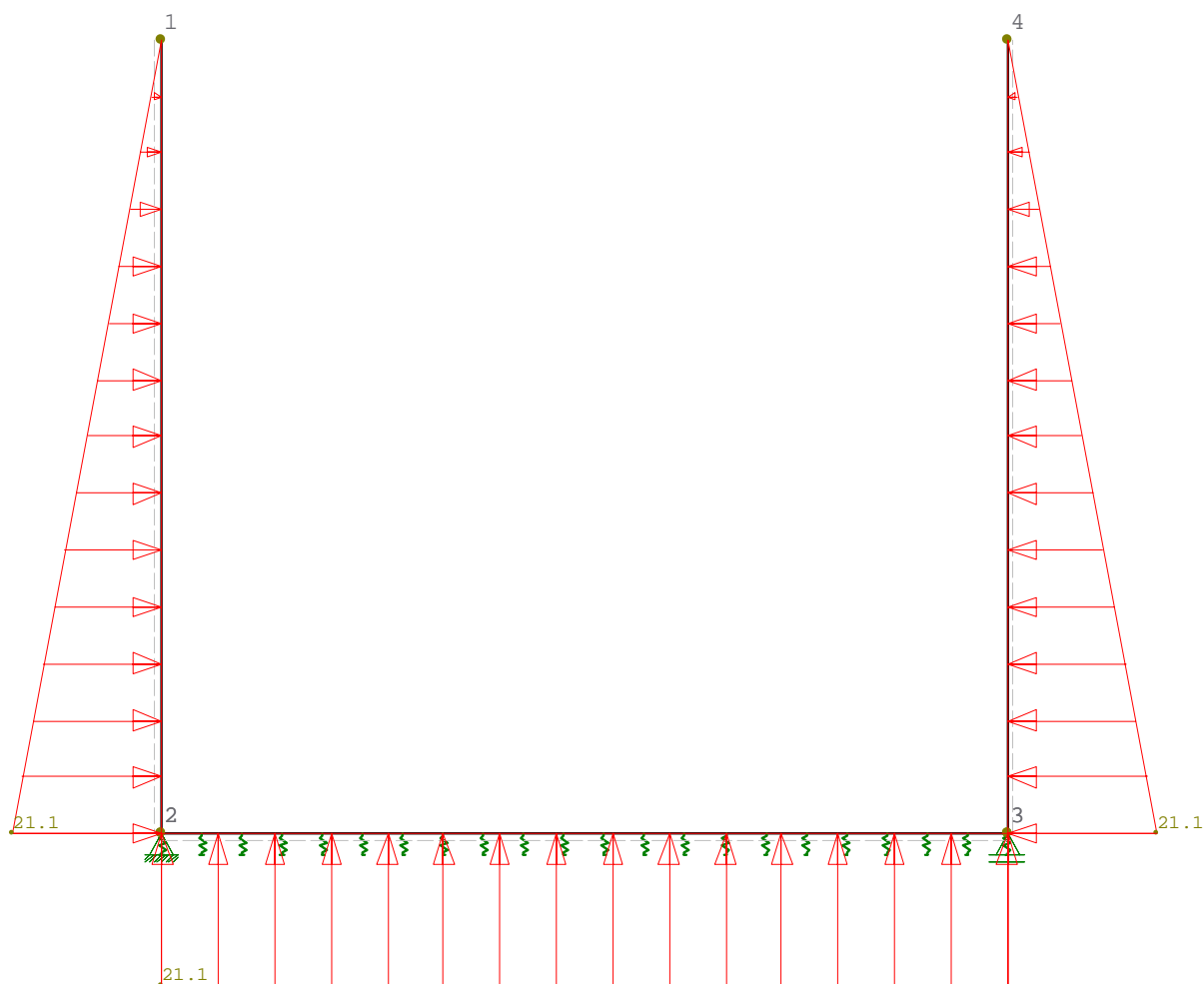
Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	0.000	-47.475

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 5 : wasser, außen

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
2	0.000	-23.808	
3		-23.808	
Summe :	0.000	-47.616	

Belastung Lastfall Nr. 5 M 1 : 20



BELASTUNG Nr. 6 Lastfall: Verkehr, neben BW

Einwirkung Nr. 14 sonstige veränderliche Lasten $\gamma = 1.50$
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN

Art: 1=Einzellast (kN) 3=Voll-Trapezlast (kN/m)
2=Einzelmoment(kNm) 4=Teil-Trapezlast (kN/m)
Richtung: 1=horizontal 2=vertikal bezogen auf Projektionen H, L
3=längs 4=quer bezogen auf Stablänge

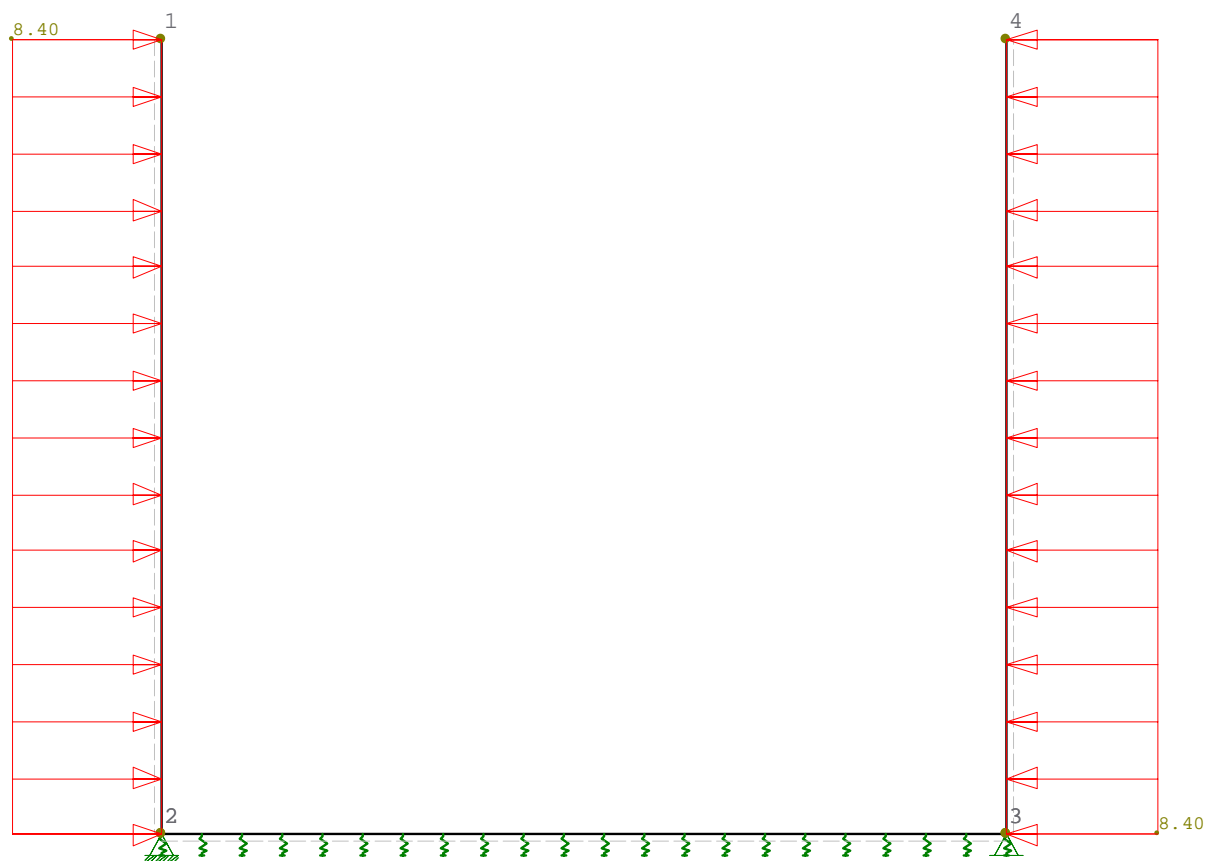
Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
1	3	1	8.400	8.400		
3	3	1	-8.400	-8.400		

Maximale Verschiebung im Stab 3 bei x = 1.00 * L Max_f = 0.14 cm

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 6 : Verkehr, neben BW

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
2	0.000	-0.198	
3		-0.198	
Summe :	0.000	-0.395	

Belastung Lastfall Nr. 6 M 1 : 20



LASTFALL-ÜBERLAGERUNG Nr. 1

Einwirkungen:

Nr	KI Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	γ
g	Ständige Lasten	1,00	1,00	1,00	1,35
N 8	sonstige veränderliche Lasten	0,80	0,70	0,50	1,50

Grenzzustand der Tragfähigkeit nach EN	1990 6.4.3
--	------------

ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Komb. max-innen

Lastfall Nr.	1	:	*	1.35	(EWG99)	Eigengewicht
Nr.	2	:	*	1.35	(EWG99)	Erddruck,min.
Nr.	4	:	*	1.35	(EWG99)	wasser, innen

