

---

**G 5117/3      WOHN- UND GESCHÄFTSHAUS CHEZ FRITZ,  
                  BUCHS****MACHBARKEITSSTUDIE 2. UNTERGESCHOSS**Triesen, 13. April 2015

---

**1.      AUSGANGSLAGE**

Auf dem Areal zwischen der Bahnhof-, Kappeli- und Grünaustrasse in Buchs (Parzelle Nr. 1770) ist der Neubau des Wohn- und Geschäftshauses "Chez Fritz" geplant. Nachdem das Gebäude mit 2 Untergeschossen geplant ist und dementsprechend mehrere Meter in den Untergrund und unter den Grundwasserspiegel reicht, fordert das kantonale Amt für Umwelt & Energie, Abteilung Grundwasser und Erdwärme, dass die effektive Machbarkeit des 2. Untergeschosses detailliert überprüft wird (Baugrubensicherung und Wasserhaltung). Mit der Ausführung der entsprechenden Abklärungen wurden wir am 13. März 2015 durch den Grundeigentümer, Herr Balz Wolfensberger, mündlich beauftragt. Grundlage dazu bildet unsere Offerte vom 04. März 2015. Den Umfang der notwendigen Abklärungen haben wir vor Ausführungsbeginn am 16. März 2015 mit dem kantonalen Amt für Umwelt & Energie, Herr Markus Oberholzer, abgesprochen. Im entsprechenden Mail von Herrn Oberholzer wird auf Ziffer 3 des Merkblatts AFU173 "Bauten und Anlagen in Grundwassergebieten" verwiesen, weshalb die darin enthaltenen Punkte in der vorliegenden Machbarkeitsstudie vollständig behandelt werden (neben der Baugrubensicherung und Wasserhaltung u.a. auch Foundation, Umströmnachweis, Versickerung und Untergrundbelastungen).

**2.      GRUNDLAGEN****2.1      Bisherige Untersuchungen**

Als geologisch-hydrogeologische Grundlagen für die vorliegenden Abklärungen standen uns die folgenden Berichte zur Verfügung, welche durch unser Büro ausgearbeitet wurden:

- [1] Historische Altlastenuntersuchung (G 5117) vom 22. Mai 2013
- [2] Geotechnischer Bericht (G 5117/1) vom 12. Juni 2013
- [3] Umströmnachweis (G 5117/2) vom 08. August 2014

Für die geotechnische Begutachtung [2] wurden fünf Rammkernsondierungen auf Tiefen zwischen 1.8 - 5.1 m ab OK Terrain abgeteuft. Eine Sondierung wurde mit einem Filterrohr ausgestattet und der Grundwasserspiegel darin im Mai und Juni 2013 bisher 2 Mal gemessen. Überdies stehen uns aus der näheren Umgebung des Projektareals verschiedene und bis 20 m tiefe Kernbohrungen zur Verfügung.

## **2.2 Untergrundverhältnisse**

Gemäss den unter Ziffer 2.1 beschriebenen Grundlagen sind die geologischen Verhältnisse geprägt durch Schotterablagerungen des Rheins, welche bis auf Tiefen von  $\geq 15 - 20$  m ab OKT reichen. Der Rheinschotter besteht vorwiegend aus sauberem Sand mit viel Kies oder sauberem Kies mit viel Sand (z.T. auch leicht siltig und / oder mit vereinzelt Steinen  $\varnothing$  max.  $\sim 0.1$  m). Lokal können auch Zwischenlagen aus sauberem Sand mit lediglich geringem Kiesanteil auftreten. Überlagert wird der Schotter durch eine meist siltig-sandige Deckschicht und eine künstliche eingebrachte, sandig-kiesige Aufschüttung (Kofferung), welche zusammen eine mittlere Schichtstärke von ca. 1.3 - 1.5 m aufweisen.

Der Rheinschotter wirkt als gut durchlässiger Grundwasserleiter mit hohem Durchflusspotential. Die Durchlässigkeit kann gemäss eines Pumpversuchs in der Umgebung auf  $k \sim 1.0 - 2.0 \times 10^{-3}$  m/s geschätzt werden. Dabei ist die vertikale Durchlässigkeit aufgrund von sandigen Zwischenlagen etwas kleiner als die horizontale. Bis in  $\geq 15 - 20$  m Tiefe ist nicht mit dem Auftreten einer deutlich geringer durchlässigen Stauerschicht (z.B. Lehm) zu rechnen. Der mittlere Grundwasserspiegel liegt gemäss der kantonalen Grundwasserkarte auf einer Kote von ca. 444.2 - 444.3 m ü.M. (ca. 2.1 - 2.2 m ab OK Terrain). Der maximale Grundwasserspiegel ist bei ca. 0.5 - 1.0 m ab OK Terrain anzunehmen. Je nach Pegelstand liegen damit leicht gespannte Grundwasserverhältnisse vor, in dem das piezometrische Druckniveau über die Schichtoberkante des Rheinschotters und in den Bereich der geringer durchlässigen Deckschicht ansteigt.

## 2.3 Projekt

Die für die vorliegende Machbarkeitsstudie relevanten Punkte des Projekts sind die folgenden:

- UK Gebäude (2. Untergeschoss): 440.0 m ü.M., d.h. etwa 6.4 m ab OK Terrain und 4.3 m unter dem mittleren Grundwasserspiegel
- Ausdehnung der Untergeschosse meist bis nahe oder direkt an die Parzellengrenzen bzw. die angrenzenden Grünau-, Kappeli- und Bahnhofstrasse heran

## 3. BAUGRUBENSICHERUNG / WASSERHALTUNG

### 3.1 Variantenstudium

Aufgrund des tiefen Baugrubeneinschnitts bis knapp 6.5 m ab OKT, der hohen Durchlässigkeit des ab ca. 2 m ab OKT wasserführenden Rheinschotters und der geringen Abstände zu benachbarten Parzellen bzw. Strassen ist generell ein vertikaler und möglichst dichter Baugrubenabschluss erforderlich. Dabei steht eine einvibrierte temporäre **Spundwand** im Vordergrund, die abgespriesst oder rückverankert wird. Nachdem diese nicht in eine Stauer-schicht eingebunden werden kann, werden die in der Baugrube anfallenden Wassermengen beträchtlich sein und können nur mit Filterbrunnen bewältigt werden.

Aus erdstatistischer Sicht wäre auch die Ausführung einer steifen Schlitzwand oder einer überschnittenen Bohrpfahlwand als dichter Baugrubenabschluss möglich (beide Varianten verankert oder abgespriesst). Allerdings verbleiben diese Dichtwände im Untergrund, weshalb gegenüber der Spundwand, welche wieder gezogen wird, eine deutlich grössere Durchfluss-reduktion für das Grundwasser resultiert. Bereits mit der Variante Spundwand ergibt sich alleine durch das Gebäude eine Reduktion von rund 24 % gegenüber dem unbeeinflussten Zustand, womit die zulässigen 10 % überschritten sind (vgl. Umströmnachweis [3]). Während die deshalb notwendigen Kompensationsmassnahmen bei einer Spundwand unter dem Gebäude oder im Hinterfüllungsbereich erstellt werden können, müssten diese bei einer Schlitz- oder Bohrpfahlwand ausserhalb der Dichtwände realisiert werden (und dies in deutlich grö-

serem Ausmass). Aufgrund der eng begrenzten Platzverhältnisse wird dies bautechnisch kaum möglich sein, weshalb die Varianten Schlitzwand und Bohrpfahlwand aus unserer Sicht nicht in Frage kommen.

### **3.2 Detailbeurteilung "Spundwand"**

Für die Variante Spundwand wurden erdstatische Berechnungen am Schnitt A - A ausgeführt. Dabei wurden zwei Untervarianten untersucht, für die sich die folgenden Spezifikationen ergeben:

#### ***Spundwand mit Filterbrunnen***

- Spundwand PU22, S240
- Spundwandlänge  $L = 16.5 \text{ m}$
- 2 Ankerlagen
- 8 - 10 Filterbrunnen innerhalb Baugrube
- Abzupumpende Wassermengen  $Q \sim 70'000 - 90'000 \text{ l/min}$

#### ***Spundwand mit Filterbrunnen und Jettingsohle***

- Spundwand PU22, S240
- Spundwandlänge  $L = 14.0 \text{ m}$
- 1 Ankerlage
- Dichtende und ca. 1 m starke Jettingsohle (Zementinjektion) am unteren Rand der Spundwand (vollflächig im gesamten Gebäudegrundriss)
- 2 - 3 Filterbrunnen innerhalb Baugrube
- Abzupumpende Wassermengen  $Q \sim 5'000 - 10'000 \text{ l/min}$  ("Restwassermengen" aus undichter Spundwand und Jettingsohle)

Es ist ersichtlich, dass die in der Baugrube abzupumpenden Wassermengen mit einer dichtenden und vollflächigen Jettingsohle deutlich reduziert werden können. Zudem lässt sich damit eine Ankerlage einsparen. Allerdings wird mit dieser Variante eine zusätzliche "Barriere" erstellt, welche den Grundwasserfluss beeinträchtigt. Eine entsprechende Überprüfung des Umströmnachweises [3] zeigt, dass sich die Durchflussreduktion rechnerisch von 24 % (nur Gebäude) auf 29 % erhöht (Gebäude und Jettingsohle). Um die maximal zulässige Reduktion von 10 % einzuhalten, ist eine Kompensation mit Sickergeröll erforderlich, wobei sich die Kompensationsfläche senkrecht zur Grundwasserfliessrichtung mit Jettingsohle von 13.2 m<sup>2</sup> auf 18.5 m<sup>2</sup> erhöht (was bautechnisch realisierbar ist). Die Details zur genauen Art der Kompensation sind dem Umströmnachweis [3] zu entnehmen.

#### **4. FUNDATION**

Die Gebäudesohle liegt durchgehend im gut tragfähigen Rheinschotter, weshalb eine herkömmliche Flachfundation ausgeführt werden kann. Dabei ist allerdings zwischen den Bereichen mit unterschiedlicher Anzahl an Stockwerken mit geringen differentiellen Setzungen zu rechnen. Diese sind durch eine steife Ausbildung der Bodenplatte in den Übergangsbereichen bestmöglich aufzunehmen.

Sämtliche in den Untergrund einbindenden Gebäudeteile sind im Endzustand einwandfrei gegen drückendes Grundwasser abzudichten.

