



IFK Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH  
Ringbahnstraße 12, 12099 Berlin

**Beratung**

**Planung**

**Gutachten**

# **Entwurfsplanung**

## **Baugrubensicherung**

**Bauvorhaben**                      **U-Bhf. Paulsternstraße**  
**Barrierefreier Ausbau und Neubau Ausgang**  
**13629 Berlin**

**Bauherr**                              Berliner Verkehrsbetriebe (BVG)  
Anstalt öffentlichen Rechts  
Holzmarktstraße 15-17  
10179 Berlin

**Bearbeiter**                        M.Sc. J. Ramírez Rodríguez  
Dipl.-Ing. I. Friedrich-Keil

**Projektnummer**                  P 038/19

**Datum**                                27.09.2019

**IFK Ingenieurbüro  
für Geotechnik GmbH**

Ringbahnstraße 12  
12099 Berlin

T +49-30-367 590 64  
F +49-30-367 590 66

info@ifk-bln.de  
www.ifk-bln.de

**Geschäftsführerin**  
Dipl.-Ing. I. Friedrich-Keil

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>VORBEMERKUNGEN .....</b>	<b>2</b>
1.1	ÖRTLICHKEIT .....	2
1.2	BAUMAßNAHME .....	3
1.3	BAUSTELLENERSCHLIEßUNG .....	4
1.4	MEDIEN .....	5
<b>2</b>	<b>UNTERLAGEN.....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>BAUGRUND.....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>BAUGRUBENSICHERUNG .....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>BERECHNUNGSANNAHMEN .....</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>BERECHNUNG DER TRÄGERBOHLWÄNDE .....</b>	<b>13</b>
6.1	SPW 1 .....	13
6.2	SPW 2 .....	19
6.3	BPW 1 .....	25
6.4	DS-SOHLER.....	30
<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>31</b>

## 1 VORBEMERKUNGEN

### 1.1 ÖRTLICHKEIT

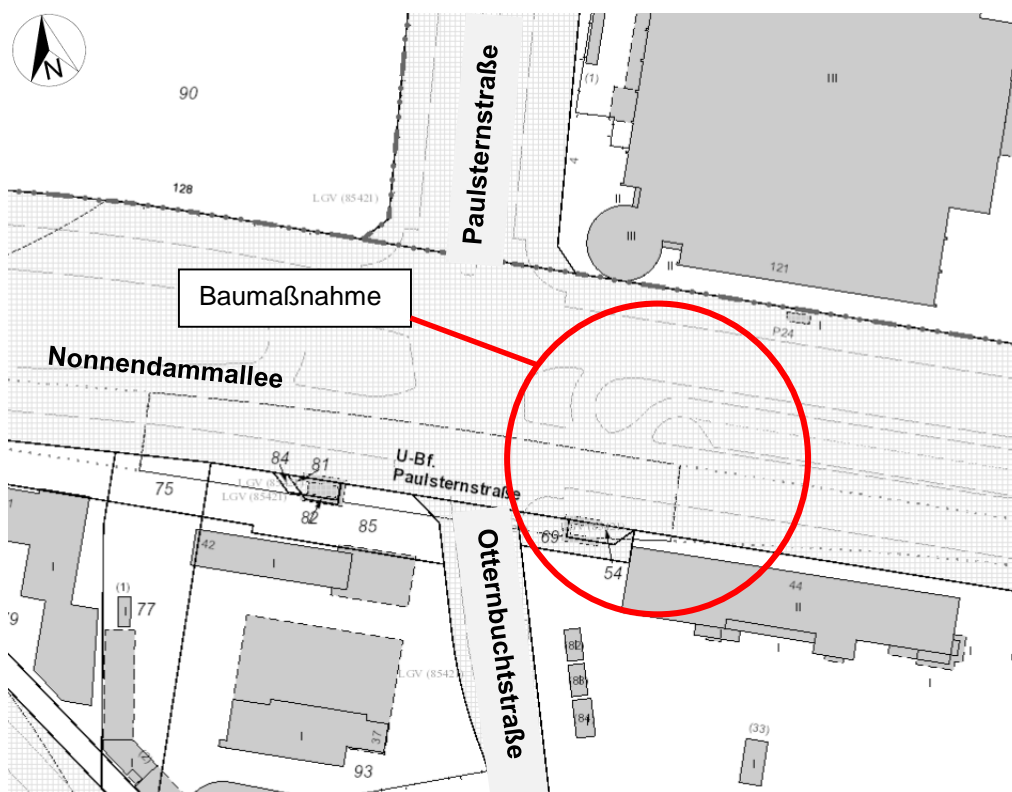
Die Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) planen an der Linie U 7 am U-Bahnhof „Paulsternstraße“ den barrierefreien Ausbau (BA) sowie den Neubau eines weiteren Ausgangs. Dabei sind Treppenausgänge und Personenaufzüge zur Verbindung des Bahnsteigs mit der Zwischenebene und mit dem Ausgang auf der östlichen Straßeninsel auf der Nonnendammallee vorgesehen.

Der U-Bahnhof „Paulsternstraße“ liegt unterhalb der Straßenkreuzung Paulsternstraße / Otternbuchtstraße mit der Nonnendammallee an deren südlichem Rand in Berlin Spandau.

Die Kreuzung Nonnendammallee / Otternbuchtstraße bildet das verkehrliche Zentrum des Areals. Die Nonnendammallee ist eine übergeordnete Hauptverkehrsstraße, die Paulsternstraße sowie die Otternbuchtstraße sind Hauptverkehrsstraßen. Am Straßenrand und auf dem Mittelstreifen östlich der Kreuzung befinden sich öffentliche Parkflächen. Östlich des U-Bahnhofes befindet sich eine Haltestelle der Buslinien 139, N7 und N39. Diese soll über die Dauer der Baumaßnahme umverlegt werden.

Der U-Bahntunnel wurde aufgrund eines zusätzlich geplanten Straßentunnels im südlichen Randbereich der Nonnendammallee angeordnet. Dieser Straßentunnel wurde jedoch nicht realisiert. Bei den benachbarten Gebäuden der Nonnendammallee handelt es sich um nicht unterkellerte Industriegebäude (Osram / Cosy Wash / Carglass). Dem Bild 1 ist der Standort der geplanten Baumaßnahme zu entnehmen.

