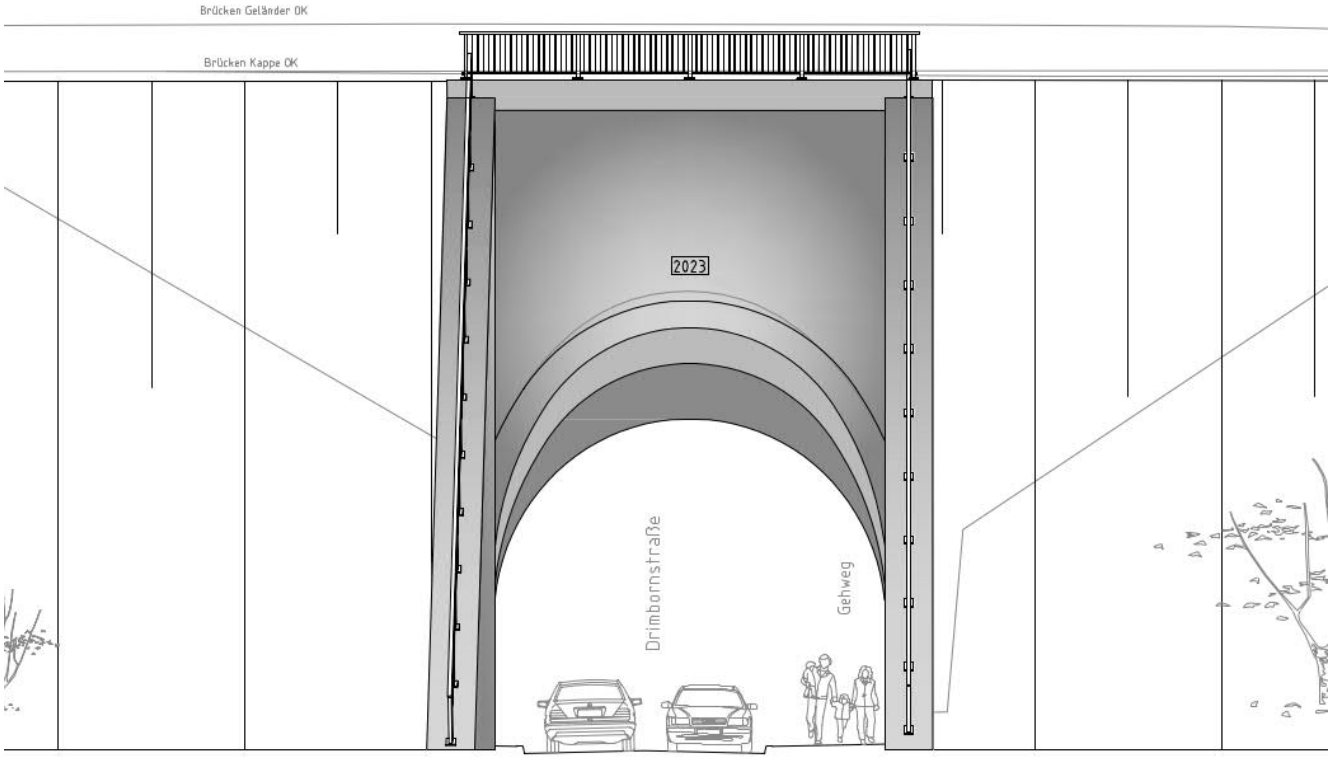
| | | |
|---|---|---|
| Strecke | 2600 | km 68,493 |
| Bauwerksnummer | 2600/68,493/1615 | Entwurfsplanung |

# Statische Berechnung im Rahmen der Entwurfsplanung Stützwand Süd




## EÜ Drimbornstraße in Aachen

# Inhalt

1 Vorbemerkungen ..... 5
1.1 Beschreibung des Tragwerks ..... 5
1.2 Quellen ..... 6
1.2.1 Technische Vorschriften ..... 6
1.2.2 Literatur ..... 6
1.2.3 Programme ..... 6
1.2.4 Gutachten/Aktenvermerke ..... 7
1.3 Geometrisches System ..... 7
1.4 Materialkennwerte ..... 7
1.4.1 Betonfestigkeitsklasse ..... 7
1.4.2 Eigenschaften der Baustoffe ..... 8
1.4.3 Betondeckung ..... 8
1.5 Baugrundverhältnisse ..... 10
1.5.1 Bodenarten und Schichtenfolge ..... 10
1.5.2 Baugrundaufbau gemäß Baugrundgutachten ..... 12
1.5.3 Grundwasser gemäß Baugrundgutachten ..... 12
1.5.4 Gründung ..... 12
2 Darstellung und Beschreibung des statischen Systems ..... 13
2.1.1 Kennwerte für die Bemessung ..... 14
2.1.2 Verankerung ..... 15
2.1.1 Statisches System ..... 16
3 Einwirkungen und Einwirkungskombination ..... 17
3.1 Ständige Einwirkungen ..... 17
3.1.1 Eigengewicht des Bauwerks ..... 17
3.1.2 Ständiger Erddruck ..... 17
3.2 Veränderliche Einwirkungen ..... 17
3.3 Außergewöhnliche Einwirkungen ..... 17
3.3.1 Ankerausfall ..... 17
3.3.2 Erdbebenbeanspruchung ..... 19
4 Nachweise am Gesamtsystem ..... 21
4.1 Teilsicherheitsbeiwerte ..... 21
4.2 Nachweise für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ..... 22
4.3 Nachweis für den Grenzzustand der Tragfähigkeit ..... 22
4.4 Benötigte Bewehrung ..... 23
4.4.1 Längsbewehrung ..... 23

4.4.2 Schubbewehrung ..... 23
5 EDV-Ausdrucke ..... 23

## Tabellen

Tabelle 1: Streckenparameter der Strecke 2600 ..... 5
Tabelle 2: Betoneigenschaften bewehrter Pfähle ..... 8
Tabelle 3: Betoneigenschaften Vorsatzschale ..... 8
Tabelle 4: Betonstahleigenschaften ..... 8
Tabelle 5: Betondeckung Pfähle ..... 8
Tabelle 5: Betondeckung Vorsatzschale ..... 9
Tabelle 6: Charakteristische Zahlenwerte ausgewählter geotechnischer Kenngrößen (IBES Baugrundgutachten) ..... 12
Tabelle 7: Kennwerte der Stützwand ..... 14
Tabelle 8: Bodenkennwerte ..... 14
Tabelle 9: Maße der Anker ..... 15
Tabelle 10: Details der Litzenanker ..... 16
Tabelle 11: Ankerkräfte ohne Ankerausfall ..... 18
Tabelle 12: Ersatzlasten des Ankerausfalls ..... 18
Tabelle 13:Teilsicherheitsbeiwerte ständige und vorübergehende Kombination ..... 21
Tabelle 14:Teilsicherheitsbeiwerte HYD und UPL ..... 21
Tabelle 15:Teilsicherheitsbeiwerte STR und GEO-2 ..... 21
Tabelle 16:Teilsicherheitsbeiwerte ständige und vorübergehende Kombination ..... 21
Tabelle 17:Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände von Bauteilen und Boden ..... 22
Tabelle 18: Max. Verformungen der Verbauten ..... 22
Tabelle 19: Ausnutzungsgrade μ für verschiedene Nachweise ..... 23

## Abbildungen

Abbildung 1: Draufsicht der Südeinfahrt mit Stützwänden ..... 7
Abbildung 2: Lageplan mit Erkundungspunkten ..... 10
Abbildung 3: Bohrkern BK1 ..... 11
Abbildung 4: Bohrkerne BK2 und BK3 ..... 11
Abbildung 5: Bohrpfahlwand – Schnitt GGU-RETAIN [m] ..... 13
Abbildung 6: Verankerung ..... 15
Abbildung 7: Details der Gurtungen ..... 16
Abbildung 8: Lastausbreitung gemäß Ril 836.2001 ..... 17

# 1 Vorbemerkungen

## 1.1 Beschreibung des Tragwerks

Die hier vorgelegten Standsicherheitsnachweise betreffen die quer zum Gleis verlaufende Stützwand der EÜ Drimbornstraße in Aachen, die die Strecken 2600, 2564 und 2560 über die Drimbornstraße überführt. Die betrachtete Stützwand befindet sich auf der Südseite der EÜ.

Grundlage der Berechnungen sind die Vorplanungspläne der DB Engineering & Consulting GmbH sowie die Baugrundgutachten von IBES vom 15.01.2016.

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind die Streckenparameter zusammengefasst:

| Strecke 2600 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Entwurfsgeschwindigkeit (Bahnstrecke) | $v_e$ | = | 160 | km/h |
| Überhöhung | u | = | 0 | mm |
| Radius | r | = | ∞ | m |
| Höhe der Schienenoberkante | H | = | 184,8 | mNN |
| Gleislängsneigung | I | = | ca. 2 | ‰ |

*Tabelle 1: Streckenparameter der Strecke 2600*

Zur Böschungssicherung des Bahndamms werden straßenparallel Stützwände benötigt. Diese Stützwände befinden sich auf der Südseite und bestehen aus rückverankerten Bohrpfahlwänden.

Die geplanten straßenparallelen Stützwände werden in der BS-P, BS-T und BS-A als rückverankerte Bohrpfahlwände bemessen und dienen der Bahndamm- und Böschungssicherung. Im Endzustand verbleiben die Anker im Bahndamm und haben eine tragende Wirkung.

Umgesetzt werden die Stützwände als rückverankerte Stahlbetonwände, die mittels Kopfplatte auf Pfählen tiefgegründet werden. Die Bemessung des Systems als rückverankerte Bohrpfahlwände ist gleichwertig und liegt auf der sicheren Seite.

Wenn andere Bodeneigenschaften als angenommen vorgefunden werden, ist der Aufsteller zu kontaktieren.

## 1.2 Quellen

### 1.2.1 Technische Vorschriften

| | |
|---|---|
| DIN EN 1990<br>DIN EN 1990/NA | Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung<br>und Nationaler Anhang |
| DIN EN 1991-1-1<br>DIN EN 1991-1-1/NA | Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke<br>Teil 1-1: Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau<br>und Nationaler Anhang |
| DIN EN 1991-1-5<br>DIN EN 1991-1-5/NA | Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke<br>Teil 1-5: Temperatureinwirkungen<br>und Nationaler Anhang |
| DIN EN 1991-1-7<br>DIN EN 1991-1-7/NA | Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke<br>Teil 1-7: Außergewöhnliche Einwirkungen<br>und Nationaler Anhang |
| DIN EN 1994-2<br>DIN EN 1994-2/NA | Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton<br>Teil 2: Allgemeine Bemessungs- und Anwendungsregeln für Brücken<br>und Nationaler Anhang |
| DIN EN 1997-1<br>DIN EN 1997-1/NA | Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik<br>Teil 1: Allgemeine Regeln<br>und Nationaler Anhang |
| DIN 1054 | Baugrund und Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau |
| DIN 4149 | Bauten in deutschen Erdbebengebieten<br>Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten |
| ZTV-ING | Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten |
| RiZ-ING | Richtzeichnungen für Ingenieurbauten |
| EAB | Empfehlung des Arbeitskreises Baugruben<br>5. Auflage |
| EA-Pfähle | Empfehlung des Arbeitskreises „Pfähle“<br>2. Auflage |

### 1.2.2 Literatur

Schneider Bautabellen, 20. Auflage, Werner-Verlag 2012

### 1.2.3 Programme

GGU-RETAIN Berechnung von Verbauwänden, Version 10.34 04.01 2021, Civilserve GmbH

### 1.2.4 Gutachten/Aktenvermerke

DB E&C GmbH: Vor- und Entwurfsplanung Unterlagen, Stand 05.02.2022

IBES Baugrundinstitut GmbH: Baugrund- und Gründungsgutachten IBES-Projekt-Nr. 13.090.1 vom 15.01.2016 + diverse Stellungnahmen

## 1.3 Geometrisches System

Die in dieser Statik betrachteten Stützwände verlaufen südlich der EÜ und parallel zur Straße, wie Abbildung 1 zu entnehmen ist:

Draufsicht

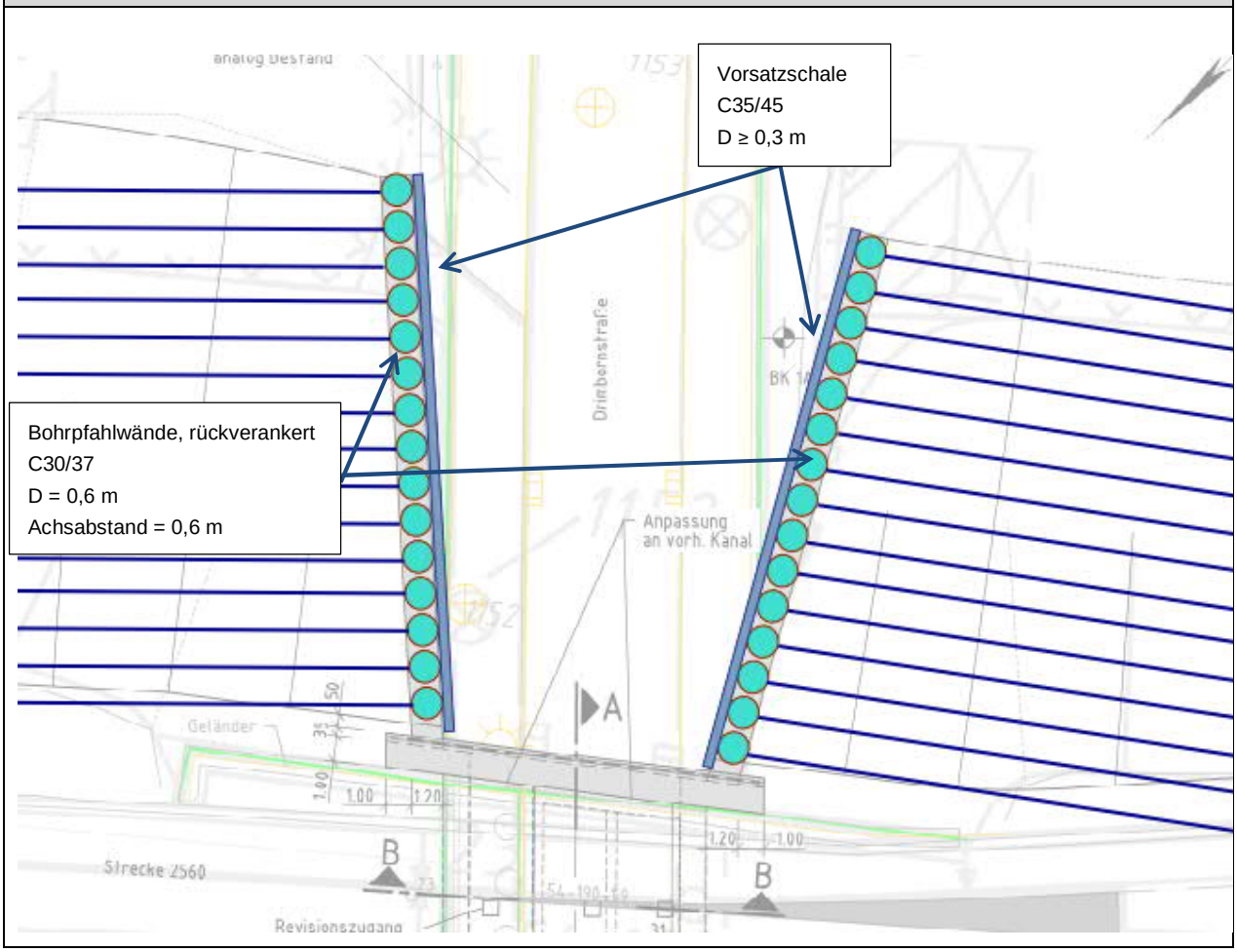



*Abbildung 1: Draufsicht der Südeinfahrt mit Stützwänden*

Die Abmessungen der Bauteile sind den Planunterlagen zu entnehmen.

## 1.4 Materialkennwerte

### 1.4.1 Betonfestigkeitsklasse

Die Wahl der Betonfestigkeitsklasse hängt von der Expositionsklasse ab. Nach Abschnitt 2(6) der Ril 804.4201 ist für Bauteile von Eisenbahnbrücken im Sprühnebel- und Spritzwasserbereich von Straßen, Rad- und Gehwegen, d.h. mit einem Abstand a < 10 m von der Fahrbahn als tausalzbeansprucht anzusehen. Für diese Bauteile gelten die Anforderungen der ZTV-ING Teil 3 Abschnitt 1 Kapitel 4. Wenn keine Tausalzbeanspruchung vorhanden ist, gilt DIN EN 1992-2.

Ohne Tausalzbeanspruchung ist i.d.R. eine Zuordnung in:

XC1 bis XC4 (Bewehrungskorrosion durch Karbonatisierung),

XF1, XF3 (Frostangriff ohne Taumittel),

XA1 bis XA3 (Betonkorrosion durch chem. Angriff).

### 1.4.2 Eigenschaften der Baustoffe

Für die bewehrten Pfähle wird die Betonfestigkeitsklasse C30/37 gewählt, siehe Tabelle 2:

| Beton | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Charakteristischer Wert der Druckfestigkeit | $f_{ck}$ | = | 30 | MN/m² |
| Elastizitätsmodul | $E_{cm}$ | = | 33.000 | MN/m² |
| Mittlere Zugfestigkeit | $f_{ctm}$ | = | 2,9 | MN/m² |
| Temperaturkoeffizient | $\alpha_T$ | = | $10 \cdot 10^{-6}$ | $K^{-1}$ |

*Tabelle 2: Betoneigenschaften bewehrter Pfähle*

Für die Vorsatzschale wird die Betonfestigkeitsklasse C35/34 gewählt, siehe Tabelle 3:

| Beton | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Charakteristischer Wert der Druckfestigkeit | $f_{ck}$ | = | 35 | MN/m² |
| Elastizitätsmodul | $E_{cm}$ | = | 34.000 | MN/m² |
| Mittlere Zugfestigkeit | $f_{ctm}$ | = | 3,2 | MN/m² |
| Temperaturkoeffizient | $\alpha_T$ | = | $10 \cdot 10^{-6}$ | $K^{-1}$ |

*Tabelle 3: Betoneigenschaften Vorsatzschale*

Die Eigenschaften des Betonstahls sind nachfolgender Tabelle 4 zu entnehmen.

| Betonstahl BSt 500S | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Charakteristischer Wert der Streckgrenze | $f_{yk}$ | = | 500 | MN/m² |
| Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit | $f_{tk,cal}$ | = | 525 | MN/m² |
| Elastizitätsmodul | $E$ | = | 200.000 | MN/m² |

*Tabelle 4: Betonstahleigenschaften*

### 1.4.3 Betondeckung

Für die Bohrpfähle gilt nach DIN 1536 die in Tabelle 5 aufgelistete Betondeckung:

| Expositionsklasse | Klasse | Beschreibung | Mindestmaß $c_{min}$ |
|---|---|---|---|
| Bewehrungskorrosion, durch Karbonatisierung | XC2 | Gründungsbauteile | 60 mm |

*Tabelle 5: Betondeckung Pfähle*

Maßgebende Betondeckung $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 60 + 15 = 75$ mm

Für die Vorsatzschale gilt nach DIN 1536 die in Tabelle 5 aufgelistete Betondeckung:

| Expositionsklasse | Klasse | Beschreibung | Mindestmaß $c_{min}$ |
|---|---|---|---|
| Bewehrungskorrosion, durch Chloride | XD3 | Bauteile im Spritzwasserbereich | 40 mm |

*Tabelle 6: Betondeckung Vorsatzschale*

Maßgebende Betondeckung $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 40 + 15 = 55$ mm

## 1.5 Baugrundverhältnisse

### 1.5.1 Bodenarten und Schichtenfolge

Der angenommene Baugrundaufbau für die statischen Berechnungen liegen die Ergebnisse der Baugrunderkundung von IBES zugrunde. Eine Übersicht der Lage der Bohrkerne ist Abbildung 2 zu entnehmen:

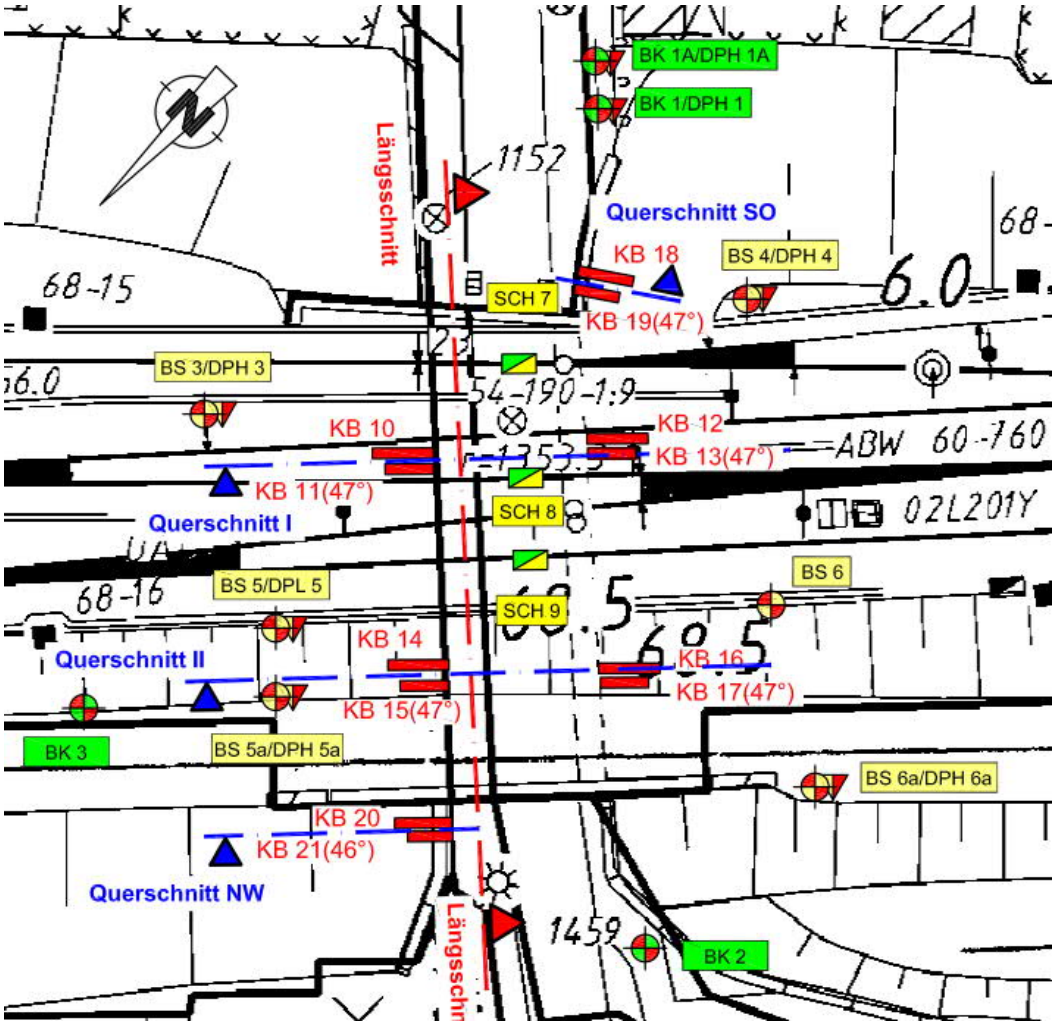



*Abbildung 2: Lageplan mit Erkundungspunkten*

In Abbildung 3 und Abbildung 4 werden die Ergebnisse der Bohrkerne BK1, BK2 und BK3 dargestellt, die für die Modellierung des Baugrunds verwendet werden.

### 1.5.1.1 Südseite

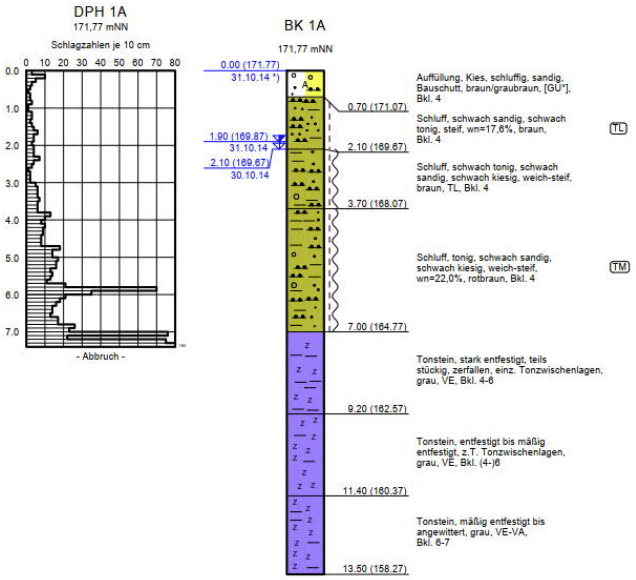



*Abbildung 3: Bohrkern BK1*

### 1.5.1.2 Nordseite

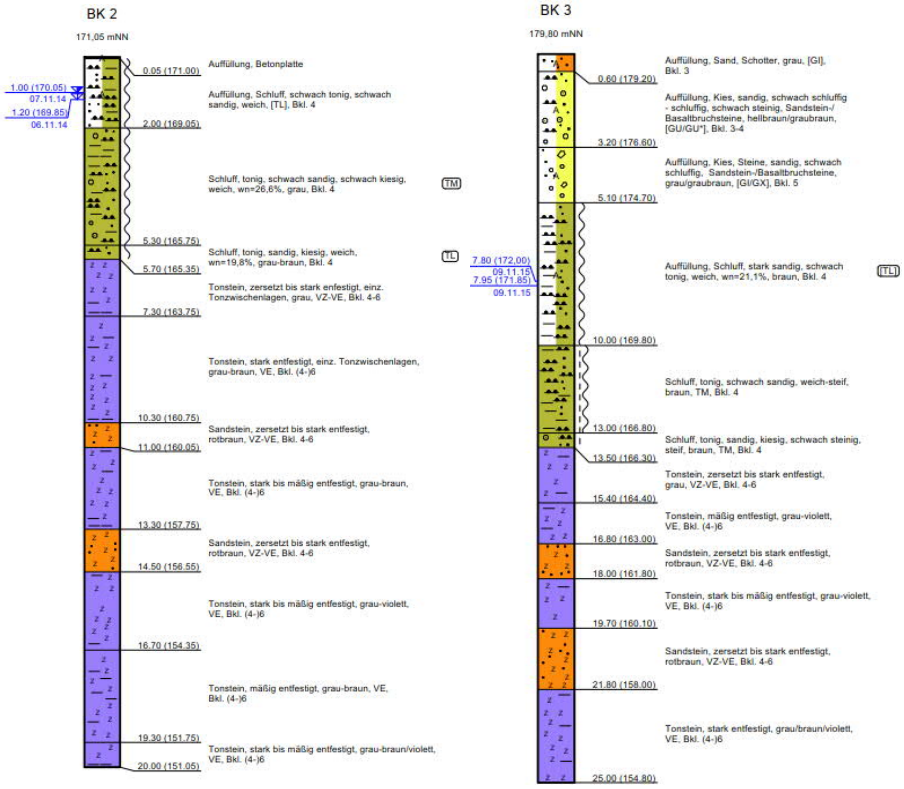



*Abbildung 4: Bohrkerne BK2 und BK3*

### 1.5.2 Baugrundaufbau gemäß Baugrundgutachten

In Tabelle 7 sind die charakteristischen Werte der geotechnischen Kenngrößen zusammengefasst:

| Schicht-komplex | Bodenart *) | Bodengruppe n. DIN 18196 | Konsistenz / Lagerungsdichte / Verwitterungsgrad | γ (γ') [kN/m³] | φk´ [°] | ck´ [kN/m²] | Es,k [MN/m²] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (1) | Kies, sandhaltig,z.T. schwach schluffig / Sand, kieshaltig, z.T. schw. schluffig | [GI], [GU], ([GX]) [SI], [SU] | locker mitteldicht | 18 (10) 19 (11) | 32,5 35,0 | 0 | 30 60 |
| | Kies, sandhaltig, (stark) schluffig / Sand, kieshaltig, (stark) schluffig | [GU*] [SU*] | locker mitteldicht | 19 (9) 20 (10) | 30,0 32,5 | 0 3 | 20 40 |
| | Schluff, ton-, sandhaltig | [TL] | weich steif | 19 (10) 20 (11) | 27,5 | 2 5 | 5 8 |
| | | [TM] | weich steif | 19 (10) 20 (11) | 25,0 | 2 7 | 5 8 |
| (2) | Schluff, ton-, sandhaltig | TL | weich steif | 19 (10) 20 (11) | 27,5 | 2 5 | 5 8 |
| | | TM | weich steif | 19 (10) 20 (11) | 25,0 | 2 7 | 5 8 |
| (3) | (verwitterter) Tonstein (Sandstein) | (VZ) | zersetzt | 21 (12) | 25,0 | 10-20 | 10 - 20 |
| | | (VE) | entfestigt | 22 (13) | | 20-40 | 20 - 50 |
| | | (VA) | angewittert | 24 (14) | 35,0 | 40-60 | 50 - 150 |

γ (γ´) Wichte (Wichte unter Auftrieb) — $c'_k$ charakteristischer Wert für die Kohäsion
$\varphi'_k$ charakteristischer Wert für den Reibungswinkel — $E_{s,k}$ charakteristischer Wert für die Steifeziffer
*) Nebenbestandteile, die bei der Vergabe der Kenngrößen unbedeutend sind, sind in dieser Spalte nicht mit aufgeführt.

*Tabelle 7: Charakteristische Zahlenwerte ausgewählter geotechnischer Kenngrößen (IBES Baugrundgutachten)*

### 1.5.3 Grundwasser gemäß Baugrundgutachten

Folgende Grundwasserstände werden den Berechnungen für die unterschiedlichen Bemessungssituationen zugrunde gesetzt:

- **$Wsp._{BS-P}$ = 170,5 mNN (= HGW)**
- **$Wsp._{BS-A}$ = 171,0 mNN (= HGW zuzügl. 0,5 m Sicherheitszuschlag)**
- **$Wsp._{BS-T}$ = 170,0 mNN (~ MHGW)**

### 1.5.4 Gründung

Die Stützwand wird tief gegründet und ist gemäß EA-Pfähle mindestens 2,5 m in ausreichend tragfähige Bodenschichten unterhalb ~ 165 mNN abzusetzen.

# 2 Darstellung und Beschreibung des statischen Systems

In dieser Statik sollen die südlichen Flügelwände der EÜ Drimbornstraße berechnet werden. Diese Stützwände dienen der Bahndamm- und Böschungssicherung und schließen über eine Fuge an das Gewölbeportal der EÜ an.

Die Stützwand wird rückverankert und besteht aus einer Bohrpfahlwand mit den Pfahl-Durchmessern 0,6 m, siehe Abbildung 5. Die Bohrpfahlwand wird tangierend hergestellt mit einem Pfahl-Achsabstand von 0,6 m. Straßenseitig wird eine Vorsatzschale eingebracht. Die Höhe der Bohrpfahlwand nimmt mit zunehmender Entfernung von der EÜ mit einer Steigung von 1:1,5 ab. Im Abschnitt der max. freien Höhe der Wand sind 3 Ankerreihen vorgesehen. Die Anzahl der Anker reduziert sich mit abnehmender Höhe der Wand. Die Wände sind je ca. 20 m lang.

In der außergewöhnlichen Bemessungssituation wird der Ankerausfall berücksichtigt. Da an der maßgebenden Stelle 3 Ankerreihen benötigt werden, sollen 3 Fälle unterschieden werden. Bei jedem Fall wird je eine der 3 Ankerreihen weggelassen und stattdessen die Hälfte der fehlenden Ankerkraft als Kraft angesetzt. Durch diese Ersatzlast soll dargestellt werden, dass nicht die gesamte Ankerreihe ausfällt.

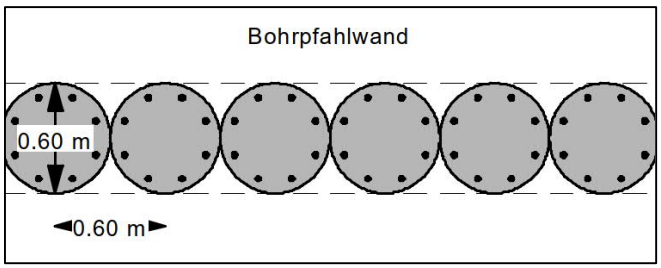



*Abbildung 5: Bohrpfahlwand – Schnitt GGU-RETAIN [m]*

Die Nachweise erfolgen mittels EDV-Berechnung (Programm: GGU-RETAIN).

### 2.1.1 Kennwerte für die Bemessung

Der Bemessung werden folgende Kennwerte zugrunde gelegt, siehe Tabelle 8:

| | |
|---|---|
| Konstruktionsart | Ortbeton |
| Material bewehrter Pfähle | C 30/37 |
| Material Vorsatzschale | C 35/45 |
| Gesamtbreite | ca. 20 m |
| Durchmesser | 0,6 m |
| Achsabstand | 0,6 m |
| Max. Stützwand-OK | 184 mNN |
| Straßen-OK | 171 mNN |
| Max. freie Höhe | 13 m |
| Einbindung BS-P | 17,2 m |
| Ankerabstand in hor. Richtung | 1,5 m |
| Ankerabstand in hor. Richtung bei Ankerausfall | 2,25 m |

*Tabelle 8: Kennwerte der Stützwand*

Die angenommenen Bodenkennwerte sind Tabelle 9 zu entnehmen:

| Schicht | Schicht-UK [mNN] | γ (γ') [kN/m³] | ϕ [°] | c [kN/m²] | Mantelreibung Anker $q_{s,k}$ $l_0$ = 6 m [MN/m²] | Mantelreibung BPW $q_{s,k}$ [MN/m²] | Spitzenwiderstand BPW $q_{b,k}$ [MN/m²] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Auffüllung | 171 | 19 (10) | 25 | 2 | 0,1 | 0,01 | 0 |
| Schluff | 165 | 19 (10) | 25 | 2 | 0,1 | 0,01 | 0 |
| Tonstein | 160 | 21 (12) | 25 | 10 | 0,26 | 0,08 | 1,2 |
| Tonstein | 150 | 22 (13) | 25 | 20 | 0,42 | 0,15 | 2,0 |

*Tabelle 9: Bodenkennwerte*

### 2.1.2 Verankerung

Die Lage der Verankerungen der Stützwand ist Abbildung 6 zu entnehmen.

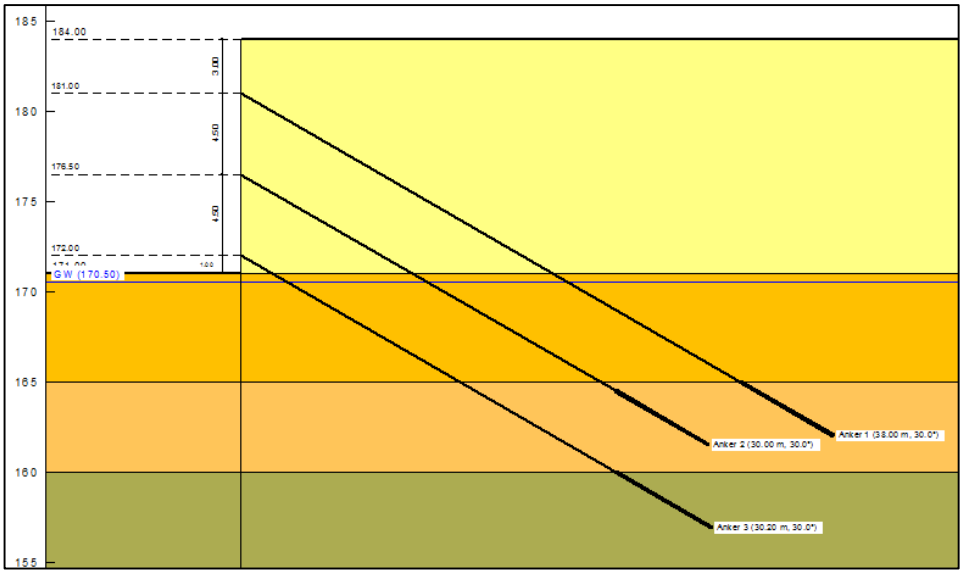



*Abbildung 6: Verankerung*

Die Kennwerte der 3 Anker sind Tabelle 10 zu entnehmen:

| Tiefe [mNN] | Neigung [°] | Länge bis Verpresskörper [m] | Verpresskörper-länge BS-T [m] | EA [kN] | Durchmesser [m] |
|---|---|---|---|---|---|
| 181 | 30 | 32 | 6,0 | $3{,}15 \cdot 10^5$ | 0,2 |
| 176,5 | 30 | 24 | 6,0 | $3{,}15 \cdot 10^5$ | 0,2 |
| 172 | 30 | 24 | 6,2 | $3{,}15 \cdot 10^5$ | 0,2 |

*Tabelle 10: Maße der Anker*

*Hinweise des IBES Baugrundinstituts:*

*Durch die geringe Tragfähigkeit des Bodens und die hohen Lasten in den Ankern, können die Verpresskörper folgendermaßen angepasst werden.*

1. *Es besteht die Möglichkeit Stufenanker zu wählen. Diese spezielle Form des Verpressankers wird speziell in weichen Böden oder in Böden mit wechselnden Schichten eingesetzt. Die Längen der Einzellitzen werden dabei gestaffelt ausgeführt. Die Krafteinleitung in den Boden erfolgt dabei nicht konzentriert, sondern wird über die Verankerungslänge aufgeteilt, wodurch eine gleichmäßigere Lasteintragung in den Untergrund und eine bessere Ausnutzung der verfügbaren Scherspannung des Bodens erreicht wird.*
2. *Abhilfe kann auch durch die Planung von Doppelankern (oder Dreifachankern) geschaffen werden, die so anzuordnen sind, dass sich die Verpresskörper nicht gegenseitig beeinflussen (Steuerung über horizontale/vertikale Ankerneigung).*

Die Details der Litzenanker sind Tabelle 11 zu entnehmen:

| | BS-P | BS-T | BS-A/E |
|---|---|---|---|
| Ankerstahl | St 1570/1770 | St 1570/1770 | St 1570/1770 |
| Durchmesser | 0,6“ | 0,6“ | 0,6“ |
| Querschnittsfläche | 140 mm² | 140 mm² | 140 mm² |
| Streckgrenze pro Litzen | 218 kN | 218 kN | 218 kN |
| Ankerreihe 1 | 5 Litzen | 5 Litzen | ≤ 5 Litzen |
| Ankerreihe 2 | 2 Litzen | 2 Litzen | ≤ 4 Litzen |
| Ankerreihe 3 | 8 Litzen | 6 Litzen | ≤ 6 Litzen |

*Tabelle 11: Details der Litzenanker*

Die Details der Gurtungen sind Tabelle 11 zu entnehmen:

| | BS-P | BS-T | BS-A/E |
|---|---|---|---|
| Stahlgüte | S335 | S335 | S335 |
| Streckgrenze $f_y$ | 335 N/mm² | 335 N/mm² | 335 N/mm² |
| $\sigma_r$ | 33,5 kN/cm² | 33,5 kN/cm² | 33,5 kN/cm² |
| $\tau_r$ | 19,34 kN/cm² | 19,34 kN/cm² | 19,34 kN/cm² |
| Ankerreihe 1 | UPE 300 | UPE 280 | ≤ UPE 280 |
| Ankerreihe 2 | UPE 160 | UPE 200 | ≤ UPE 260 |
| Ankerreihe 3 | UPE 400 | UPE 320 | ≤ UPE 320 |

*Abbildung 7: Details der Gurtungen*

### 2.1.1 Statisches System

Die Einbindetiefe der Bohrpfahlwand wird über eine volle Einspannung am Fuß bestimmt.

# 3 Einwirkungen und Einwirkungskombination

## 3.1 Ständige Einwirkungen

### 3.1.1 Eigengewicht des Bauwerks

Das Eigengewicht der Bohrpfahlwand wird programmintern ermittelt.

$\gamma_{StB}$ = 25 kN/m³

### 3.1.2 Ständiger Erddruck

Gemäß ZTV-ING, Abschnitt 2, 3.3.3 wird 50% des aktiven Erddrucks und 50% des Erdruhedrucks als ständig wirkend angesetzt. Die Erddrucklasten werden programmintern ermittelt.

## 3.2 Veränderliche Einwirkungen

Um die Belastungen aus den rechtwinklig zur Stützwand verlaufenden Gleisen zu berücksichtigen, wird gemäß Ril 836.2001 6(4) Bild 1 eine Lastausbreitung im Boden mit einem Winkel von 2:1 betrachtet.

**Bild 1 Ausbreitung der vertikalen Lasten (charakteristische Werte) Definitionen Druckbereich und Stützbereich**

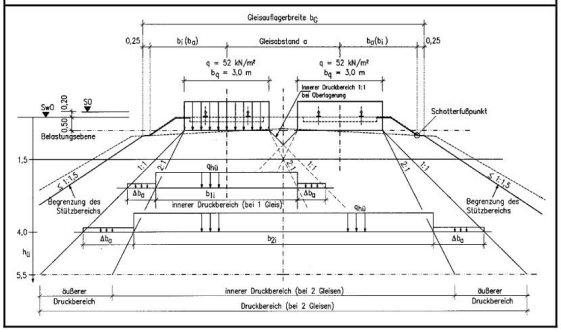



*Abbildung 8: Lastausbreitung gemäß Ril 836.2001*

| | |
|---|---|
| Lastausbreitung im Boden: | $\alpha$ = 60° |
| Ende der Lastausbreitung unter SwO: | h = 5,5 m |
| Entfernung rechtwinklig zur Gleisachse: | $a_{Max}$ = 1,5 m +5,5 m / tan(60°)<br>$a_{Max}$ =4,7 m |
| Entfernung der Stützwand zur Gleisachse: | $a_{StW}$ = 4,9 m |

Eine Belastung aus Eisenbahnverkehr wird für die Bemessung der Stützwand nicht berücksichtigt.

## 3.3 Außergewöhnliche Einwirkungen

### 3.3.1 Ankerausfall

Zur Berechnung der außergewöhnlichen Bemessungssituation soll der Ankerausfall untersucht werden. Dafür wird jeweils eine der 3 Ankerreihen vernachlässigt und stattdessen eine Ersatzlast aufgegeben. Dazu werden zuerst die Ankerkräfte der BS-T betrachtet, die vorherrschen, wenn kein Anker ausfällt, siehe Tabelle 12:

| Tiefe [mNN] | $N_{g,k}$ [kN] | $N_{q,k}$ [kN] | $N_k$ [kN] |
|---|---|---|---|
| 181 | 595,2 | 0,0 | 595,2 |
| 176,5 | 246,4 | 0,0 | 246,4 |
| 172 | 796,8 | 0,0 | 796,8 |

*Tabelle 12: Ankerkräfte ohne Ankerausfall*

Die Ersatzlasten ergeben sich aus der Hälfte der jeweiligen Ankerkraft, aufgeteilt in Vertikal- und Horizontalkomponente, siehe Tabelle 13:

| Ausfall in Reihe | Tiefe [mNN] | $H_{g,k}$ [kN] | $H_{q,k}$ [kN] | $V_{g,k}$ [kN] | $V_{q,k}$ [kN] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 181 | 257,7 | 0,0 | 148,8 | 0,0 |
| 2 | 176,5 | 106,7 | 0,0 | 61,6 | 0,0 |
| 3 | 172 | 345,0 | 0,0 | 199,2 | 0,0 |

*Tabelle 13: Ersatzlasten des Ankerausfalls*

## 3.3.2 Erdbebenbeanspruchung

### 3.3.2.1 Bemessungsgrundlagen

Der Nachweis der Erdbebenbeanspruchung für Stützwände für die Sicherung von Böschungen von Eisenbahnbrücken wird nach DIN 4149:2005-04 in Verbindung mit DIN EN 1998 (Eurocode 8) geführt. Gebiete, die nicht den Erdbebenzonen 1 bis 3 zugeordnet sind, werden als Gebiete geringer Seismizität eingestuft, so dass für Bauwerke in diesen Gebieten kein Erdbebennachweis erforderlich ist.

Laut Baugrund- und Gründungsgutachten ist gemäß DIN EN 1998-1/NA: 2011-01 das Bauvorhaben folgende Einteilung vorzunehmen:

- Erdbebenzone 2
- Geologische Untergrundklasse R
- Baugrundklasse B

Aufgrund dieser Einstufung müssten Einwirkungen aus dem Lastfall Erdbeben berücksichtigt werden. Diese könnte durch den Ansatz eines, um den Erdbebenanteil erhöhten Erddrucks erfolgen.

Referenz-Spitzenwert der Bodenbeschleunigung (DIN EN 1998-1/NA:2011-01):

Referenz-Bodenbeschleunigung: $a_{g,R} = 0{,}6$ m/s²

Bedeutungsbeiwert (DIN EN 1998-1/NA Tab. NA.6) $\gamma_1 = 1{,}0$ –

Bodenbeschleunigung (DIN EN 1998-1 3.2): $a_g = a_{g,R} \cdot \gamma_1 = 0{,}6 \cdot 1{,}0 = 0{,}6$ m/s²

Vertikale Bodenbeschleunigung (DIN EN 1998-1/NA 3.2.2.3(1)P):

$a_{vg} = 0{,}5 \cdot a_{gR} \cdot \gamma_1 =$
$a_{vg} = 0{,}5 \cdot 0{,}6 \cdot 1{,}0 = 0{,}3$ m/s²

Parameter des horizontalen elastischen Antwortspektrums (DIN EN 1998-2/NA, Tabelle NA.4):

Untergrundverhältnis B-R: $S = 1{,}25$ –

Parameter der Schwingdauer: $T_B = 0{,}05$ -

$T_C = 0{,}25$ -

$T_D = 2{,}0$ -

Erdbeschleunigung $g = 9{,}81$ m/s²

Beiwert für die Berechnung des horizontalen Erdbebenbeiwerts (DIN EN 1998-5 Tab. 7.):

$r = 1{,}0$ -

Wenn keine genaueren Untersuchungen vorliegen, müssen die horizontalen und vertikalen Erdbebenbeiwerte, die alle Massen betreffen, wie folgt angenommen werden (DIN EN 1998-5 7.3.2.2):

Horizontaler Erdbebenbeiwert: $k_h = a_g / g \cdot S / r =$
$k_h = 0{,}6 / 9{,}81 \cdot 1{,}25 / 1{,}0 = 0{,}076$ -

Verhältnis der vertikalen Bodenbeschleunigung: $a_{vg} / a_g = 0{,}3 / 0{,}6 = 0{,}5$ -

Vertikaler Erdbebenbeiwert: $k_v = k_h \cdot 0{,}33 = 0{,}025$ -

### 3.3.2.2 Berechnungsverfahren

Die Einwirkungen aus Erdbeben werden in GGU-RETAIN durch aktive Erddruckbeiwerte gemäß DIN EN 1998-5 (Eurocode 8) ermittelt.

# 4 Nachweise am Gesamtsystem

## 4.1 Teilsicherheitsbeiwerte

Die Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen werden der DIN EN 1990/NA, Tab. 1.2 und der DIN EN 1990/NA/A1:2012-08, Tab. NA.A2.1 entnommen und folgendermaßen festgelegt:

| γ | BS-P | | BS-T | | BS-A | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ungünstig | günstig | ungünstig | günstig | ungünstig | günstig |
| Ständige Einwirkungen | 1,35 | 1,0 | 1,35 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Veränderliche Einwirkungen | 1,5 | 0 | 1,5 | 0 | 1,0 | 0 |

*Tabelle 14:Teilsicherheitsbeiwerte ständige und vorübergehende Kombination*

Die Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen der Tabelle 15 und Tabelle 16 werden der DIN 1054:2010-12 Tabelle A.2.1 und A 2.2 entnommen.

| HYD und UPL Versagen durch hydraulischen Grundbruch und Aufschwimmen | γ | BS-P | BS-T | BS-A |
|---|---|---|---|---|
| Destabilisierende ständige Einwirkungen | $\gamma_{G,dst}$ | 1,05 | 1,05 | 1,00 |
| Stabilisierende ständige Einwirkungen | $\gamma_{G,stb}$ | 0,95 | 0,95 | 0,95 |
| Destabilisierende veränderliche Einwirkungen | $\gamma_{Q,dst}$ | 1,50 | 1,30 | 1,00 |
| Stabilisierende veränderliche Einwirkungen | $\gamma_{Q,stb}$ | 0 | 0 | 0 |

*Tabelle 15:Teilsicherheitsbeiwerte HYD und UPL*

| STR und GEO-2: Grenzzustand des Versagens von Bauwerken, Bauteilen und Baugrund | γ | BS-P | BS-T | BS-A |
|---|---|---|---|---|
| Beanspruchungen aus ständigen Einwirkungen, allgemein | $\gamma_G$ | 1,35 | 1,20 | 1,10 |
| Beanspruchungen aus günstigen ständigen Einwirkungen | $\gamma_{G,inf}$ | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Beanspruchungen aus ständigen Einwirkungen aus Erdruhedruck | $\gamma_{E0g}$ | 1,20 | 1,10 | 1,00 |
| Beanspruchungen aus ungünstigen veränderlichen Einwirkungen | $\gamma_Q$ | 1,50 | 1,30 | 1,00 |
| Beanspruchungen aus günstigen veränderlichen Einwirkungen | $\gamma_Q$ | 0 | 0 | 0 |

*Tabelle 16:Teilsicherheitsbeiwerte STR und GEO-2*

Die Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe werden der DIN EN 1992-2 entnommen und folgendermaßen festgelegt:

| γ | BS-P | BS-A | Erdbeben |
|---|---|---|---|
| Beton | 1,5 | 1,3 | 1,5 |
| Betonstahl | 1,15 | 1,0 | 1,15 |

*Tabelle 17:Teilsicherheitsbeiwerte ständige und vorübergehende Kombination*

Die Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände der Tabelle 18 von Bauteilen und Boden werden der 1054:2010-12 Tabelle A.2.3 entnommen und folgendermaßen festgelegt:

| STR und GEO-2 Grenzzustand des Versagens von Bauwerken, Bauteilen und Baugrund | γ | BS-P | BS-T | BS-A |
|---|---|---|---|---|
| Bodenwiderstände | | | | |
| Erdwiderstand und Grundbruchwiderstand | $\gamma_{R,e}$, $\gamma_{R,v}$ | 1,40 | 1,30 | 1,20 |
| Gleitwiderstand | $\gamma_{R,h}$ | 1,10 | 1,10 | 1,10 |
| Pfahlwiderstände aus statischen und dynamischen Pfahlprobebelastungen | | | | |
| Mantelreibung (Druck) | $\gamma_s$ | 1,10 | 1,10 | 1,10 |
| Gesamtwiderstand (Druck) | $\gamma_t$ | 1,10 | 1,10 | 1,10 |
| Mantelreibung (Zug) | $\gamma_{s,t}$ | 1,15 | 1,15 | 1,15 |
| Pfahlwiderstände aus statischen und dynamischen Pfahlprobebelastungen | | | | |
| Druckpfähle | $\gamma_b$ $\gamma_s$ $\gamma_t$ | 1,40 | 1,40 | 1,40 |
| Zugpfähle (nur in Ausnahmefällen) | $\gamma_{s,t}$ | 1,50 | 1,50 | 1,50 |

*Tabelle 18:Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände von Bauteilen und Boden*

## 4.2 Nachweise für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Die maximalen Verformungen sind kleiner als 20 mm sein, siehe Tabelle 19:

| Verformung [mm] | |
|---|---|
| BS-P | BS-T |
| 13,4 | 5,8 |

*Tabelle 19: Max. Verformungen der Verbauten*

Die angegebenen Verformungen beziehen sich auf den Schnitt der Wand mit max. Höhe und 3 Ankerreihen. Im Bereich mit weniger bzw. ohne Verankerung wird sich eine höhere Verformung einstellen.

## 4.3 Nachweis für den Grenzzustand der Tragfähigkeit

Die Bemessung erfolgt auf Grundlage des EC 7 (DIN EN 1997-1) in Kombination mit DIN 1054:2010-12 für die Bemessungssituationen BS-P, BS-T, BS-E und BS-A. Die Berechnung der rückverankerten Bohrpfahlwand erfolgte mit dem Programm GGU-RETAIN. Auf der sicheren Seite wird der erhöhte aktive Erddruck angesetzt.

Nachfolgender Tabelle 20 sind die Ausnutzungsgrade der geführten Nachweise für die BS-P und BS-T zu entnehmen:

| Nachweise | BS-P | BS-T |
|---|---|---|
| Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit | 0,97 | 0,85 |
| Nachweis Aufbruchsicherheit nach EB 99 | 0,23 | 0,20 |
| Nachweis Fußauflager | 1,0 | 1,0 |
| Nachweis gegen das Herausziehen von Verpressankern | ≤ 0,91 | ≤ 0,85 |
| Nachweis der Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge | ≤ 0,32 | ≤ 0,23 |
| Nachweis gegen Materialversagen von Verpressankern[1] | ≤ 0,93 | ≤ 0,93 |

*Tabelle 20: Ausnutzungsgrade $\mu$ für verschiedene Nachweise*

Die Ausnutzungsgrade der außergewöhnlichen Bemessungssituation sind nicht genauer aufgeführt und können dem Anhang entnommen werden.

## 4.4 Benötigte Bewehrung

### 4.4.1 Längsbewehrung

BS-P: $A_s = 40{,}5$ cm²

BS-T, BS-A/E: $A_s \leq 19{,}6$ cm²

### 4.4.2 Schubbewehrung

BS-P: $a_{s,b} = 8{,}9$ cm²/m

BS-T, BS-A/E: $a_{s,b} = 5{,}6$ cm²/m

# 5 EDV-Ausdrucke

Anlagen 1-6: GGU-RETAIN-Bemessungen

[1] Berechnet mit $A_{Ed}/A_{Rd}$, Werte aus GGU

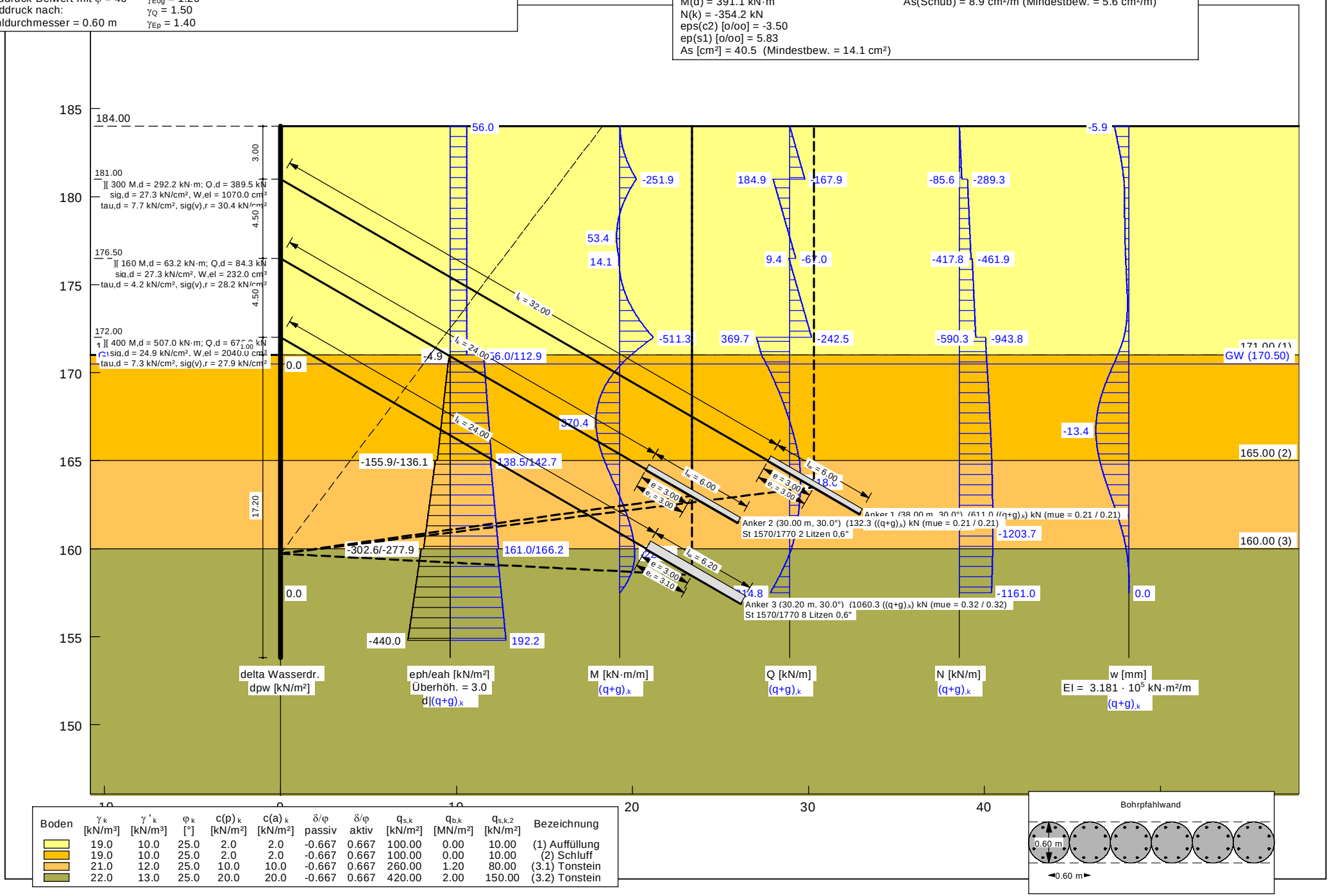
Bohrpfahlwand Süd
Norm: EC 7
Bohrpfahlwand
Anker- Steifenabstand = 1.50 m
Erddruckumlagerung in Rechteck
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
Erhöhter aktiver Erddruck (f = 0.50)
Ersatzerddruck-Beiwert mit φ = 40 °
Pass. Erddruck nach:
Bohrpfahldurchmesser = 0.60 m

Bohrpfahlabstand = 0.60 m
Einspanngrad = 1.000
Erf. Profillänge = 30.20 m
Erf. Einbindetiefe = 17.20 m
Verlängerung (Σ V) = 1.00 m
BS: DIN EN 1997-1: BS-P
$\gamma_G$ = 1.35
$\gamma_{E0g}$ = 1.20
$\gamma_Q$ = 1.50
$\gamma_{Ep}$ = 1.40

Anpassungsfaktor $E_p$ = 0.80
Ankerabstand a = 1.50 m
$f_{y,d}$ (Gurtung) = 33.50 kN/cm²
Gurtbemessung: Einzellast[M=(q·a)·a/4]
mob. Ep erfüllt / μ = 0.38
μ(Vert. Tragfähigkeit) = 0.97

Bemessung:
Nachweis Bohrpfahlwand
E = 3000.00 kN/cm²
I = 1060287.52 cm⁴/m
Bewehrung EC 2
Beton C 30/37
Stahl B500
M(d) = 391.1 kN·m
N(k) = -354.2 kN
eps(c2) [o/oo] = -3.50
ep(s1) [o/oo] = 5.83
As [cm²] = 40.5 (Mindestbew. = 14.1 cm²)

Pfahldurchmesser = 0.600 m
d1 = 0.0850 m
sig1(I) = 17.19 / sig2(I) = -19.70 MN/m²
Schubbewehrung:
Q(d) = VSd = 282.8 kN (bw = 0.561 m z = 0.319 m)
M(d) = 391.1 kN·m; N(k) = -354.2 kN
tauRd,max = 4.68 N/mm² (tauSd / tauRd,max = 0.3378)
As(Schub) = 8.9 cm²/m (Mindestbew. = 5.6 cm²/m)




| Boden | $\gamma_k$ [kN/m³] | $\gamma'_k$ [kN/m³] | $\varphi_k$ [°] | c(p)$_k$ [kN/m²] | c(a)$_k$ [kN/m²] | δ/φ passiv | δ/φ aktiv | $q_{s,k}$ [kN/m²] | $q_{b,k}$ [MN/m²] | $q_{s,k,2}$ [kN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 19.0 | 10.0 | 25.0 | 2.0 | 2.0 | -0.667 | 0.667 | 100.00 | 0.00 | 10.00 | (1) Auffüllung |
| | 19.0 | 10.0 | 25.0 | 2.0 | 2.0 | -0.667 | 0.667 | 100.00 | 0.00 | 10.00 | (2) Schluff |
| | 21.0 | 12.0 | 25.0 | 10.0 | 10.0 | -0.667 | 0.667 | 260.00 | 1.20 | 80.00 | (3.1) Tonstein |
| | 22.0 | 13.0 | 25.0 | 20.0 | 20.0 | -0.667 | 0.667 | 420.00 | 2.00 | 150.00 | (3.2) Tonstein |

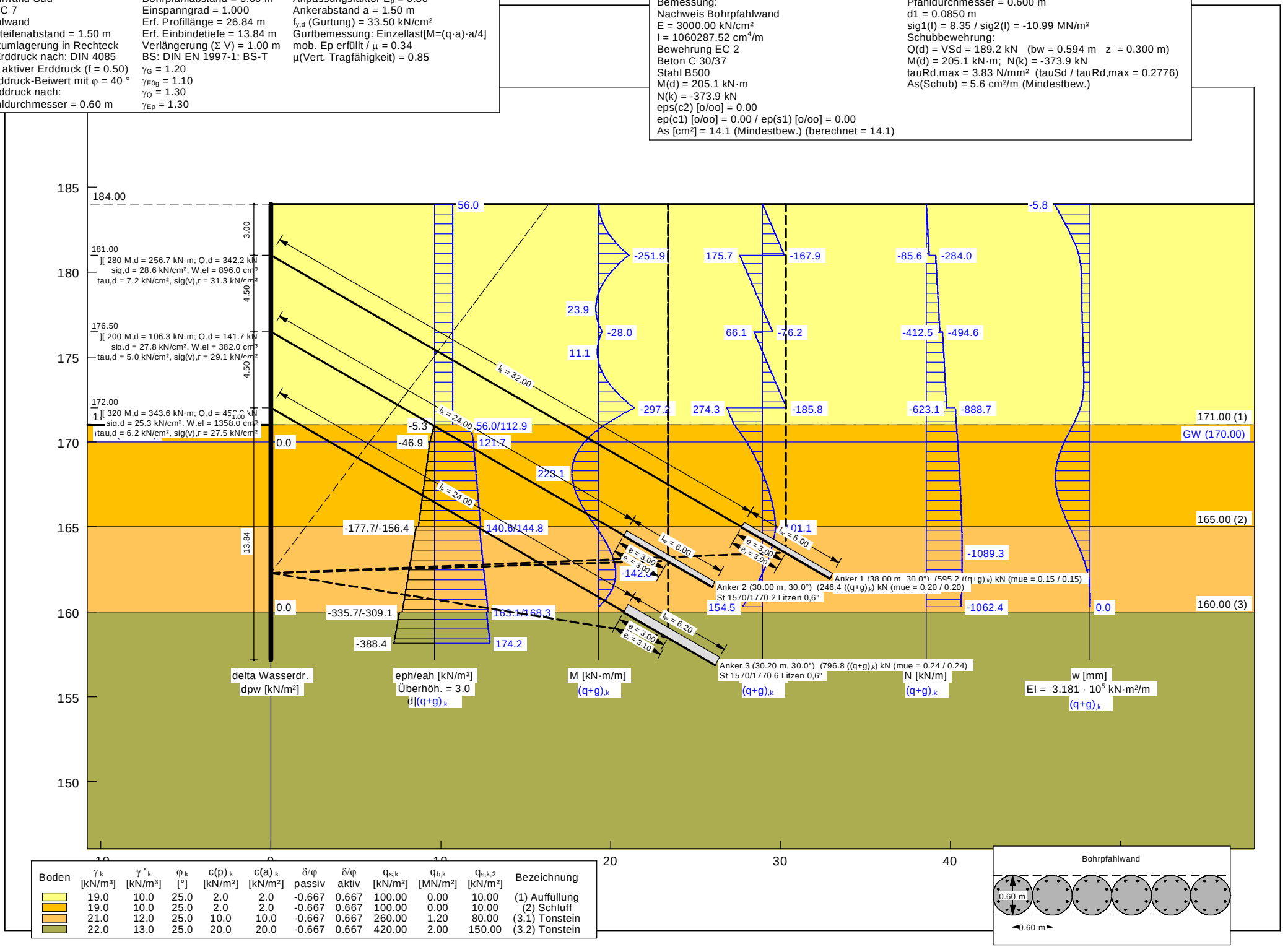
Bohrpfahlwand Süd
Norm: EC 7
Bohrpfahlwand
Anker- Steifenabstand = 1.50 m
Erddruckumlagerung in Rechteck
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
Erhöhter aktiver Erddruck (f = 0.50)
Ersatzerddruck-Beiwert mit φ = 40 °
Pass. Erddruck nach:
Bohrpfahldurchmesser = 0.60 m

Bohrpfahlabstand = 0.60 m
Einspanngrad = 1.000
Erf. Profillänge = 26.84 m
Erf. Einbindetiefe = 13.84 m
Verlängerung (Σ V) = 1.00 m
BS: DIN EN 1997-1: BS-T
$\gamma_G$ = 1.20
$\gamma_{E0g}$ = 1.10
$\gamma_Q$ = 1.30
$\gamma_{Ep}$ = 1.30

Anpassungsfaktor $E_p$ = 0.80
Ankerabstand a = 1.50 m
$f_{y,d}$ (Gurtung) = 33.50 kN/cm²
Gurtbemessung: Einzellast[M=(q·a)·a/4]
mob. Ep erfüllt / μ = 0.34
μ(Vert. Tragfähigkeit) = 0.85

Bemessung:
Nachweis Bohrpfahlwand
E = 3000.00 kN/cm²
I = 1060287.52 cm⁴/m
Bewehrung EC 2
Beton C 30/37
Stahl B500
M(d) = 205.1 kN·m
N(k) = -373.9 kN
eps(c2) [o/oo] = 0.00
ep(c1) [o/oo] = 0.00 / ep(s1) [o/oo] = 0.00
As [cm²] = 14.1 (Mindestbew.) (berechnet = 14.1)

Pfahldurchmesser = 0.600 m
d1 = 0.0850 m
sig1(l) = 8.35 / sig2(l) = -10.99 MN/m²
Schubbewehrung:
Q(d) = VSd = 189.2 kN (bw = 0.594 m z = 0.300 m)
M(d) = 205.1 kN·m; N(k) = -373.9 kN
tauRd,max = 3.83 N/mm² (tauSd / tauRd,max = 0.2776)
As(Schub) = 5.6 cm²/m (Mindestbew.)




| Boden | $\gamma_k$ [kN/m³] | $\gamma'_k$ [kN/m³] | $\varphi_k$ [°] | c(p)$_k$ [kN/m²] | c(a)$_k$ [kN/m²] | δ/φ passiv | δ/φ aktiv | $q_{s,k}$ [kN/m²] | $q_{b,k}$ [MN/m²] | $q_{s,k,2}$ [kN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 19.0 | 10.0 | 25.0 | 2.0 | 2.0 | -0.667 | 0.667 | 100.00 | 0.00 | 10.00 | (1) Auffüllung |
| | 19.0 | 10.0 | 25.0 | 2.0 | 2.0 | -0.667 | 0.667 | 100.00 | 0.00 | 10.00 | (2) Schluff |
| | 21.0 | 12.0 | 25.0 | 10.0 | 10.0 | -0.667 | 0.667 | 260.00 | 1.20 | 80.00 | (3.1) Tonstein |
| | 22.0 | 13.0 | 25.0 | 20.0 | 20.0 | -0.667 | 0.667 | 420.00 | 2.00 | 150.00 | (3.2) Tonstein |

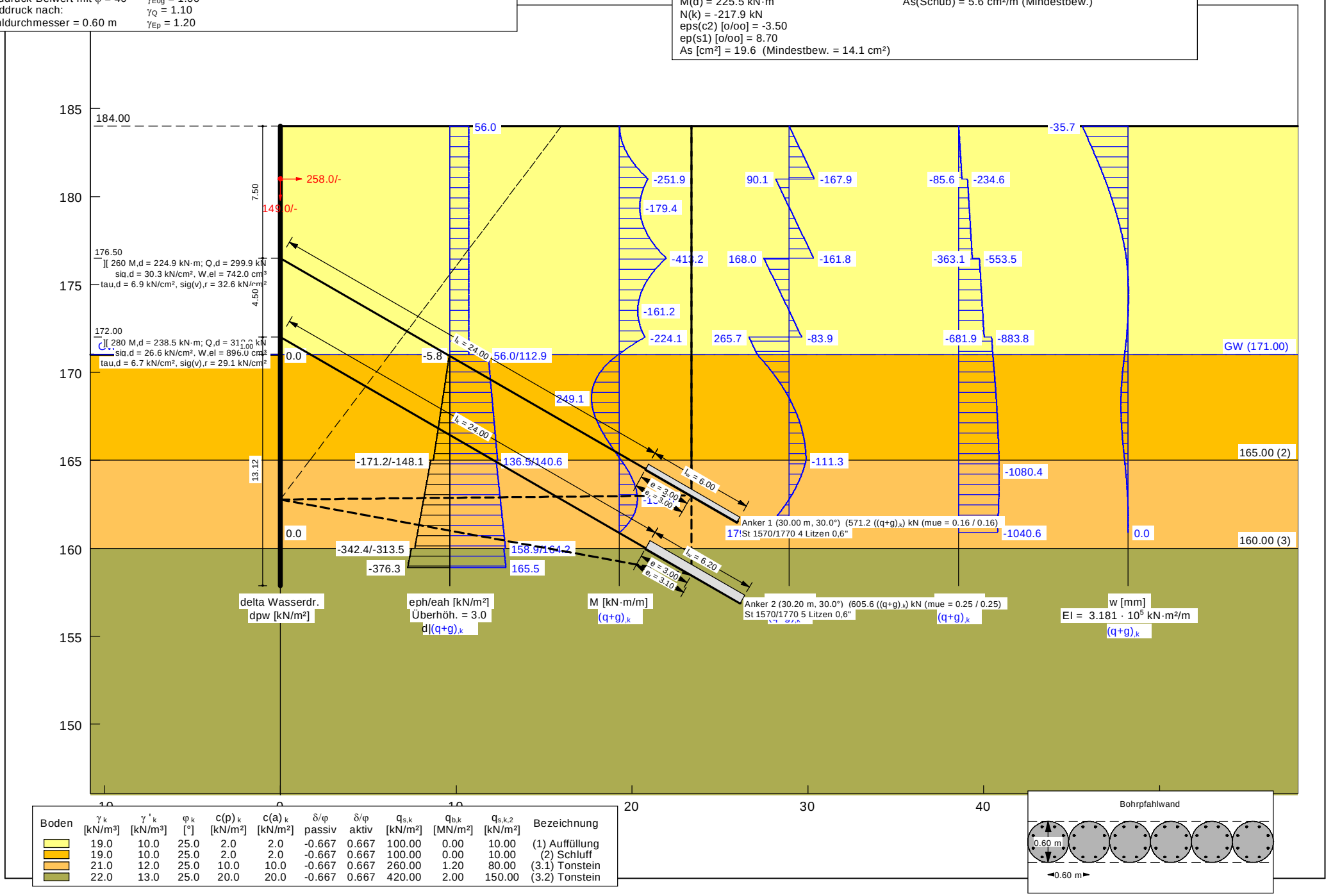
Bohrpfahlwand Süd
Norm: EC 7
Bohrpfahlwand
Anker- Steifenabstand = 1.50 m
Erddruckumlagerung in Rechteck
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
Erhöhter aktiver Erddruck (f = 0.50)
Ersatzerddruck-Beiwert mit φ = 40 °
Pass. Erddruck nach:
Bohrpfahldurchmesser = 0.60 m

Bohrpfahlabstand = 0.60 m
Einspanngrad = 1.000
Erf. Profillänge = 26.12 m
Erf. Einbindetiefe = 13.12 m
Verlängerung (Σ V) = 1.00 m
BS: DIN EN 1997-1: BS-A
$\gamma_G$ = 1.10
$\gamma_{E0g}$ = 1.00
$\gamma_Q$ = 1.10
$\gamma_{Ep}$ = 1.20

Anpassungsfaktor $E_p$ = 0.80
Ankerabstand a = 1.50 m
$f_{y,d}$ (Gurtung) = 33.50 kN/cm²
Gurtbemessung: Einzellast[M=(q·a)·a/4]
mob. Ep erfüllt / μ = 0.32
μ(Vert. Tragfähigkeit) = 0.78

Bemessung:
Nachweis Bohrpfahlwand
E = 3000.00 kN/cm²
I = 1060287.52 cm⁴/m
Bewehrung EC 2
Beton C 30/37
Stahl B500
M(d) = 225.5 kN·m
N(k) = -217.9 kN
eps(c2) [o/oo] = -3.50
ep(s1) [o/oo] = 8.70
As [cm²] = 19.6 (Mindestbew. = 14.1 cm²)

Pfahldurchmesser = 0.600 m
d1 = 0.0850 m
sig1(I) = 9.86 / sig2(I) = -11.40 MN/m²
Schubbewehrung:
Q(d) = VSd = 168.5 kN (bw = 0.594 m z = 0.300 m)
M(d) = 147.2 kN·m; N(k) = -409.2 kN
tauRd,max = 3.83 N/mm² (tauSd / tauRd,max = 0.2473)
As(Schub) = 5.6 cm²/m (Mindestbew.)




| Boden | γ k [kN/m³] | γ' k [kN/m³] | φ k [°] | c(p) k [kN/m²] | c(a) k [kN/m²] | δ/φ passiv | δ/φ aktiv | $q_{s,k}$ [kN/m²] | $q_{b,k}$ [MN/m²] | $q_{s,k,2}$ [kN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 19.0 | 10.0 | 25.0 | 2.0 | 2.0 | -0.667 | 0.667 | 100.00 | 0.00 | 10.00 | (1) Auffüllung |
| | 19.0 | 10.0 | 25.0 | 2.0 | 2.0 | -0.667 | 0.667 | 100.00 | 0.00 | 10.00 | (2) Schluff |
| | 21.0 | 12.0 | 25.0 | 10.0 | 10.0 | -0.667 | 0.667 | 260.00 | 1.20 | 80.00 | (3.1) Tonstein |
| | 22.0 | 13.0 | 25.0 | 20.0 | 20.0 | -0.667 | 0.667 | 420.00 | 2.00 | 150.00 | (3.2) Tonstein |

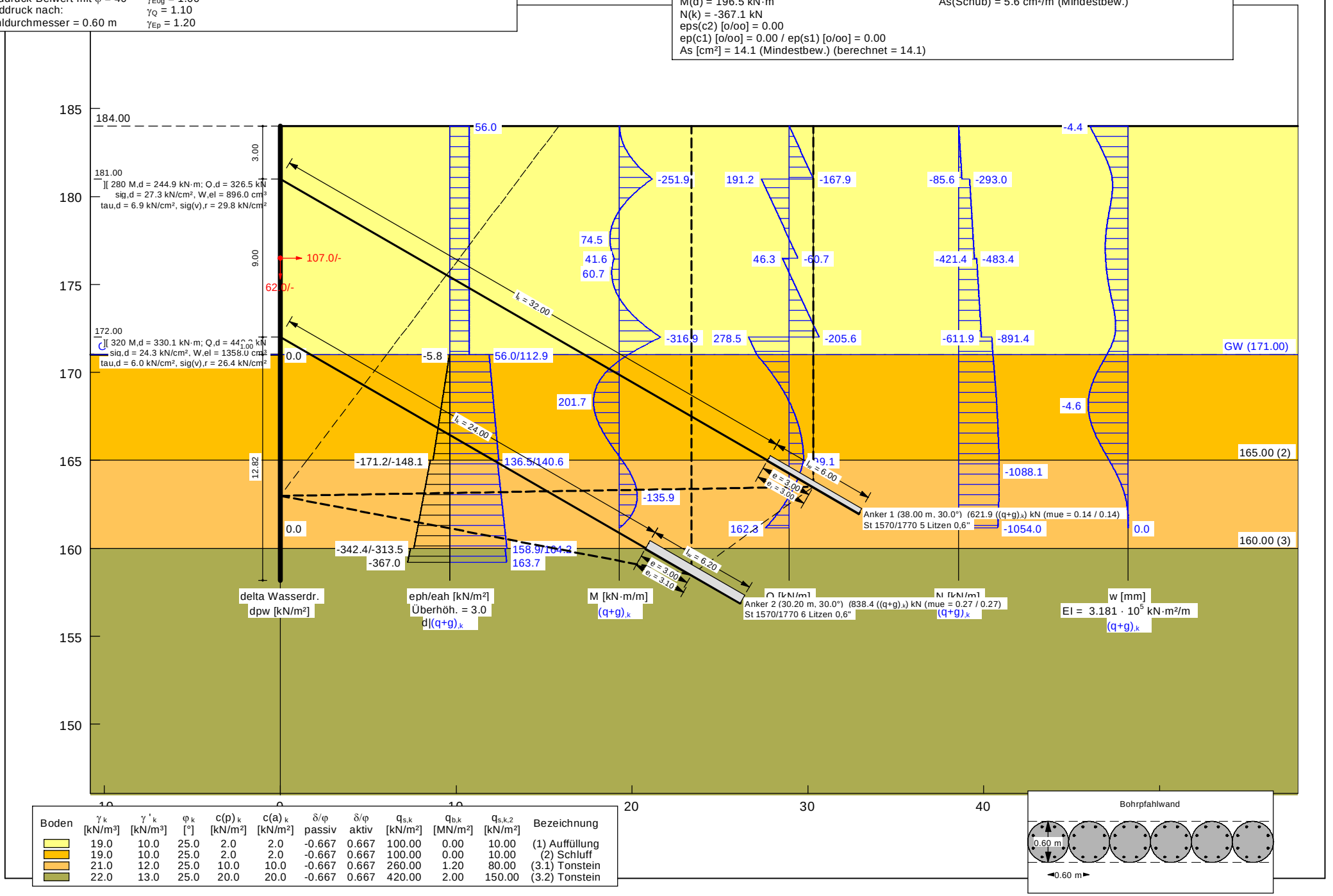
Bohrpfahlwand Süd
Norm: EC 7
Bohrpfahlwand
Anker- Steifenabstand = 1.50 m
Erddruckumlagerung in Rechteck
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
Erhöhter aktiver Erddruck (f = 0.50)
Ersatzerddruck-Beiwert mit φ = 40 °
Pass. Erddruck nach:
Bohrpfahldurchmesser = 0.60 m

Bohrpfahlabstand = 0.60 m
Einspanngrad = 1.000
Erf. Profillänge = 25.82 m
Erf. Einbindetiefe = 12.82 m
Verlängerung (Σ V) = 1.00 m
BS: DIN EN 1997-1: BS-A
$\gamma_G$ = 1.10
$\gamma_{E0g}$ = 1.00
$\gamma_Q$ = 1.10
$\gamma_{Ep}$ = 1.20

Anpassungsfaktor $E_p$ = 0.80
Ankerabstand a = 1.50 m
$f_{y,d}$ (Gurtung) = 33.50 kN/cm²
Gurtbemessung: Einzellast[M=(q·a)·a/4]
mob. Ep erfüllt / μ = 0.31
μ(Vert. Tragfähigkeit) = 0.80

Bemessung:
Nachweis Bohrpfahlwand
E = 3000.00 kN/cm²
I = 1060287.52 cm⁴/m
Bewehrung EC 2
Beton C 30/37
Stahl B500
M(d) = 196.5 kN·m
N(k) = -367.1 kN
eps(c2) [o/oo] = 0.00
ep(c1) [o/oo] = 0.00 / ep(s1) [o/oo] = 0.00
As [cm²] = 14.1 (Mindestbew.) (berechnet = 14.1)

Pfahldurchmesser = 0.600 m
d1 = 0.0850 m
sig1(l) = 7.97 / sig2(l) = -10.56 MN/m²
Schubbewehrung:
Q(d) = VSd = 174.8 kN (bw = 0.594 m z = 0.300 m)
M(d) = 196.5 kN·m; N(k) = -367.1 kN
tauRd,max = 3.83 N/mm² (tauSd / tauRd,max = 0.2565)
As(Schub) = 5.6 cm²/m (Mindestbew.)




| Boden | $\gamma_k$ [kN/m³] | $\gamma'_k$ [kN/m³] | $\varphi_k$ [°] | c(p)$_k$ [kN/m²] | c(a)$_k$ [kN/m²] | δ/φ passiv | δ/φ aktiv | $q_{s,k}$ [kN/m²] | $q_{b,k}$ [MN/m²] | $q_{s,k,2}$ [kN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 19.0 | 10.0 | 25.0 | 2.0 | 2.0 | -0.667 | 0.667 | 100.00 | 0.00 | 10.00 | (1) Auffüllung |
| | 19.0 | 10.0 | 25.0 | 2.0 | 2.0 | -0.667 | 0.667 | 100.00 | 0.00 | 10.00 | (2) Schluff |
| | 21.0 | 12.0 | 25.0 | 10.0 | 10.0 | -0.667 | 0.667 | 260.00 | 1.20 | 80.00 | (3.1) Tonstein |
| | 22.0 | 13.0 | 25.0 | 20.0 | 20.0 | -0.667 | 0.667 | 420.00 | 2.00 | 150.00 | (3.2) Tonstein |

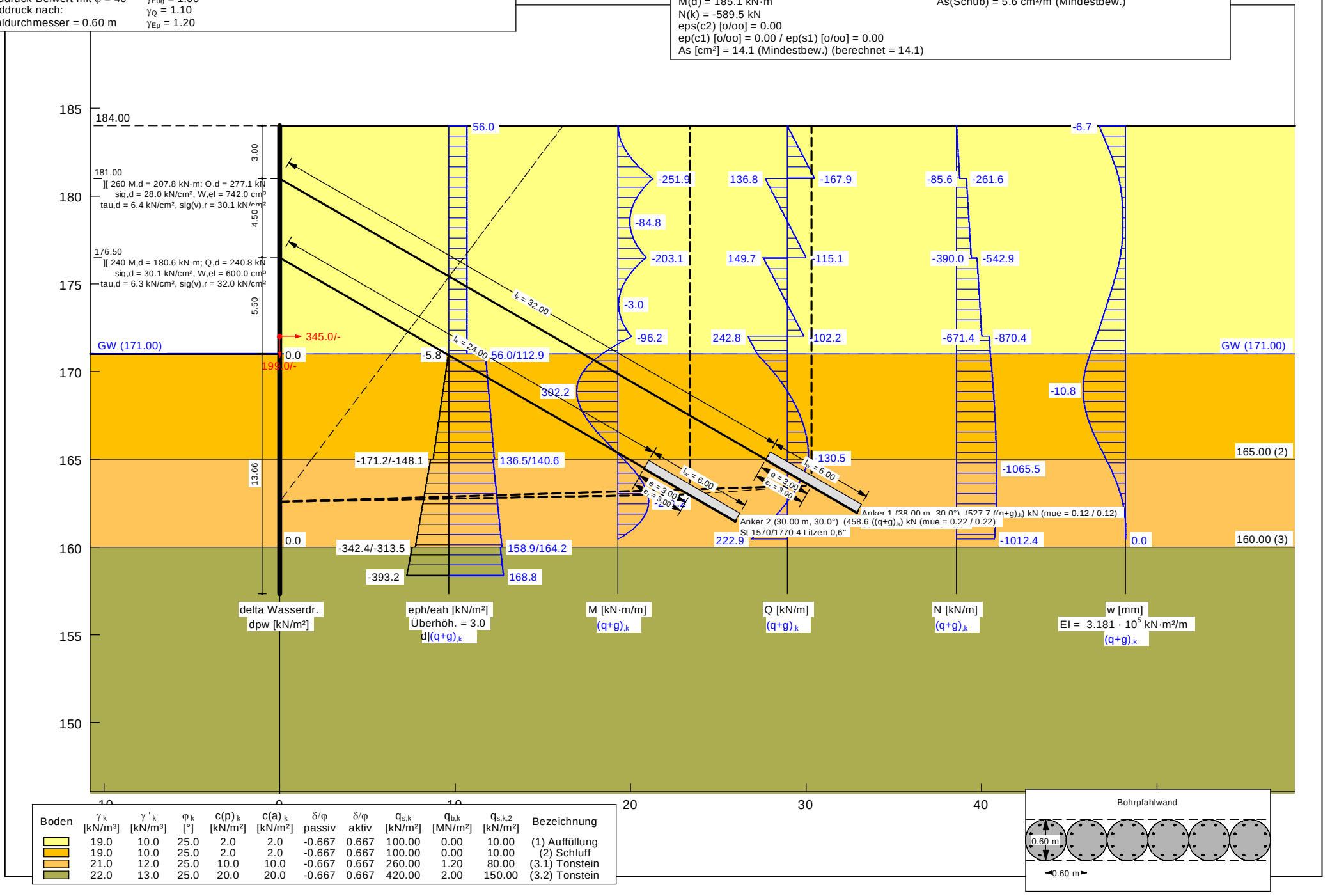
Bohrpfahlwand Süd
Norm: EC 7
Bohrpfahlwand
Anker- Steifenabstand = 1.50 m
Erddruckumlagerung in Rechteck
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
Erhöhter aktiver Erddruck (f = 0.50)
Ersatzerddruck-Beiwert mit φ = 40 °
Pass. Erddruck nach:
Bohrpfahldurchmesser = 0.60 m

Bohrpfahlabstand = 0.60 m
Einspanngrad = 1.000
Erf. Profillänge = 26.66 m
Erf. Einbindetiefe = 13.66 m
Verlängerung (Σ V) = 1.00 m
BS: DIN EN 1997-1: BS-A
$\gamma_G$ = 1.10
$\gamma_{E0g}$ = 1.00
$\gamma_Q$ = 1.10
$\gamma_{Ep}$ = 1.20

Anpassungsfaktor $E_p$ = 0.80
Ankerabstand a = 1.50 m
$f_{y,d}$ (Gurtung) = 33.50 kN/cm²
Gurtbemessung: Einzellast[M=(q·a)·a/4]
mob. Ep erfüllt / μ = 0.35
μ(Vert. Tragfähigkeit) = 0.75

Bemessung:
Nachweis Bohrpfahlwand
E = 3000.00 kN/cm²
I = 1060287.52 cm⁴/m
Bewehrung EC 2
Beton C 30/37
Stahl B500
M(d) = 185.1 kN·m
N(k) = -589.5 kN
eps(c2) [o/oo] = 0.00
ep(c1) [o/oo] = 0.00 / ep(s1) [o/oo] = 0.00
As [cm²] = 14.1 (Mindestbew.) (berechnet = 14.1)

Pfahldurchmesser = 0.600 m
d1 = 0.0850 m
sig1(l) = 6.64 / sig2(l) = -10.81 MN/m²
Schubbewehrung:
Q(d) = VSd = 156.6 kN (bw = 0.594 m z = 0.300 m)
M(d) = 77.2 kN·m; N(k) = -402.8 kN
tauRd,max = 3.83 N/mm² (tauSd / tauRd,max = 0.2298)
As(Schub) = 5.6 cm²/m (Mindestbew.)




| Boden | $\gamma_k$ [kN/m³] | $\gamma'_k$ [kN/m³] | $\varphi_k$ [°] | c(p)$_k$ [kN/m²] | c(a)$_k$ [kN/m²] | δ/φ passiv | δ/φ aktiv | $q_{s,k}$ [kN/m²] | $q_{b,k}$ [MN/m²] | $q_{s,k,2}$ [kN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 19.0 | 10.0 | 25.0 | 2.0 | 2.0 | -0.667 | 0.667 | 100.00 | 0.00 | 10.00 | (1) Auffüllung |
| | 19.0 | 10.0 | 25.0 | 2.0 | 2.0 | -0.667 | 0.667 | 100.00 | 0.00 | 10.00 | (2) Schluff |
| | 21.0 | 12.0 | 25.0 | 10.0 | 10.0 | -0.667 | 0.667 | 260.00 | 1.20 | 80.00 | (3.1) Tonstein |
| | 22.0 | 13.0 | 25.0 | 20.0 | 20.0 | -0.667 | 0.667 | 420.00 | 2.00 | 150.00 | (3.2) Tonstein |

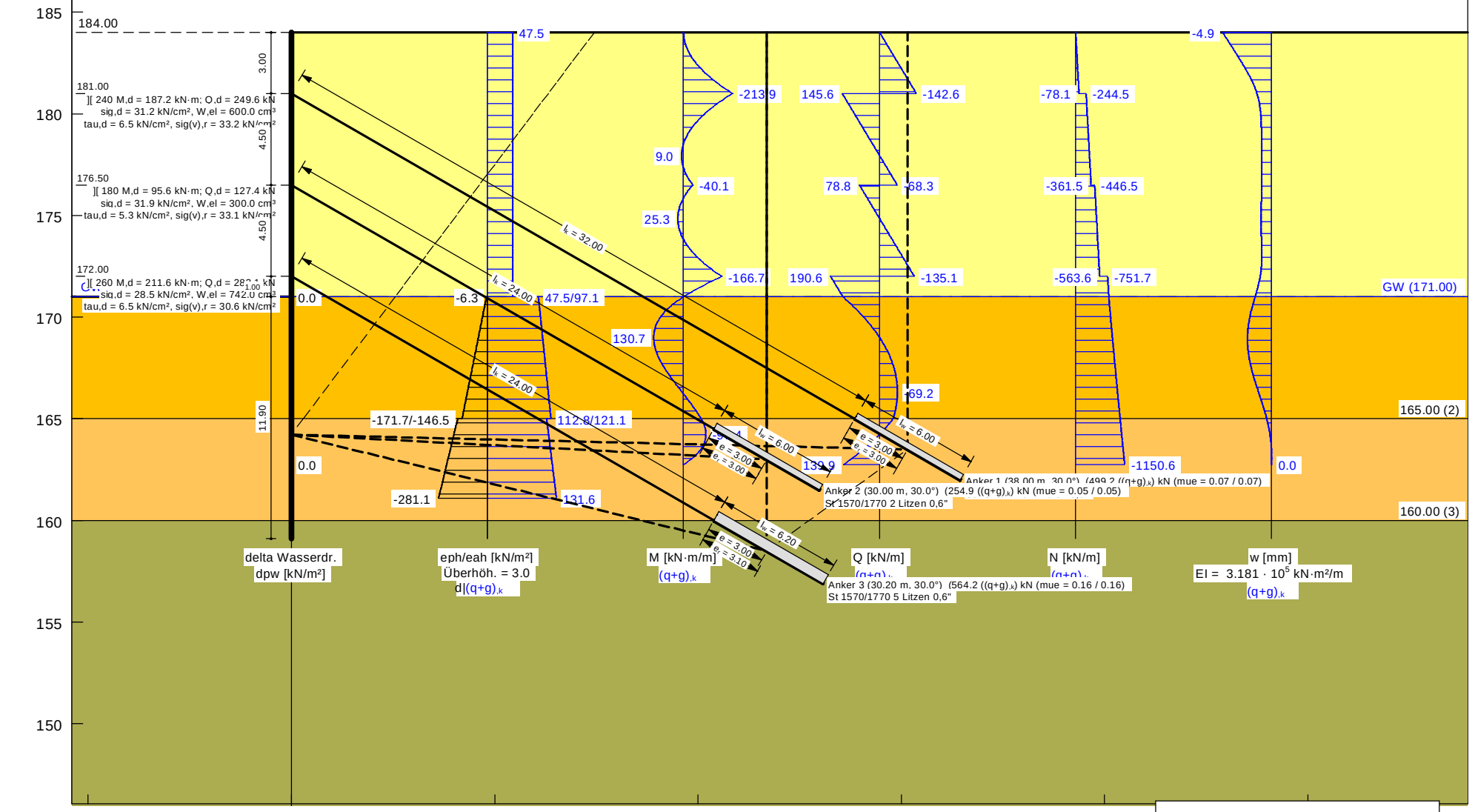
Bohrpfahlwand Süd
Norm: EC 7
Bohrpfahlwand
Anker- Steifenabstand = 1.50 m
Erddruckumlagerung in Rechteck
Berücksichtigung Erdbeben nach EC 8
Erdbeben mit $k_h$ = 0.076
Erdbeben mit $k_v$ = 0.025
Aktiver Erddruck nach: EC 8
Ersatzerddruck-Beiwert mit φ = 40 °

Pass. Erddruck nach:
Bohrpfahldurchmesser = 0.60 m
Bohrpfahlabstand = 0.60 m
Einspanngrad = 1.000
Erf. Profillänge = 24.90 m
Erf. Einbindetiefe = 11.90 m
Verlängerung (Σ V) = 2.00 m
BS: DIN EN 1997-1: BS-E
$\gamma_G$ = 1.00
$\gamma_Q$ = 1.00

$\gamma_{Ep}$ = 1.00
Ankerabstand a = 1.50 m
$f_{y,d}$ (Gurtung) = 33.50 kN/cm²
Gurtbemessung: Einzellast[M=(q·a)·a/4]
mob. Ep erfüllt / μ = 0.00
μ(Vert. Tragfähigkeit) = 0.89

Bemessung:
Nachweis Bohrpfahlwand
E = 3000.00 kN/cm²
I = 1060287.52 cm⁴/m
Bewehrung EC 2
Beton C 30/37
Stahl B500
M(d) = 128.4 kN·m
N(k) = -46.8 kN
eps(c2) [o/oo] = 0.00
ep(c1) [o/oo] = 0.00 / ep(s1) [o/oo] = 0.00
As [cm²] = 14.1 (Mindestbew.) (berechnet = 14.1)

Pfahldurchmesser = 0.600 m
d1 = 0.0850 m
sig1(l) = 5.89 / sig2(l) = -6.22 MN/m²
Schubbewehrung:
Q(d) = VSd = 114.4 kN (bw = 0.594 m z = 0.300 m)
M(d) = 100.0 kN·m; N(k) = -338.2 kN
tauRd,max = 3.83 N/mm² (tauSd / tauRd,max = 0.1678)
As(Schub) = 5.6 cm²/m (Mindestbew.)




| Boden | $\gamma_k$ [kN/m³] | $\gamma'_k$ [kN/m³] | $\varphi_k$ [°] | c(p)$_k$ [kN/m²] | c(a)$_k$ [kN/m²] | δ/φ passiv | δ/φ aktiv | $q_{s,k}$ [kN/m²] | $q_{b,k}$ [MN/m²] | $q_{s,k,2}$ [kN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 19.0 | 10.0 | 25.0 | 2.0 | 2.0 | 0.000 | 0.667 | 100.00 | 0.00 | 10.00 | (1) Auffüllung |
| | 19.0 | 10.0 | 25.0 | 2.0 | 2.0 | 0.000 | 0.667 | 100.00 | 0.00 | 10.00 | (2) Schluff |
| | 21.0 | 12.0 | 25.0 | 10.0 | 10.0 | 0.000 | 0.667 | 260.00 | 1.20 | 80.00 | (3.1) Tonstein |
| | 22.0 | 13.0 | 25.0 | 20.0 | 20.0 | 0.000 | 0.667 | 420.00 | 2.00 | 150.00 | (3.2) Tonstein |