#### **5. DIVERSES**

Bezüglich der Versickerung des von Dächern und Vorplätzen anfallenden Regenwassers steht mit dem Rheinschotter bereits in geringer Tiefe eine gut sickerfähige Schicht zur Verfügung. Allerdings ist der aus gewässerschutzrechtlichen Aspekten geforderte Minimalabstand zwischen Unterkante einer entsprechenden Sickeranlage und dem hohen Grundwasserspiegel von  $\geq 1$  m nicht einzuhalten. Vor diesem Hintergrund empfehlen wir, bei den zuständigen Behörden die Möglichkeiten einer Ausnahmegewilligung (geringerer Minimalabstand bei Ausführung einer Sickeranlage mit Bodenpassage, z.B. Sickermulde) oder direkt einer Einleitung in den angrenzenden Giessen abzuklären.

Im Projektperimeter ist generell nicht mit belastetem Aushub zu rechnen, der speziell zu entsorgen ist. Ausnahme bildet der schmale Grünstreifen entlang der Grünaustrasse, wo gemäss den Prüfgebieten für Bodenverschiebungen bis 10 m ab Fahrbahnrand mit einer Belastung der Bodenschichten, d.h. bis ca. 30 cm Tiefe, gerechnet werden muss. Nachdem es sich dabei um eine geringe Kubatur  $< 30 \text{ m}^3$  handelt, halten wir es unter Berücksichtigung der Verhältnismässigkeit als zulässig, das entsprechende Aushubmaterial ohne vorgängige Analyse zu verwerten (Inertstoffdeponie, Wiederauftrag am Entnahmeort oder innerhalb des 10 m Streifens ab Fahrbahnrand der umgebenden Strassen). Sofern eine Entsorgung auf eine normale Aushubdeponie angestrebt wird, müsste mit einer Analyse nachgewiesen werden, dass das Material effektiv unbelastet ist. Unabhängig von dieser Beurteilung bezüglich belastetem Aushub ist am Bau sorgfältig auf allfällig kontaminiertes Aushubmaterial zu achten (z.B. Ölgeruch beim oben erwähnten Grünstreifen aufgrund von Tropfverlusten der hier abgestellten Occasionsautos oder erhöhter Bauschuttanteil  $> 3 \%$  in der Aufschüttung, womit das Material als belastet zu beurteilen wäre).

## 6. BEURTEILUNG DER MACHBARKEIT DES 2. UNTERGESCHOSSES

Die ausgeführten Berechnungen zeigen, dass **aus erdstatischer Sicht ein 2. Untergeschoss machbar ist** bzw. dass sich eine entsprechende Baugrubensicherung inkl. Absenkung des Grundwasserspiegels mit den zur Verfügung stehenden bautechnischen Mitteln realisieren lässt. Bezüglich der Grundwasserspiegelabsenkung und der Jettingsohle wurden zur Verifizierung dieser Beurteilung erfahrene Unternehmer kontaktiert, welche z.T. in der näheren Umgebung ähnliche Bauvorhaben ausgeführt haben und die Realisierbarkeit dieser Massnahmen bestätigten. Dabei muss allerdings bei der Variante mit Spundwand und Filterbrunnen (d.h. ohne Jettingsohle) in Absprache mit den zuständigen Behörden noch geklärt werden, wie die grossen Wassermengen aus der Baugrube (geschätzt ca. 70'000 - 90'000 l/min) entsorgt werden können bzw. ob eine Einleitung dieses Wassers in den direkt östlich angrenzenden Giessen möglich ist. Die Entsorgung des Wassers muss natürlich auch bei der Variante mit Jettingsohle geprüft werden, wobei wir davon ausgehen, dass dies aufgrund der deutlich geringeren Wassermengen weniger problematisch ist.

GRUNDBAUBERATUNG - GEOCONSULTING AG



H. Bicker



A. Früh

Sachbearbeiter:

Herbert Bicker, dipl. Natw. ETH, Geologe

Adrian Früh, dipl. Bau-Ing. HTL

<b>Beilagen:</b>	1.1	Grundwasserkarte 1 : 5'000
	1.2	Situation 1 : 500
	2.1	Schemaschnitt A - A "Spundwand mit Filterbrunnen"
	2.2	Schemaschnitt A - A "Spundwand mit Filterbrunnen und Jettingsohle"
	3.1	Erdstatische Berechnungen "Spundwand mit Filterbrunnen"
	3.2	Erdstatische Berechnungen "Spundwand mit Filterbrunnen und Jettingsohle"

<b>Verteiler:</b>	Balz Wolfensberger	1 Expl. (pdf)
	Strittmatter Partner AG	1 Expl. (pdf)
	Grundbauberatung - Geoconsulting AG	1 Expl.

Triesen, 13. April 2015 Hb/Fa/hb

S:\Daten GBB\5117-3-Machbarkeitsstudie-2UG-Apr-2015.docx



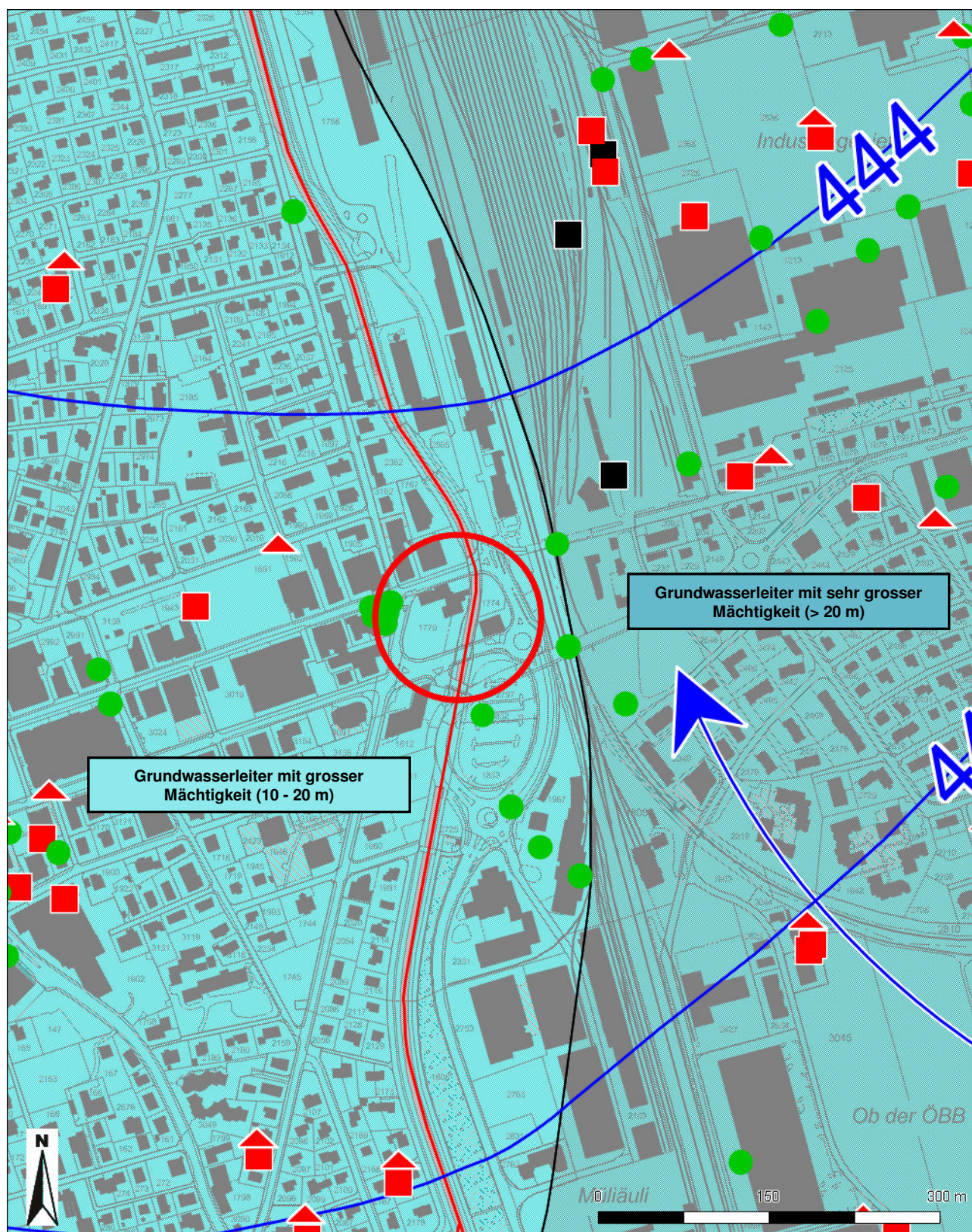
**WOHN- UND GESCHÄFTSHAUS CHEZ FRITZ, BUCHS  
MACHBARKEITSSTUDIE 2. UNTERGEPOCH**