**Bild 1**      **Örtlichkeit U-Bhf. Paulsternstraße**

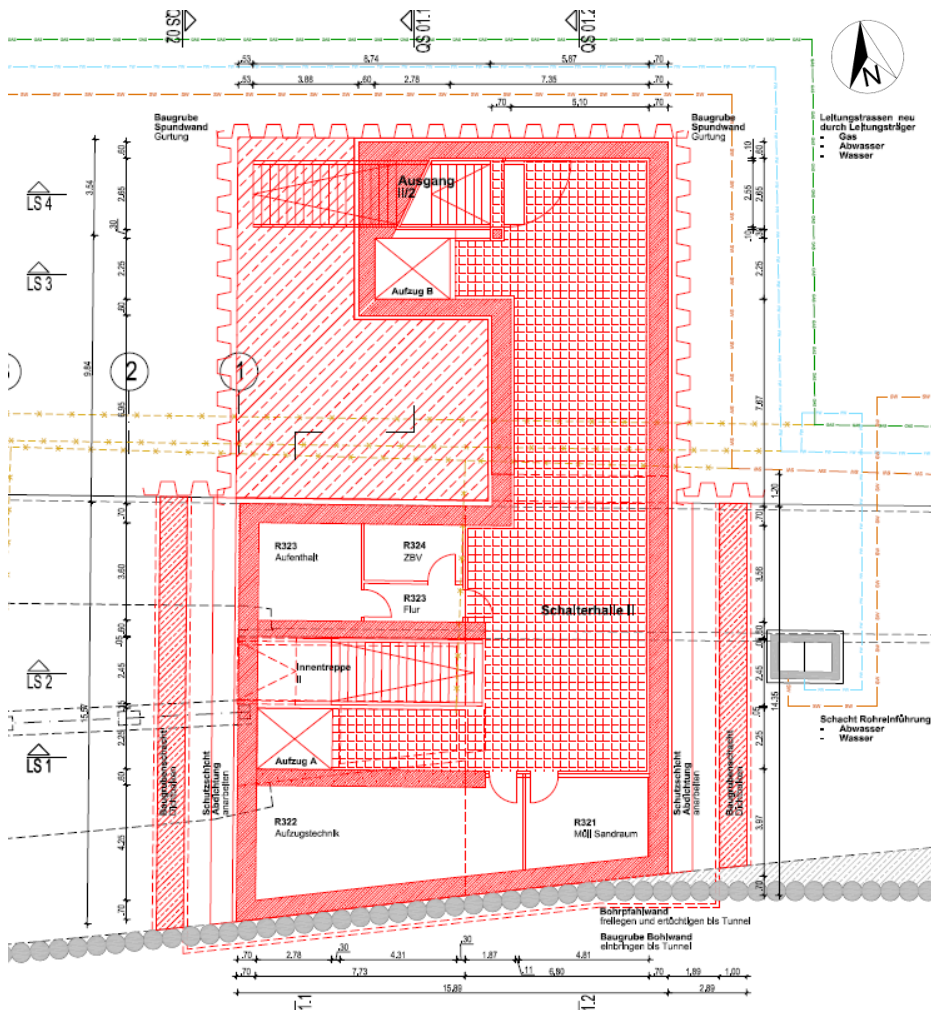


Quelle: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, Juli 2019

## 1.2 BAUMAßNAHME

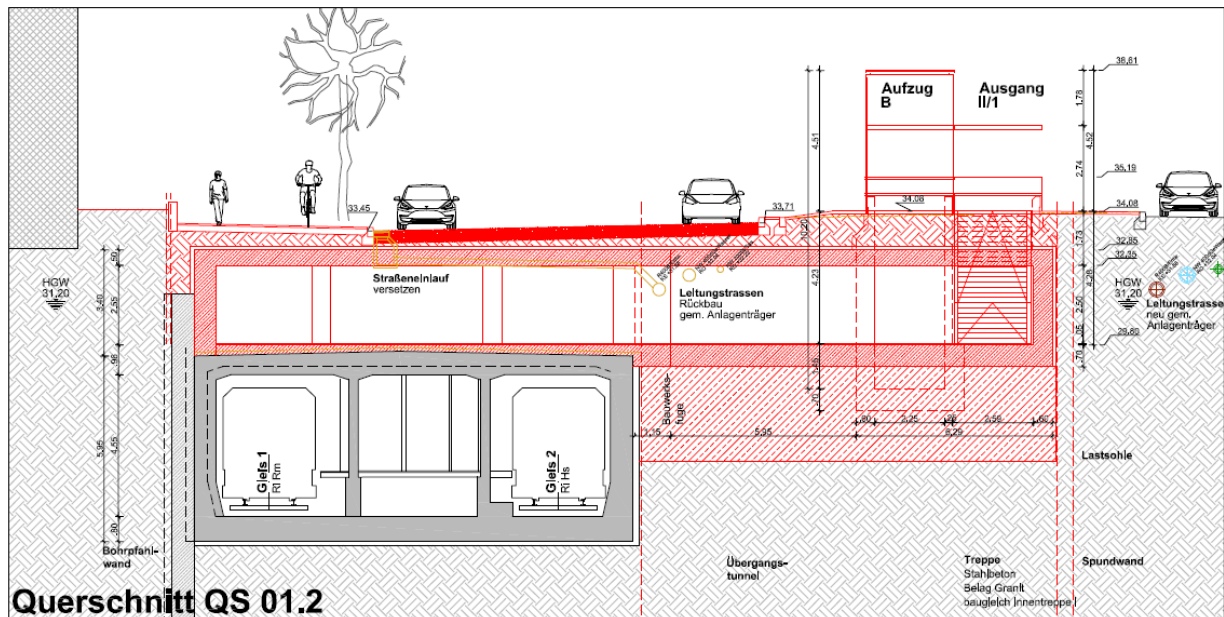
Die Baumaßnahme (Standort 2) mit Ausgang II/2 sieht die Errichtung eines zusätzlichen Ausganges inkl. eines Aufzuges durch eine sog. Schalterhalle auf der Mittelinsel der Nonnendammallee vor. Der U-Bahnhof liegt parallel zur Straßenachse der Nonnendammallee. In nachfolgendem Bild 2 ist eine Lageskizze des geplanten Anschlussbauwerkes dargestellt.

**Bild 2 Lageskizze Anschlussbauwerk**



Quelle: Vorentwurfsplanung ArchitektenSocietät /U 1.3/

Das Anschlussbauwerk verbindet die Verteilerhalle mit dem Straßenland. Im nachfolgenden Bild 3 ist ein Prinzipschnitt dargestellt. Das Gelände liegt zwischen +33,45 m NHN und +34,08 m NHN.

**Bild 3      Prinzipschnitt Anschlussbauwerk**

Quelle: Vorentwurfsplanung ArchitektenSocietät /U 1.3/

Die geplante Baugrube liegt an der südlichen Seite im Einflussbereich der flachgegründeten Nachbargebäude. Zur Sicherung der Gebäude wurde zum Bau des U-Bahnhofs eine Bohrpfehlwand (BPW) mit eingestellten Steckträgerverbau eingebaut. Für eine weitere Verwendung der BPW als Baugrubensicherungselement im Rahmen dieses Bauvorhabens ist diese statisch nachzuweisen.

Die OK des Bestandstunnels liegt bei ca. 3,60 m auf der Westseite und bei ca. 3,85 m auf der Ostseite unter Gelände. Damit ist die Tunneldecke bei einer Ordinate zwischen +29,91m NHN und +29,60 m NHN. Dieser Höhenunterschied ergibt sich aus einer Abtrepung der Tunneldecke in Längsrichtung. In diesem Bereich werden die Tunneldecke sowie Teile der Schalterhalle II freigelegt, um den Anschluss des Neubaus zu realisieren.

### 1.3      BAUSTELLENER SCHLIEßUNG

Die Baugrube befindet sich im öffentlichen Straßenland (Fuß- und Radweg und Fahrbahnbereich). Für die gesamte Baugrube ist westlich des Baufeldes (ca. 440 m²) die Baustelleneinrichtungsfläche, Zwischenlager und Ladezone eine Fläche von ca. 1015 m² vorgesehen. Die Baustelleneinrichtungsfläche auf der Ostseite ist ca. 225 m² groß. Diese Fläche werden voraussichtlich kleiner, da im südlichen Bereich der Baugrube Böschungen zur Baugrubensicherung und Arbeitsräume für die Abdichtungsarbeiten sichergestellt werden müssen.

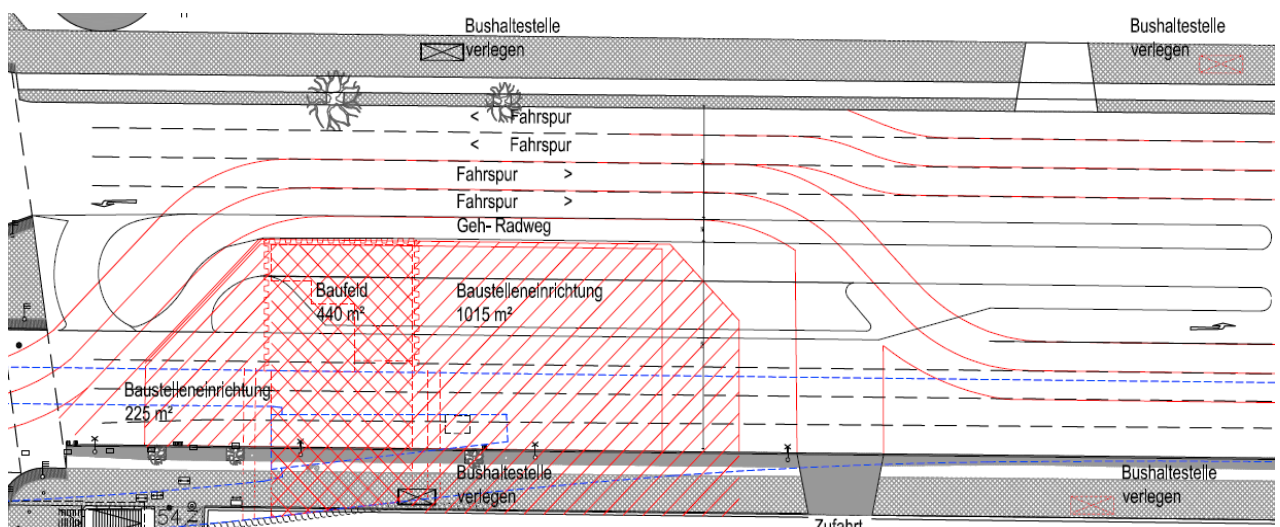
Für die Dauer der Baumaßnahme wird die Spurführung des Straßenverkehrs gemäß Verkehrsführungsplan an das Baufeld angepasst. Der Geh- und Radweg parallel zur Nonendammallee wird auf den Nordteil des Baufeldes verlegt. Die dreispurige Straße wird in beiden Fahrrichtungen auf zwei Spuren verengt. Die Fahrspuren in Westrichtung werden nördlich von der Baustelle verlegt. Die Bushaltestellen werden etwas östlich verschoben werden.

Auf der Mittelinsel befinden sich Parkplätze und eine Wendestelle. Diese werden während der Baumaßnahme rückgebaut. Weitere Parkplätze auf der Mittelinsel werden über die Bauzeit gesperrt. Der Neubau einer Wendestelle ist auch zukünftig vorgesehen.

Der parallel zur Nonnendammallee verlaufende U-Bahntunnel der U-Bahnlinie U 7 darf nicht mit schwerem Gerät befahren werden.

Die Erschließung der Baustelle erfolgt ausschließlich über den nördlichen Bereich der Nonnendammallee. Im nachfolgenden Bild ist eine Übersicht zur Logistik dargestellt.

**Bild 4      Übersicht Logistik**



Quelle: Vorentwurfsplanung ArchitektenSocietät /U 1.3/

## 1.4 MEDIEN

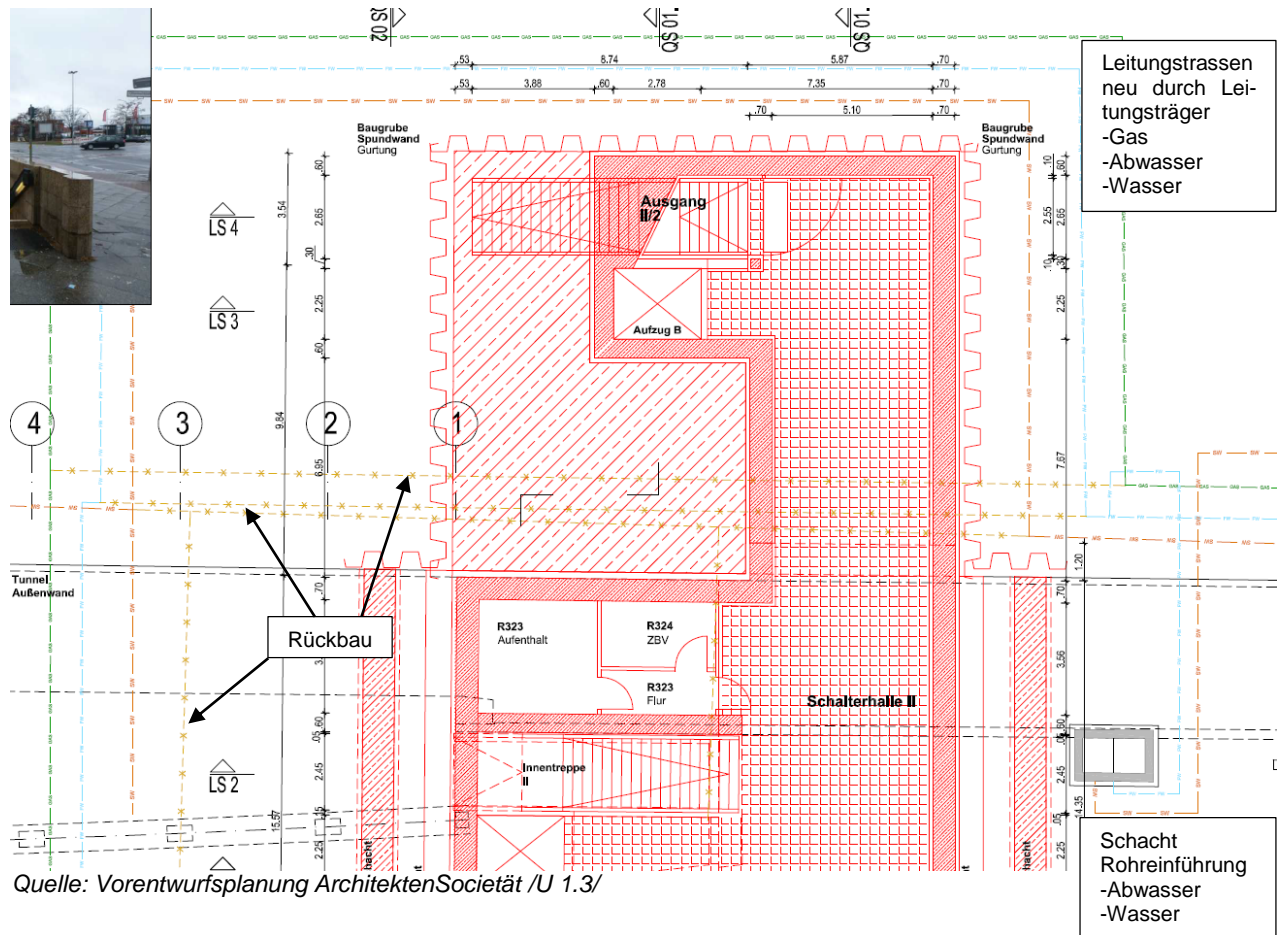
Im Bereich der Baumaßnahme befinden sich Ver- und Entsorgungsleitungen diverser Leitungsträger. In nachfolgendem Bild 5 ist ein Auszug der Umverlegung der Frischwasser-, Schmutzwasser- und Gasleitung beigelegt, in welchem die entsprechenden Leitungen dargestellt sind.