AUFLAGERKRÄFTE : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Komb. max-innen

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
2	0.000	55.531	
3		55.531	
Summe :	0.000	111.062	

Baustoff C35/45 B500B DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12**SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Komb. max**

Stab Q Nr.	Knoten Nr.	Ved (kN)	Ned (kN)	Med (kNm)	Asu (cm ²)	Aso (cm ²)	AsBu (cm ² /m)
1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	0.500	-2.4	-8.9	-0.8	0.0	4.1	
	1	-9.5	-17.7	-6.6	0.0	4.1	
2	2	37.8	9.5	-6.6	0.0	4.3	
	0.500	0.0	9.5	14.6	4.3	0.0	
	2	-37.7	9.5	-6.5	0.0	4.3	
3	1	9.5	-17.7	-6.6	0.0	4.1	
	0.500	2.4	-8.9	-0.8	0.0	4.1	
	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Komb. max

Stab Q Nr.	Knoten Nr.	Ved (kN)	AsZ (cm ²)	VRd,c (kN)	VRd,max (kN)	Theta (Grad)	AsBu (cm ² /m)
1	1	0.0	0.0	105.4	722.9	18.4	
	0.500	-2.4	4.1	106.2	722.9	18.4	
	1	-9.5	4.1	107.0	722.9	18.4	
2	2	37.8	4.3	104.6	722.9	18.4	
	0.500	0.0	4.3	104.6	722.9	18.4	
	2	-37.7	4.3	104.6	722.9	18.4	
3	1	9.5	4.1	107.0	722.9	18.4	
	0.500	2.4	4.1	106.2	722.9	18.4	
	1	0.0	0.0	105.4	722.9	18.4	

Querschnitte 1 2 : Schubbemessung wie Platte

VERSCHIEBUNGEN : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Komb. max-innen

Knoten Nr.	Verschiebung u (cm)	Verschiebung v (cm)	Verdrehung r
1	0.02691	0.00022	0.00011
2	0.00000	0.00000	0.00019
3	0.00025	0.00000	-0.00019
4	-0.02666	0.00022	-0.00011

FELD VERSCHIEBUNGEN (cm) : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Komb. max									
Stab Nr	Ende 1 0	1/8	2/8	3/8	x/L = 4/8	5/8	6/8	7/8	Ende 2 1
1	-0.03	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00
2	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00
3	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03

FELD PRESSUNGEN (kN/m ²) : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Komb. max-					
Stab	Ende 1 0	2/8	x/L = 4/8	6/8	Ende 2 1
2	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0

LASTFALL-ÜBERLAGERUNG Nr. 2

Einwirkungen:					
Nr	KI Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	γ
g	Ständige Lasten	1,00	1,00	1,00	1,35
N 8	sonstige veränderliche Lasten	0,80	0,70	0,50	1,50

Grenzzustand der Tragfähigkeit nach EN 1990 6.4.3

ÜBERLAGERUNG Nr. 2 : Komb, max-außen					
Lastfall Nr.	1	:	*	1.35	(EWG99) Eigengewicht
Nr.	3	:	*	1.35	(EWG99) Erddruck,max
Nr.	5	:	*	1.35	(EWG99) wasser, außen
Nr.	6	:	*	1.50	(EWG14) Verkehr, neben BW

Maximale Verschiebung im Stab 3 bei x = 1.00 * L Max_f = 0.47 cm

AUFLAGERKRÄFTE : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 2 : Komb, max-außen			
Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
2	0.000	-5.475	
3		-5.475	
Summe :	0.000	-10.950	

Baustoff C35/45 B500B DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 2 : Komb, max								
Stab Q Nr.	Knoten Nr.	Nr.	Ved (kN)	Ned (kN)	Med (kNm)	Asu (cm ²)	Aso (cm ²)	AsBu (cm ² /m)
1	1	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
		0.500	27.8	-8.9	12.0	4.1	0.0	
	1	2	84.6	-17.7	68.5	8.7	0.0	
2	2	2	-23.2	-84.6	68.5	7.7	0.0	
		0.500	0.0	-84.6	55.3	5.8	0.0	
	2	3	23.1	-84.6	68.4	7.7	0.0	
3	1	3	-84.6	-17.7	68.5	8.7	0.0	
		0.500	-27.8	-8.9	12.0	4.1	0.0	
	1	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 2 : Komb, max