**G 5117/3  
Beilage 1.1**

**GRUNDWASSERKARTE MST. 1 : 5'000**

 Grundbauberatung-Geoconsulting AG, Triesen  
Aktueller Auszug aus dem Geoportal

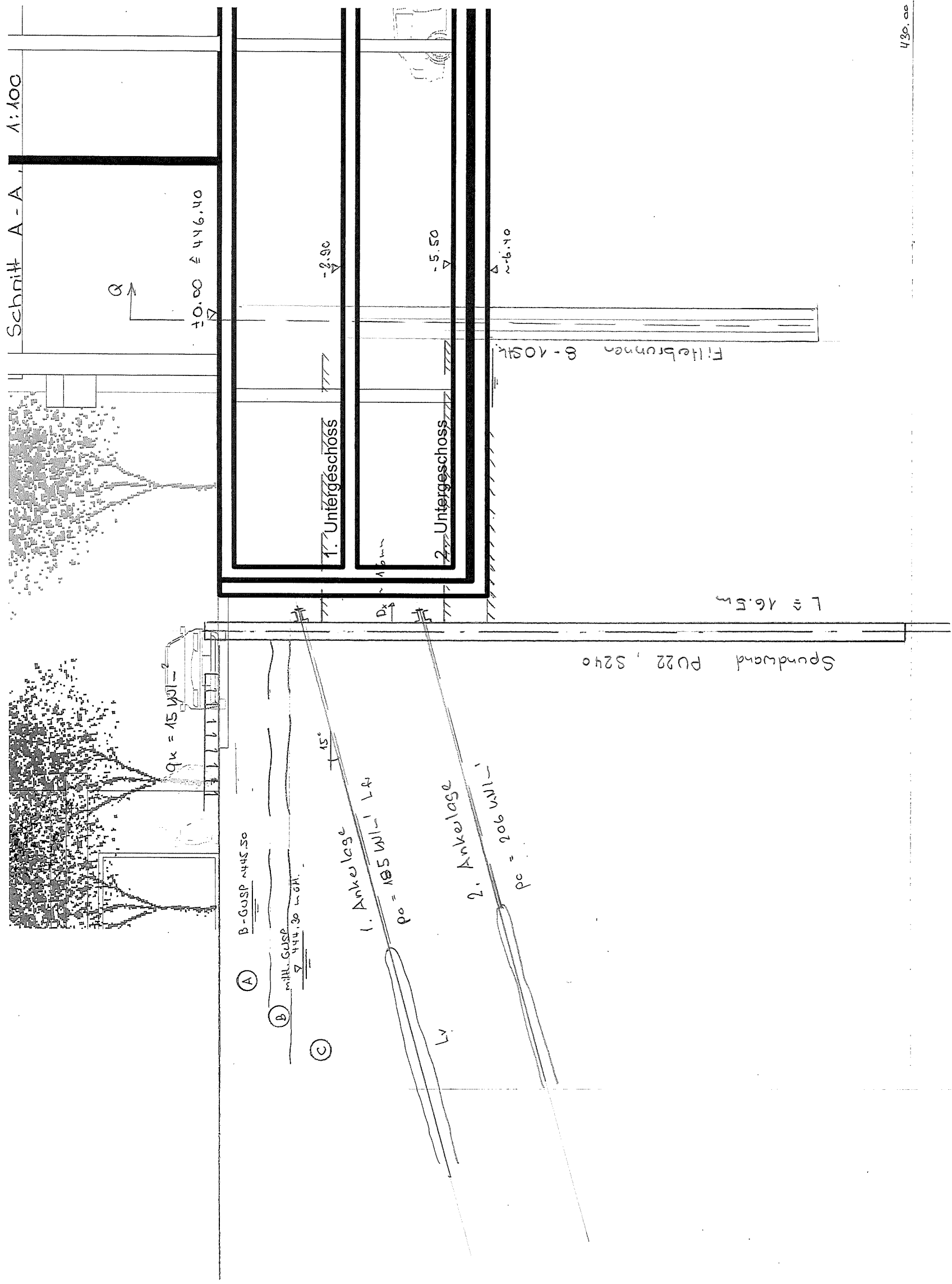
13.04.2015



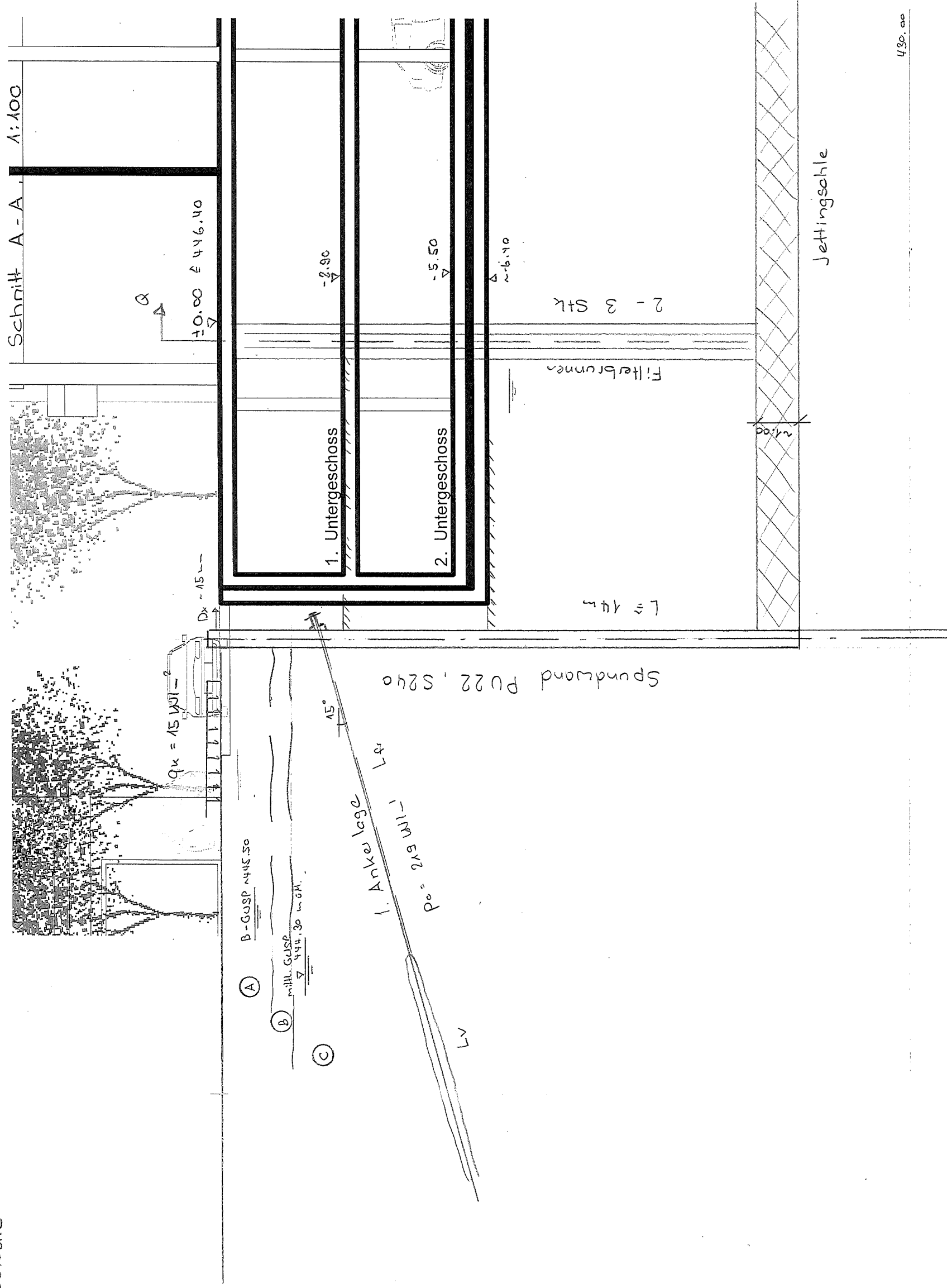








430.00



430.00



Zweifach verankerte Spundwand

Beilage 3.1

## SYSTEM

### Etappen

Nr	Titel
1	1: Bauzustand 1
2	3: Bauzustand 2
3	Endzustand

### Baugrubenabschluss

Wandtyp	Parameter $\delta_a$	$\delta_p$	Wandkopf x [m]	y [m]	Neigung $\alpha$ [°]
geschlossen	0.67	-0.50	0	0	0

$\delta_a$  : Wandreibungswinkel als Bruchteil des Reibungswinkels für die Bestimmung der aktiven Erddruckbeiwerte

$\delta_p$  : Wandreibungswinkel als Bruchteil des Reibungswinkels für die Bestimmung der Erdwiderstandsbeiwerte

### Baugrubenabschluss, Querschnitt Spundwand

Beschreibung	Parameter Wert	Einheit
Profil	PU 22	
Spundwandstahl	S240GP	
statische Wirkung	Doppelbohle	
Biegesteifigkeit EI	103866	[kNm <sup>2</sup> /m]

### Spundwand

Baustoffklasse	$-f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$E_s$ [kN/mm <sup>2</sup> ]	$f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\varepsilon_{uk}$ [‰]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
S240GP	-240.0	210.0	240.0	20.0	240.0

### Terrainoberfläche

Kote y [m]	Verlauf	Beschreibung	verteilte Auflast Einwirkung	p [kN/m <sup>2</sup> ]	wie Erddr.
0	Horizontal			0	nein

wie Erddr. : Mit Auflast erzeugter Erddruck wird behandelt wie normaler Erddruck (Umlagerung, minimaler Erddruck, Lastfaktor)

### Bodenschichten

Beschreibung	Kote y [m]	$\phi$ [°]	Parameter $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] $c_a$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$c_p$ [kN/m <sup>2</sup> ]	k [m/s]	weitere Attribute $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] $K_{ah}$ [-] $K_{oh}$ [-] $K_{ph}$ [-]
Aufschüttung	0	34.00	19.00	0		
Deckschicht	-1.20	29.00	18.50	0		
Rheinschotter	-1.70	36.00	20.00	0		

$c_a$  : Kohäsion der Bodenschicht für die Bestimmung des Erddrucks

$c_p$  : Kohäsion der Bodenschicht für die Bestimmung des Erdwiderstandes

k : Durchlässigkeit der Bodenschicht

$\gamma$  : Raumgewicht des Bodens unter Auftrieb (ohne Strömungsdruck)

### Abstützungen

Kote y [m]	Neigung $\alpha$ [°]	dh [m]	Lagerung f [kN/m <sup>2</sup> ]	Auflagerverschiebung beim Aktivieren dx [m]	Typ
-2.00	-15.00	0	starr	gemäss letzter Etappe	Anker
-4.90	-15.00	0	starr	gemäss letzter Etappe	Anker

dh : Auflagerhöhe, über die die Schnittkräfte ausgerundet werden

f : Federkonstante

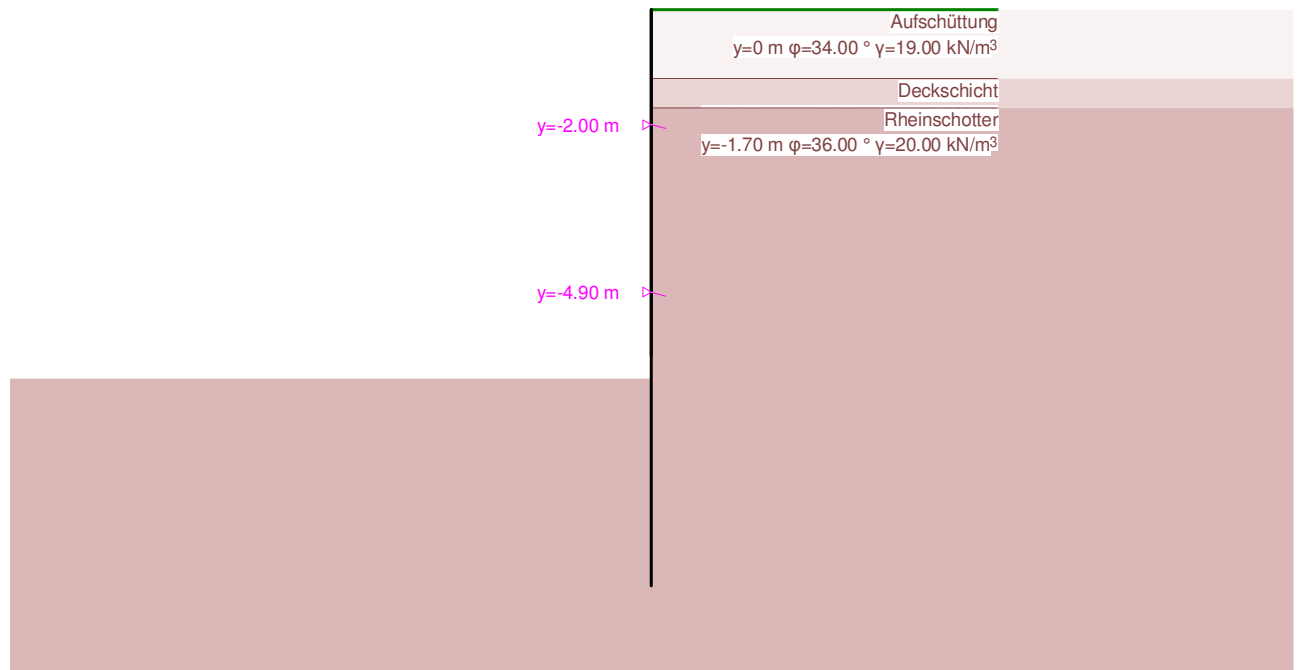
Nr.:





Baugrundmodell (System)

Mstb. 1 :131.2



## ETAPPE 1: 1: 1: Bauzustand 1

### Baugrubenabschluss

Wandkopf Lagerung	t	Wandfuss Lagerung	
Frei	gesucht	Eingespannt	

t : Einbindetiefe ab Sohle

### Baugrubensohle

Kote y [m]	Verlauf	Beschreibung	verteilte Auflast Einwirkung	p [kN/m²]	
-2.50	Horizontal			0	

### Grundwasser

Geometrie		Druckverhältnisse			Einwirkung	
y <sub>p</sub> [m]	y <sub>a</sub> [m]		Wasserdruck	Druckabbau		
-2.50	-0.90	hydrodynamisch	berechnen	nur passivseitig	Wasserdruck ständig	

### Abstützungen

Abst. Nr.	Kote y [m]	Status	
1	-2.00	inaktiv	
2	-4.90	inaktiv	

### Erdwiderstand / Erddruck

Erdwiderstand	Erddruck		Einwirkung
	Lastbeiwert	Umlagerung	
berechnen	<sup>(1)</sup> AHT	keine	Erddruck ständig

<sup>(1)</sup> : bis Aushubtiefe

Nr.:



## ETAPPE 2: 3: Bauzustand 2

### Baugrubenabschluss

Wandkopf Lagerung	t	Wandfuss Lagerung	
Frei	gesucht	Eingespant	

t : Einbindetiefe ab Sohle

### Baugrubensohle

Kote y [m]	Verlauf	Beschreibung	verteilte Auflast Einwirkung	p [kN/m <sup>2</sup> ]	
-5.40	Horizontal			0	

### Grundwasser

Geometrie		Druckverhältnisse		Einwirkung	
y <sub>p</sub> [m]	y <sub>a</sub> [m]	Wasserdruck	Druckabbau		
-5.40	-0.90	hydrodynamisch	berechnen	nur passiveseitig	Wasserdruck ständig

### Abstützungen

Abst. Nr.	Kote y [m]	Status	
1	-2.00	aktiv	
2	-4.90	inaktiv	

### Erdwiderstand / Erddruck

Erdwiderstand	Erddruck			
	Lastbeiwert	Umlagerung	Form	Einwirkung
berechnen	<sup>(1)</sup> AHT	<sup>(1)</sup> AHT	Rechteck	Erddruck ständig

(<sup>1</sup>) : bis Aushubtiefe

## ETAPPE 3: Endzustand

### Baugrubenabschluss

Wandkopf Lagerung	t	Wandfuss Lagerung	
Frei	gesucht	Eingespant	

t : Einbindetiefe ab Sohle

### Baugrubensohle

Kote y [m]	Verlauf	Beschreibung	verteilte Auflast Einwirkung	p [kN/m <sup>2</sup> ]	
-6.40	Horizontal			0	

### Grundwasser

Geometrie		Druckverhältnisse		Einwirkung	
y <sub>p</sub> [m]	y <sub>a</sub> [m]	Wasserdruck	Druckabbau		
-6.40	-0.90	hydrodynamisch	berechnen	nur passiveseitig	Wasserdruck ständig

### Abstützungen

Abst. Nr.	Kote y [m]	Status	
1	-2.00	aktiv	
2	-4.90	aktiv	



## Erdwiderstand / Erddruck

Erdwiderstand	Lastbeiwert	Umlagerung	Erddruck	Einwirkung
berechnen	<sup>(1)</sup> AHT	<sup>(1)</sup> AHT	Form	Erddruck ständig
			Rechteck	

(1) : bis Aushubtiefe

## LASTEN Etappe 3: Endzustand

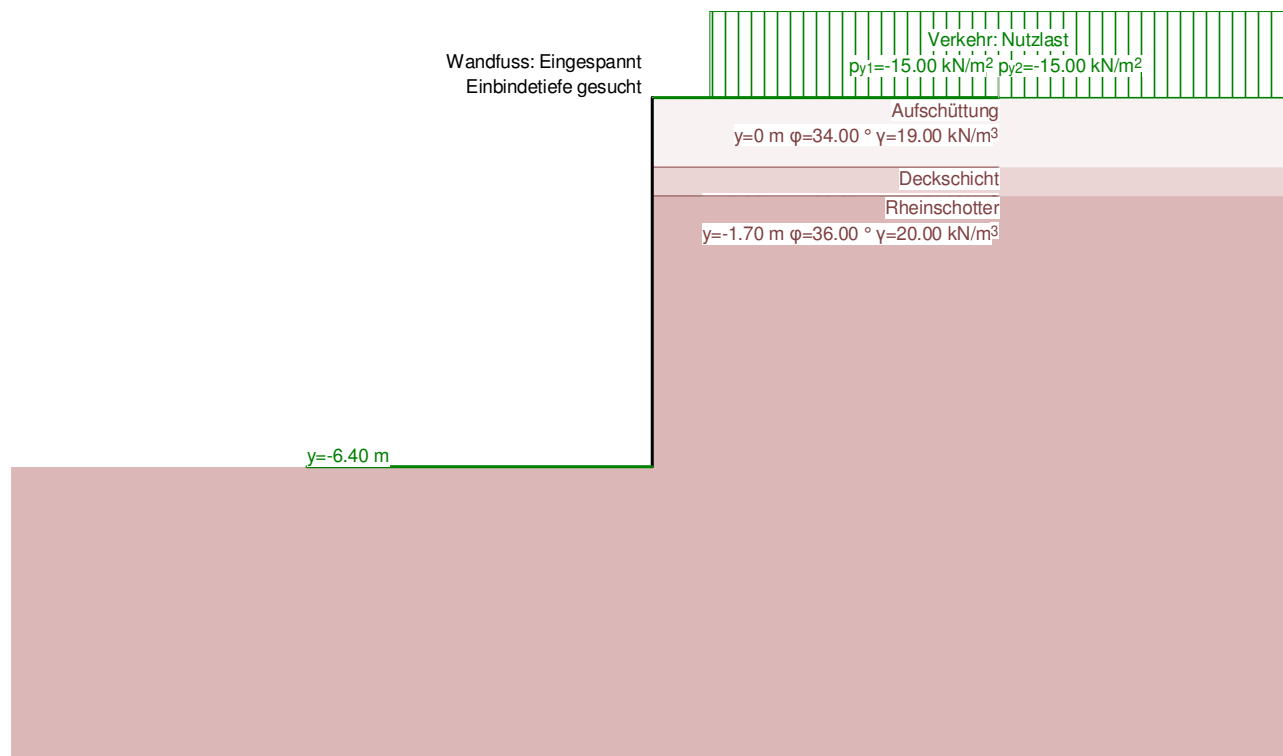
### Verteilte Bodenlasten

Beschreibung	Einwirkung	x <sub>1</sub> [m]	y <sub>1</sub> [m]	x <sub>2</sub> [m]	y <sub>2</sub> [m]	p <sub>1</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	p <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	wie Erddr.
Verkehr	Nutzlast	1.00	0	11.00	0	-15.00	-15.00	nein

wie Erddr. : Zusatzdruck wird behandelt wie normaler Erddruck (Umlagerung, minimaler Erddruck, Lastfaktor)

Lasten Etappe 3: Endzustand

Mstb. 1 :131.2



### Widerstandsbeiwerte (1)

Name	GZ 1 [-]	GZ 2 [-]	GZ 3 [-]	Gebrauch [-]	global [-]
Erdwiderstand geschlossene Wand		1.40		1.00	1.50
Erdwiderstand offene Wand		1.40		1.00	2.00
Biegesteifigkeit EI		1.10		1.00	1.00
Bettungsmodul ksh		1.50		1.00	1.50

### Berechnungsparameter (1)

Name	GZ 1	GZ 2	GZ 3	Gebrauch	global	
Erdruehdruckanteil		0		1.000	0	—
minimaler Erddruck		5.000		0	0	kN/m <sup>2</sup>
Erddruckumlagerungsfaktor					1.300	—
hydraulischer Grundbruch $\gamma_{G,inf}$	0.900					—
hydraulischer Grundbruch $\gamma_{G,sup}$	1.600					—
hydraulischer Grundbruch $\gamma_{R,HG}$					2.000	—
Modellbeiwert horizontales Gleichgewicht		1.500		1.500	1.500	—
Schnittkraftvergrößerungsfaktor $\gamma_L$					1.500	—

Nr.:



Name	GZ 1	GZ 2	GZ 3	Gebrauch	global	
Faktor innere Pfahltragfähigkeit $\eta_i$		0.800			0.800	-

### Berechnungsoptionen (1)

Name	GZ 1	GZ 2	GZ 3	Gebrauch	global
aktive Wandreibung		Ja		Ja	Ja
passive Wandreibung		Ja		Ja	Ja

### Einwirkungen (1)

Name	Typ	Set	GZ Typ 1		GZ Typ 2		GZ Typ 3		$\psi$ -Beiwerte
			$\gamma$ [-]	$\gamma_{inf}$ [-]	$\gamma$ [-]	$\gamma_{inf}$ [-]	$\gamma$ [-]	$\gamma_{inf}$ [-]	
Eigenlast	ständig		1.10	0.90	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
Nutzlast	veränderlich		1.50		1.50		1.30		
Erddruck ständig	ständig		1.35	0.80	1.35	0.70	1.00	1.00	
Wasserdruck ständig	ständig		1.05	0.95	1.20	0.90	1.00	1.00	

GZ Typ 1 : Grenzzustand Typ 1

GZ Typ 2 : Grenzzustand Typ 2

GZ Typ 3 : Grenzzustand Typ 3

$\psi$ -Beiwerte : Reduktionsbeiwerte

### Einwirkungen (2)

Name	$\psi$ -Beiwerte		u
	$\psi_1$ [-]	$\psi_2$ [-]	
Eigenlast			Ja
Nutzlast	1.00	1.00	Ja
Erddruck ständig			Ja
Wasserdruck ständig			Ja

