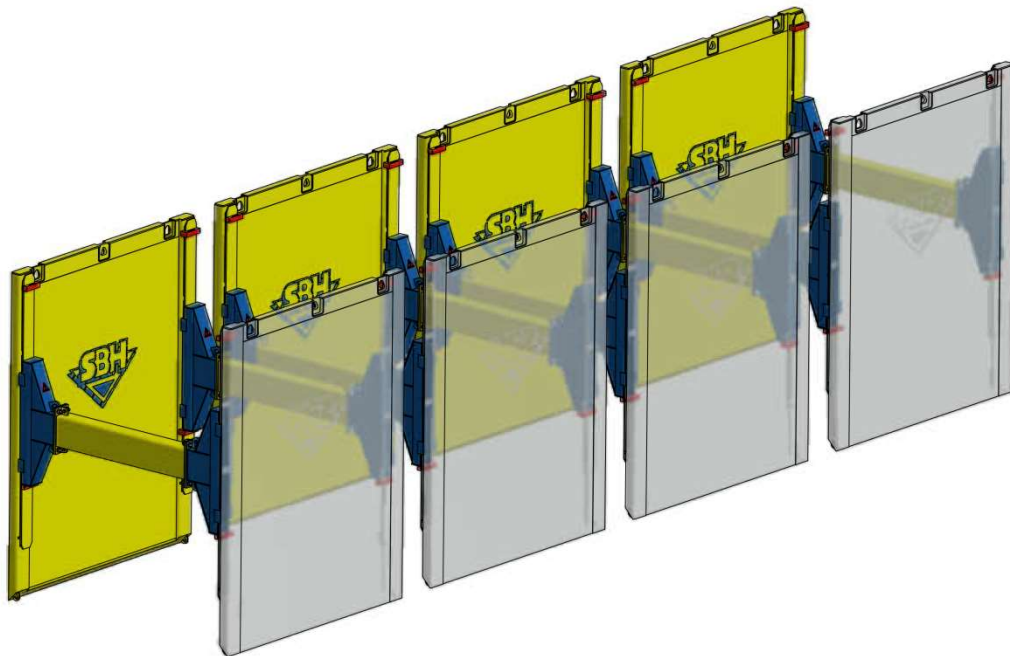




GREVENBROICH, KANALERNEUERUNG MONTANUSSTRAßE

STATISCHE NACHWEISE FÜR DEN GRABENVERBAU IM BEREICH DER HÄUSER 45 BIS 82 (BAUSTELLENSTATIK)



Hersteller: SBH Tiefbautechnik GmbH

Rollenschlittenbox 780er Serie

Rollenschlitten L = 1,50 m

Platte L = 3,15 m / H = 4,00 m

Projekt-Nr.: 0823-23

Aufsteller: Ingenieurbüro Gell & Partner GbR

Abschluss der Bearbeitung: 17.08.2023



Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkungen	3
2	Unterlagen	4
3	Vorschriften	5
4	Hilfsmittel	5
5	Baugrund, Grundwasser	5
6	Verbausystem	6
7	Baustoffe und Positionen	7
8	Einwirkungen	9
9	Bemessung der Verbaubestandteile	12
10	Schlussbemerkungen, Unterschrift	17

Anlagen

- Anlage 1 EuroTest Zertifikat BAU 21045, Grabenverbaugerät aus Stahl, randgestützt, Typ: Rollenschlittenbox 780er Serie
- Anlage 2 EuroTest Zertifikat BAU 21046, Rollenschlitten und Zwischenstücke, Typ: 780er Serie



1 Vorbemerkungen

Die Gesellschaft für Wirtschaftsdienste Grevenbroich mbH (GWD) plant den Umbau- bzw. Neubau der Regen- und Schmutzwasserkanäle in der Montanusstraße in Grevenbroich. In diesem Zusammenhang soll auch die vorhandene Trinkwasserleitung der NEW AG erneuert werden. Die Verlegung des Mischwasserkanals und der Trinkwasserleitung erfolgt zum Teil in einem gemeinsamen Graben. In einem rd. 88 m langen Teilabschnitt zwischen den Häusern Montanusstraße 45 und 82 (Schacht M9 bis Schacht M20, siehe Unterlage 2.2) reicht die vorhandene (Wohn-) Bebauung zum Teil sehr nah an den bis zu ca. 3,6 m tiefen Kanalgraben für den Mischwasserkanal und die Trinkwasserleitung heran. Hier soll die Grabensicherung mit SBH-Rollenschlittenboxen (780er-Serie) o.glw. erfolgen.

Die Verfüllung des Grabens soll mit Flüssigboden erfolgen, um die Erschütterungen aus der Verdichtung von Füllböden auf die angrenzende Bebauung auszuschließen. Die Rohre DN 600 SB werden dabei gegen Aufschwimmen gesichert. Es ist vorgesehen, die Rollenschlittenboxen hintereinander mit einem Abstand von jeweils rd. 50 cm zueinander einzusetzen. In diese „Lücken“ werden seitlich neben dem Graben die Stempel der Rohrverlegehilfe/Auftriebssicherung gesetzt. Im Bereich der vorhandenen Hausanschlüsse werden die Rollenschlittenboxen rechts und links neben die Leitungen / Kanäle gestellt. Der Abstand der Rollenschlittenboxen untereinander darf hier auch nicht mehr als 50 cm betragen. Die Grabenwandungen werden im Bereich der „Fehlflächen“ durch Stahlplatten gesichert. Die Stirnseiten werden ebenfalls durch Stahlplatten gesichert.

Nachfolgend wird gezeigt, dass die gewählten Verbaulemente unter den vorliegenden örtlichen Randbedingungen eingesetzt werden können, ohne dass die zulässigen Belastungen überschritten werden.

Die Grabentiefen liegen zwischen den Schächten M9 und M20 unter Berücksichtigung eines maximal 80 cm tiefen Bodenaustauschs (siehe Unterlage 2.1) zwischen 2,5 m und 3,6 m. Der Abstand der bis zu 4-geschossigen Bebauung zur Hinterkante Verbau beträgt an der engsten Stelle rd. 1,0 m. Folgende Häuser liegen prinzipiell im Einflussbereich des Grabenverbaus:

- Haus Nr. 94 (4-geschossig), Abstand $a = \text{ca. } 3,8 \text{ m}$, Grabentiefe = rd. 3,6 m
- Haus Nr. 41,43 (3-geschossig), Abstand $a = \text{ca. } 1,0 \text{ m}$, Grabentiefe = rd. 3,3 m
- Haus Nr. 82,84,86 (3-geschossig), Abstand $a = \text{ca. } 2,9 \text{ m}$, Grabentiefe = rd. 2,0 m

Der Großteil der Gebäude besitzt augenscheinlich einen Keller, sodass die Gründungslasten hier nicht mehr auf den Verbau einwirken. Bei den Häusern Nr. 94, 41 und 84 ist nicht bekannt, ob die Gebäude einen Keller besitzen. Auf der sicheren Seite liegend wird angenommen, dass diese Gebäude nicht unterkellert sind und auf etwa 80 cm breiten Streifenfundamenten aufgestellt wurden, deren Unterkante in frostsicherer Tiefe von rd. 0,80 m unter FOK liegt. Die charakteristischen Sohlpressungen werden unter Berücksichtigung von DIN 1054 in den anstehenden Böden zu $\sigma_k = 120 \text{ kN/m}^2$ (Haus Nr. 41 und 86) bzw. $\sigma_k = 150 \text{ kN/m}^2$ (Haus Nr. 94) abgeschätzt.