Am aktuellen Planungsstand sind keine zusätzliche Leitungen bekannt, jedoch können weitere Leitungen im Baufeld vorhanden sein. Diese müssen bauzeitlich umverlegt und geschützt werden.

Infolge der gelpanten Böschung im Bereich der Rohreinführung der Trink- und Abwasserleitungen werden diese teilweise freigelegt. Diese müssen während der Bauarbeiten gesichert werden.



**Bild 5      Auszug Leitungsplan /U 1.4/**



## **2            UNTERLAGEN**

- /U 1.1/      Geotechnischer Bericht U-Bhf Paulsternstraße erstellt von IFK Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH vom 22.08.2019
- /U 1.2/      Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, Fis-Broker – Geoportal Berlin, Stand: Juli 2019
- /U 1.3/      Vorentwurfsplanung erstellt von ArchitektenSocietät Birkel Unger und Partner, Schwarzbacherstr 7, 10711 Berlin, Stand 10.01.19  
P\_VP 10 –    Lagevarianten Aufzug und neue Außentreppe, Grundriss und Schnitte  
P\_VP 110 –   Straßenebene West, Grundriss und Schnitte, Ausgang II/2 - Aufzug B  
P\_VP 120 –   Straßenebene Ost, Grundriss und Schnitte  
P\_VP 200 –   Zwischenebene, Grundriss und Schnitte  
P\_VP 400 –   Straßenebene, Baustelleneinrichtung
- /U 1.4/      Bestandspläne, Ausführungszeichnungen Los H 106, erstellt von  
HV148d      Grundriss und Längsschnitt von km 92,8+21 bis km 92,9+31. Stand: 12.10.1978  
HV148e      Grundriss und Längsschnitt von km 92,9+31 bis km 93,0+11. Stand: 02.11.1978  
HV148.1e    Querschnitte d1-d1, e-e, e1-e, Stand: 02.11.1978  
HV149.3d    Querschnitte f-f, g-g, g1-g1, h-h, h1-h1. Stand: 08.11.1978

### **Sonstiges**

- /U 2.1/      EAB, Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“, 5. Auflage
- /U 2.2/      DIN EN 1997-1: 2014-03, Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik
- /U 2.3/      DIN 1054: 2010-12, Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
- /U 2.4/      Schneider Bautabellen für Ingenieure mit Berechnungshinweisen und Beispielen, 22. Auflage
- /U 2.5/      Grundbau-Taschenbuch, Teil 1 – 3 , Ernst & Sohn, 7. Auflage



### 3 BAUGRUND

Gemäß Geotechnischem Bericht /U 1.1/ stehen auf dem Baufeld folgende Schichten an.

**Auffüllung**

**Sande**

**Schluff (lokal)**

**Sand-Kies-Gemisch (lokal)**

**Schluffige Feinsande**

Für die Berechnung der Baugrubensicherung werden die Bodenkennwerte aus /U 1.1/ gemäß nachfolgender Tabelle angesetzt.

**Tabelle 1 charakteristische Bodenkennwerte**

Schicht	Bezeichnung	Reibungswinkel	Kohäsion	Wichte feucht	Wichte u. Auftrieb	Steifemodul
		$\varphi'_k$ [Grad]	$c'_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$E_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
<b>Auffüllung</b>	S0	29,0 - 30,0	-	17,0 - 18,0	9,0 - 10,0	-
<b>Sand, locker</b>	S1	30,0 - 31,0	-	18,0 - 19,0	10,0 - 11,0	20,0 - 30,0
<b>Sand, mitteldicht</b>	S2	31,5 - 32,5	-	18,0 - 19,0	10,0 - 11,0	30,0 - 50,0
<b>Sand, dicht</b>	S3	32,5 - 35,0	-	18,0 - 19,0	10,0 - 11,0	50,0 - 100,0
<b>Kies, dicht</b>	S4	35,0 - 37,0	-	19,0 - 20,0	11,0 - 12,0	100,0 - 150,0
<b>Schluffiger Sand, dicht</b>	S5	32,5 - 35,0	-	19,0 - 20,0	10,5 - 11,5	30,0 - 50,0
<b>Schluff</b>	S6	27,5	-*	20,0 - 21,0	11,0 - 12,0	30,0 - 50,0

\* überwiegend rollige Eigenschaften

#### Grundwasser

Nach der Baugrunderkundung in /U 1.1/ wurde das Grundwasser bei einer Ordinate von ca. +29,45 m NHN angetroffen. Der Bemessungswasserstand (BMW) wurde im Geotechnischen Bericht wie folgt festgelegt:

**BMW +29,75 m NHN**

Für die Bemessung des Bauwerks ist der Ansatz des zu erwartende höchste Grundwasserstands (zeHGW) notwendig:

**zeHGW +31,10 m NHN**

## 4 BAUGRUBENSICHERUNG

Gemäß der Planung durch die ArchitektenSocietät (/U 1.3/) sind für die Baugrubensicherung zwei Bereiche zu berücksichtigen. Im südlichen Bereich führen die Innentreppe II und Aufzug A von der Bahnsteigsebene auf die Zwischenebene der Schalterhalle II. Hierbei befindet sich die Geländeordinate bei +33,45 m NHN. Die Oberkante der vorhandenen Tunneldecke auf ca. +29,60 m NHN entspricht der maximalen Aushubordinate für das neue Bauwerk in diesem Bereich. Somit beträgt der Geländesprung ca. 3,85 m.

Im nördlichen Bereich liegt die Geländeordinate bei +34,08 m NHN. Bei der geplanten Aufzugsunterfahrt (Aufzug B) liegt die Baugrubensohle bei einer Ordinate von +27,15 m NHN und somit ca. 6,95 m unter Gelände. Die Aushubordinate unter der Schalterhalle II ist +28,55 m NHN (Normalbereich) festgelegt. Zusammenfassend sind die folgenden Ordinaten für die Baugrubensicherung zu beachten:

- Geländeoberkante OK (Nord)  $\approx +34,08$  m NHN
- Geländeoberkante OK (Süd)  $\approx +33,45$  m NHN
- OK vorh. Tunneldecke (West)  $\approx +29,91$  m NHN
- OK vorh. Tunneldecke (Ost)  $\approx +29,60$  m NHN
- Baugrubensohle Aufzugunterfahrt  $\approx +27,15$  m NHN
- Baugrubensohle Normalbereich  $\approx +28,55$  m NHN
- OK Decke Schalterhalle II  $\approx +33,05$  m NHN

In Bild 6 ist eine Übersicht der Baugrubensicherung dargestellt. Für die Herstellung der Aufzugsunterfahrts wird innerhalb der Baugrube eine Böschung unter 45° bis zur entsprechende Ordinate angelegt. Hierbei ist ein Arbeitsraum von 50 cm von der Außenkante Wand vorgesehen.