$\psi$ -Beiwerte : Reduktionsbeiwerte

u : Einwirkung ist benutzt

### Grenzwertspezifikation: !Grenzzustand G selten

#### Beschreibung

Standard-Bemessungssituation: Gebrauchstauglichkeit seltene Kombination

Analyseparameter: AP1

#### Einwirkungskombinationen

Nr	Einwirkung Name	1	Einwirkungskombinationen
1	Eigenlast	1	
2	Erddruck ständig	1	
3	Wasserdruck ständig	1	
4	Nutzlast	1	

### Grenzwertspezifikation: !Grenzzustand TS 1

#### Beschreibung

Standard-Bemessungssituation: Tragsicherheit Grenzzustand Typ 1 (1A)

Analyseparameter: AP2

#### Einwirkungskombinationen

Nr	Einwirkung Name	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Eigenlast	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	0.9	0.9	0.9
2	Erddruck ständig	1.35	1.35	1.35	1.35	0.8	0.8	0.8	0.8	1.35	1.35	1.35
3	Wasserdruck ständig	1.05	1.05	0.95	0.95	1.05	1.05	0.95	0.95	1.05	1.05	0.95
4	Nutzlast	1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		1.5

Nr.:





### Einwirkungskombinationen - Fortsetzung

Nr	12	13	14	15	16	Einwirkungskombinationen
1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	
2	1.35	0.8	0.8	0.8	0.8	
3	0.95	1.05	1.05	0.95	0.95	
4		1.5		1.5		

### Grenzwertspezifikation: !Grenzzustand TS 2

#### Beschreibung

Standard-Bemessungssituation: Tragsicherheit Grenzzustand Typ 2 (1B)

Analyseparameter: AP2

### Einwirkungskombinationen

Nr	Einwirkung Name	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Eigenlast	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1
2	Erddruck ständig	1.35	1.35	1.35	1.35	0.7	0.7	0.7	0.7	1.35	1.35	1.35
3	Wasserdruck ständig	1.2	1.2	0.9	0.9	1.2	1.2	0.9	0.9	1.2	1.2	0.9
4	Nutzlast	1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		1.5

### Einwirkungskombinationen - Fortsetzung

Nr	12	13	14	15	16	Einwirkungskombinationen
1	1	1	1	1	1	
2	1.35	0.7	0.7	0.7	0.7	
3	0.9	1.2	1.2	0.9	0.9	
4		1.5		1.5		

### GRENZWERTE

#### Wandlänge

Etappe	y [m]	t [m]	Sohle [m]	Werte aus
1	-7.45	4.95	-2.50	Etappe 1, !Grenzzustand TS 2, EWK 1
2	-13.43	8.03	-5.40	Etappe 2, !Grenzzustand TS 2, EWK 1
3	-16.19	9.79	-6.40	Etappe 3, !Grenzzustand TS 1, EWK 1

y : Kote UK Wand  
t : Einbindetiefe  
Sohle : Kote Baugrubensohle

#### Hydraulischer Grundbruch

Etappe	F vorh [-]	F erf [-]	y [m]	t [m]	Werte aus
1	1.74	1.00	-7.45	4.95	Etappe 1, !Grenzzustand TS 1, EWK 1
2	1.00	1.00	-13.43	8.03	Etappe 2, !Grenzzustand TS 1, EWK 1
3	1.00	1.00	-16.19	9.79	Etappe 3, !Grenzzustand TS 1, EWK 1

F vorh : vorhandene Sicherheit hydraulischer Grundbruch  
F erf : erforderliche Sicherheit hydraulischer Grundbruch  
y : zu 'F vorh' zugehörige Kote UK Wand  
t : zu 'F vorh' zugehörige Einbindetiefe

#### Abstützungen

y [m]	P [kN/m]	P max Px [kN/m]	Et,GWS,EWK
-2.00	185.25	178.94	2, 2, 1
-4.90	206.04	199.02	3, 2, 1

Px : horizontale Komponente der Abstützungskraft P  
Et,GWS,EWK : Etappe, Grenzwertspezifikation, Einwirkungskombination  
GWS 1 = !Grenzzustand G selten,  
GWS 2 = !Grenzzustand TS 2,  
GWS 3 = !Grenzzustand TS 1



## Bemessung Spundwand

Nachweis		Bemessung			Bemerkungen
aMax [-]	Et,GWS,EWK	Profil	aMax [-]	Et,GWS,EWK	
0.46	2, 2, 1	PU 12	0.84	2, 2, 1	

Nachweis : Nachweis für gewähltes Profil: PU 22, Doppelbohle  
aMax : maximaler Ausnutzungsgrad, aMax <= 1.0 -> i.O.  
Et,GWS,EWK : Etappe, Grenzwertspezifikation, Einwirkungskombination  
GWS 1 = !Grenzzustand G selten,  
GWS 2 = !Grenzzustand TS 2,  
GWS 3 = !Grenzzustand TS 1

## Deformationen

(Kompakte Ansicht)

y [m]	Dx [mm]	Dx max Et,GWS,EWK	Dx [mm]	Dx min Et,GWS,EWK	
0	0.16	2, 1, 1	-12.53	1, 1, 1	
-6.40	-12.35	2, 1, 1	-15.74	3, 1, 1	

Dx : Verschiebungen  
Et,GWS,EWK : Etappe, Grenzwertspezifikation, Einwirkungskombination  
GWS 1 = !Grenzzustand G selten,  
GWS 2 = !Grenzzustand TS 2,  
GWS 3 = !Grenzzustand TS 1

## Normalkräfte mit zugehörigen Schnittkräften

(Kompakte Ansicht)

y [m]	Nd1 [kN/m]	Vd1 [kN/m]	Md1 [kNm/m]	Et,GWS,EWK	Nd1 [kN/m]	Vd1 [kN/m]	Md1 [kNm/m]	Et,GWS,EWK	
-6.75	57.45	176.67	0.45	1, 2, 9	-144.55	12.73	-203.17	3, 2, 1	
-8.40	-43.87	-66.38	29.58	2, 2, 16	-151.05	-78.50	-140.83	3, 2, 1	

Et,GWS,EWK : Etappe, Grenzwertspezifikation, Einwirkungskombination  
GWS 1 = !Grenzzustand G selten,  
GWS 2 = !Grenzzustand TS 2,  
GWS 3 = !Grenzzustand TS 1

## Querkräfte mit zugehörigen Schnittkräften

(Kompakte Ansicht)

y [m]	Vd1 [kN/m]	Nd1 [kN/m]	Md1 [kNm/m]	Et,GWS,EWK	Vd1 [kN/m]	Nd1 [kN/m]	Md1 [kNm/m]	Et,GWS,EWK	
-7.91	-45.60	-86.44	-108.77	3, 2, 16	-107.93	-93.74	-33.86	2, 2, 1	
-12.51	193.56	18.52	0.29	2, 2, 9	4.69	-98.00	161.06	3, 2, 1	

Et,GWS,EWK : Etappe, Grenzwertspezifikation, Einwirkungskombination  
GWS 1 = !Grenzzustand G selten,  
GWS 2 = !Grenzzustand TS 2,  
GWS 3 = !Grenzzustand TS 1