Stab Q Nr.	Knoten Nr.	Ved (kN)	AsZ (cm ²)	VRd,c (kN)	VRd,max (kN)	Theta AsBu (Grad)(cm ² /m)
---------------	---------------	-------------	---------------------------	---------------	-----------------	--

1	1	1	0.0	0.0	105.4	722.9	18.4
	0.500		27.8	4.1	106.2	722.9	18.4
	1	2	84.6	8.7	107.0	722.9	18.4
2	2	2	-23.2	7.7	112.7	722.9	18.4
	0.500		0.0	5.8	112.7	722.9	18.4
	2	3	23.1	7.7	112.7	722.9	18.4
3	1	3	-84.6	8.7	107.0	722.9	18.4
	0.500		-27.8	4.1	106.2	722.9	18.4
	1	4	0.0	0.0	105.4	722.9	18.4

Querschnitte 1 2 : Schubbemessung wie Platte

VERSCHIEBUNGEN : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 2 : Komb, max-außen

Knoten Nr.	Verschiebung u (cm)	Verschiebung v (cm)	Verdrehung r
---------------	------------------------	------------------------	--------------

1	0.46893	0.00022	0.00244
2	0.00000	0.00000	0.00152
3	-0.00224	0.00000	-0.00152
4	-0.47117	0.00022	-0.00244

FELD VERSCHIEBUNGEN (cm) : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 2 : Komb, max

Stab Nr	Ende 1 0	1/8	2/8	3/8	x/L = 4/8	5/8	6/8	7/8	Ende 2 1
------------	-------------	-----	-----	-----	--------------	-----	-----	-----	-------------

1	-0.47	-0.40	-0.34	-0.28	-0.21	-0.15	-0.10	-0.04	0.00
2	0.00	0.04	0.06	0.08	0.08	0.08	0.06	0.04	0.00
3	0.00	-0.05	-0.10	-0.16	-0.22	-0.28	-0.34	-0.41	-0.47

FELD PRESSUNGEN (kN/m²) : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 2 : Komb, max-

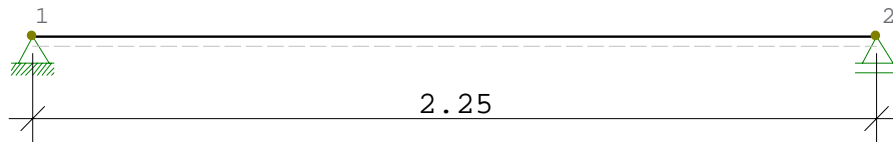
Stab	Ende 1 0	2/8	x/L = 4/8	6/8	Ende 2 1
------	-------------	-----	--------------	-----	-------------

2	0.0	0.6	0.8	0.6	0.0
---	-----	-----	-----	-----	-----

Position: Abdeckplatte Abschlagsbauwerk

Ebenes Stabwerk ESK1 02/2019D (Frilo R-2022-1)

System M 1 : 20



BAUSTOFF	:	C35/45	E-Modul	E =	3400.00	kN/cm ²	$\gamma_M=1.50$
			spez. Gewicht	:	2.50	kg/dm ³	

QUERSCHNITTSWERTE			Träg.h.mom.	Fläche
Q.Nr	Mat.	Nr	I (cm ⁴)	A (cm ²)
1	1	100x25 (	130208	2500.0

PLASTISCHE SCHNITTGRÖßEN						
Nr	Mat	NPl (kN)	Mply (kNm)	Qplz (kN)	Mplz (kNm)	Qply (kN)
1	1	125000	7812.5	36084	31250	36084

QUERSCHNITTSABMESSUNGEN in (cm)				
Q.Nr.	Mat.Nr	b	d	Faktor
1	1	100.0	25.0	1.00
Querschnitte 1 : Schubbemessung wie Platte				

BEWEHRUNGSLAGE: d1 = 6.0 cm d2 = 6.0 cm

SYSTEM	Projektionen		Querschnitt		Knoten	
Stab	Lx	Lz	Q1	Q2	Ende 1	Ende 2
Nr.	(m)	(m)				
1	2.250	0.000	1	1	1.0	2.0

AUFLAGER	-1 = starr , 0 = frei , > 0 = elastisch (kN/cm , kNcm)			
Knoten	horizontal	vertikal	drehend	
1	-1	-1	0	
2	0	-1	0	

Volumen der Konstruktion	V =	0.562	m ³
Gewicht der Konstruktion	G =	1406	kg

BELASTUNG Nr. 1 Lastfall: eigengewicht
 Einwirkung Nr. 99 Ständige Lasten $\gamma = 1.35$
 Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

Eigenlastfaktor in z-Richtung Fak_g_z = 1.00

Summe aller äußeren Lasten(kN)		
Gesamt	Fx	Fz
	0.000	14.062

AUFLAGERKRÄFTE	Th. 1.Ord.	Lastfall 1 : eigengewicht	
Knoten	Kraft H	Kraft V	Moment M
Nr.	(kN)	(kN)	(kNm)
1	0.000	7.031	
2		7.031	
Summe :	0.000	14.062	

Belastung Lastfall Nr. 1 M 1 : 20



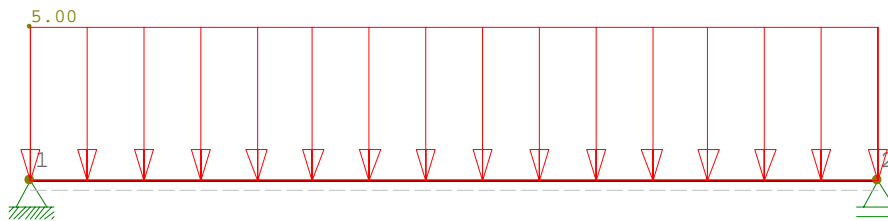
BELASTUNG Nr. 2	Lastfall: verkehr
Einwirkung Nr. 14	sonstige veränderliche Lasten $\gamma = 1.50$
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten	

STABLASTEN						
Art:	1=Einzellast (kN)	3=Voll-Trapezlast (kN/m)				
	2=Einzelmomen(kNm)	4=Teil-Trapezlast (kN/m)				
Richtung:	1=horizontal	2=vertikal	bezogen auf Projektionen H, L			
	3=längs	4=quer	bezogen auf Stablänge			
Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
1	3	2	5.000	5.000		

Summe aller äußeren Lasten(kN)		
Gesamt	Fx	Fz
	0.000	11.250

AUFLAGERKRÄFTE	Th. 1.Ord.	Lastfall 2 : verkehr	
Knoten	Kraft H	Kraft V	Moment M
Nr.	(kN)	(kN)	(kNm)
1	0.000	5.625	
2		5.625	
Summe :	0.000	11.250	

Belastung Lastfall Nr. 2 M 1 : 20



Auflagerkräfte (kN) Lastfall Nr. 2 Th.1.Ord. M 1 : 20



LASTFALL-ÜBERLAGERUNG Nr. 1

Einwirkungen:

Nr	Kl	Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	γ
g		Ständige Lasten	1,00	1,00	1,00	1,35
N 8		sonstige veränderliche Lasten	0,80	0,70	0,50	1,50

Grenzzustand der Tragfähigkeit nach EN 1990 6.4.3

ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Eigengewicht+Verkehr

Lastfall Nr.	1	:	*	1.35	(EWG99)	eigengewicht
	Nr. 2	:	*	1.50	(EWG14)	verkehr

AUFLAGERKRÄFTE : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Eigengewicht+Verkehr

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
1	0.000	17.930	
2		17.930	
Summe :	0.000	35.859	

SCHNITTGRÖSSEN : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Eigengewicht+Verkehr

Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
1	1	1	17.93	0.00	0.00
		.25	8.96	0.00	7.56
		.50	0.00	0.00	10.09
		.75	-8.96	0.00	7.56
	1	2	-17.93	0.00	0.00

Baustoff C35/45 B500A DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12
 SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Eigengewi

Stab Q Nr.	Knoten Nr.	Ved Nr.	Ved (kN)	Ned (kN)	Med (kNm)	Asu (cm ²)	Aso (cm ²)	AsBu (cm ² /m)
1	1	1	17.9	0.0	0.0	0.0	0.0	
		0.250	9.0	0.0	7.6	3.9	0.0	
		0.500	0.0	0.0	10.1	3.9	0.0	
		0.750	-9.0	0.0	7.6	3.9	0.0	
	1	2	-17.9	0.0	0.0	0.0	0.0	

SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Eigengewi

Stab Q Nr.	Knoten Nr.	Ved Nr.	Ved (kN)	AsZ (cm ²)	VRd,c (kN)	VRd,max (kN)	Theta (Grad)	AsBu (cm ² /m)
1	1	1	17.9	0.0	111.3	763.1	18.4	
		0.250	9.0	3.9	111.3	763.1	18.4	
		0.500	0.0	3.9	111.3	763.1	18.4	
		0.750	-9.0	3.9	111.3	763.1	18.4	
	1	2	-17.9	0.0	111.3	763.1	18.4	