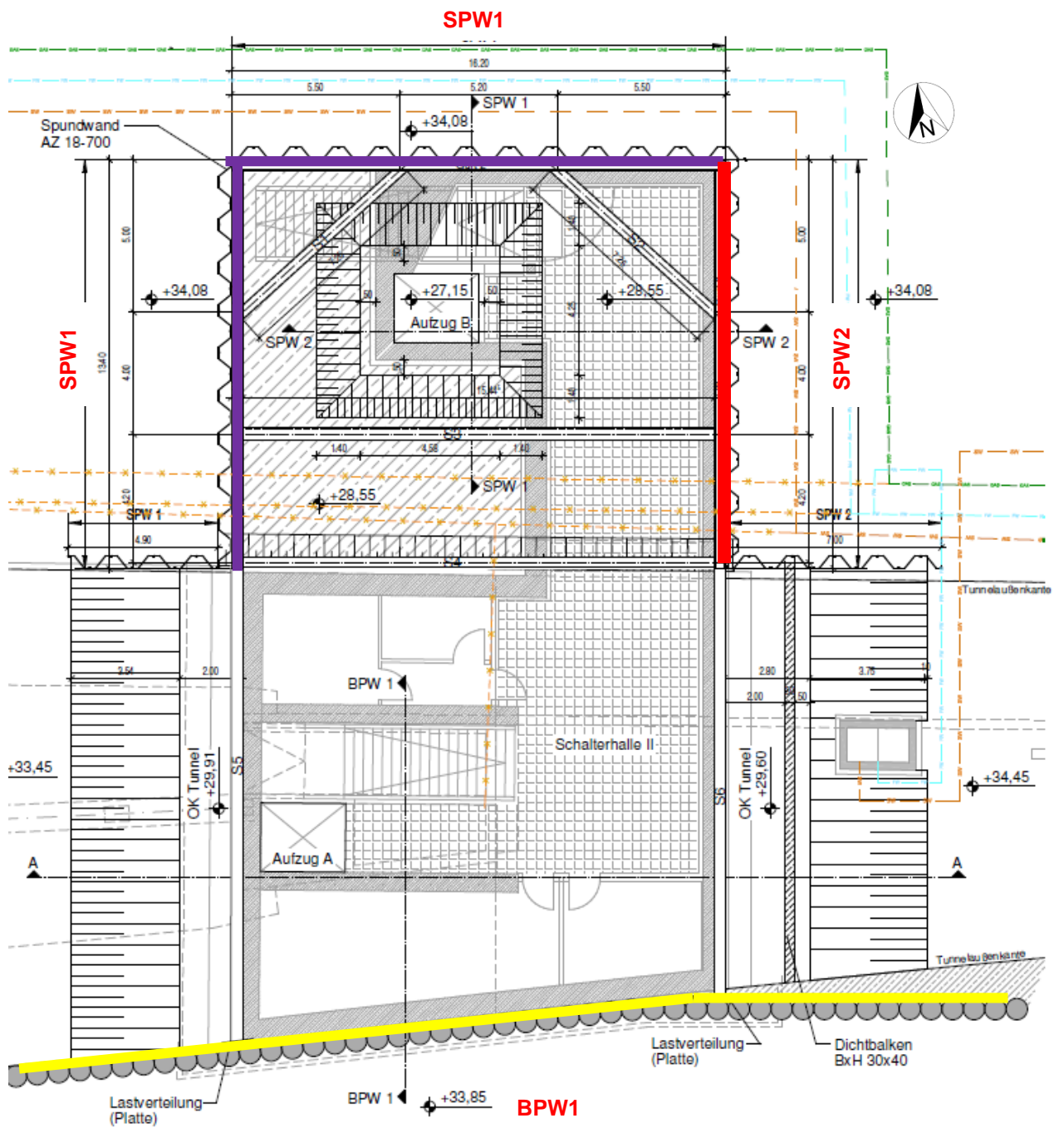
Die Baugrubensicherung zur Errichtung des Anschlussbauwerkes wird im nördlichen Bereich umlaufend mittels ausgesteifter Spundwand konzipiert und im Anschluss an die Tunnelwand errichtet. Die Aussteifung erfolgt über eine Aussteifungsebene, als Gurtung / Steifenkonstruktion, unterhalb der Geländeoberkante. Im südwestlichen Bereich wird die Baugrube mittels Böschung gesichert. Dabei wird die vorhandene Bohrpfahlwand als Baugrubensicherungselement verwendet. Ein Sicherheitsabstand  $\geq 3,0$  m von der Oberkante Böschung ist sicherzustellen.

Aufgrund des über die Tunneldecke anstehenden Grundwassers ist eine Dichtbalken auf der südöstlichen Seite der Baugrube einzubauen.

Die Spunddielen werden in einer erschütterungsarmen Arbeitsweise eingebracht. Die Spundwandpresse kann nur über den nördlichen Bereich der Baustelleneinrichtung auf die Baustelle fahren. Der U-Bahntunnel darf nicht überfahren werden. Dies gilt ebenso für den erforderlichen Spundwandrückbau.

Die geplante Baugrube ist als Trogbaugrube konzipiert. Nach dem Einbringen der Spundwände ist anschließend eine tiefliegende Düsenstrahlsohle zu errichten. Dem Bild 6 ist eine Übersicht der Baugrubensicherung zu entnehmen.

**Bild 6 Übersicht Baugrubensicherung**



**Bauablauf**

- Phase I     - Spundwandeinbau  
              - Aushub bis maximal +32,58 m NHN  
                  (1,5 m unter GOK)
- Phase II    - Einbau Steifenebene 0,5 m unter GOK  
              - Aushub bis Endtiefe
- Phase III   - Errichtung Rohbau 1. Abschnitt  
              - Verfüllen und Verdichten Arbeitsraum  
                  bis mind. +31,08 m NHN (3,0 m unter GOK)  
              - Rückbau Steifen und Gurtung
- Phase IV   - Verfüllung Arbeitsraum bis Gelände  
              - Rückbau Spundwand

Die Aussteifungsebene (Konstruktion aus Stahlsteifen und Gurtung) liegt bei der Ordinate +33,60 m NHN und damit ca. 0,5 m unterhalb der Geländeordinate. Eine Übersicht der Aussteifung ist auch im Bild 6 dargestellt.

Die aus der Spundwand 1 resultierenden Normalkräfte auf dem Gurt GU1 und GU3 werden mittels Steifen (S5 und S6) in der bestehenden Bohrpfahlwand abgeleitet. Der Anschluss zwischen Steifen und Bohrpfahlwand erfolgt durch eine Gurtung. Die gesamte Aussteifungsebene liegt oberhalb der Decke der geplanten Schalterhalle.

## 5 BERECHNUNGSANNAHMEN

### Bemessungssituation

Die statischen Berechnungen erfolgen nach EC 7 für folgende Bemessungssituationen:

BS-T

### Erddruckansatz

$E = E_a$	Ansatz des aktiven Erddruckes (SPW1 und SPW 2)
$E = 0,5 (E_a + E_o)$	Ansatz des erhöhten aktiven Erddruckes (BPW 1)

### Berechnungsprogramme

Die Berechnung wird mit folgenden Programmen durchgeführt:

RT-Walls der RIB-Bausoftware, Version 18.0 – Verbauwände

### Belastung der Baugrubensicherung

$p_k = 10,0 \text{ kN/m}^2$	großflächige Auflast aus SPW 1 und 2
$q_k = 20,0 \text{ kN/m}^2$	Zusatzlast aus Baustellenverkehr, $b = 1,5 \text{ m}$ , SPW 2
$q_k = 40,0 \text{ kN/m}^2$	Zusatzlast aus Straßenverkehr, $b = 2,0 \text{ m}$ , SPW 1

Auf der Grundlage von Erfahrungswerten bei vergleichbaren Bauvorhaben werden für die Nachbargebäude die Lasten der Außenwand mit  $250 \text{ kN/m}^2$  angesetzt:

$q_k = 250,0 \text{ kN/m}^2$	Lasten aus der Nachbarbebauung (Annahme), BPW 1
------------------------------	---

### Materialien

Stahl	S235JR
Holz	C24

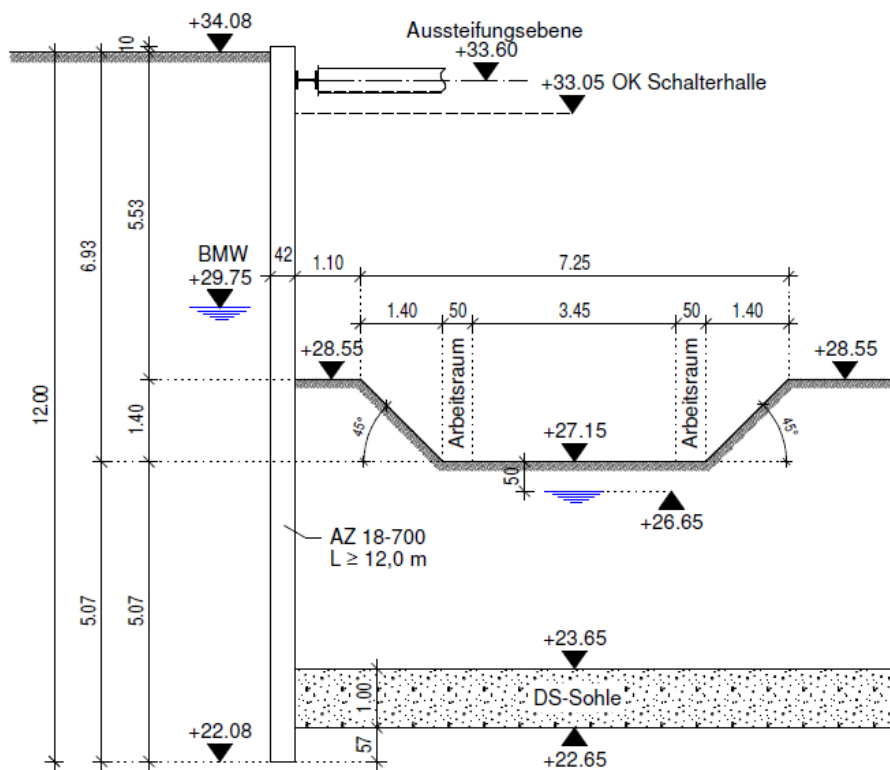
Die Berechnung wird für folgende Bauzustände durchgeführt:

Aushub A	Aushub auf +32,58 m NHN und Einbau Aussteifung
Aushub B	Endaushub auf +27,15 m NHN im Aufzugsbereich bzw. +28,55 m NHN im Normalbereich

## 6 BERECHNUNG DER TRÄGERBOHLWÄNDE

### 6.1 SPW 1

#### Systemschnitt



Spundwand AZ 18 – 700      S240 GP  
 $L \geq 12,00 \text{ m}$

Gurt      HE-M 340      S235JR

Steifen      Rohrsteife

DS-Sohle       $d = 1,00 \text{ m}$   
 $f_{mk} \geq 5 \text{ N/mm}^2$



## RIB Programm RTwalls

Version: 18.0 17052018

Projektname: U-Bahnhof Paulsternstraße

Dateiname: SPW1.rtw

## Protokoll der Eingabe:

Alle Angaben beziehen sich auf pro lfd.m Wandlänge.