## Biegemomente mit zugehörigen Schnittkräften

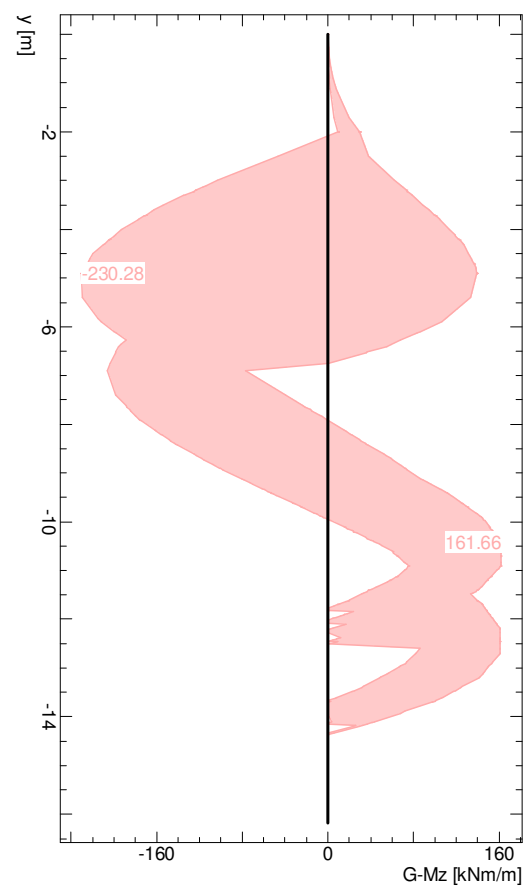
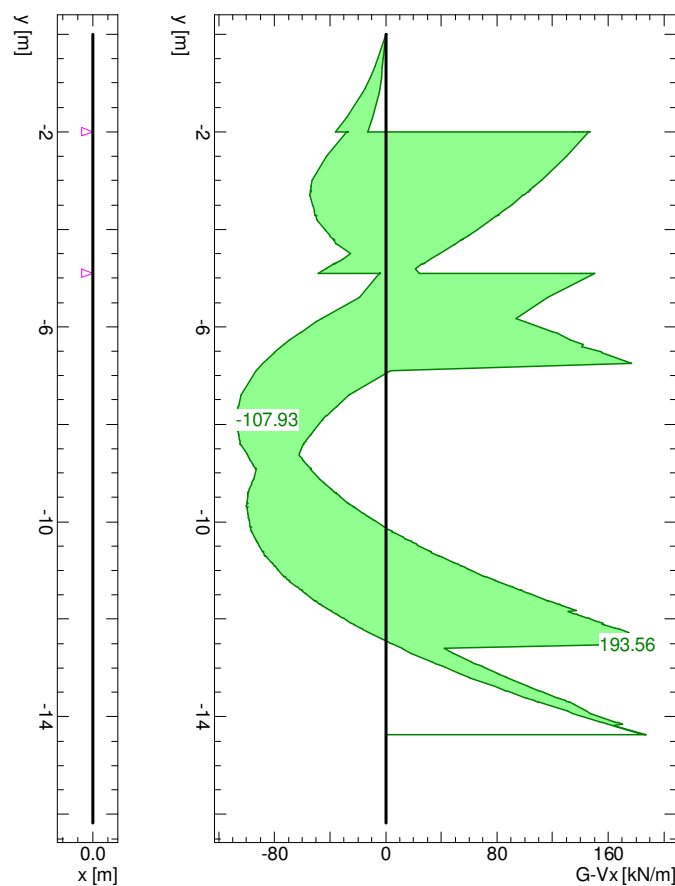
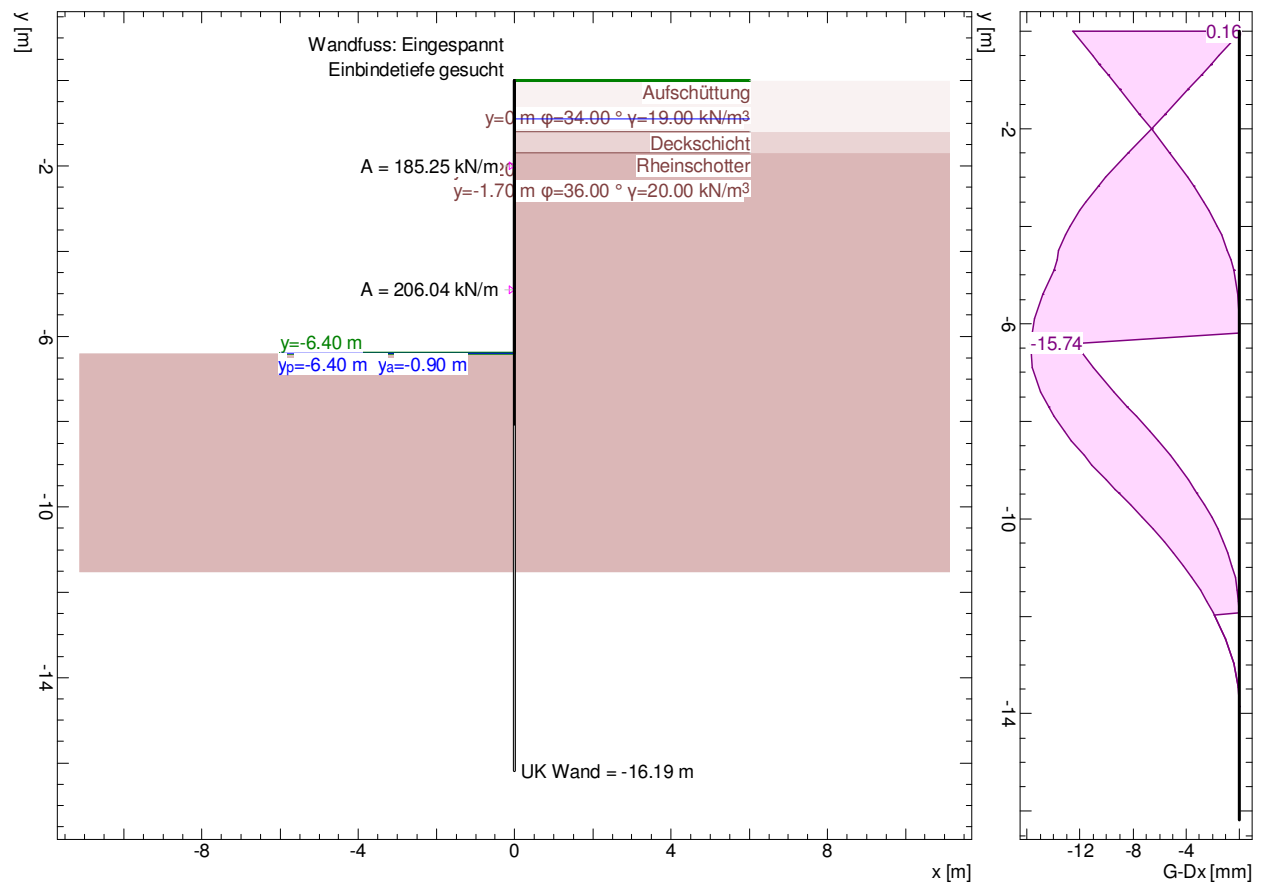
(Kompakte Ansicht)

y [m]	Md1 [kNm/m]	Nd1 [kN/m]	Vd1 [kN/m]	Et,GWS,EWK	Md1 [kNm/m]	Nd1 [kN/m]	Vd1 [kN/m]	Et,GWS,EWK	
-4.90	139.32	-0.96	-4.77	1, 2, 1	-230.28	-86.57	14.74	2, 2, 1	
-10.41	161.66	-48.80	-18.77	2, 2, 9	43.16	-108.43	-91.09	3, 2, 13	

Et,GWS,EWK : Etappe, Grenzwertspezifikation, Einwirkungskombination  
GWS 1 = !Grenzzustand G selten,  
GWS 2 = !Grenzzustand TS 2,  
GWS 3 = !Grenzzustand TS 1



Grenzwerte





Einfach verankerte Spundwand mit Dichtsohle

Beilage 3.2

## SYSTEM

### Etappen

Nr	Titel
1	1: Bauzustand
2	Endzustand

### Baugrubenabschluss

Wandtyp	Parameter $\delta_a$	$\delta_p$	Wandkopf x [m]	y [m]	Neigung $\alpha$ [°]
geschlossen	0.67	-0.50	0	0	0

$\delta_a$  : Wandreibungswinkel als Bruchteil des Reibungswinkels für die Bestimmung der aktiven Erddruckbeiwerte

$\delta_p$  : Wandreibungswinkel als Bruchteil des Reibungswinkels für die Bestimmung der Erdwiderstandsbeiwerte

### Baugrubenabschluss, Querschnitt Spundwand

Beschreibung	Parameter Wert	Einheit
Profil	PU 22	
Spundwandstahl	S240GP	
statische Wirkung	Doppelbohle	
Biegesteifigkeit EI	103866	[kNm <sup>2</sup> /m]

### Spundwand

Baustoffklasse	$-f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$E_s$ [kN/mm <sup>2</sup> ]	$f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\epsilon_{uk}$ [%]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
S240GP	-240.0	210.0	240.0	20.0	240.0

### Terrainoberfläche

Kote y [m]	Verlauf	Beschreibung	verteilte Auflast Einwirkung	p [kN/m <sup>2</sup> ]	wie Erddr.
0	Horizontal			0	nein

wie Erddr. : Mit Auflast erzeugter Erddruck wird behandelt wie normaler Erddruck (Umlagerung, minimaler Erddruck, Lastfaktor)

### Bodenschichten

Beschreibung	Kote y [m]	Parameter $\phi$ [°]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c_a$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$c_p$ [kN/m <sup>2</sup> ]	k [m/s]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$K_{ah}$ [-]	$K_{oh}$ [-]	$K_{ph}$ [-]
Aufschüttung	0	34.00	19.00	0						
Deckschicht	-1.20	29.00	18.50	0						
Rheinschotter	-1.70	36.00	20.00	0						

$c_a$  : Kohäsion der Bodenschicht für die Bestimmung des Erddrucks

$c_p$  : Kohäsion der Bodenschicht für die Bestimmung des Erdwiderstandes

k : Durchlässigkeit der Bodenschicht

$\gamma$  : Raumgewicht des Bodens unter Auftrieb (ohne Strömungsdruck)

### Abstützungen

Kote y [m]	Neigung $\alpha$ [°]	dh [m]	Lagerung f [kN/m <sup>2</sup> ]	Auflagerverschiebung beim Aktivieren dx [m]	Typ
-2.40	-15.00	0	starr	gemäss letzter Etappe	Anker

dh : Auflagerhöhe, über die die Schnittkräfte ausgerundet werden

f : Federkonstante

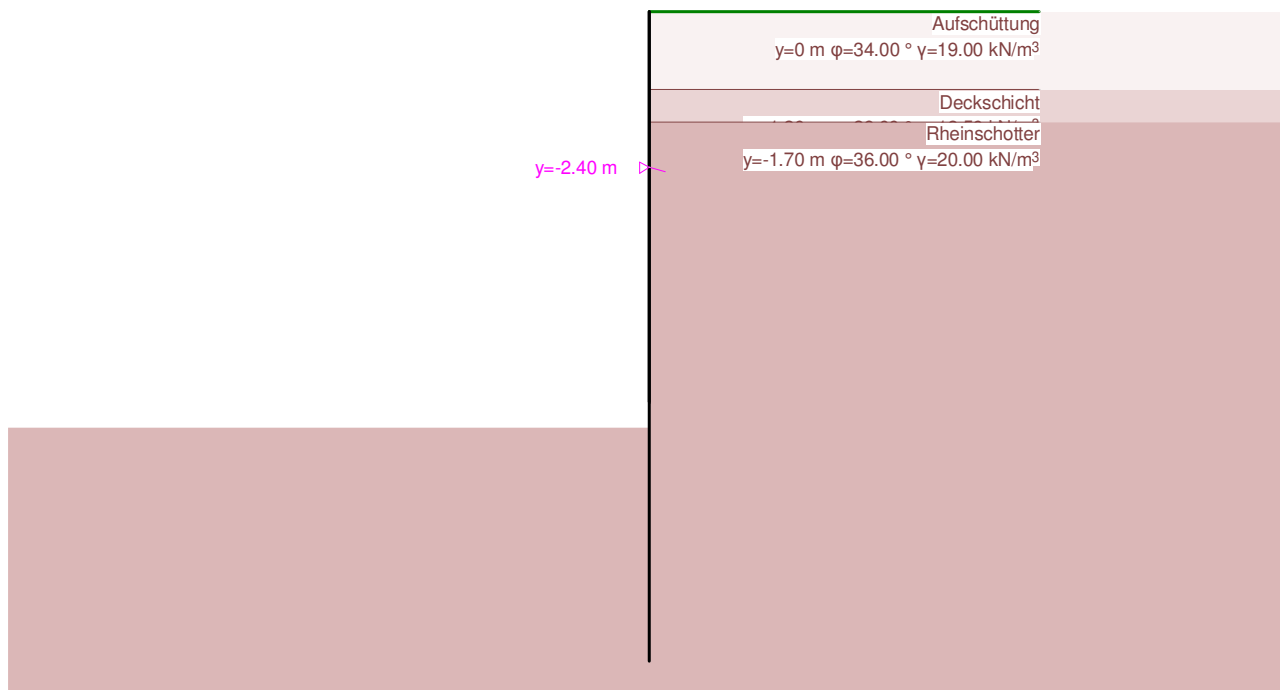
Nr.:





Baugrundmodell (System)

Mstb. 1 :116.4



## ETAPPE 1: 1: Bauzustand

### Baugrubenabschluss

Wandkopf Lagerung	t	Wandfuss Lagerung	
Frei	gesucht	Eingespannt	

t : Einbindetiefe ab Sohle

### Baugrubensohle

Kote y [m]	Verlauf	Beschreibung	verteilte Auflast Einwirkung	p [kN/m²]	
-2.90	Horizontal			0	