Querschnitte 1 : Schubbemessung wie Platte

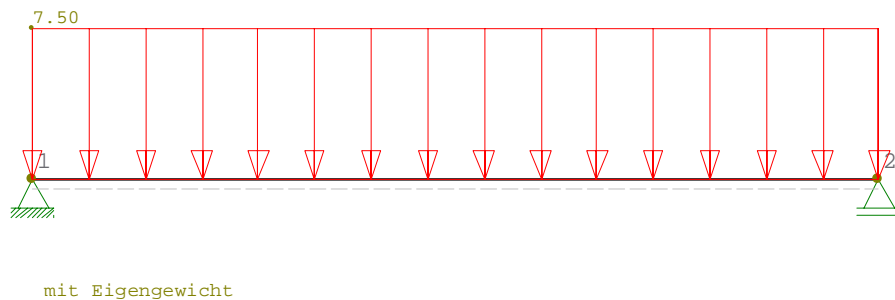
VERSCHIEBUNGEN : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Eigengewicht+Verke

Knoten Nr.	Verschiebung u (cm)	Verschiebung v (cm)	Verdrehung r
1	0.00000	0.00000	0.00017
2	0.00000	0.00000	-0.00017

FELD VERSCHIEBUNGEN (cm) : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Eigengewi

Stab Nr	Ende 1 0	1/8	2/8	3/8	x/L = 4/8	5/8	6/8	7/8	Ende 2 1
1	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00

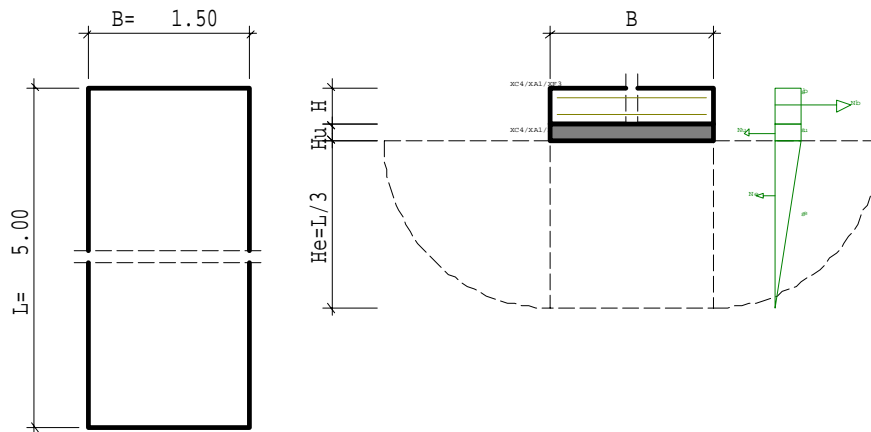
Belastung Überlagerung Nr. 1 M 1 : 20



Position: Sohle-ABW Abschlagsbauwerk

Rissbreitennachweis B11 01/22 (Frilo R-2022-1)

Maßstab 1 : 50



RISSBREITENNACHWEIS nach DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

Betonstahl	B500B	
Beton	C 35/45	
	$t = 3 \dots 5d$ (normale Erh.)	
Betonzugfestigkeit	$kF_{ct}(t) = 0.65$ (nutzerdef.)	$f_{cteff} = 2.09 \text{ N/mm}^2$
E-Modul Beton	$\alpha E = 1.00$ (Zuschlagstoffe)	
	$kE_{ct}(t) = 0.90$ (nutzerdef.)	$E_{cm} = 30600 \text{ N/mm}^2$

KRIECHZAHL

junger Beton	$\phi t = 0.36$ (nutzerdefiniert)
--------------	-----------------------------------

Anforderungen Dauerhaftigkeit:

Betonangriff	XA1/XF3/WF
Bewehrungskorrosion	XC4
Mindestbetonklasse	C 35/45
Bügel	$d_{s,b} = 12 \text{ mm}$
Längsbewehrung	$d_{s,l} = 12 \text{ mm}$
Vorhaltemaß	$\Delta C_{dev} = 15 \text{ mm}$
reduziertes c_{min}	$\geq C 25/30$
Bügel	$C_{min,b} = 20 \text{ mm}$
Betondeckung	$C_{nom,b} = 35 \text{ mm}$
Längsbewehrung	$C_{min,l} = 20 \text{ mm}$
Betondeckung	$C_{nom,l} = 47 \text{ mm}$ *1
Verlegemaß Bügel	$C_{v,b} = 35 \text{ mm}$
zul. Rissbreite	$W_{max} = 0.30 \text{ mm}$

*1: mit $c_{min,b}$

BODENPLATTE

Abmessungen	B = 1.50 m	H = 0.25 m
	L = 5.00 m	
Bewehrung	$d_{ob} = 7.0 \text{ cm}$	$d_{un} = 7.0 \text{ cm}$

ZWANG AUS HYDRATATION (FRÜHER ZWANG)

Es wird die in Richtung der Seite L verlaufende Zwangskraft bestimmt.

Verfahren nach DAfStb Heft 466

Bodenplatte:

$\Delta T = -25.00 \text{ K}$	$\alpha T = 10.00 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$
$\epsilon_b = -0.250 \text{ o/oo}$	$C_b = 7.6500 \text{e+04 kN/cm}$

Baugrund:

ZWANG AUS HYDRATATION (FRÜHER ZWANG)

$E_e = 50.00 \text{ MN/m}^2$ $C_e = 1.3522e+05 \text{ KN}$
 Unterbeton: C 12/15
 $\alpha E = 1.00$ $k_{Ec}(t) = 0.90$ $E_{cm} = 24300 \text{ N/mm}^2$
 $H_u = 0.10 \text{ m}$ $C_u = 2.4300e+04 \text{ kN/cm}$ $\epsilon_s = 0.000 \text{ o/oo}$
 $N_{zw} = 473.91 \text{ kN/m}$
 Zwang aus Bodenreibung (oberer Grenzwert):
 $\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$ $q = 0.00 \text{ kN/m}^2$
 $\text{cal } \phi = 32.5 \text{ Grd}$ $\mu = 0.56$
 $\gamma_R = 1.35$ $\mu_d = 0.75$
 $N_{zw} = 11.76 \text{ kN/m}$
 maßgebend: $N_{zw} = 11.76 \text{ kN/m}$

NACHWEIS RISSBREITE

$w_{\max} = 0.30 \text{ mm}$ $d_s = 12.0 \text{ mm}$

Zwang aus Hydratation (Dauerlast $k_t = 0.4$)

Biegezwang $N_x = 11.76 \text{ kN/m}$ $M_y = 21.24 \text{ kNm/m}$
 gewählt: $A_{so} = 0.00 \text{ cm}^2/\text{m}$
 Dehnung mit $\phi = 0.36$ $\epsilon_1 = -0.31 \text{ o/oo}$ $\epsilon_2 = 1.86 \text{ o/oo}$
 Druckzonenhöhe $X = 35.5 \text{ mm}$
 $\epsilon_{2s} = 1.25 \text{ o/oo}$ $F_s = 134.2 \text{ kN/m}$
 $h_{eff} = 7.2 \text{ cm}$ $F_{cre} = 149.2 \text{ kN/m}$
 erforderlich: $A_{su} = 5.36 \text{ cm}^2/\text{m}$

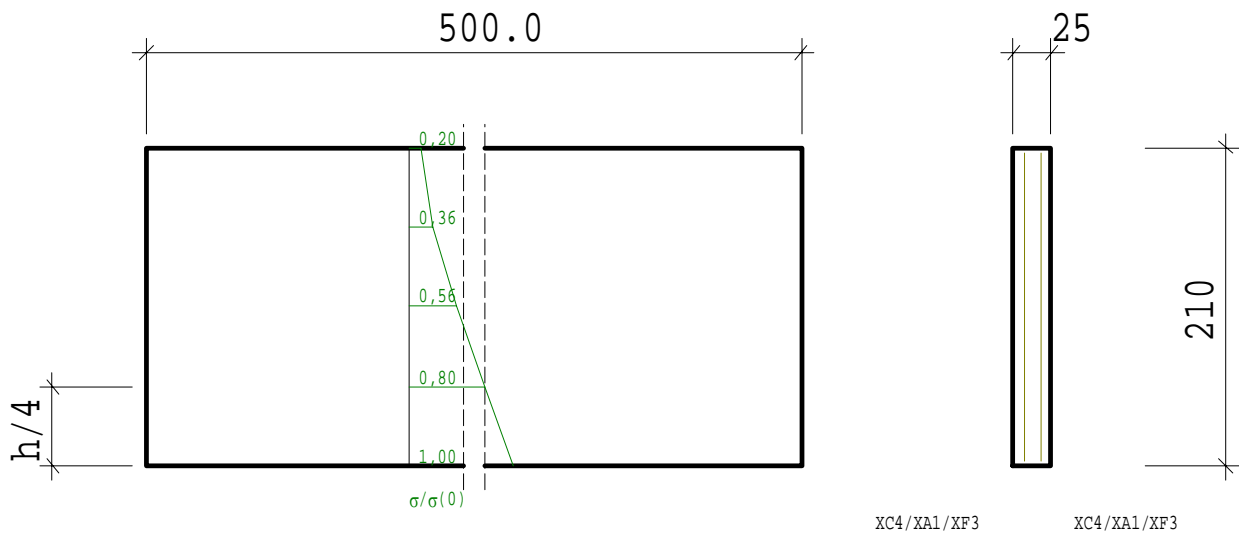
Die Bewehrung ist über die Seite B zu verteilen.

Es ist zu prüfen, ob ein Nachweis für späten Zwang maßgebend wird.

Position: Wand Abschlagsbauwerk

Rissbreitennachweis B11 01/22 (Frilo R-2022-1)

Maßstab 1 : 50



XC4/XA1/XF3

XC4/XA1/XF3

RISSBREITENNACHWEIS nach DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

Betonstahl	B500B	
Beton	C 35/45	
	t = 3 ... 5d (normale Erh.)	
Betonzugfestigkeit	kFct(t) = 0.65 (nutzerdef.)	fcteff = 2.09 N/mm ²
E-Modul Beton	αE = 1.00 (Zuschlagstoffe)	
	kEc(t) = 0.90 (nutzerdef.)	Ecm = 30600 N/mm ²

KRIECHZAHL

junger Beton	ϕt = 0.36 (nutzerdefiniert)
--------------	-----------------------------

Anforderungen Dauerhaftigkeit:

Betonangriff	XA1/XF3/WF
Bewehrungskorrosion	XC4
Mindestbetonklasse	C 35/45
Bügel	d _{s,b} = 12 mm
Längsbewehrung	d _{s,l} = 12 mm
Vorhaltemaß	ΔC _{dev} = 15 mm
reduziertes c _{min}	>= C 25/30
Bügel	c _{min,b} = 20 mm
Betondeckung	c _{nom,b} = 35 mm
Längsbewehrung	c _{min,l} = 20 mm
Betondeckung	c _{nom,l} = 47 mm *1
Verlegemaß Bügel	c _{v,b} = 35 mm
zul. Rissbreite	w _{max} = 0.25 mm *3
*1: mit c _{min,b}	
*3: nutzerdef.	

WAND AUF FUNDAMENT

Abmessungen	B = 0.25 m	H = 2.10 m
	L = 5.00 m	
Bewehrung	d _{li} = 6.6 cm	d _{re} = 6.6 cm

ZWANG AUS HYDRATATION (FRÜHER ZWANG)

Verfahren nach Lohmeyer 9. Auflage

Zement : 32.5R;42.5 Z = 300 kg/m³

tm = 1.20 d QH = 191 kJ/kg

αb = 0.73 TbH = 16.7 K

TcO = 20.0 °C ktV = 0.50

Tb,m = 26.7 K Tf = 15.0 °C

αT = 10 10⁻⁶/K kV = 0.80Zwangsspannungen am Fußpunkt : σ_{ct} = 2.87 N/mm²Rechenwert Zwangsspannung bei H/4: k_{ct,d} = 0.54σ_{ct,d} = 1.55 N/mm² < f_{cteff}N_{zw} = σ_{ct,d} * A_c < k * f_{cteff} * A_cN_{zw} = 386.34 kN k = 0.80 max. N_{zw} = 417.30 kN**NACHWEIS RISSBREITE**W_{max} = 0.25 mm (nutzerdef.) ds = 12.0 mm

Zwang aus Hydratation (Dauerlast kt = 0.4)

zentr. Zwang Nx = 386.34 kN/m

ε_{2s} = 1.14 o/oo Fs = 386.3 kN/m

heff = 25.0 cm Fcre = 521.6 kN/m

erforderlich: Asli = 8.46 cm²/m Asre = 8.46 cm²/m

Es ist zu prüfen, ob ein Nachweis für späten Zwang maßgebend wird.