Verwendete Norm: DIN EN 1997-1

### Wand:

Systemkoordinaten des Wandkopfes:  $x = 0.00 \text{ m}$   $z = 0.00 \text{ m}$ 

Wandtyp: Spundwand, Profil: AZ 18-700

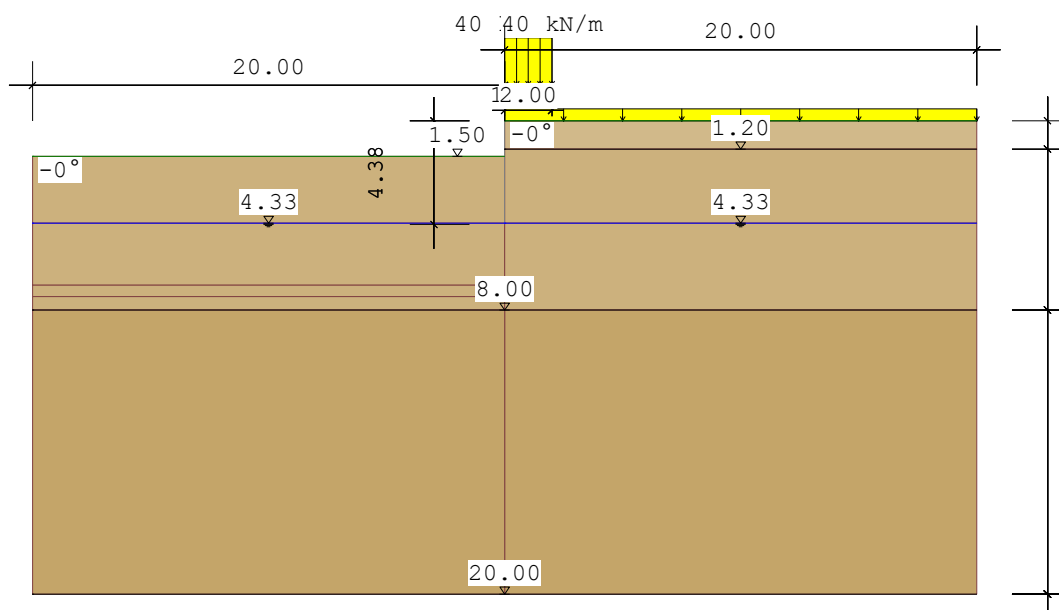
Material: S240GP

Trägheitsmoment  $I = 37800 \text{ cm}^4$ Querschnittsfläche  $A = 139 \text{ cm}^2$ Schubfläche  $A_q = 139 \text{ cm}^2$ 

### Abstützung:

$z[\text{m}]$	Neig.[°]	Art	Feder[kN]	Drehfed[kN]
0.48	0.00	verschieblich	-	-

### Bauzustand A:

Aushubtiefe  $z_s = 1.50 \text{ m}$ 

### Übersicht der Nachweise Bauzustand A BS-T(2):

Fußtiefe wird iterativ ermittelt.

Art der Konvergenz: Fußeinspannung nach BLUM.

Art der Kopflagerung: frei

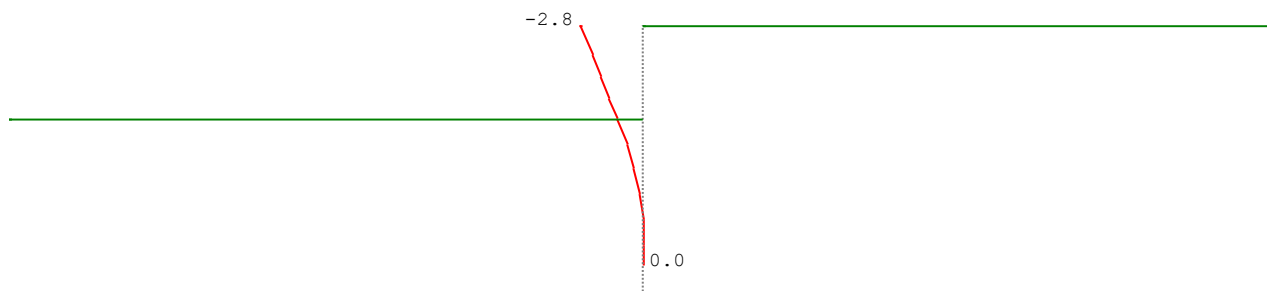
Aushubtiefe  $z_s = 1.50 \text{ m}$ 

Berechnete Wandlänge = 4.38 m

Einbindetiefe  $t_s = 2.88 \text{ m}$

**Bemessungsschnittkräfte:**

z [m] = 0.00	maxM [kNm] = 0.00	zughQ [kN] = 0.00
z [m] = 3.90	maxQ [kN] = 124.40	zughM [kNm] = -0.01
z [m] = 2.84	minM [kNm] = -57.61	zughQ [kN] = 3.28
z [m] = 1.50	minQ [kN] = -31.77	zughM [kNm] = -22.44

**Gebrauchstauglichkeitsnachweis (Verformung unter charakt. Volllast):****Verformung der Wand:**

Nr.	z-pos [m]	x-Verf. [mm]
1	0.000	-2.806
2	3.900	0.021
3	3.900	0.021

**Gleitkreisberechnung: (Verfahren Krey-Bishop) GEO-3:**

Kreis mit kleinster Sicherheit:

x:-1.43 m z:0.00 m Radius:4.61 m

Ed(Treibkraft): 127.45 kN Rd(Haltekraft): 354.51 kN

Ed&lt;=Rd .. NW erfüllt.

**Horizontalkräfte GEO-2:**

Sicherheit = Rd-Bhd:

225.74-225.74 = 0.00 kN ... NW erfüllt.

**Horizontal - Vertikalnachweis nach EB9:**

'\*'. ... Anteil aus Verkehr wirkt günstig (nach unten), deshalb keine Berücksichtigung

Summe: H=-0.23 kN V=-32.83 kN

Vertikalkraft wirkt nach oben. NW nicht erfüllt (Hinweis: Wandreibungswinkel  $\delta$  tap betragsmäßig verkleinern).

Einfacher Nachweis:

Summe  $V_k \geq B_{vk}$  ... 29.13 >= 61.95 ... nicht erfüllt ( $\delta$  tap verkleinern!)

Genauer Nachweis nach Weißenbach:

 $G_k + \text{Summe } V_k(\text{ohne } C_{vk}) + 0.5 \cdot C_{vk} \geq (B_{hk} - 0.5 \cdot C_{hk}) \cdot \tan \delta_{tapk}$ 

4.78+17.19+0.5\*18.86 &gt;= (179.92-0.5\*98.57)\*tan(19.00) =

31.40 &gt;= 44.98

nicht erfüllt ( $\delta$  tap verkleinern!)**Abtragung der Vertikalkräfte nach EB 85:**

Vd ... Bemessungswert der lotrechten Beanspruchungen am Wandfuß

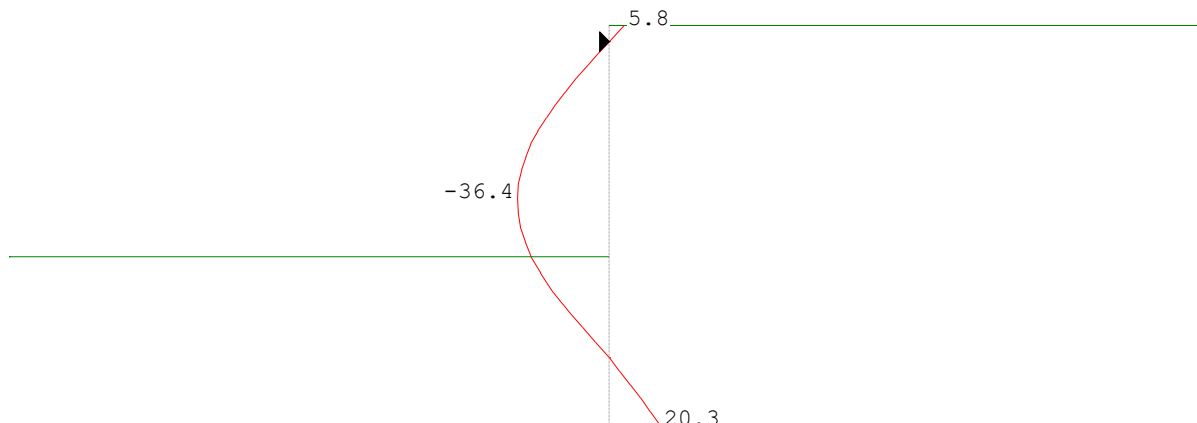
Rd ... Bemessungswert des Widerstandes der Wand in axialer Richtung

V<sub>k,g</sub> ... charakteristisch, ständiger Anteil der VertikallastV<sub>k,q</sub> ... charakteristisch, Anteil der Vertikallast aus Verkehr

'\*'. ... Verkehrslast wirkt günstig (nach oben), deshalb keine Berücksichtigung

	V <sub>k,g</sub>	V <sub>k,q</sub>	V <sub>d</sub>
Summe	18.39	14.13	40.44



**Gebrauchstauglichkeitsnachweis (Verformung unter charakt. Volllast):**

**Verformung der Wand:**

Nr.	z-pos[m]	x-Verf. [mm]
1	0.000	5.767
2	5.197	-36.393
3	12.000	20.266
4	12.000	20.266

**Gleitkreisberechnung: (Verfahren Krey-Bishop) GEO-3:**

Kreis mit kleinster Sicherheit:

x:-2.86 m z:0.00 m Radius:12.34 m

Ed(Treibkraft): 730.86 kN Rd(Haltekraft): 1084.56 kN

Ed&lt;=Rd .. NW erfüllt.

**Tragfähigkeit des Erdaufagers GEO-2:**

Eph,d &gt;= Uh,d ... 699.53 &gt;= 443.99 ... NW erfüllt

**Horizontal - Vertikalnachweis nach EB9:**

'\*'... Anteil aus Verkehr wirkt günstig (nach unten), deshalb keine Berücksichtigung

Summe: H=-0.03 kN V=1.22 kN

Einfacher Nachweis:

Summe Vk &gt;=Bvk ... 128.47 &gt;= 127.25 ... NW erfüllt

**Abtragung der Vertikalkräfte nach EB 85:**

Vd ... Bemessungswert der lotrechten Beanspruchungen am Wandfuß

Rd ... Bemessungswert des Widerstandes der Wand in axialer Richtung

Vk,g ... charakteristisch, ständiger Anteil der Vertikallast

Vk,q ... charakteristisch, Anteil der Vertikallast aus Verkehr

'\*' ... Verkehrslast wirkt günstig (nach oben), deshalb keine Berücksichtigung

	Vk,g	Vk,q	Vd
Summe	128.47	14.13	172.53

**Nachweis:**

Vd &lt;= Rd ... 172.53 &lt;= 367.33... erfüllt

**Variante:**

Rd= Rb,k/gamma.b + Bv,k/gamma.s= 15.96/1.40+127.25/1.10= 127.09 kN/m

Vd &gt; Rd ... 172.53 &gt; 127.09...nicht erfüllt

... Nachweis gilt als erfüllt

## Anker(A)- und Stützkräfte(S) über alle Bauzustände:

### Bauzustand B BS-T(2):

#### Charakteristische Kräfte:

Typ	Lage [m]	A <sub>hg,k</sub> [kN/lfm]	A <sub>hq,k</sub> [kN/lfm]	A <sub>hg+q,k</sub> [kN/lfm]
-----	-------------	-------------------------------	-------------------------------	---------------------------------

S	0.48	109.53	31.98	141.51
---	------	--------	-------	--------

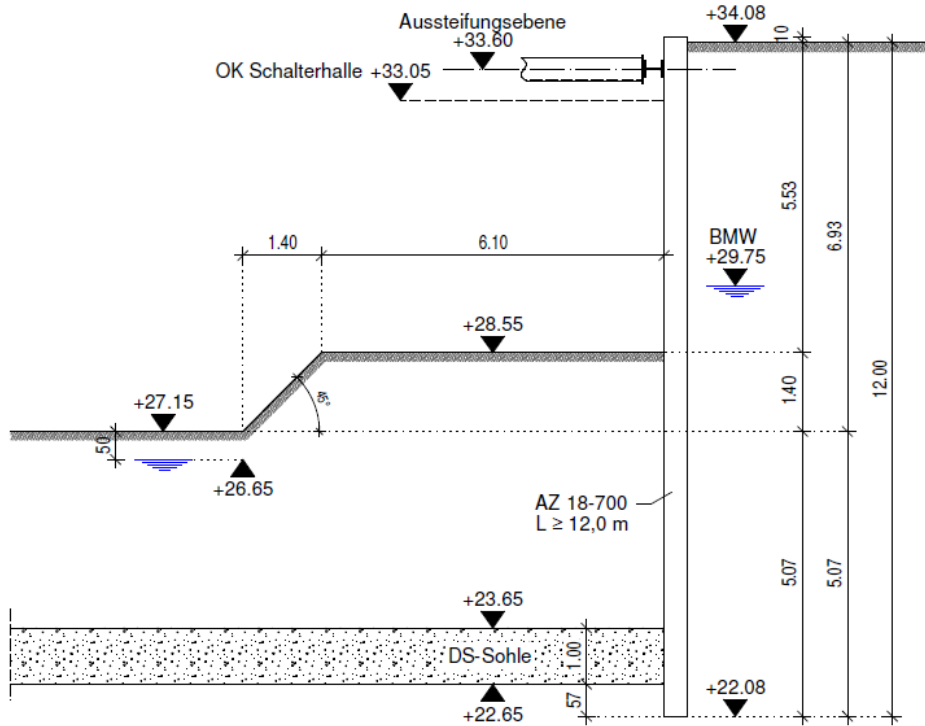
### Bemessungskräfte im BS-P(1):

Typ	Lage [m]	A <sub>hg,k</sub> [kN/lfm]	A <sub>hq,k</sub> [kN/lfm]	A <sub>h,d</sub> [kN/lfm]
-----	-------------	-------------------------------	-------------------------------	------------------------------

S	0.48	-109.53	-31.98	-195.84
---	------	---------	--------	---------

## 6.2 SPW 2

### Systemschnitt



Spundwand AZ 18 – 700      S240 GP  
 $L \geq 12,00 \text{ m}$

Gurt      HE-M 340      S235JR

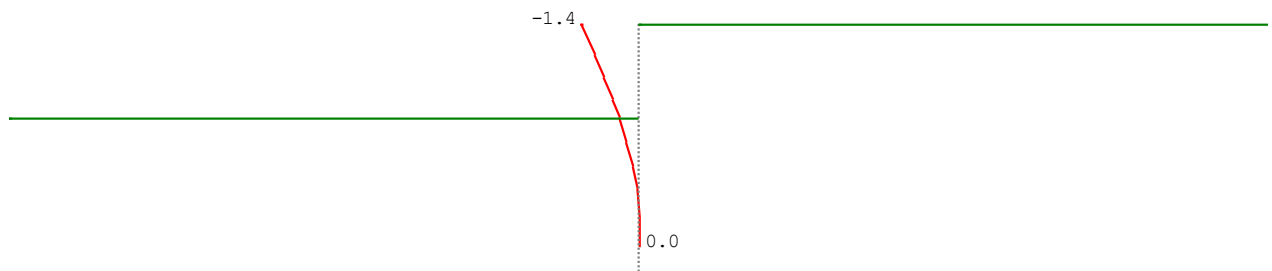
Steifen      Rohrsteifen

DS-Sohle       $d = 1,00 \text{ m}$   
 $f_{mk} \geq 5 \text{ N/mm}^2$





### Gebrauchstauglichkeitsnachweis (Verformung unter charakt. Volllast):



### Verformung der Wand:

Nr.	z-pos[m]	x-Verf. [mm]
1	0.000	-1.399
2	3.540	0.012
3	3.540	0.012

### Übersicht der Nachweise Bauzustand A BS-T(2):

Fußtiefe wird iterativ ermittelt.

Art der Konvergenz: Fußeinspannung nach BLUM.

Art der Kopflagerung: frei

Aushubtiefe  $z_s = 1.50$  m

Berechnete Wandlänge = 3.94 m

Einbindetiefe  $t_s = 2.44$  m

### Bemessungsschnittkräfte:

z [m] = 0.00	maxM [kNm]	= 0.00	zughQ [kN]	= 0.00
z [m] = 3.54	maxQ [kN]	= 85.49	zughM [kNm]	= -0.04
z [m] = 2.64	minM [kNm]	= -34.98	zughQ [kN]	= 4.84
z [m] = 1.50	minQ [kN]	= -21.80	zughM [kNm]	= -14.96

### Gleitkreisberechnung: (Verfahren Krey-Bishop) GEO-3:

Kreis mit kleinster Sicherheit:

x:-0.71 m z:0.00 m Radius:4.01 m

Ed(Treibkraft): 83.99 kN Rd(Haltekraft): 251.96 kN

Ed ≤ Rd .. NW erfüllt.

### Horizontalkräfte GEO-2:

Sicherheit = Rd-Bhd:

148.00-148.00 = 0.00 kN ... NW erfüllt.

### Horizontal - Vertikalnachweis nach EB9:

'\*'... Anteil aus Verkehr wirkt günstig (nach unten), deshalb keine Berücksichtigung

Summe: H=0.34 kN V=-6.17 kN

Vertikalkraft wirkt nach oben. NW nicht erfüllt (Hinweis: Wandreibungswinkel  $\delta_{tap}$  betragsmäßig verkleinern).

Einfacher Nachweis:

Summe  $V_k \geq B_{vk}$  ... 25.86 ≥ 32.03 ... nicht erfüllt ( $\delta_{tap}$  verkleinern!)

Genauer Nachweis nach Weißenbach:

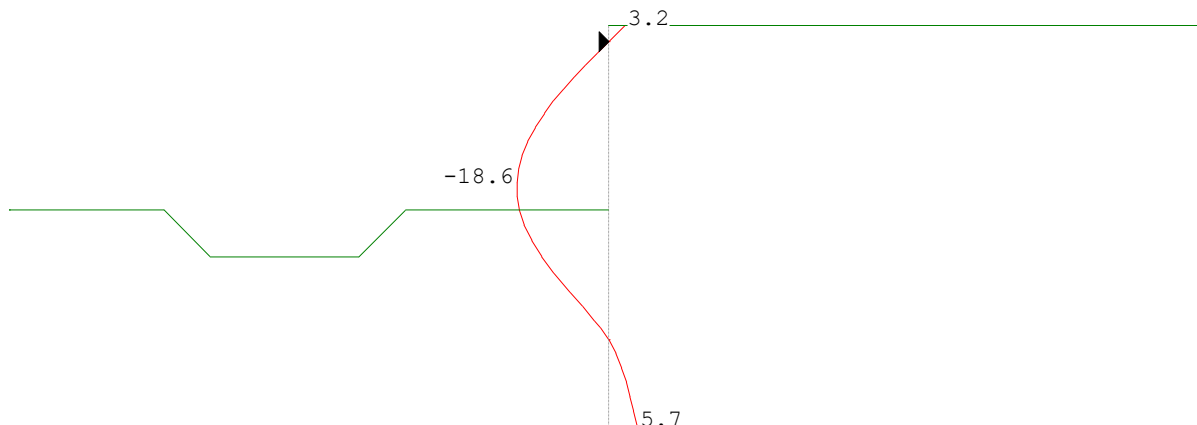
$G_k + \text{Summe } V_k (\text{ohne } C_{vk}) + 0.5 \cdot C_{vk} \geq (B_{hk} - 0.5 \cdot C_{hk}) \cdot \tan \delta_{tapk}$

$4.30 + 14.47 + 0.5 \cdot 13.13 \geq (119.54 - 0.5 \cdot 68.61) \cdot \tan(15.00)$  =

25.34 ≥ 22.84

NW erfüllt



**Gebrauchstauglichkeitsnachweis (Verformung unter charakt. Volllast):**

**Verformung der Wand:**

Nr.	z-pos[m]	x-Verf. [mm]
1	0.000	3.193
2	4.730	-18.559
3	12.000	5.720
4	12.000	5.720

**Übersicht der Nachweise Bauzustand B BS-T(2):**

Fußtiefe ist vorgegeben.

Art der Konvergenz: keine, Fuß horiz.verschieblich, Bettung möglich

Art der Kopflagerung: frei

 Aushubtiefe  $z_s = 5.53$  m

Berechnete Wandlänge = 12.00 m

 Einbindetiefe  $t_s = 6.47$  m

**Bemessungsschnittkräfte:**

$z$ [m] = 5.23	$\max M$ [kNm]	= 228.39	$\text{zugh} Q$ [kN]	= -0.72
$z$ [m] = 9.41	$\max Q$ [kN]	= 206.09	$\text{zugh} M$ [kNm]	= -270.96
$z$ [m] = 9.41	$\min M$ [kNm]	= -270.96	$\text{zugh} Q$ [kN]	= -266.74
$z$ [m] = 9.41	$\min Q$ [kN]	= -266.74	$\text{zugh} M$ [kNm]	= -270.96

**Gleitkreisberechnung: (Verfahren Krey-Bishop) GEO-3:**

Kreis mit kleinster Sicherheit:

 $x: -2.14$  m  $z: 0.00$  m Radius: 12.19 m

 $E_d(\text{Treibkraft}): 701.15$  kN  $R_d(\text{Haltekraft}): 1190.22$  kN

 $E_d \leq R_d$  .. NW erfüllt.

**Tragfähigkeit des Erdaufagers GEO-2:**
 $E_{ph,d} \geq U_{h,d}$  ... 790.76  $\geq$  472.83 ... NW erfüllt

**Horizontal - Vertikalnachweis nach EB9:**

'\*'... Anteil aus Verkehr wirkt günstig (nach unten), deshalb keine Berücksichtigung

 Summe:  $H = 0.03$  kN  $V = 10.84$  kN

Einfacher Nachweis:

 Summe  $V_k \geq B_{vk}$  ... 128.47  $\geq$  117.63 ... NW erfüllt

**Abtragung der Vertikalkräfte nach EB 85:**

Vd ... Bemessungswert der lotrechten Beanspruchungen am Wandfuß  
 Rd ... Bemessungswert des Widerstandes der Wand in axialer Richtung  
 V<sub>k,g</sub> ... charakteristisch, ständiger Anteil der Vertikallast  
 V<sub>k,q</sub> ... charakteristisch, Anteil der Vertikallast aus Verkehr  
 '\*' ... Verkehrslast wirkt günstig (nach oben), deshalb keine Berücksichtigung

	V <sub>k,g</sub>	V <sub>k,q</sub>	Vd
-----	-----	-----	-----
Summe	128.47	5.27	161.02

**Nachweis:**

Vd ≤ Rd ... 161.02 ≤ 467.28... erfüllt

**Variante:**

Rd = R<sub>b,k</sub>/γ<sub>b</sub> + B<sub>v,k</sub>/γ<sub>s</sub> = 18.30/1.40 + 117.63/1.10 = 120.01 kN/m

Vd > Rd ... 161.02 > 120.01... nicht erfüllt

... Nachweis gilt als erfüllt

**Anker(A)- und Stützkkräfte(S) über alle Bauzustände:****Bauzustand B BS-T(2):****Charakteristische Kräfte:**

Typ	Lage	A <sub>hg,k</sub>	A <sub>hq,k</sub>	A <sub>hg+q,k</sub>
	[m]	[kN/lfm]	[kN/lfm]	[kN/lfm]

S	0.48	81.42	12.67	94.09
---	------	-------	-------	-------

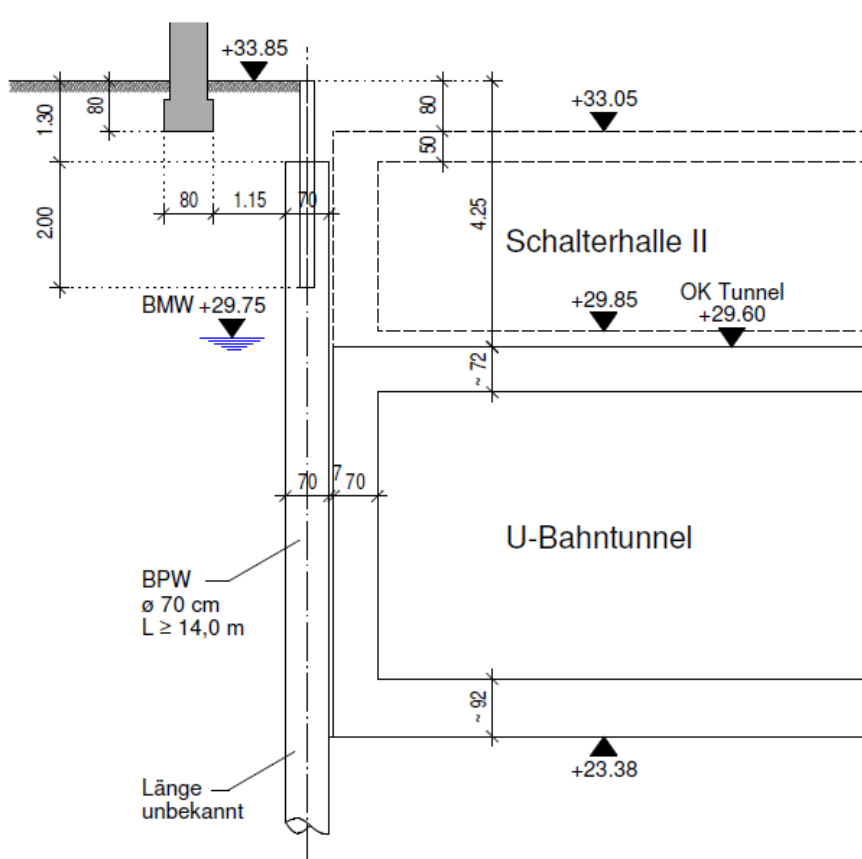
**Bemessungskräfte im BS-P(1):**

Typ	Lage	A <sub>hg,k</sub>	A <sub>hq,k</sub>	A <sub>h,d</sub>
	[m]	[kN/lfm]	[kN/lfm]	[kN/lfm]

S	0.48	-81.42	-12.67	-128.92
---	------	--------	--------	---------

### 6.3 BPW 1

#### Systemschnitt



BPW tangierend Ø 62  
 C25/30 B500A  
 L ≥ 14,0 m



## RIB Programm RTwalls

Version: 18.0 17052018

Projektname: U-Bahnhof Paulsternstraße

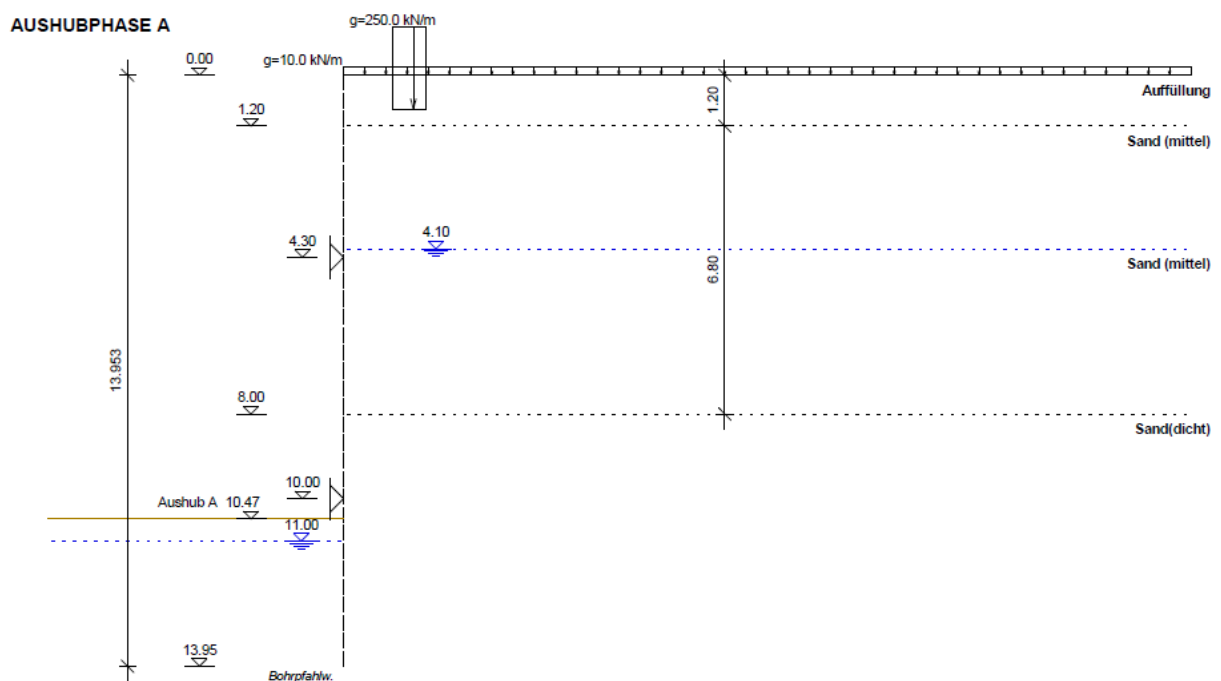
Dateiname: BPW1.rtw

### Protokoll der Eingabe:

Alle Angaben beziehen sich auf pro lfd.m Wandlänge.

Verwendete Norm: DIN EN 1997-1

### Bauzustand A:



Aushubtiefe  $z_s = 10.47$  m

### Übersicht der Nachweise Bauzustand A BS-T(2):

Fußtiefe wird iterativ ermittelt.

Art der Konvergenz: Fuß horiz.verschieblich, Bettung möglich

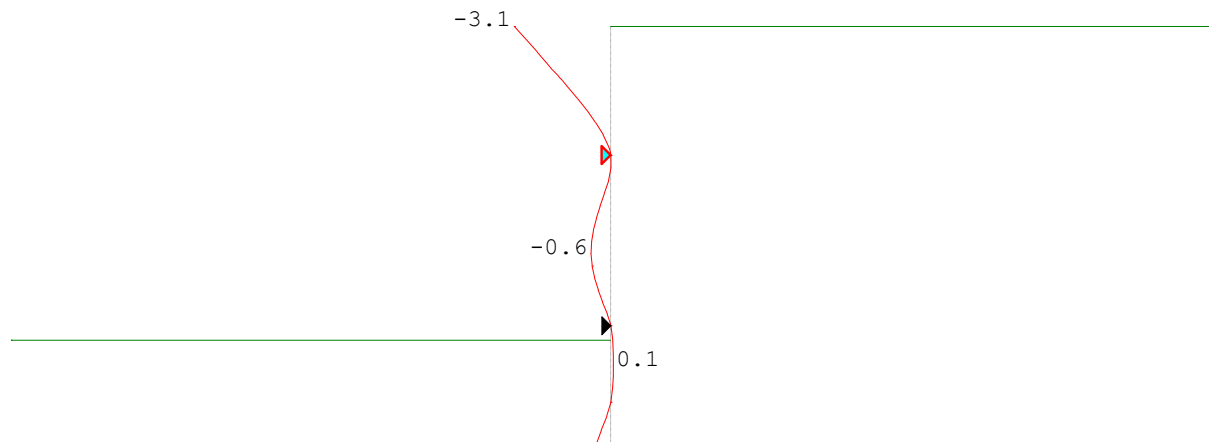
Art der Kopflagerung: frei

Aushubtiefe  $z_s = 10.47$  m

Berechnete Wandlänge = 13.95 m

Einbindetiefe  $t_s = 3.48$  m

**Gebrauchstauglichkeitsnachweis (Verformung unter charakt. Volllast):**



**Verformung der Wand:**

Nr.	z-pos[m]	x-Verf. [mm]
1	0.000	-3.111
2	4.300	0.000
3	7.604	-0.635
4	11.340	0.081
5	13.950	-0.477
6	13.950	-0.477

**Bemessungsschnittkräfte:**

z [m] = 7.60	maxM [kNm]	= 120.85	zughQ [kN]	= -1.31
z [m] = 4.30	maxQ [kN]	= 218.94	zughM [kNm]	= -272.70
z [m] = 4.30	minM [kNm]	= -272.70	zughQ [kN]	= 218.94
z [m] = 10.00	minQ [kN]	= -234.36	zughM [kNm]	= -147.19

**Gleitkreisberechnung: (Verfahren Krey-Bishop) GEO-3:**

Kreis mit kleinster Sicherheit:

x:-4.29 m z:0.00 m Radius:14.59 m

Ed(Treibkraft): 827.00 kN Rd(Haltekraft): 1209.30 kN

Ed<=Rd .. NW erfüllt.