Bagger/Hebezeuge werden ausschließlich vor Kopf eingesetzt. Nach EAB dürfen diese durch eine großflächige Gleichlast $p_k = 10 \text{ kN/m}^2$ abgebildet werden. Zur Bemessung eines ggf. erforderlichen Stirnseitenverbau wird angenommen, dass zwischen Verbau und Bagger (zulässiges Gesamtgewicht = 30 t) ein Abstand von mind. 60 cm eingehalten wird. In diesem Fall ist zusätzlich eine Blocklast $q_k = 40 \text{ kN/m}^2$ auf einer Breite von 2,0 m neben dem Verbau zu berücksichtigen.

Es wird vorausgesetzt, dass (siehe auch EAB, EB 55, EB 56 und EB 57)

- nur allgemein zugelassene Fahrzeuge nach der StVZO hinter dem Verbau eingesetzt werden,
- der Abstand zwischen der Aufstandsfläche der Räder und der Hinterkante Verbau mindestens 1,0 m beträgt,
- die Oberflächen in geeigneter Weise befestigt sind,
- arbeitende Bagger/Hebezeuge den in Abhängigkeit des zulässigen Gesamtgewichts nach EAB (EB 55) erforderlichen Mindestabstand einhalten.

Vereinfachend erfolgt die Erddruckermittlung mit Hilfe des Programms GGU-Retain. Entsprechend den Zulassungen der einzelnen Verbaubestandteile wird den Nachweisen eine rechteckförmige Erddruckverteilung zugrunde gelegt.

Die Verbauberechnungen erfolgen in drei Berechnungsquerschnitten. Betrachtet wird der Bereich vor Haus Nr. 94 mit einer maximalen Grabentiefe von 3,6 m und der Bereich vor Haus Nr. 41 mit einem minimalen Abstand der Bebauung und einer zugehörigen Aushubtiefe von 3,3 m. Darüber hinaus wird die Stirnseite mit den Einwirkungen aus Bagger/Hebezeugen untersucht (maximalen Grabentiefe = 3,6 m, sichere Seite). Die Nachweise liegen damit für die weniger tiefen Bereiche bzw. Bereiche mit einem größeren Abstand der Bebauung auf der sicheren Seite.

2 Unterlagen

Die Berechnungen erfolgen auf Basis folgender Unterlagen:

- 2.1 Geotechnischer Bericht, Montanusstraße, 41515 Grevenbroich, Institut für Erd- und Grundbau Dr. Thomas Philipsen, Grevenbroich, 15.09.2022
- 2.2 Gesellschaft für Wirtschaftsdienste Grevenbroich mbH, Montanusstraße, Kanal- und Wasserleitungsbau, Grevenbroich, Ausführungsplanung, Lageplan Teil 1 i.M. 1:250, Ingenieurbüro Achten und Jansen GmbH, Aachen, Stand April 2023
- 2.3 Kanalerneuerung Montanusstraße, Lageplan Grabenverbau, GWD GmbH, Grevenbroich, erhalten per E-Mail vom 01.06.2023
- 2.4 SBH-Verbausskizze vom 15.08.2023



3 Vorschriften

DIN 1054	Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, 04/2021
DIN 4085	Baugrund – Berechnung des Erddrucks, 08/2017
DIN 4124	Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten, 01/2012
DIN 13331	Grabenverbaugeräte, 11/2002
DIN 18800-1	Stahlbauten – Bemessung und Konstruktion, 11/2008
BGR 176	Grabenverbaugeräte
DIN EN 1993-1	Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten inkl. nationale Anhänge etc.
DIN EN 1997-1	Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik inkl. nationale Anhänge etc.

4 Hilfsmittel

Literatur

- [L1] Wendehorst: Bautechnische Zahlentafeln, 35. Auflage, 2015, B.G. Teubner-Verlag
[L2] EAB, Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“, 5. Auflage, 2012, Ernst & Sohn

Software

- [S1] GGU Retain, Version 11.24
[S2] InfoCad 18.20, InfoGraph GmbH

5 Baugrund, Grundwasser

Baugrundsichtung

Basierend auf Unterlage 2.1, wonach im Baufeld Auffüllungen, Auenlehm und Terrassensedimente anstehen, können in den Berechnungen auf der sicheren Seite liegend die nachfolgend aufgeführten charakteristischen Kennwerte für den Baugrund angesetzt werden:

Auffüllungen

t = 0 – 1,4 m:	Wichte des feuchten Bodens:	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3 \text{ (i.M.)}$
	Ersatzreibungswinkel:	$\varphi'' = 30^\circ$

Auenlehm

t = 1,4 – > 3,6 m:	Wichte des feuchten Bodens:	$\gamma = 17 \text{ kN/m}^3 \text{ (i.M.)}$
	Reibungswinkel:	$\varphi' = 25^\circ$
	Kohäsion:	$c' = 5 \text{ kN/m}^2$



Erddruck

Die Nachweise erfolgen wegen der Nähe zur Bebauung und der vorhandenen Gasleitung in der Montanusstraße für den erhöhten aktiven Erddruck nach DIN 4085:2017-07 mit 50 % Erdruhe-druckanteil. Der Wandreibungswinkel wird mit $\delta_a = 0$ berücksichtigt. Der Erddruck aus dem Boden-eigengewicht wird gemäß Zulassung der Verbaubestandteile über die gesamte Verbauhöhe als flä-chengleiches Rechteck umgelagert (die Anordnung der Steifen wirkt sich nicht auf die Größe der Erddrucklast aus).

Grundwasser

Da sich das Baufeld im Einflussbereich der Sumpfungmaßnahmen des Tagebaus befindet, kann nach Unterlage 2.1 davon ausgegangen werden, dass der geschlossene Grundwasserspiegel deut-lich unterhalb der Aushubsohlen liegt. Ggf. anfallendes Schichtenwasser ist schadlos abzuführen. Auf den Verbau wird kein Wasserdruck angesetzt.

6 Verbausystem

Es handelt sich um einen etwa 88 m langen Grabenabschnitt, der mit SBH-Rollenschlittenboxen (780er-Serie) o.glw. gesichert werden soll. Zwischen den einzelnen Boxen verbleibt zum Stellen der Einrichtungen zur Auftriebssicherung bzw. zur Einbindung der vorhandenen Hausanschlüsse ein Ab-stand von ca. 0,5 m. Diese „Fehlflächen“ werden beim Grabenaushub mit Stahlplatten gesichert. Die größte Aushubtiefe beträgt gemäß Unterlage 2.2 und unter Berücksichtigung eines maximal 80 cm mächtigen Bodenaustausches gemäß Unterlage 2.1 rd. 3,6 m.

Eine Rollenschlittenbox besteht aus einer 86 mm dicken Platte, die an den Enden jeweils durch ein senkrecht angeordnetes Seitenteil gehalten wird. Die Rollenschlittenbox besitzt eine Länge von 3,15 m (einschließlich Seitenteil) und eine Höhe von 4,00 m. Die Seitenteile werden jeweils durch einen 1,5 m langen Rollenschlitten gegeneinander ausgesteift. Die maximale Rohrdurchlasshöhe beträgt 1,92 m.

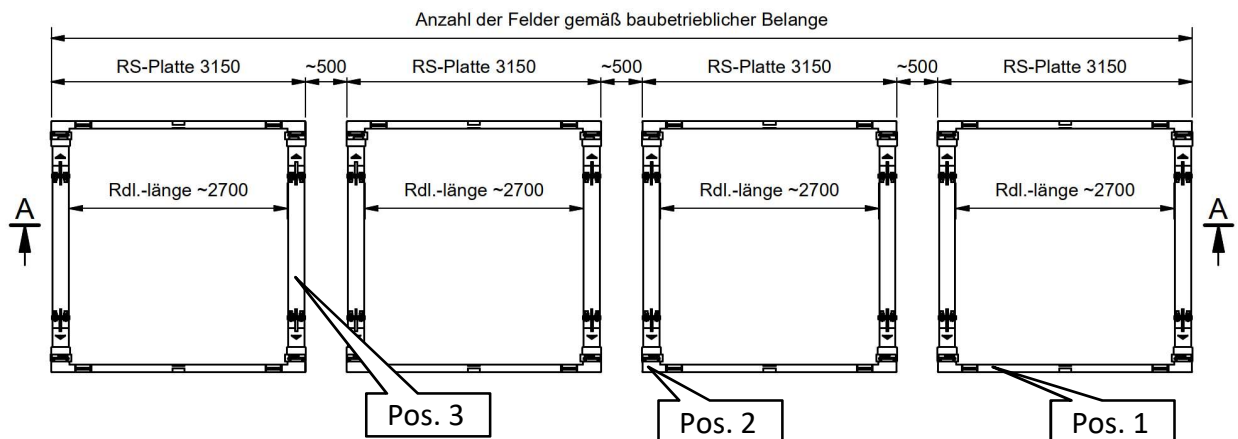
Die (äußere) Grabenbreite beträgt ca. 3,1 m bei einer (lichten) Arbeitsbreite von rd. 2,75 m. Die Sicherung der Stirnseiten erfolgt ebenfalls mit Stahlplatten.



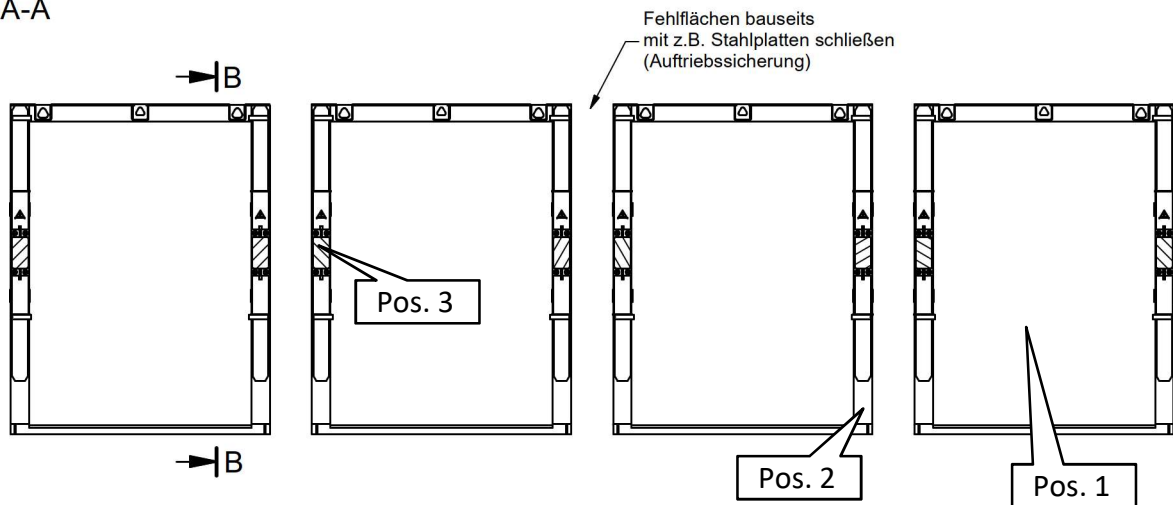
7 Baustoffe und Positionen

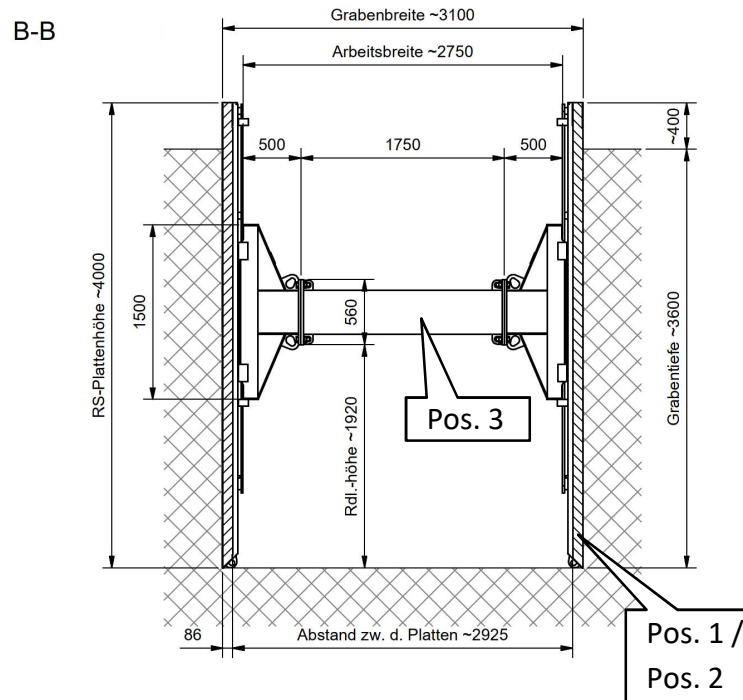
Die Abmessungen des geplanten Verbaus einschließlich der verschiedenen Berechnungspositionen können den nachfolgenden Skizzen entnommen werden.

Draufsicht



A-A





Rollenschlittenbox 780er Serie

Pos. 1	Platte, Länge	3,15 m	} Materialien gemäß SBH-Produktkatalog
	Platte, Höhe	4,00 m	
Pos. 2	Seitenteil, Höhe	4,00 m	
Pos. 3	Rollenschlitten, Länge	1,50 m	

Ausfächung

Pos. 4	Stahlplatte (S235), Länge	3,70 m	} zul. Spannungen nach DIN EN 1993-1: $\sigma_{Rd} = 235 \text{ N/mm}^2$; $\tau_{Rd} = 136 \text{ N/mm}^2$
	Stahlplatte (S235), Dicke	15 mm	

Stirnseitenverbau

Pos. 5	Stahlplatte (S235), Länge	3,10 m	} zul. Spannungen nach DIN EN 1993-1: $\sigma_{Rd} = 235 \text{ N/mm}^2$; $\tau_{Rd} = 136 \text{ N/mm}^2$
	Stahlplatte (S235), Dicke	40 mm	



8 Einwirkungen

Verkehrslasten Längsseiten

In den Berechnungen wird neben dem Verbau auf den Längsseiten eine großflächige Gleichlast $p = 10 \text{ kN/m}^2$ berücksichtigt (Bagger arbeitet vor Kopf).

Darüber hinaus werden die Grabensicherungselemente durch die Stempel der Rohrverlegehilfe belastet. Erfahrungsgemäß beträgt die max. aufnehmbare Auftriebskraft $A_k = 35 \text{ kN}$. Je Stempel mit einer Grundfläche von $1,0 \text{ m} \times 0,50 \text{ m}$ (Annahme) ergibt sich eine Auflagerpressung von

$$q_k = \frac{1}{2} \times 35 \times 1,0 \times 0,50 = 35 \text{ kN/m}^2.$$

Auf der sicheren Seite liegend wird diese Einwirkung über die gesamte Grabentiefe als Rechteckslast auf die Stahlplatten zwischen den Verbauboxen aufgegeben (Erddruckbeiwert = 1,0!).

Gebäudelasten

Die Gebäudelasten werden auf der sicheren Seite liegend wie folgt abgebildet:

Haus Nr. 41: 80 cm breites Fundament in einer Tiefe von 0,80 m unter FOK und in einer Entfernung von 1,0 m zur Hinterkante Verbau, Sohlpressung $\sigma_k = 120 \text{ kN/m}^2$

Haus Nr. 94: 80 cm breites Fundament in einer Tiefe von 0,80 m unter FOK und in einer Entfernung von 3,8 m zur Hinterkante Verbau, Sohlpressung $\sigma_k = 150 \text{ kN/m}^2$

Verkehrslasten Stirnseiten

Die Stirnseiten werden durch Stahlplatten gesichert, sodass hier die Einwirkungen aus Bagger/Hebezeugen mit einem zulässigen Gesamtgewicht von max. 30 t in einem Abstand von 0,6 m ab Hinterkante Verbau anzusetzen sind. Diese dürfen nach EAB [L2] durch eine großflächige Gleichlast von $p = 10 \text{ kN/m}^2$ und eine Ersatzflächenlast von $q_k = 40 \text{ kN/m}^2$ auf einer Breite von 2,0 m ab Hinterkante Verbau abgebildet werden.

Sollen in der Bauausführung schwerere Geräte eingesetzt werden, müssen diese den nach EAB erforderlichen Mindestabstand zur Hinterkante des Verbaus einhalten. Es wird vorausgesetzt, dass der Straßen- bzw. Baustellenverkehr in einem Abstand von mindestens 1 m an der Hinterkante des Verbaus vorbeigeführt wird.

Weitere Einwirkungen sind nach den vorliegenden Unterlagen nicht zu berücksichtigen.



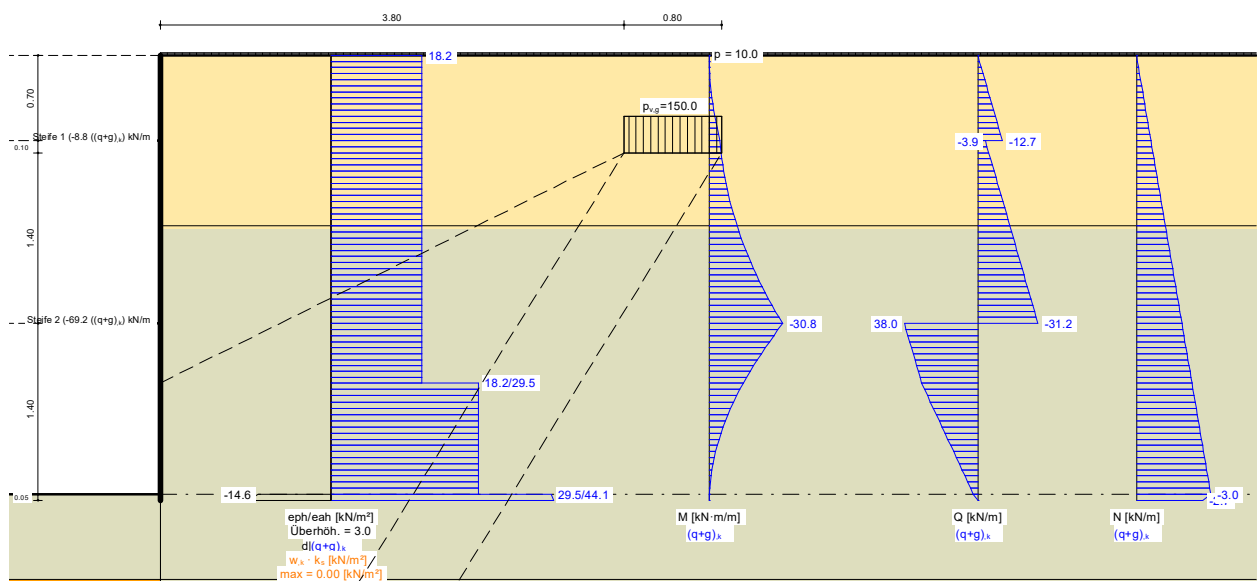
Erhöhter aktiver Erddruck

Der erhöhte aktive Erddruck (50 % Erdruhedruckanteil) wird mit Hilfe des Programms GGU-Retain, Version 11.24, ermittelt. Die Berechnungen erfolgen in drei Berechnungsquerschnitten.

Im **Berechnungsquerschnitt BQ1** wird der Bereich vor Haus Nr. 94 mit einer maximalen Grabentiefe von 3,6 m betrachtet. Die Bebauung befindet sich in einem Abstand von 3,8 m zur Hinterkante Verbau. Im **Berechnungsquerschnitt BQ2** vor Haus Nr. 41 befindet sich die Bebauung in einem Abstand von rd. 1,0 m zur Hinterkante Verbau. Die zugehörige Grabentiefe beträgt 3,3 m. Im **Berechnungsquerschnitt BQ3** werden die verbauten Stirnseiten mit den Einwirkungen aus Bagger/Hebezeugen untersucht. Hier wird auf der sicheren Seite liegend die maximale Grabentiefe von 3,6 m zu Grunde gelegt.

Vereinfachend und zulassungskonform wird der Erddruck über die gesamte Verbauhöhe in ein flächengleiches Rechteck umgelagert, sodass die Position des Rollenschlittens keinen Einfluss auf die sich einstellende Erddruckfigur besitzt.

BQ1 – Längsseiten, Haus Nr. 94 – max. Aushub, $T = 3,6$ m unter GOK

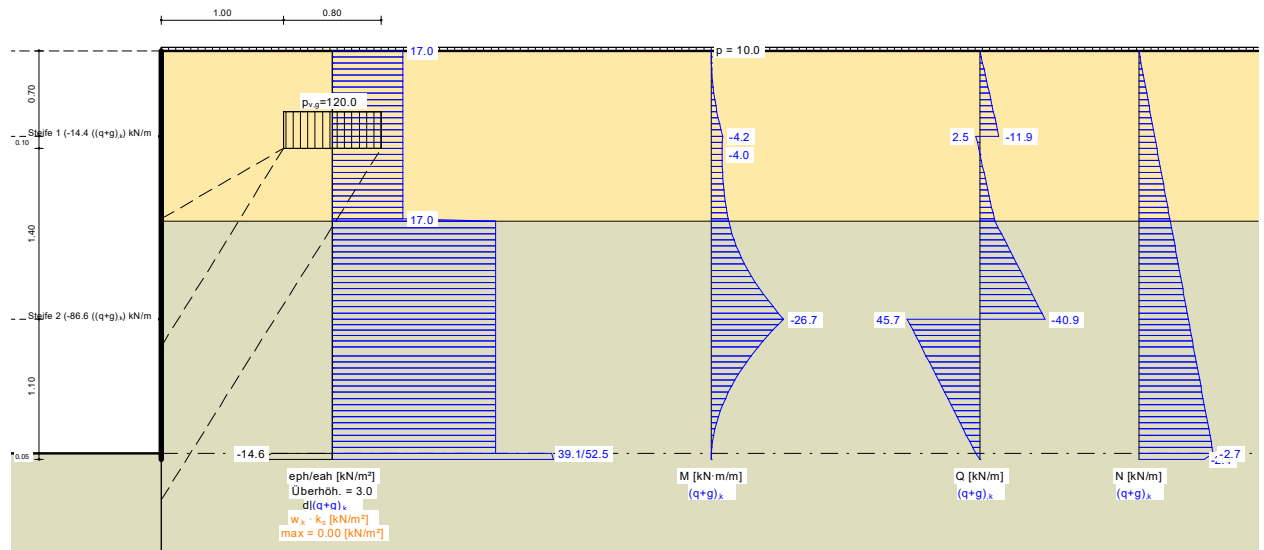


Die maßgebenden Ergebnisse (ständig + veränderlich) lauten:

- Erddruckordinaten $e_{eh1,k} = 18,2 \text{ kN/m}^2$ ($0 < z \leq 2,7 \text{ m}$)
 $e_{eh2,k} = 29,5 \text{ kN/m}^2$ ($2,7 \text{ m} < z \leq 3,6 \text{ m}$)



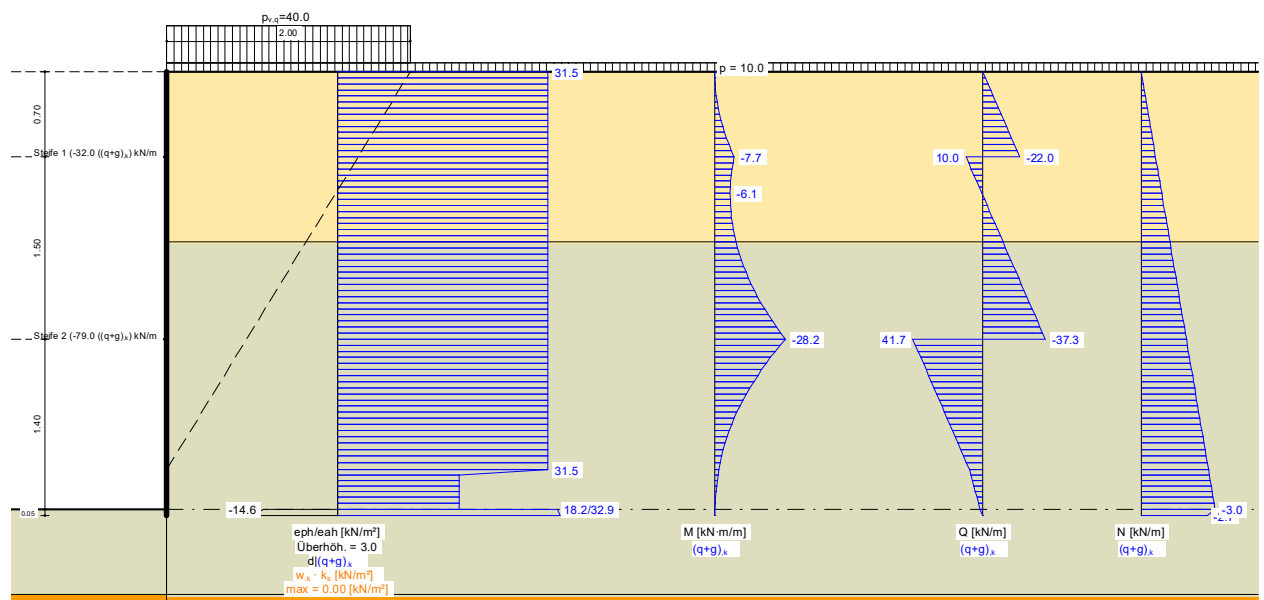
BQ2 – Längsseiten, Haus Nr. 41 – min. Abstand Bebauung, $T = 3,3$ m unter GOK



Die maßgebenden Ergebnisse (ständig + veränderlich) lauten:

- Erddruckordinaten $e_{eh1,k} = 17,0 \text{ kN/m}^2$ ($0 < z \leq 1,4 \text{ m}$)
 $e_{eh2,k} = 39,1 \text{ kN/m}^2$ ($1,4 \text{ m} < z \leq 3,3 \text{ m}$)

BQ3 - Stirnseiten – max. Aushub, $T = 3,6$ m unter GOK



Die maßgebenden Ergebnisse (ständig + veränderlich) lauten:

- Erddruckordinaten $e_{eh1,k} = 31,5 \text{ kN/m}^2$ ($0 < z \leq 3,3 \text{ m}$)
 $e_{eh2,k} = 18,2 \text{ kN/m}^2$ ($3,3 \text{ m} < z \leq 3,6 \text{ m}$)



9 Bemessung der Verbaubestandteile

Pos. 1 – SBH-Rollenschlittenbox, Platten

Für die Rollenschlittenbox der 780er Serie mit einer Plattendicke von 86 mm liegt eine geprüfte Typenstatik mit EuroTest Zertifikat vor, in der maximal zulässige Biegemomente definiert sind (siehe EuroTest Zertifikat Nr. BAU 21045 in Anlage 1). Es wird somit kein Biegespannungsnachweis geführt, sondern es wird die Einhaltung des zulässigen Moments nachgewiesen.

Folgende Platten werden für den Grabenverbau eingesetzt:

Plattenlänge $L = 3,15 \text{ m}$

Plattenhöhe $H = 4,0 \text{ m}$

Plattendicke $t = 86 \text{ mm}$

Das zulässige (charakteristische) Biegemoment beträgt für eine Plattenlänge von bis zu 4,0 m $M = 58,9 \text{ kNm/m}$ (siehe Anlage 1).

Die maximalen vorhandenen Biegemomente ergeben sich mit den zuvor ermittelten maßgebenden Erddrucklasten im BQ2 (vor Haus Nr. 41) von $e_{eh,k} = 39,1 \text{ kN/m}^2$ zu

$$\text{vorh. Biegemoment } M = 39,1 \times 3,15^2 / 8 = 48,5 \text{ kNm/m} < \text{zul. } M = 58,9 \text{ kNm/m}$$

Der Ausnutzungsgrad des zulässigen Biegemoments beträgt rd. 82 %.

Pos. 2 – SBH-Rollenschlittenbox, Seitenteile

Für die Rollenschlittenbox der 780er Serie liegt eine geprüfte Typenstatik mit EuroTest Zertifikat vor, in der maximal zulässige Biegemomente definiert sind (siehe EuroTest Zertifikat Nr. BAU 21045 in Anlage 1). Danach beträgt das maximal zulässige Biegemoment für die 4,0 m langen bzw. hohen Seitenteile der Rollenschlittenbox $M = 151,2 \text{ kNm}$.

Die für die Bemessung maßgebende Feldlänge beträgt $0,5 \times 3,65 = 1,825 \text{ m}$ (einschließlich „Fehlstellen“). Im **Berechnungsquerschnitt BQ1** (vor Haus Nr. 94) ergeben sich die Einwirkungen aus Erddruck dann zu:

$$p_1 = 18,2 \text{ kN/m}^2 \times 1,825 \text{ m} = 33,2 \text{ kN/m} \quad (z \leq 2,7 \text{ m u. GOK})$$

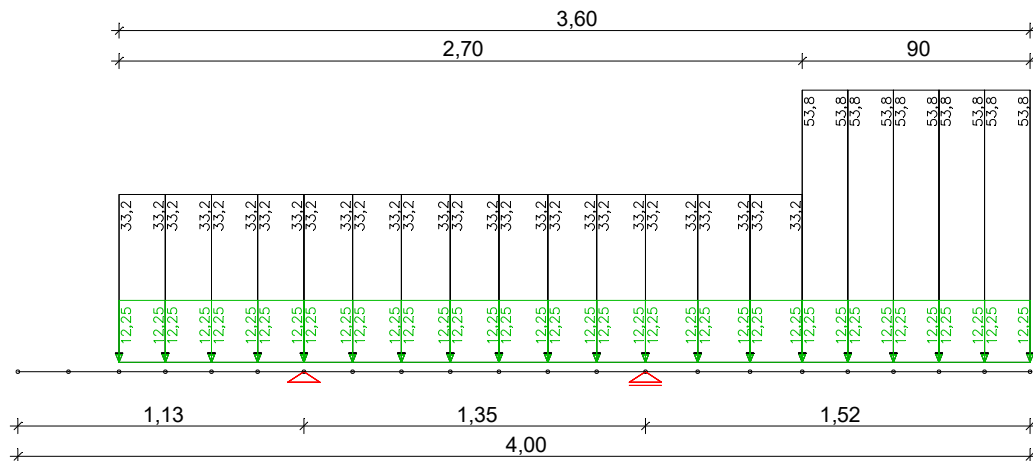
$$p_2 = 29,5 \text{ kN/m}^2 \times 1,825 \text{ m} = 53,8 \text{ kN/m} \quad (2,7 \text{ m} < z \leq 3,6 \text{ m u. GOK})$$

Hinzu kommt die „Auflagerreaktion“ der Stahlplatten zwischen den Rollenschlittenboxen infolge Einwirkung Rohrverlegehilfe/Auftriebssicherung:

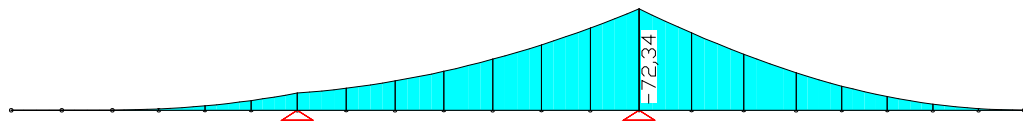
$$q = \frac{1}{2} \times 35 \times 0,70 = 12,25 \text{ kN/m} \quad (\text{als Rechteck über die ganze Höhe})$$



Vereinfachend erfolgt die Ermittlung der Schnittgrößen und der Auflagerreaktionen mit Hilfe des Programms InfoCad [S2] anhand des unten dargestellten statischen Systems. Die Position des Rollenschlittens wird gemäß der Verbauskizze aus Unterlage 2.4 angenommen (siehe auch Abbildung auf Seite 8); der Rollenlagerabstand = Feldlänge des Trägermodells beträgt 1,35 m für den 1,50 m langen Rollenschlitten.



Der sich einstellende Momentenverlauf ergibt sich zu:

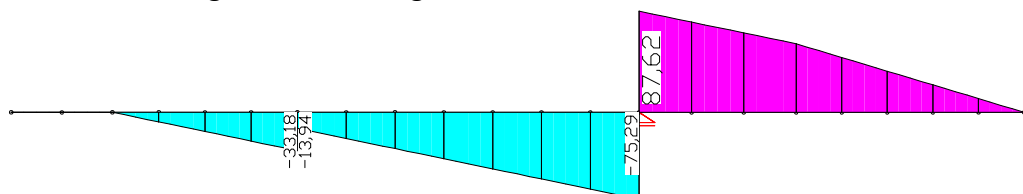


Das max. vorhandene Biegemoment beträgt:

$$\text{vorh. Biegemoment } M = 72,3 \text{ kNm} \leq \text{zul. } M = 151,2 \text{ kNm}$$

Das zulässige Moment (Biegung um die starke Achse) wird zu rd. 48 % ausgenutzt.

Der Querkraftverlauf ergibt sich wie folgt:



Die Auflagerreaktionen betragen:





Im **Berechnungsquerschnitt BQ2** (vor Haus Nr. 41) ergeben sich die Einwirkungen aus Erddruck zu:

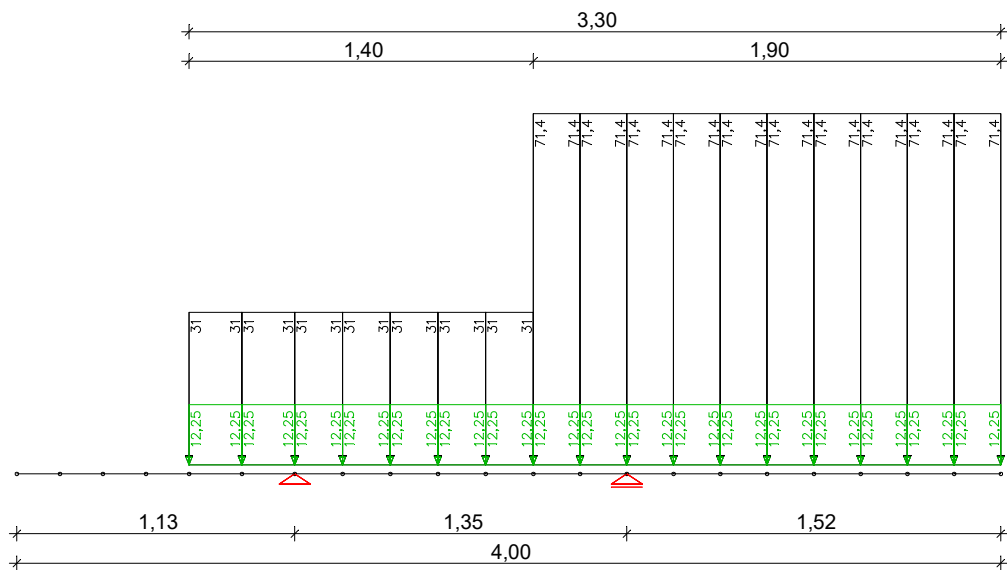
$$p_1 = 17,0 \text{ kN/m}^2 \times 1,825 \text{ m} = 31,0 \text{ kN/m} \quad (z \leq 1,4 \text{ m u. GOK})$$

$$p_2 = 39,1 \text{ kN/m}^2 \times 1,825 \text{ m} = 71,4 \text{ kN/m} \quad (1,4 \text{ m} < z \leq 3,3 \text{ m u. GOK})$$

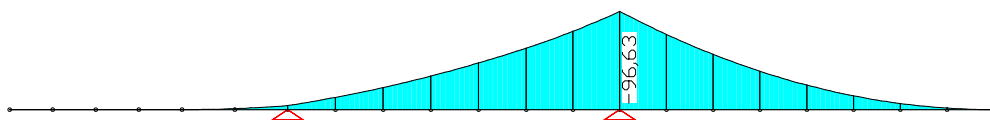
Hinzu kommt die „Auflagerreaktion“ der Stahlplatten zwischen den Rollenschlittenboxen infolge Einwirkung Rohrverlegehilfe/Auftriebssicherung:

$$q = \frac{1}{2} \times 35 \times 0,70 = 12,25 \text{ kN/m} \quad (\text{als Rechteck über die ganze Höhe})$$

Die Berechnungen erfolgen damit an Hand des folgenden statischen Systems:



Der sich einstellende Momentenverlauf ergibt sich zu:

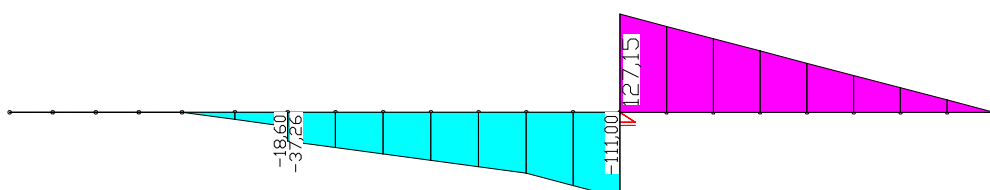


Das max. vorhandene Biegemoment beträgt:

$$\text{vorh. Biegemoment } M = 96,6 \text{ kNm} \leq \text{zul. } M = 151,2 \text{ kNm}$$

Das zulässige Moment (Biegung um die starke Achse) wird zu rd. 64 % ausgenutzt.

Der Querkraftverlauf ergibt sich wie folgt:





Die Auflagerreaktionen betragen:



Pos. 3 - SBH-Rollenschlittenbox, Rollenschlitten, L = 1,50 m

Für die 1,5 m langen bzw. hohen Rollenschlitten der Rollenschlittenbox liegt eine geprüfte Typenstatik mit EuroTest Zertifikat vor (siehe EuroTest Zertifikat Nr. BAU 21046 in Anlage 2). Danach beträgt die maximal zulässige Druckbeanspruchung für die Rollenschlitten $D = 242 \text{ kN}$ und die maximale Zugbeanspruchung $Z = -112 \text{ kN}$.

Die Beanspruchungen auf den Rollenschlitten ergeben sich aus den Berechnungen für die Seitenteile (siehe Pos. 2). Die maximal vorhandene Druckbeanspruchung im Rollenschlitten (Auflagerkraft) ergibt sich für den Rollenschlitten im Berechnungsquerschnitt 2 (vor Haus Nr. 41) zu

$$\text{vorh. Druckbeanspruchung } D = 238 \text{ kN} \leq \text{zul. } D = 242 \text{ kN}$$

Die zulässige Druckkraft wird zu rd. 98 % ausgenutzt.

Die maximal vorhandene Zugbeanspruchung im Rollenschlitten (Auflagerkraft) ergibt sich ebenfalls im Berechnungsquerschnitt 2 (vor Haus Nr. 41). Sie beträgt:

$$\text{vorh. Druckbeanspruchung } Z = 19 \text{ kN} \leq \text{zul. } Z = 112 \text{ kN}$$

Die zulässige Zugkraft wird zu ca. 17 % ausgenutzt.

Die Bescheinigung (EuroTest Zertifikat BAU 21046, Anlage 2) der **Zwischenstücke** gilt bis zu einer **zulässigen Arbeitsbreite von** 6,0 m. Im vorliegenden Fall beträgt die Arbeitsbreite 2,75 m. Detailnachweise für die Zwischenstücke sind somit entbehrlich.

Pos. 4 - Stahlplatten zur Sicherung der „Fehlstellen“

Im Bereich der „Fehlstellen“ zwischen den Verbauboxen sollen Stahlplatten (S235) als Verbauelement (= Ausfachung) eingesetzt werden. Der maximale Abstand der Rollenschlittenboxen beträgt 50 cm im Lichten. Die maximale Erddrucklast beträgt auf den Grabenlängsseiten $e_{eh,k} = 39,1 \text{ kN/m}^2$ zzgl. $q_k = 35,0 \text{ kN/m}^2$ infolge Auftriebssicherung bei einer rechnerischen Feldlänge von rd. 0,70 m (siehe Unterlage 2.4).

Bemessungswert der Belastung (Bemessungssituation BS-T, erhöhter aktiver Erddruck):

$$e_{eh,d} = 1,15 \cdot 39,1 + 1,30 \cdot 35,0 = 90,5 \text{ kN/m}^2$$



Als Linienlast bezogen auf 1,0 m Höhe ergibt sich die maßgebende Belastung auf die Verbauplatten damit zu $p_d = 90,5 \text{ kN/m}$.

Die Stahlplatten werden als Einfeldträger mit einer effektiven Feldlänge von 0,70 m nachgewiesen. Die Schnittgrößen betragen somit:

$$M_d = 90,5 \times 0,70^2 / 8 = 5,5 \text{ kNm}$$

Die Bemessung erfolgt nach DIN EN 1993 mit einer zulässigen Biegespannung für Stahl (S235) von $\sigma_{Rd} = 23,5 \text{ kN/cm}^2$. Die **Plattendicke** wird zu **t = 15 mm** gewählt.

Das Widerstandsmoment der Platte (bzw. eines 1,0 m hohen Streifens) beträgt:

$$W_y = \frac{100 \cdot 1,5^2}{6} = 37,5 \text{ cm}^3$$

Nachweis:

$$\sigma_s = \frac{M_d}{W_y} = \frac{5,5 \cdot 100}{37,5} = 14,7 \text{ kN/cm}^2 < 23,5 \text{ kN/cm}^2 = \sigma_{Rd}$$

Pos. 5 - Stahlplatten zur Sicherung der Stirnseiten

Die Stirnseiten sollen ebenfalls durch Stahlplatten gesichert werden. Die Arbeitsbreite (= äußere Grabenbreite) beträgt 3,1 m. Die maximale Belastung aus Erddruck ergibt sich für die Stirnseiten zu $e_{eh,k} = 31,5 \text{ kN/m}^2$ (siehe Berechnungsquerschnitt BQ3).

Bemessungswert der Belastung (Bemessungssituation BS-T, erhöhter aktiver Erddruck, Annahme: Anteil veränderliche Einwirkung = 50 %):

$$e_{eh,d} = 1,225 \cdot 31,5 = 38,6 \text{ kN/m}^2$$

Als Linienlast bezogen auf 1,0 m Höhe ergibt sich die maßgebende Belastung auf die Verbauplatten damit zu $p_d = 38,6 \text{ kN/m}$.

Die Stahlplatten werden als Einfeldträger mit einer effektiven Feldlänge von 3,10 m nachgewiesen. Das vorhandene Biegemoment beträgt somit:

$$M_d = 38,6 \times 3,10^2 / 8 = 46,4 \text{ kNm}$$

Die Bemessung erfolgt nach DIN EN 1993 mit einer zulässigen Biegespannung für Stahl (S235) von $\sigma_{Rd} = 23,5 \text{ kN/cm}^2$. Die **Plattendicke** wird zu **t = 40 mm** gewählt.



Das Widerstandsmoment der Platte (bzw. eines 1,0 m hohen Streifens) beträgt:

$$W_y = \frac{100 \cdot 4,0^2}{6} = 266,7 \text{ cm}^3$$

Nachweis:

$$\sigma_s = \frac{M_d}{W_y} = \frac{46,4 \cdot 100}{266,7} = \underline{17,40 \text{ kN/cm}^2} < \underline{23,5 \text{ kN/cm}^2} = \sigma_{Rd}$$

10 Schlussbemerkungen, Unterschrift

Mit den vorliegenden Nachweisen wird gezeigt, dass die gewählten Verbauelemente unter den vorhandenen örtlichen Randbedingungen zur Sicherung des max. 3,6 m tiefen Kanalgrabens eingesetzt werden können, ohne dass die zulässigen Belastungen gemäß Zulassung überschritten werden. Wenn im Zuge der Arbeiten festgestellt wird, dass von den den Berechnungen zugrunde liegenden Annahmen und Randbedingungen abweichende Verhältnisse vorliegen, ist Rücksprache mit dem Aufsteller zu halten und sind die Nachweise ggf. zu überarbeiten.

Der Graben soll mit Flüssigboden verfüllt werden. Die Einwirkungen aus der Rohrverlegehilfe / Auftriebssicherung wurde zu 35 kN/m² angenommen. Der Verbau ist sukzessive mit der Grabenverfüllung anzuheben, sodass die Grabenwandungen unmittelbar durch den Flüssigboden gestützt werden (es verbleibt kein Schlitz zwischen Flüssigboden und Baugrund!). Die Lage des Rollenschlittens innerhalb der Verbaubox darf dabei nur so verändert werden, dass die Rohrdurchlasshöhe 1,92 m nicht überschreitet.

Bagger/Hebezeuge dürfen ausschließlich vor Kopf eingesetzt werden. Der Abstand eines 30 t-Baggers zum vorhandenen Stirnseitenverbau muss mind. 60 cm betragen.

Der zulässige Abstand zwischen zwei Rollenschlittenboxen beträgt maximal 50 cm.

Aachen, den 17.08.2023

Dr.-Ing. Sylvia Kürten

Dipl.-Ing. Jürgen Knops