### Grundwasser

Geometrie y <sub>p</sub> [m]	Geometrie y <sub>a</sub> [m]	Druckverhältnisse	Einwirkung	
-2.90	-0.90	hydrostatisch	Wasserdruck ständig	

### Abstützungen

Abst. Nr.	Kote y [m]	Status	
1	-2.40	inaktiv	

### Erdwiderstand / Erddruck

Erdwiderstand	Lastbeiwert (1) AHT	Erddruck Umlagerung	Einwirkung
berechnen		keine	Erddruck ständig

(1) : bis Aushubtiefe

Nr.:



## ETAPPE 2: Endzustand

### Baugrubenabschluss

Wandkopf Lagerung	t	Wandfuss Lagerung	
Frei	gesucht	Eingespannt	

t : Einbindetiefe ab Sohle

### Baugrubensohle

Kote y [m]	Verlauf	Beschreibung	verteilte Auflast Einwirkung	p [kN/m <sup>2</sup> ]	
-6.40	Horizontal			0	

### Grundwasser

Geometrie y <sub>p</sub> [m]	y <sub>a</sub> [m]	Druckverhältnisse	Einwirkung	
-6.40	-0.90	hydrostatisch	Wasserdruck ständig	

### Abstützungen

Abst. Nr.	Kote y [m]	Status	
1	-2.40	aktiv	

### Erdwiderstand / Erddruck

Erdwiderstand	Lastbeiwert	Umlagerung	Erddruck Form	Einwirkung
berechnen	<sup>(1)</sup> AHT	<sup>(1)</sup> AHT	Rechteck	Erddruck ständig

<sup>(1)</sup> : bis Aushubtiefe

## LASTEN Etappe 2: Endzustand

### Verteilte Bodenlasten

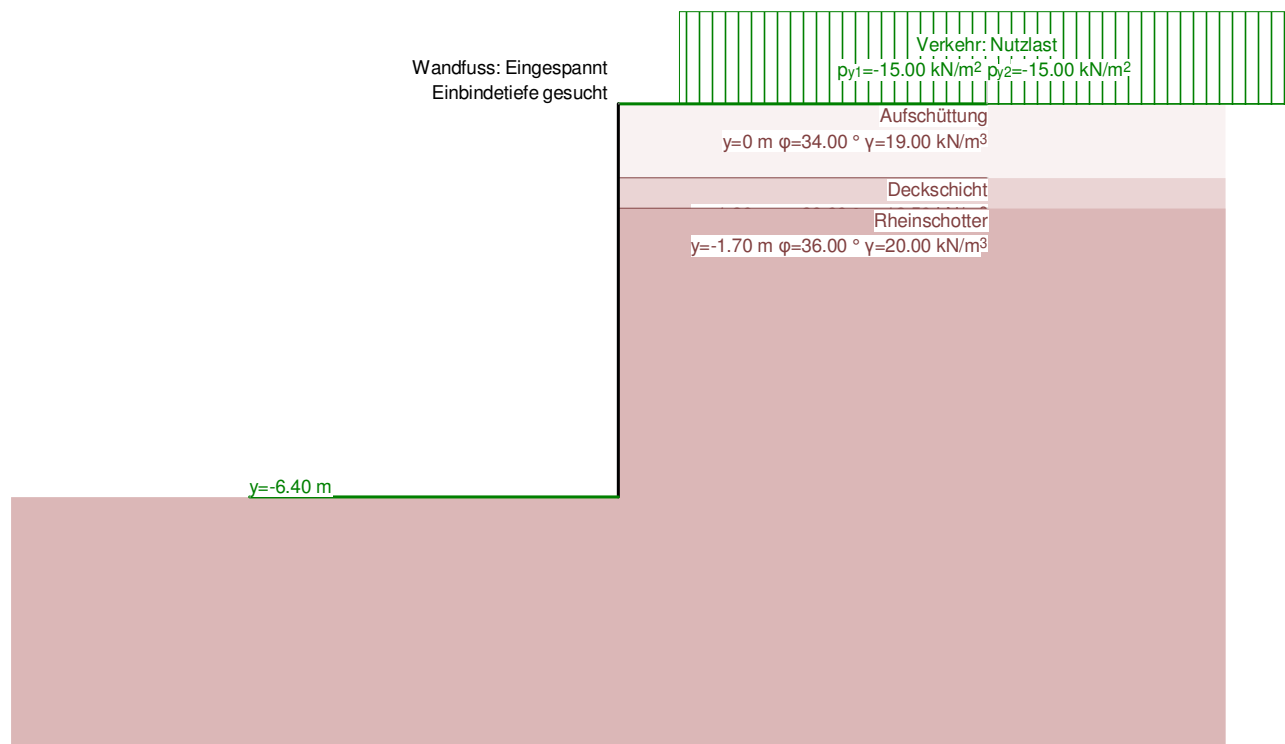
Beschreibung	Einwirkung	x <sub>1</sub> [m]	y <sub>1</sub> [m]	x <sub>2</sub> [m]	y <sub>2</sub> [m]	p <sub>1</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	p <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	wie Erddr.
Verkehr	Nutzlast	1.00	0	11.00	0	-15.00	-15.00	nein

wie Erddr. : Zusatzdruck wird behandelt wie normaler Erddruck (Umlagerung, minimaler Erddruck, Lastfaktor)



Lasten Etappe 2: Endzustand

Mstb. 1 :123.0



### Widerstandsbeiwerte (1)

Name	GZ 1 [-]	GZ 2 [-]	GZ 3 [-]	Gebrauch [-]	global [-]
Erdwiderstand geschlossene Wand		1.40		1.00	1.50
Erdwiderstand offene Wand		1.40		1.00	2.00
Biegesteifigkeit EI		1.10		1.00	1.00
Bettungsmodul ksh		1.50		1.00	1.50

### Berechnungsparameter (1)

Name	GZ 1	GZ 2	GZ 3	Gebrauch	global	
Erdruehdruckanteil		0		1.000	0	—
minimaler Erddruck		5.000		0	0	kN/m²
Erddruckumlagerungsfaktor					1.300	—
hydraulischer Grundbruch $\gamma_{G,inf}$	0.900					—
hydraulischer Grundbruch $\gamma_{G,sup}$	1.600					—
hydraulischer Grundbruch $\gamma_{R,HG}$					2.000	—
Modellbeiwert horizontales Gleichgewicht		1.500		1.500	1.500	—
Schnittkraftvergrößerungsfaktor $\gamma_L$					1.500	—
Faktor innere Pfahltragfähigkeit $\eta_i$		0.800			0.800	—

### Berechnungsoptionen (1)

Name	GZ 1	GZ 2	GZ 3	Gebrauch	global
aktive Wandreibung		Ja		Ja	Ja
passive Wandreibung		Ja		Ja	Ja

### Einwirkungen (1)

Name	Typ	Set	GZ Typ 1		GZ Typ 2		GZ Typ 3		ψ-Beiwerte
			γ [-]	γ <sub>inf</sub> [-]	γ [-]	γ <sub>inf</sub> [-]	γ [-]	γ <sub>inf</sub> [-]	ψ <sub>0</sub> [-]
Eigenlast	ständig		1.10	0.90	1.35	1.00	1.00	1.00	
Nutzlast	veränderlich		1.50		1.50		1.30		1.00
Erddruck ständig	ständig		1.35	0.80	1.35	0.70	1.00	1.00	
Wasserdruck ständig	ständig		1.05	0.95	1.20	0.90	1.00	1.00	

Nr.:



GZ Typ 1 : Grenzzustand Typ 1  
GZ Typ 2 : Grenzzustand Typ 2  
GZ Typ 3 : Grenzzustand Typ 3  
 $\psi$ -Beiwerte : Reduktionsbeiwerte

## Einwirkungen (2)

Name	$\psi$ -Beiwerte		u
	$\psi_1$ [-]	$\psi_2$ [-]	
Eigenlast	1.00	1.00	Ja
Nutzlast			Ja
Erddruck ständig			Ja
Wasserdruck ständig			Ja

$\psi$ -Beiwerte : Reduktionsbeiwerte  
u : Einwirkung ist benutzt

## Grenzwertspezifikation: !Grenzzustand G selten

### Beschreibung

Standard-Bemessungssituation: Gebrauchstauglichkeit seltene Kombination  
Analyseparameter: AP1

### Einwirkungskombinationen

Nr	Einwirkung Name	Einwirkungskombinationen										
		1										
1	Eigenlast	1										
2	Erddruck ständig	1										
3	Wasserdruck ständig	1										
4	Nutzlast	1										

## Grenzwertspezifikation: !Grenzzustand TS 2

### Beschreibung

Standard-Bemessungssituation: Tragsicherheit Grenzzustand Typ 2 (1B)  
Analyseparameter: AP2

### Einwirkungskombinationen

Nr	Einwirkung Name	Einwirkungskombinationen										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Eigenlast	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1
2	Erddruck ständig	1.35	1.35	1.35	1.35	0.7	0.7	0.7	0.7	1.35	1.35	1.35
3	Wasserdruck ständig	1.2	1.2	0.9	0.9	1.2	1.2	0.9	0.9	1.2	1.2	0.9
4	Nutzlast	1.5		1.5		1.5		1.5		1.5		1.5

### Einwirkungskombinationen - Fortsetzung

Nr						Einwirkungskombinationen						
	12	13	14	15	16							
1	1	1	1	1	1							
2	1.35	0.7	0.7	0.7	0.7							
3	0.9	1.2	1.2	0.9	0.9							
4		1.5		1.5								

## GRENZWERTE

### Wandlänge

Etappe	y [m]	t [m]	Sohle [m]	Werte aus		
1	-7.65	4.75	-2.90	Etappe 1,	!Grenzzustand TS 2,	EWK 1
2	-12.76	6.36	-6.40	Etappe 2,	!Grenzzustand TS 2,	EWK 1





y : Kote UK Wand  
t : Einbindetiefe  
Sohle : Kote Baugrubensohle

### Abstützungen

y [m]	P [kN/m]	P max		Et,GWS,EWK
		Px [kN/m]		
-2.40	219.16	211.69	2, 2, 1	

Px : horizontale Komponente der Abstützungskraft P  
Et,GWS,EWK : Etappe, Grenzwertspezifikation, Einwirkungskombination  
GWS 1 = !Grenzzustand G selten,  
GWS 2 = !Grenzzustand TS 2