**Tragfähigkeit des Erdaufagers GEO-2:**

Eph,d >= Uh,d ... 384.24 >= 382.19 ... NW erfüllt

**Horizontal - Vertikalnachweis nach EB9:**

'\*'. ... Anteil aus Verkehr wirkt günstig (nach unten), deshalb keine Berücksichtigung

Summe: H=1.14 kN V=269.29 kN

Einfacher Nachweis:

Summe Vk >= Bvk ... 408.08 >= 138.79 ... NW erfüllt

**Abtragung der Vertikalkräfte nach EB 85:**

Vd ... Bemessungswert der lotrechten Beanspruchungen am Wandfuß

Rd ... Bemessungswert des Widerstandes der Wand in axialer Richtung

Vk,g ... charakteristisch, ständiger Anteil der Vertikallast

Vk,q ... charakteristisch, Anteil der Vertikallast aus Verkehr

'\*' ... Verkehrslast wirkt günstig (nach oben), deshalb keine Berücksichtigung

	Vk,g	Vk,q	Vd
Summe	408.04	0.00	469.25

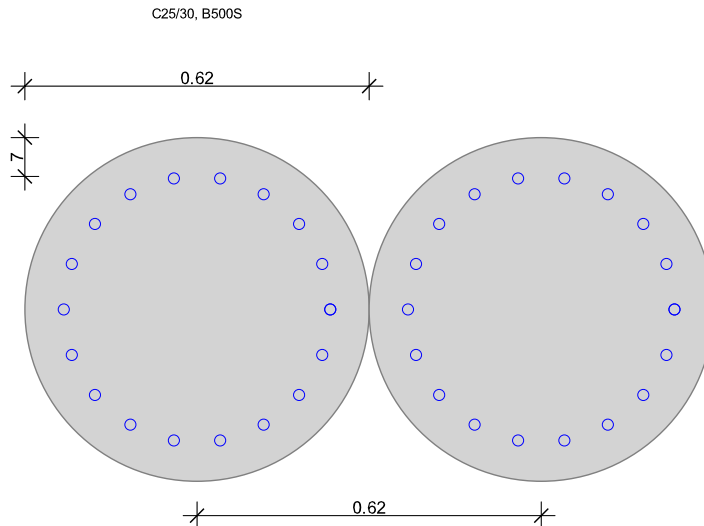
**Nachweis:**
 $V_d \leq R_d \dots 469.25 \leq 489.20 \dots$  erfüllt
**Variante:**
 $R_d = R_{b,k}/\gamma_{b} + B_{v,k}/\gamma_{s} = 463.26/1.40 + 138.79/1.10 = 457.07 \text{ kN/m}$ 
 $V_d > R_d \dots 469.25 > 457.07 \dots$  nicht erfüllt

 $\dots$  Nachweis gilt als erfüllt
**Anker(A)- und Stützkräfte(S) über alle Bauzustände:****Bauzustand A BS-T(2):****Charakteristische Kräfte:**

Typ	Lage [m]	A <sub>hg,k</sub> [kN/lfm]	A <sub>hq,k</sub> [kN/lfm]	A <sub>hg+q,k</sub> [kN/lfm]
S	4.30	343.61	0.00	343.61
S	10.00	349.64	0.00	349.64

**Bemessungskräfte im BS-P(1):**

Typ	Lage [m]	A <sub>hg,k</sub> [kN/lfm]	A <sub>hq,k</sub> [kN/lfm]	A <sub>h,d</sub> [kN/lfm]
S	4.30	-343.61	0.00	-438.10
S	10.00	-349.64	0.00	-445.79

**Bemessung der Bohrpfahlwand****Betonbemessung nach DIN EN 1992-1-1**

Material Pfahl: C25/30, B500S

Anforderungsklasse:

Bauwerk:

Klasse D

Hochbau, allgemeiner Hochbau

**GzT-Nachweis:**

Mindestlängsbewehrung:

Ja

Mindestquerkraftbewehrung:

Ja

Bemessung Bauteil als Druckglied:

Nein

es wird kein GzG Nachweis geführt.

**Schnittgrößen in GzT/GzG**

10.00	M	-91.26	-79.36	-79.36	-79.36	A
	N	-56.50	-49.13	-49.13	-49.13	
	V	-145.30	-126.35	-126.35	-126.35	

**Erforderliche Bewehrung**

z	asw	Vsd	VRdct	VRdmax	VRd,s	rho	theta	Bauzustand
10.00	6.19	145.30	96.93	1031.21	145.30	0.000	32.6	A

**Maximum der ermittelten Bewehrungsmengen:**

	z [m]	as	Bauzustand	gewählt
as (Ring)	0.00	0.00 cm <sup>2</sup>	A	<b>Mindestbewehrung</b>
asw	10.00	<b>6.19 cm<sup>2</sup>/m</b>	A	

## 6.4 DS-SOHL

### Auftrieb

Geotechnische Nachweise nach EC 7 und DIN 1054

$$A_{dst,k} \cdot \gamma_{G,dst} \leq G_{stb,k} \cdot \gamma_{G,stb} = (G_{Sohle} + G_{Boden}) \cdot \gamma_{G,stb}$$

Teilsicherheitsbeiwerte für die vorübergehende Bemessungssituation BS-T

$\gamma_{G,dst}$	1,05	-
$\gamma_{G,stb}$	0,95	-

Ständige Auftriebskraft als destabilisierende Kraft

$$A_{dst,k} = H \cdot \gamma_w \quad \text{kN/m}^2$$

Stabilisierende Gewichtskraft, günstige Einwirkungen aus Eigengewicht

Eigengewicht der Sohle  $G_{Sohle,k} = d_{Sohle} \cdot \gamma_s \quad \text{kN/m}^2$

Eigengewicht des Bodens  $G_{Boden,k} = (d_{B,f} \cdot \gamma_{k,f} + d_{B,g} \cdot \gamma_{k,g}) \quad \text{kN/m}^2$

### Bezeichnungen

Geländeoberkante	GOK	34,08	m NHN
Bemessungswasserstand	BMW	29,75	m NHN
Baugrubensohle	BGS	27,15	m NHN
Unterkante DS-Sohle	UKDS	-	mNHN
Höhe BMW bis UKDS	$H = BMW - BGS + d_{B,f} + d_{B,g} + d_{Sohle}$		
Höhe erdfeuchter Boden	$d_{B,f}$	0,50	m
Höhe wassergesättigter Boden	$d_{B,g}$	-	m
Höhe Boden-Sohle	$d_{Boden} = d_{B,f} + d_{B,g}$		m
Dicke DS-Sohle	$d_{Sohle}$	1,00	m
Wichte Boden, erdfeucht	$\gamma_{k,f}$	18,00	kN/m <sup>3</sup>
Wichte Boden, gesättigt	$\gamma_{k,g}$	19,00	kN/m <sup>3</sup>
Wichte des Wassers	$\gamma_w$	10,00	kN/m <sup>3</sup>
Wichte DS-Sohle	$\gamma_s$	18,00	kN/m <sup>3</sup>

### Berechnung

$$A_{dst,d} = G_{stb,d}$$

$$A_{dst,d} = \gamma_{G,dst} \cdot H \cdot \gamma_w = \gamma_{G,dst} \cdot (BMW - BGS + d_{B,f} + d_{B,g} + d_{Sohle}) \cdot \gamma_w$$

$$G_{stb,d} = \gamma_{G,stb} \cdot (d_{Sohle} \cdot \gamma_s + d_{B,f} \cdot \gamma_{k,f} + d_{B,g} \cdot \gamma_{k,g})$$

$$\gamma_{G,dst} \cdot (BMW - BGS + d_{B,f} + d_{Sohle}) \cdot \gamma_w + \gamma_{G,dst} \cdot d_{B,g} \cdot \gamma_w = \gamma_{G,stb} \cdot (d_{Sohle} \cdot \gamma_s + d_{B,f} \cdot \gamma_{k,f}) + \gamma_{G,stb} \cdot d_{B,g} \cdot \gamma_{k,g}$$

### Ergebnis

$d_{B,g}$	3,00	m
H	7,10	m
UKDS	22,65	mNHN

### Nachweis

$$A_{dst,d} \leq G_{stb,d}$$

$A_{dst,d}$	74,55	kN/m <sup>2</sup>
$G_{stb,d}$	84,00	kN/m <sup>2</sup>
$A_{dst,d} / G_{stb,d}$	0,888	< 1

**NW erfüllt**

## **7           ZUSAMMENFASSUNG**

Es ist geplant, im östlichen Bereich des U-Bahnhofes Paulsternstraße einen zusätzlichen Ausgang mit Aufzug II/2 über ein Anschlussbauwerk zu errichten.

Die Baugrubensicherung zur Errichtung des Anschlussbauwerkes an den U-Bahntunnel wird mittels Spundwand und unter der Geländeordinate angeordneter Aussteifungsebene errichtet. Die Spunddielen werden in einer erschütterungsarmen Arbeitsweise eingebracht. Nach Einbringen der Träger kann bis ca. 2,0 m unter Gelände ausgehoben werden, um die Aussteifung einzubringen. Im Anschluss erfolgt der Endaushub.

Nach teilweiser Errichtung des Rohbaus und Wiederverfüllung und Verdichtung des Arbeitsraumes auf ca. 2,0 m unter Gelände kann die Steifenebene ausgebaut und der restliche Rohbau errichtet werden. Nach Fertigstellung sind sämtliche Spunddielen zurück zu bauen.

Es sind Ver- und Entsorgungsleitungen diverser Leitungsträger vorhanden, welche vor Baubeginn komplett aus dem Bereich der Baugrube verlegt werden müssen.

Der Baugrund besteht grundsätzlich aus grobkörnigen Böden. Das Grundwasser steht 2,6 m über die Baugrubensohle. Es ist eine Trogbaugrube zu konzipieren.

Die Baustelle kann nur von der Nordseite der Nonnendammallee beschickt werden. Der parallel zur Nonnendammallee verlaufende U-Bahntunnel darf nicht mit schwerem Gerät befahren werden.