### Bemessung Spundwand

aMax [-]	Nachweis		Profil	Bemessung		Bemerkungen
	Et,GWS,EWK			aMax [-]	Et,GWS,EWK	
0.58	2, 2, 1		PU 12	0.86	2, 2, 1	

Nachweis : Nachweis für gewähltes Profil: PU 22, Doppelbohle  
aMax : maximaler Ausnutzungsgrad, aMax <= 1.0 -> i.O.  
Et,GWS,EWK : Etappe, Grenzwertspezifikation, Einwirkungskombination  
GWS 1 = !Grenzzustand G selten,  
GWS 2 = !Grenzzustand TS 2

### Deformationen

(Kompakte Ansicht)

y [m]	Dx [mm]	Dx max		Dx [mm]	Dx min	
		Et,GWS,EWK			Et,GWS,EWK	
0	-2.69	2, 1, 1		-15.05	1, 1, 1	
-10.84	0.00	2, 1, 1		0.00	2, 1, 1	

Dx : Verschiebungen  
Et,GWS,EWK : Etappe, Grenzwertspezifikation, Einwirkungskombination  
GWS 1 = !Grenzzustand G selten,  
GWS 2 = !Grenzzustand TS 2

### Normalkräfte mit zugehörigen Schnittkräften

(Kompakte Ansicht)

y [m]	Nd1 [kN/m]	Nd1 max		Et,GWS,EWK	Nd1 [kN/m]	Nd1 min		Et,GWS,EWK
		Vd1 [kN/m]	Md1 [kNm/m]			Vd1 [kN/m]	Md1 [kNm/m]	
-6.90	88.89	217.48	15.22	1, 2, 9	-115.12	-105.27	-161.45	2, 2, 1
-11.62	117.75	229.34	0.54	2, 2, 14	61.07	198.25	77.93	2, 2, 1

Et,GWS,EWK : Etappe, Grenzwertspezifikation, Einwirkungskombination  
GWS 1 = !Grenzzustand G selten,  
GWS 2 = !Grenzzustand TS 2

### Querkräfte mit zugehörigen Schnittkräften

(Kompakte Ansicht)

y [m]	Vd1 [kN/m]	Vd1 max		Et,GWS,EWK	Vd1 [kN/m]	Vd1 min		Et,GWS,EWK
		Nd1 [kN/m]	Md1 [kNm/m]			Nd1 [kN/m]	Md1 [kNm/m]	
-8.04	-88.99	-48.23	28.50	2, 2, 16	-139.18	-106.92	-15.89	2, 2, 1
-11.97	266.02	88.59	0.30	2, 2, 1	266.02	88.59	0.30	2, 2, 1

Et,GWS,EWK : Etappe, Grenzwertspezifikation, Einwirkungskombination  
GWS 1 = !Grenzzustand G selten,  
GWS 2 = !Grenzzustand TS 2

### Biegemomente mit zugehörigen Schnittkräften

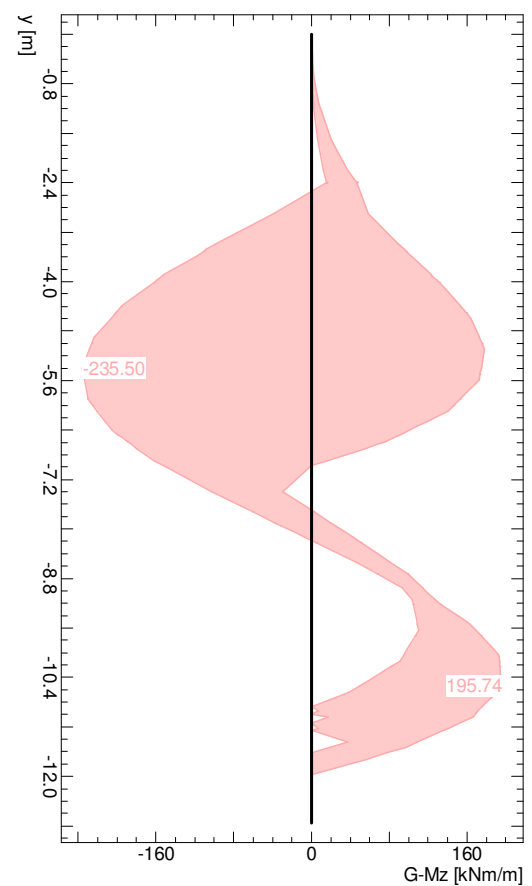
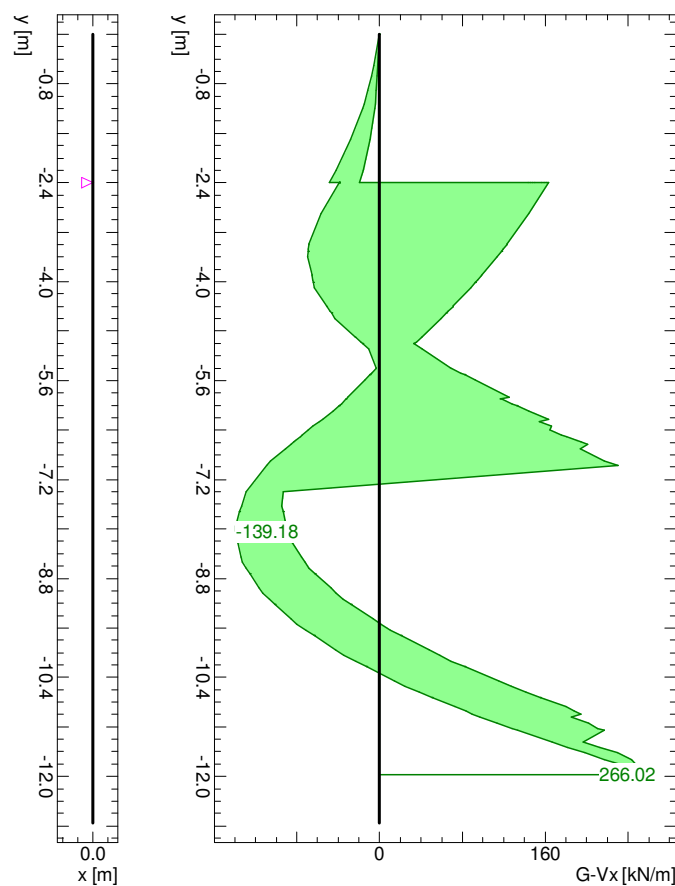
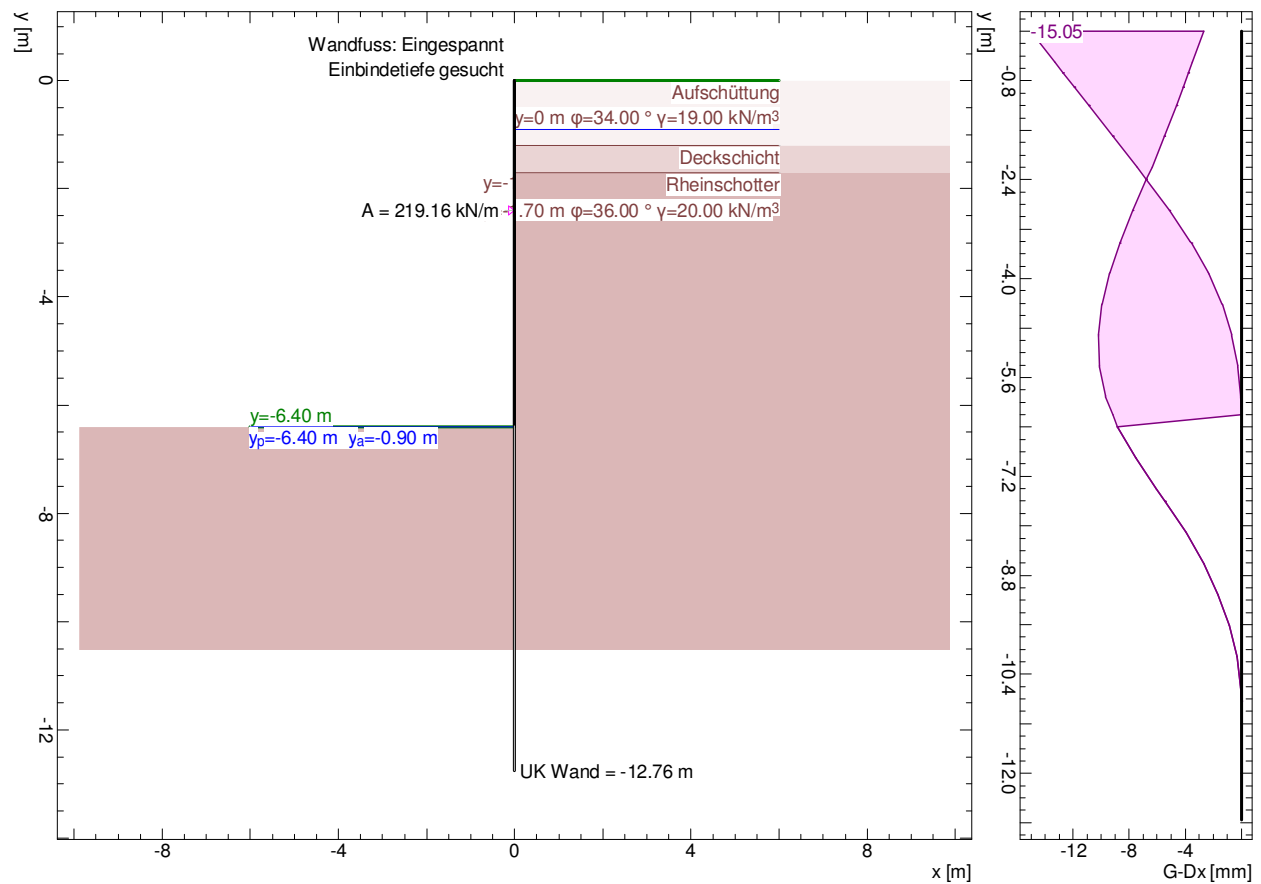
(Kompakte Ansicht)

y [m]	Md1 [kNm/m]	Md1 max		Et,GWS,EWK	Md1 [kNm/m]	Md1 min		Et,GWS,EWK
		Nd1 [kN/m]	Vd1 [kN/m]			Nd1 [kN/m]	Vd1 [kN/m]	
-5.40	174.42	15.16	17.59	1, 2, 1	-235.50	-102.85	7.03	2, 2, 1
-10.54	195.74	-12.74	24.41	2, 2, 1	48.95	52.23	127.16	2, 2, 16

Et,GWS,EWK : Etappe, Grenzwertspezifikation, Einwirkungskombination  
GWS 1 = !Grenzzustand G selten,  
GWS 2 = !Grenzzustand TS 2



Grenzwerte



Nr.: