

INGENIEURGRUPPE PTM

Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH
Beratende Ingenieure



Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Bericht Nr. 23 - 17990.5

Projekt:
**Erweiterungsbau der
Feuerwache Süd,
Hamburger Straße 2
in 25337 Elmshorn**

Auftraggeber:
**STADT ELMSHORN
Der Oberbürgermeister
Gebäudemanagement
Schulstraße 15 - 17
25335 Elmshorn**

Auftrag:
Bemessung eines Baugrubenverbau

erteilt am:
**04. Juli 2023 (Hauptauftrag)
15. August 2023 (1. Nachtragsangebot)
05. Mai 2025 (2. Nachtragsangebot)**

vom:
17. November 2025

STANDORT TOSTEDT

Elsterbogen 18
21255 Tostedt
+49 4182 28770
tostedt@dr-beusse.de

STANDORT HAMBURG

Wilkenweg 6
21149 Hamburg
+49 40 70382356
hamburg@dr-beusse.de

STANDORT BREMEN

Opitzstraße 17
28755 Bremen
+49 421 89813724
bremen@dr-beusse.de

GESCHÄFTSFÜHRENDER GESELLSCHAFTER

Dipl.-Geol. Jens Schmitz
AG Tostedt | HRB 4060
Finanzamt Buchholz i.d.N.
USt-Id. Nr. DE 180 892 056

BANKVERBINDUNG

Kreissparkasse Stade
DE87 2415 1116 0000 4204 22
NOLADE21STK

MITGLIEDSCHAFTEN

DGGT
BWK
DWA
VSVI
IK Niedersachsen

INGENIEURGRUPPE PTM

 Arnsberg
 Bautzen
 Bremen
 Danzig
 Dortmund
 Hamburg
 Jena
 Riga
 Stade
 Tostedt



Vorrangegangene Berichte:

23 - 17990.1	23. September 2023	Geotechnischer Bericht
23 - 17990.3	29. August 2025	Bemessung eines Baugrubenverbaus

I Inhaltsverzeichnis

	Seite
II Tabellenverzeichnis	2
III Anlagenverzeichnis	3
1 Auftrag und Vorgang	4
2 Bearbeitungsunterlagen	5
3 Örtliche Situation und Baugrube	8
4 Baugrundmodell	9
4.1 Baugrundverhältnisse und Bemessungsprofil	9
4.2 Wasser	10
4.3 Charakteristische Bodenkennwerte	11
5 Baugrubensicherung	13
5.1 System und Lastannahmen	13
5.2 Berechnungsergebnisse	16
6 Hinweise zur Bauausführung	20

II Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 4-1: Bodenkennwerte (charakteristische Werte)	11
Tabelle 4-2: Bodenmechanische Ansätze für einen Baugrubenverbau (Trägerbohlwand)	12
Tabelle 5-1: Anzusetzende Lasten im Betriebszustand	14
Tabelle 5-2: Berechnungsergebnisse (BS-T)	17



III Abbildungsverzeichnis

Abbildung 5-1: Ersatzlast gem. EAB

Seite
15

IV Anlagenverzeichnis

- | | | |
|---|---------|---|
| 1 | 1 Blatt | Lageplan |
| 2 | 2 Blatt | Säulendiagramme der abgeteuften Kleinbohrungen (BS) und der schweren Rammsondierungen (DPH) |
| 3 | 3 Blatt | Bemessung eines Trägerbohlwandverbaus (BS-T) |



1 Auftrag und Vorgang

Das Amt für Gebäudemanagement der Stadt Elmshorn beabsichtigt den Umbau und die Erweiterung der Feuerwache Süd in 25337 Elmshorn. Die Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH, Elsterbogen 18, 21255 Tostedt, wurde für die Realisierung dieses Projektes erstmalig am 07. Juli 2023 durch die Stadt Elmshorn, vertreten durch Frau Vietheer, mit der Durchführung von Baugrunduntersuchungen und der Erarbeitung eines Geotechnischen Berichtes beauftragt. Die Ergebnisse wurden der Auftraggeberin am 26. September 2023 unter der Berichtsnummer 23 - 17990 übergeben.

Das neue Hauptgebäude der Feuerwache soll teilunterkellert ausgeführt werden. Aufgrund der vorherrschenden Platzverhältnisse und der Bestandsbebauung soll die Baugrube mit einem Verbau gesichert werden. Für eine Vorbemessung eines geeigneten Baugrubenverbaus erhielt das aufstellende Büro am 05. Mai 2025 durch die Stadt Elmshorn, vertreten durch Herrn Köhler, den ergänzenden Auftrag. In dem Bericht 23 - 17990.3 vom 29. August 2025 sind die durchgeführten statischen Nachweise enthalten.

Zudem wird für das Bauvorhaben eine Wasserhaltung erforderlich. Vorbereitend wurde hierfür eine Grundwassermessstelle eingerichtet und eine Wasserprobe zur chemischen Analyse entnommen. Die Bemessung sowie der Antrag auf eine Wasserrechtliche Erlaubnis zur Gewässerbenutzung nach dem WHG wird durch das aufstellende Büro ausgearbeitet und alsbald unter der Berichtsnummer 23 - 17990.6 übergeben.

Der nachfolgende Bericht 23 - 17990.5 wird weiterführend angepasste Berechnungen des Baugrubenverbaus an den aktuellen Planungsstand u.a. unter Berücksichtigung einer Kranaufstellfläche darstellen, sowie die Ergebnisse bewerten, und berücksichtigt die maßgebenden Inhalte der oben genannten, vorangegangenen Berichte.



2 Bearbeitungsunterlagen

Zur Bearbeitung standen u.a. folgende Unterlagen zur Verfügung:

- a) Geotechnischer Bericht Nr. 23 - 17990 vom 26. September 2023, Unterlage des aufstellenden Büros
- b) Bemessung eines Baugrubenverbau, Bericht Nr. 23 - 17990.3 vom 29. August 2025, Unterlage des aufstellenden Büros
- c) Freiflächengestaltungsplan Erweiterung, mit Datum vom 30. Dezember 2024, Maßstab im Original 1:200, erstellt durch das Büro Munder und Erzepky Landschaftsarchitekten BDA, 22761 Hamburg, heruntergeladen aus der Projektcloud am 10. Juni 2025
- d) Baugrubenplanung Phase 1_Verbau UG, als Vorabzug vom 29. Oktober 2025, Maßstab im Original 1:50, 1:100, erstellt durch die Trapez Architektur GmbH, 20097 Hamburg, übergeben durch Frau Bahnemann (Trapez Architektur GmbH) am 29. Oktober 2025 in digitaler Form
- e) Baugrubenplanung Phase 2_Fahrzeughalle, als Vorabzug vom 29. Oktober 2025, Maßstab im Original 1:100, erstellt durch die Trapez Architektur GmbH, 20097 Hamburg, übergeben durch Frau Bahnemann (Trapez Architektur GmbH) am 29. Oktober 2025 in digitaler Form
- f) Grundriss UG, ohne Datum, Maßstab im Original 1:50 / 1:100, erstellt durch die Trapez Architektur GmbH, 20097 Hamburg, heruntergeladen aus der Projektcloud am 27. August 2025
- g) Grundriss EG, ohne Datum, Maßstab im Original 1:50 / 1:100, erstellt durch die Trapez Architektur GmbH, 20097 Hamburg, heruntergeladen aus der Projektcloud am 27. August 2025
- h) Schnitt AA, erstellt am 07. April 2025, Maßstab im Original 1:50 / 1:100, erstellt durch die Trapez Architektur GmbH, 20097 Hamburg, heruntergeladen aus der Projektcloud am 27. August 2025



- i) Statische Berechnung Bauvorhaben „Neubau Feuerwache-Süd Elmshorn, mit Datum vom 23. März 2003, erstellt durch Herrn Dipl.-Ing. Peter Petzolt, 25336 Elmshorn, heruntergeladen aus der Projektcloud am 03. November 2025
- j) Bericht Baugrunduntersuchung und Gründungsberatung „Neubau der Feuerwache Süd in Elmshorn“ erstellt durch die Neumann Baugrunduntersuchungen GmbH, 24340 Eckernförde, heruntergeladen aus der Projektcloud am 03. November 2025
- k) Geologische Karte, Maßstab 1 : 250.000, eingesehen am 29. August 2025 auf dem Kartenserver des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein
(<https://danord.gdi-sh.de/viewer/resources/apps/Anonym/index.html?lang=de#/>)
- l) Grundbau-Taschenbuch Teil 1: Geotechnische Grundlagen, 8. Auflage 2017, Hrsg. Karl Josef Witt
- m) Grundbau-Taschenbuch Teil 2: Geotechnische Verfahren, 8. Ausgabe 2018, Hrsg. Karl Josef Witt
- n) Grundbau-Taschenbuch Teil 3, Gründungen und geotechnische Bauwerke, 8. Auflage 2018, Hrsg. Witt, K.-J.
- o) Handbuch Eurocode 7 - Geotechnische Bemessung, Band 1: Allgemeine Regeln, 1. Auflage 2011, Hrsg. DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
- p) Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruben" (EAB), 5., vollständig überarbeitete Auflage - September 2012
- q) Weißenbach, A.; Hettler, A - Baugruben, Berechnungsverfahren 2. Auflage 2011
- r) Floss, R.: Handbuch ZTV E-StB - Kommentar und Leitlinien mit Kompendium Erd- und Felsbau



s) DIN-Normen	
DIN 1 054	Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
DIN 1 055	Einwirkung auf Tragwerke - Teil 2 Bodenkenngößen
DIN 4 020	Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1 997
DIN 4 124	Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten
DIN 18 196	Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
DIN 18 300	VOB - Teil C: ATV - Erdarbeiten
DIN 18 301	VOB - Teil C: ATV - Bohrarbeiten
DIN 18 304	VOB - Teil C: ATV - Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten
DIN EN 1 997	Eurocode 7 - Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik
DIN EN ISO 14 688	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Böden
DIN EN ISO 22 475	Geotechnische Erkundung und Untersuchung
DIN EN ISO 22 476	Geotechnische Erkundung und Untersuchung, Teil 2: Rammsondierungen



3 Örtliche Situation und Baugrube

Ausweislich der vorliegenden Bearbeitungsunterlagen befindet sich das Baufeld in der Stadt Elmshorn in Schleswig - Holstein. Die zu untersuchende Fläche liegt auf dem Gelände der Feuerwache Süd, auf dem Grundstück „Hamburger Straße 2“ in 25335 Elmshorn. Die genaue Lage der geplanten Baumaßnahme kann der Bearbeitungsunterlage c) und der **Anlage 1** entnommen werden.

Gemäß den Bearbeitungsunterlagen f) bis h) soll die bestehende Feuerwache durch ein unterkellertes, dreigeschossiges Gebäude mit anschließender, zweigeschossiger Fahrzeughalle erweitert werden. Die maximalen Abmessungen des Hauptgebäudes können mit etwa $a = b = 25,00 \text{ m}$ und die der Fahrzeughalle mit $a / b = 42,50 \text{ m} / 13,50 \text{ m}$ angegeben werden. Die Einbindetiefe des Untergeschosses beträgt rund $3,40 \text{ m}$.

Das Baunull wird in den vorliegenden Planungsunterlagen mit $BN = \pm 0,00 \text{ m} = OKFF = 4,58 \text{ m NHN}$ angegeben. In dem Schnitt AA (Bearbeitungsunterlage h) wird die Unterkante der 40 cm starken Sohlplatte auf $UK RF = -3,43 \text{ m} = 1,15 \text{ m NHN}$ angegeben. Die Lage der Baugrubensohle (BGS) kann bei der Bemessung des Baugrubenverbau unter Berücksichtigung einer Sauberkeitsschicht und einer Lastverteilungsschicht mit $BGS \approx 0,58 \text{ m NHN}$ angesetzt werden. Die Höhe der Verbauwände beträgt somit $H_N \approx 4,00 \text{ m}$.

Das bestehende Feuerwehrhaus im Norden der geplanten Baugrube ist über Brunnenringe gegründet (Bearbeitungsunterlage i). In den statischen Unterlagen wird die Gründungstiefe $4,20 \text{ m}$ unter Geländeoberkante, entsprechend den Vorgaben aus der Bearbeitungsunterlage j), angegeben.

Aufgrund der vorherrschenden Platzverhältnisse und der Bestandsbebauung ist die Baugrube mit einem Verbau herzustellen. Dies soll unter dem Einsatz einer Wasserhaltung durch eine Trägerbohlwand als „Berliner Verbau“ realisiert werden.



4 Baugrundmodell

4.1 Baugrundverhältnisse und Bemessungsprofil

In den Bearbeitungsunterlagen a) und b) ist der anstehende Baugrund im Baufeld detailliert beschrieben.

Die nachstehenden Angaben zum Baugrundaufbau erfolgen daher informativ und dienen als Grundlage für die folgenden Berechnungen und Ergebnisse. Die entsprechenden Ansatzpunkte der Kleinbohrungen (BS) und der schweren Rammsondierungen (DPH) sind auf dem Lageplan im **Anhang 1** dargestellt.

Die Baugrundsichtung ist als weitestgehend homogen zu beschreiben.

An neun der insgesamt zehn Ansatzpunkte bildet **Oberboden** in lockerer Lagerung den Beginn der erkundeten Schichtenfolge. Die Schichtmächtigkeit beträgt im Mittel 0,20 m. Bodenmechanisch handelt es sich um Sand mit schwach schluffigen bis schluffigen und schwach humosen Anteilen im Nebengemenge.

Unterhalb des Pflasters (Bohrung BS 1) bzw. des Oberbodens wurden **anthropogene Auffüllungen** erbohrt. Die Schichtmächtigkeit beträgt zwischen 0,40 m und 1,40 m. Anhand des Bohrfortschritts ist die Lagerungsdichte überwiegend als locker zu bewerten. Die Auffüllungen sind heterogen zusammengesetzt. In der Hauptbodenart handelt es sich zumeist um Sand mit variierenden Anteilen aus Schluff, Kies und Humus. Zudem sind Bauschuttreste und lokal auch pflanzliche Reste enthalten.

Im Liegenden der anthropogenen Auffüllungen folgen bis zur Endteufe der Bohrungen Sande und gemischtkörnige Böden.

Die **Sande** mit unterschiedlichen Korngrößenabstufungen stehen bis in eine maximal erbohrte Tiefe von 3,80 m unter Geländeoberkante an. Sie sind als Mittelsand mit Beimengungen aus Schluff und Kies anzusprechen. Die Sande sind gemäß der Rammsondierungen sowie anhand der Einschätzung des Bohrfortschritts mitteldicht gelagert.

Mit Ausnahme der Bohrungen BS 1 bis BS 3 wurde den Sanden folgend **Geschiebelehm** erkundet. Bei dem Geschiebelehm handelt es sich um einen Schluff mit stark sandigen, schwach tonigen und schwach kiesigen Anteilen im Nebengemenge. Bereichsweise durchziehen Sandlagen die gemischtkörnigen Schichten. Die festgestellte Schichtmächtigkeit variiert an den Ansatzpunkten zwischen 0,50 m (Bohrung BS 9) und 1,40 m (Bohrung BS 7). Zum Zeitpunkt der Erkundungsarbeiten ist der Geschiebelehm in weicher bis steifer Konsistenz angesprochen worden.

Bis zur Endteufe der Bohrungen folgt kalkhaltiger **Geschiebemergel**.



An den Ansatzpunkten BS 1 bis BS 3 ist die Konsistenz der oberen Schichten, bis in eine maximale Tiefe von 1,70 m unter Geländeoberkante, als weich bis steif eingestuft worden. Unterhalb dieser Schichten und an den Ansatzpunkten BS 4 bis BS 10 direkt unterhalb des Geschiebelehm ist die Konsistenz als steif bis halbfest zu beschreiben. Bodenmechanisch handelt es sich um einen Ton mit stark sandigen, schluffigen sowie schwach kiesigen Beimengungen.

Großflächig betrachtet wird die Konsistenz der Geschiebeböden im Baufeld mit zunehmender Tiefe fester.

Details sind den Säulen- und Rammdiagrammen in der **Anlage 2** sowie den Bearbeitungsunterlagen a) und b) zu entnehmen.

4.2 Wasser

Im Zuge der Baugrunderkundung am 02. August 2023 wurden in den Bohrlöchern Grundwasserstände nach dem Bohrende zwischen 1,90 m bis 2,90 m Tiefe gemessen. Dies entspricht Höhenkoten zwischen 2,54 m NHN und 3,58 m NHN.

Für statische Nachweise in der Gründungsbeurteilung ist der höchste zu erwartende Wasserstand auf einer Höhenkote von **zeHGW = 4,00 m NHN** abgeschätzt und angesetzt worden (siehe Bearbeitungsunterlage a)).

Für ein zielgerichtetes Monitoring der bauzeitlichen Bemessungsgrundwasserstände im Hinblick auf die Grundwasserabsenkung wurden im Zuge der Felduntersuchungen im Juni 2025 eine Kleinbohrung im Bereich der westlichen Grünflächen, im Bereich der späteren Entwässerungsmulde, zu einer Grundwassermessstelle GWM 1 ausgebaut.

Es wird im Abschnitt 5 ein wasserdurchlässiger Trägerbohlwandverbau bemessen. Daher ist das Grundwasser im gesamten Bereich des Baugrubenverbaus auf die Oberkante der bindigen Böden bzw. bis auf die Baugrubensohle (BGS) abzusenken.

In den erdstatischen Berechnungen wird die o. g. Grundwasserabsenkung vorausgesetzt, so dass ein Berechnungswasserstand von rund **GW = 0,58 m NHN** (Luftseite) und **1,44 m NHN** (Erdseite) angesetzt wird.



4.3 Charakteristische Bodenkennwerte

Charakteristische Bodenkennwerte sind in dem Geotechnischen Bericht (Bearbeitungsunterlage a)) angegeben.

Es ist zu berücksichtigen, dass es sich um charakteristische Kennwerte handelt und dass insbesondere die Steifigkeiten von Böden abhängig vom Spannungszustand des Bodens sind. Genauere Angaben können allerdings nur über weiterführende Laborversuche erfolgen.

Bodenschicht	Bodengruppe DIN 18 196	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	ϕ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]
Oberboden locker	OH	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
anthropogene Auffüllungen (Sand) locker mitteldicht	[SE], [SU], [SU*], [SW], [GE]	18 18	9 10	29,0 31,5	0 0	15 40
anthropogene Auffüllungen (Sand, humos) locker mitteldicht	[SE], [SU], [SU*], [SW], [OH]	17 18	9 9	25,0 27,5	0 0	8 12
Sande mitteldicht	SE, SU	18	10	32,5	0	60
Geschiebelehm ^{*)} weich bis steif	ST*, TL	19	10	30,0	3	20
Geschiebemergel ^{*)} weich bis steif steif bis halbfest	TL	20 21	10 11	30,0 32,0	10 15	20 30

*) Unter Lasteinwirkung und / oder dynamischer Belastung kommt es zu einem Aufweichen und / oder Ausfließen. Sodann muss mit einer Verschlechterung der hier angegebenen Werte gerechnet werden.

Tabelle 4-1: Bodenkennwerte (charakteristische Werte)

Hinweis:

Entsprechend der EB 14 wird die Kohäsion der anstehenden Böden im Passivbereich um 50 % in den erdstatischen Berechnungen abgemindert.



Darüber hinaus können in Anlehnung an die DIN EN 1997-2 (Anhang G) in Verbindung mit den Ergebnissen der schweren Rammsondierungen (DPH) die folgenden Parameter für die Vorbemessung eines Trägerbohlwandverbaus angegeben werden.

Bodenschicht	Bodengruppe DIN 18 196	Spitzendruck q_c [MN/m ²]	Undrainede Scherfestigkeit $c_{u,k}$ [kN/m ²]
Oberboden locker	OH	2	[-]
anthropogene Auffüllungen (Sand) locker mitteldicht	[SE], [SU], [SU*], [SW], [GE]	4 - 9	[-]
anthropogene Auffüllungen (Sand, humos) locker mitteldicht	[SE], [SU], [SU*], [SW], [OH]	4 - 9	[-]
Sande mitteldicht	SE, SU	8 - 18	[-]
Geschiebelehm^{*)} weich bis steif	ST*, TL	[-]	50 - 100
Geschiebemergel^{*)} weich bis steif steif bis halbfest	TL	[-]	70 - >100

Tabelle 4-2: Bodenmechanische Ansätze für einen Baugrubenverbau (Trägerbohlwand)



5 Baugrubensicherung

5.1 System und Lastannahmen

Die Baugrube befindet sich etwa 5,00 m von dem Bestand entfernt (Bearbeitungsunterlage d)). Die Verbauwände befinden sich demnach im Lastausstrahlungsbereich von Bauwerken, angrenzenden Verkehrsflächen und/oder Leitungen. Um die Standsicherheit der Baugrubenwände in diesen Bereichen zu erhöhen, werden die Berechnungen daher unter Ansatz des erhöhten aktiven Erddrucks durchgeführt.

Für den westlichen Verbauabschnitt, im Bereich der Grundstückszufahrt, wurde der aktive Erddruck angesetzt.

Grundsätzlich soll von einer Rückverankerung abgesehen werden.

Zudem ist aufgrund der WU-Bauweise von einer Tangierung des Rohbaus durch die Aussteifungen abzusehen. Folglich ergibt sich eine Baugrube mit Abmessungen von etwa $a / b = 29,00 \text{ m} / 24,00 \text{ m}$ (Bearbeitungsunterlage d)).

Detaillierte Angaben hinsichtlich der geplanten Baustelleneinrichtung sowie Informationen über Lasten infolge von Baustellenbetrieb oder Lagerungsgütern lagen zum Zeitpunkt der Berichtserstellung nicht vor. Grundsätzlich ist direkt am Baugrubenrand (erdseitig) gemäß der DIN 4 124 ein lastfreier Streifen von mindestens 60 cm auszuweisen, der nicht befahren oder als Lagerfläche verwendet werden darf.

In Anlehnung an die Empfehlungen der Bearbeitungsunterlagen p) und q) wird für die Baugrubenwand eine vertikal gerichtete erdseitige Belastung mit $p_{v,k} = 10 \text{ kN/m}^2$, ausgehend vom Baugrubenrand als großflächige Blocklast angesetzt. Dies bedeutet, dass alle straßenzugelassenen Fahrzeuge einen Mindestabstand von 1,00 m zur Baugrubenwand einhalten müssen (EB 55).

Der Abstand von Baugeräten richtet sich nach dem Gesamtgewicht (EB 57):

- 1,50 m bei einem Gesamtgewicht von 10 t (100 kN),
- 2,50 m bei einem Gesamtgewicht von 30 t (300 kN),
- 3,50 m bei einem Gesamtgewicht von 50 t (500 kN),
- 4,50 m bei einem Gesamtgewicht von 70 t (700 kN).

Vorerst wird ein Bagger mit einem Gesamtgewicht von 30 t in einem Abstand von 0,60 m zur Baugrubenwand berücksichtigt. Unter Berücksichtigung der vorgenannten Ansätze ist als Ersatzlast eine Blocklast von 40 kN/m^2 über eine Breite von 2,00 m angesetzt worden ist.



Für den nördlichen Verbauabschnitt wird für das Bestandsgebäude vereinfachend eine Einzellast von 834 kN in einer Tiefe von 4,20 m und eine Blocklast von 250 kN/m² in einer Tiefe von 1,00 m unter Geländeoberkante angesetzt. Die Einzellast soll dabei Gründung über die Brunnenringe abbilden.

Am östlichen Rand der Baugrube befindet sich die Hofffläche mit der angrenzenden Fahrzeughalle. Ausweislich der Bearbeitungsunterlage d) ist in diesem Verbauabschnitt ein Kranstandort geplant. Aufgrund fehlender Eingangsdaten hinsichtlich des zum Einsatz kommenden Kranmodells werden zunächst Abmessungen von ca. 4,00 m · 4,00 m in einer Entfernung von etwa 2,50 m zum Verbau rechnerisch betrachtet.

Für den Turmdrehkran sind folgenden Schnittgrößen berücksichtigt worden:

Drehmoment M_D [kNm]	Eckdruck [kN]	H.-Kraft [kN]	Betriebszustand
140	400	20	Betrieb
0	220	40	außer Betrieb

Tabelle 5-1: Anzusetzende Lasten im Betriebszustand

Dementsprechend werden Einzellasten durch eine großflächige Gleichlast $p_{v,k} = 10 \text{ kN/m}^2$ und eine zusätzliche Streifenlast q'_k ersetzt (EB 57), wobei die Breite der Streifenlast nach EB 3-2 (EAB) erfolgt.

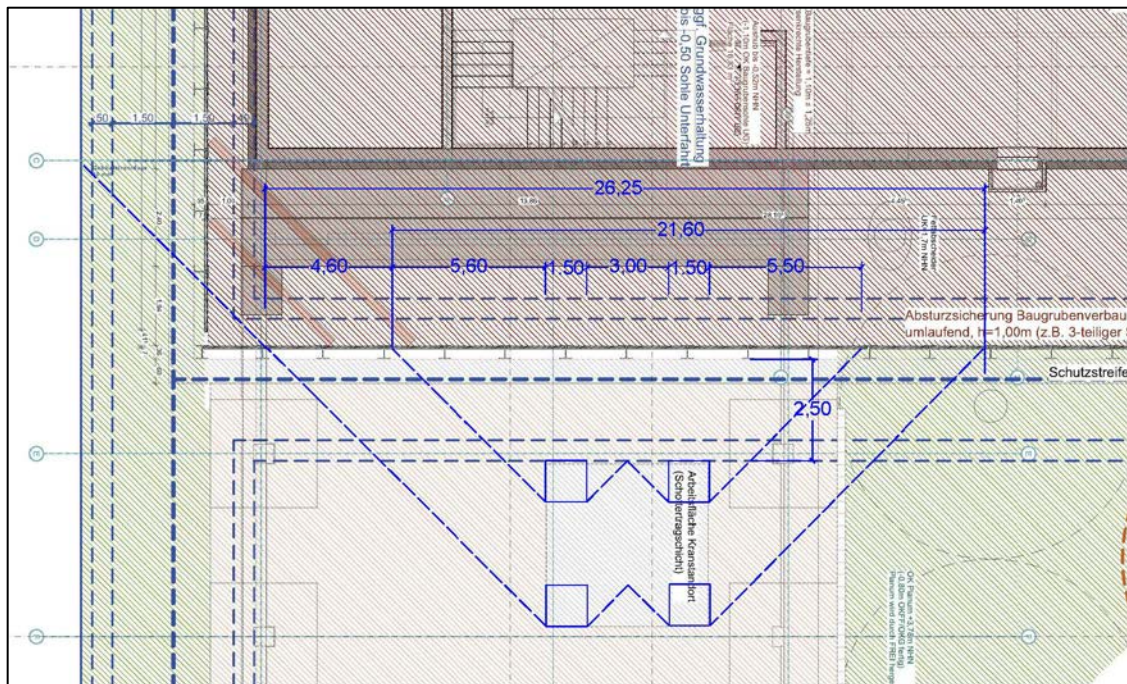


Abbildung 5-1: Ersatzlast gem. EAB

Verteilung der Lasten durch die verbauzugewandten Kranpratzen:

Verteilungsbreite: $5,60 \text{ m} + 3,00 \text{ m} + 3,00 \text{ m} + 5,50 \text{ m} = 17,10 \text{ m}$

$$p_v' = 400 \text{ kN} / (1,50 \text{ m} \cdot 17,10 \text{ m}) = 15,60 \text{ kN/m}^2$$

$$p_h' = 20 \text{ kN} / (1,50 \text{ m} \cdot 12,25 \text{ m}) = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

Verteilung der Lasten durch die verbauabgewandten Kranpratzen:

Verteilungsbreite: $4,60 \text{ m} + 5,60 \text{ m} + 3,00 \text{ m} + 3,00 \text{ m} + 5,50 \text{ m} + 4,50 \text{ m} = 26,20 \text{ m}$

$$p_v' = 400 \text{ kN} / (1,50 \text{ m} \cdot 26,20 \text{ m}) = 10,20 \text{ kN/m}^2$$

$$p_h' = 20 \text{ kN} / (1,50 \text{ m} \cdot 26,20 \text{ m}) = 0,60 \text{ kN/m}^2$$



Sobald weitere Planungsunterlagen zum Baubetrieb und auftretenden Lasten wie beispielsweise durch das zum Einsatz kommende Kranmodell vorliegen ist eine Nachberechnung und Optimierung der Ergebnisse erforderlich.

So lassen sich maßgebliche Bemessungsbereiche des Baugrubenverbaus identifizieren und ggfs. separate Verbausysteme vordimensionieren.

5.2 Berechnungsergebnisse

Die Berechnung und erdstatischen Nachweise des Verbaus erfolgt mit der Software GGU - RETAIN, Version 10.68. Das Programm ermöglicht die Berechnung von verschiedenen Verbausystemen, unter anderem nach DIN 4124 und DIN 4085, unter Berücksichtigung des Teilsicherheitskonzeptes entsprechend der aktuellen DIN 1054 bzw. dem EC 7, der europäischen Normung für die Bemessung von Stahlbauteilen (hier: Bohlträger) gemäß EC 3. Darüber hinaus sind in dem Programm die Berechnungsverfahren und Bedingungen aktueller Fachliteratur implementiert (hier: EAB).

Die Berechnung erfolgte anhand der, für diesen Fall, ungünstigsten Baugrundsichtung aus der Bohrung BS 2 in Verbindung mit der DPH 1 unter dem Ansatz der Teilsicherheitsbeiwerte für die Bemessungssituation BS-T. Die anthropogenen Auffüllungen sind heterogen zusammengesetzt. Die Schichtung wird zusammenfassend mit den ungünstigeren Werten berücksichtigt.

Von einer Rückverankerung soll möglichst abgesehen werden. So wurde zunächst die Bemessung eines ungestützten, im Boden eingespannten Verbaus angestrebt. Insbesondere in Hinblick auf die zu erwartende Kopfauslenkung von ≥ 20 cm wurde eine Vergleichsberechnung unter Berücksichtigung einer Aussteifung mittels Steifen, z. B. Stahlrohre; verspanntes System durchgeführt.

In iterativen Berechnungsprozessen sind unter Berücksichtigung der genannten Bemessungssituation und Randbedingungen für die unterschiedlichen Bereiche optimale Trägerprofile ermittelt worden. Anhand des jeweiligen Profils wurden anschließend für die Verbauabschnitte die erforderliche Bemessung sowie die erdstatischen Nachweise durchgeführt.

Für die drei Betrachtungsbereiche wurde einheitlich ein Profil des Typs HEB 360, Stahlgüte S 235 mit einem Bohlträgerabstand von 1,50 m vorbemessen.



In der Tabelle 5-1 sind die Ergebnisse in zusammengefasster Form dargestellt. Die detaillierten Berechnungsergebnisse sind in den **Anlagen 3** in Form von Ergebnisgrafiken wiedergegeben.

Bezeichnung / Nachweis	Parameter / Wert
Lastansatz „Bagger“	
Maximalwerte (Bemessungswerte)	
Moment M_d	74,0 kNm/m
Querkraft Q_d	77,3 kN/m
Normalkraft N_d	43,3 kN/m
Verschiebung w_k	3,5 mm
Profil (Nachweis EC 3, el.-pl.)	
Gewähltes Trägerprofil:	HEB 360 / S 235
Breite / Höhe	300 mm / 360 mm
Bohlträgerabstand (Achismaß)	1,50 m
Erforderliche Einbindetiefe (ausgehend von Oberkante Aushubsohle)	2,10 m
Gesamtlänge des Bohlträgers	6,10 m
Ausnutzungsgrad Summe V $\mu_{\Sigma V}$	0,91
Ausnutzungsgrad Summe H $\mu_{\Sigma H}$	0,65
Maximaler Ausnutzungsgrad des Bohlträgers max μ	0,18
Optimale Ausfachungsdicke (Holz)	5,7 cm
Kenn- und Bemessungswerte der Aussteifung	
Tiefe	4,08 m NHN
Länge (beispielhaft)	10,00 m
Normalkraft N_d	-96,52 kN/m
Gurtung	]]180

Tabelle 5-2: Berechnungsergebnisse (BS-T)



Bezeichnung / Nachweis	Parameter / Wert
Lastansatz „Gebäude“	
Maximalwerte (Bemessungswerte)	
Moment M_d	44,0 kNm/m
Querkraft Q_d	45,7 kN/m
Normalkraft N_d	27,2 kN/m
Kopfauslenkung w_k	2,5 mm
Profil (Nachweis EC 3, el.-pl.)	
Gewähltes Trägerprofil:	HEB 360 / S 235
Breite / Höhe	300 mm / 360 mm
Bohlträgerabstand (Achismaß)	1,50 m
Erforderliche Einbindetiefe (ausgehend von Oberkante Aushubsohle)	1,80 m
Gesamtlänge des Bohlträgers	5,80 m
Ausnutzungsgrad Summe V $\mu_{\Sigma V}$	0,74
Ausnutzungsgrad Summe H $\mu_{\Sigma H}$	0,69
Maximaler Ausnutzungsgrad des Bohlträgers max μ	0,11
Optimale Ausfachungsdicke (Holz)	4,6 cm
Kenn- und Bemessungswerte der Aussteifung	
Tiefe	4,08 m NHN
Länge (beispielhaft)	10,00 m
Normalkraft N_d	-57,17 kN/m
Gurtung	][180

Tabelle 5-1: Berechnungsergebnisse (BS-T) (Fortsetzung)



Bezeichnung / Nachweis	Parameter / Wert
Lastansatz „Kran“	
Maximalwerte (Bemessungswerte)	
Moment M_d	53,0 kNm/m
Querkraft Q_d	50,7 kN/m
Normalkraft N_d	31,6 kN/m
Verschiebung w_k	2,4 mm
Profil (Nachweis EC 3, el.-pl.)	
Gewähltes Trägerprofil:	HEB 360 / S 235
Breite / Höhe	300 mm / 360 mm
Bohlträgerabstand (Achsmaß)	1,50 m
Erforderliche Einbindetiefe (ausgehend von Oberkante Aushubsohle)	1,80 m
Gesamtlänge des Bohlträgers	5,80 m
Ausnutzungsgrad Summe V $\mu_{\Sigma V}$	0,81
Ausnutzungsgrad Summe H $\mu_{\Sigma H}$	0,74
Maximaler Ausnutzungsgrad des Bohlträgers max μ	0,12
Optimale Ausfachungsdicke (Holz)	4,9 cm
Kenn- und Bemessungswerte der Aussteifung	
Tiefe	4,08 m NHN
Länge (beispielhaft)	10,00 m
Normalkraft N_d	-61,12 kN/m
Gurtung	][180

Tabelle 5-1: Berechnungsergebnisse (BS-T) (Fortsetzung)

Die Tragfähigkeit des bemessenen Bohlträgers HEB 360 mit einer Profillänge zwischen 5,90 m und 6,20 m in der Stahlgüte S 235, für die Sicherung der Baugrube, ist für den Bauzustand mit einem Ausnutzungsgrad von max. $\mu < 1,00$ nachgewiesen.

Unter Berücksichtigung der hier gewählten Lastansätze und mit einer Aussteifung ist mit keinen wesentlichen Verformungen zu rechnen.

Hinweis:

Das Verbausystem ist für den Bauzustand unter Berücksichtigung der angesetzten Lasten, als ausreichend dimensioniert zu bewerten. Sofern weitere Lasten am Verbaukopf zu erwarten sind, kann eine Erhöhung der Kopfauslenkung nicht ausgeschlossen werden. Der hier gewählte Lastansatz ist daher vor dem Beginn der Verbauarbeiten zu prüfen und gegebenenfalls mit dem aufstellenden Büro abzustimmen.



Von einer Rückverankerung wird aufgrund der angrenzenden Bebauung sowie der Grundstücksgrenzen abgesehen. Alternativ zu der hier betrachteten „geraden“ Aussteifung wäre auch eine Aussteifung des Verbaus gegen die Sohle über eine „Totmannkonstruktion“ denkbar.

6 Hinweise zur Bauausführung

- Baugruben können unter Beachtung der DIN 4 124 bis in eine Tiefe von 1,25 m senkrecht hergestellt werden. Tiefer reichende Baugruben sind gegenüber der Geländeoberkante unter 45° abzuböschern,
- es sind die Hinweise der DIN 4 124 und die „Bausteine“ der BG-Bau zu beachten,
- Böschungsbereiche müssen gegen Witterungseinflüsse gesichert werden (abdecken mit Baufolie, Spritzbeton usw.),
- wirken besondere Lasten (Baukrane etc.) auf eine Böschungsoberkante, muss ein Böschungsbruchnachweis geführt werden,
- sofern ein Abböschern unter den genannten Bedingungen nicht möglich ist, so ist gesondert ein Verbau herzustellen. Für die Baugrubensicherung kann ein Trägerbohlwandverbau ausgeführt werden. Hierzu wurde ein System vorbemessen,
- die geplante Bebauung liegt im Bereich bestehender Bebauung, Wegen und Leitungen. Zu dem Bestand standen uns zum Zeitpunkt der Berichtserstellung keine detaillierten Informationen zur vorhandenen Gründung, Verlegetiefen o.ä. zur Verfügung,
- durch die Verbau- und Erdarbeiten können Erschütterungen im Baugrund entstehen. Dementsprechend sind - aufgrund der örtlichen Situation - erschütterungsarme Bauverfahren auszuführen. Aufgrund der Nähe zum Bestand und der anstehenden Böden wird empfohlen, die Verbauträger in Bohrlöcher einzustellen und die Zwischenräume mit Sand zu verfüllen,
- bei den Arbeiten im Bereich der gemischtkörnigen Böden muss infolge der Genese auch mit Steinen >63 mm und Findlingen gerechnet werden,
- der Verbau weist systembedingt Verformungen auf. Die Systemverformungen sowie Herstellungstoleranzen sind im Zuge der Planung zu berücksichtigen. Aufgrund dieser Systemverformungen sowie Herstellungstoleranzen sollte zwischen dem aufgehenden Neubau und der Vorderkante des Verbaus ein Mindestabstand von 10 cm eingehalten werden, sofern kein Arbeitsraum vorgesehen ist,



- aufgrund der durch den Verbau bedingten Umlagerungen im Baugrund können geringfügige Geländesetzungen hinter dem Verbau auftreten. Hier sind ggf. Nachstopfungen oder Verfüllungen mit Magerbeton erforderlich,
- im Rahmen einer Beweissicherung sollte eine Zustandserfassung der Bestandsgebäude sowie angrenzender Wege, Leitungen und Kanalbauwerken durchgeführt werden,
- in Bereichen mit benachbarter Gründung, Leitungen, Straßen usw. sollten die Verformungen im Allgemeinen auf max. $w = 20,00$ mm begrenzt werden; im Bereich der Kranstellfläche auf max. $w = 10,00$ mm,
- bei unterschiedlichen Absetztiefen der Träger ist eine Abtreppung von vertikal : horizontal = 1 : 2 einzuhalten,
- die erzielten Einbindetiefen der Stahlträger sind im Zuge der Herstellung zu protokollieren,
- aufgrund der Konsistenz der anstehenden, gemischtkörnigen Böden kann ein Vorbohren zum Einbringen der Trägerprofile erforderlich sein, sofern die Profile nicht ohnehin in Bohrlöcher eingestellt werden (s.o.),
- es ist zu beachten, dass sich für nicht ausgesteifte Bereiche ein größeres Trägerprofil und eine größere Profillänge ergibt,
- es ist ein mindestens 60 cm breiter, lastfreier Streifen vor dem Verbau auf der aktiven Erdruckseite auszuweisen,
- es muss eine Absturzsicherung für Personen angebracht werden, wenn die Absturzhöhe mehr als 2,00 m beträgt,
- der Verbau ist nach Bedarf und nach besonderen Einwirkungen, zum Beispiel Frost, starken Regenfällen, Erschütterungen etc. zu überprüfen,
- die Spezialtiefbauarbeiten sind nach den Vorgaben der gültigen Regelwerke durch den Sachverständigen für Geotechnik zu betreuen.

Sämtliche im Bericht genannten Höhenkoten sind bauseits zu prüfen. Bei erheblichen Abweichungen gegenüber den hier genannten Höhenbezügen ist das aufstellende Büro umgehend zu benachrichtigen.

Wird im Zuge der Bauarbeiten ein anderer als den Berechnungen zugrunde gelegter Aufbau des Untergrunds angetroffen, ist unser Büro unverzüglich zu benachrichtigen und durch den Gutachter eine Bestandsaufnahme vor Ort durchzuführen.



Die statische Berechnung der Baugrubensicherung durch eine Trägerbohlwand gilt für das in Abschnitt 3 angegebene Objekt im Zusammenhang mit den Projektdaten bzw. den aufgeführten Bearbeitungsunterlagen. Eine Übertragung der Untersuchungsergebnisse auf andere Projekte ist nicht zulässig.

Für Rückfragen im Zusammenhang mit unseren Untersuchungen und der Erstellung dieser Berechnungen stehen wir jederzeit zur Verfügung.

Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH



Dipl.-Geol. Jens Schmitz

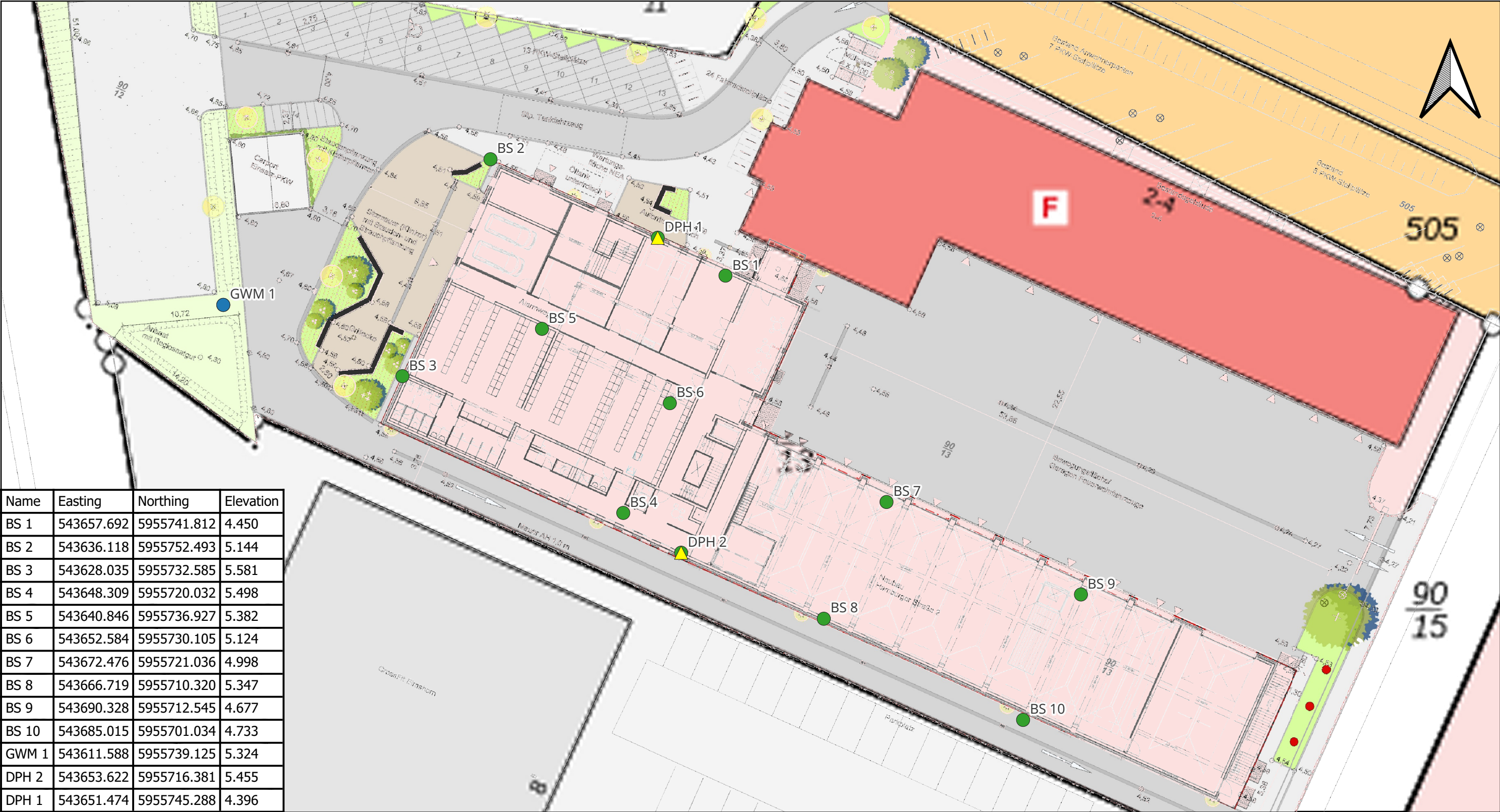


Melanie Grunewald, M. Sc.

Verteiler:

- Stadt Elmshorn, Herr Köhler
- Trapez Architektur GmbH, Hamburg

- 1- fach digital im pdf-Format
- 1- fach digital im pdf-Format



Name	Easting	Northing	Elevation
BS 1	543657.692	5955741.812	4.450
BS 2	543636.118	5955752.493	5.144
BS 3	543628.035	5955732.585	5.581
BS 4	543648.309	5955720.032	5.498
BS 5	543640.846	5955736.927	5.382
BS 6	543652.584	5955730.105	5.124
BS 7	543672.476	5955721.036	4.998
BS 8	543666.719	5955710.320	5.347
BS 9	543690.328	5955712.545	4.677
BS 10	543685.015	5955701.034	4.733
GWM 1	543611.588	5955739.125	5.324
DPH 2	543653.622	5955716.381	5.455
DPH 1	543651.474	5955745.288	4.396



Legende

- BS - Kleinbohrung nach DIN EN ISO 22 475 (NW: 80 mm)
- ▲ DPH - Schwere Rammsondierung nach DIN EN ISO 22 476-1
- GWM - Grundwassermessstelle



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 2877 0
21255 Tostedt tostedt@dr-beusse.de
www.dr-beusse.de

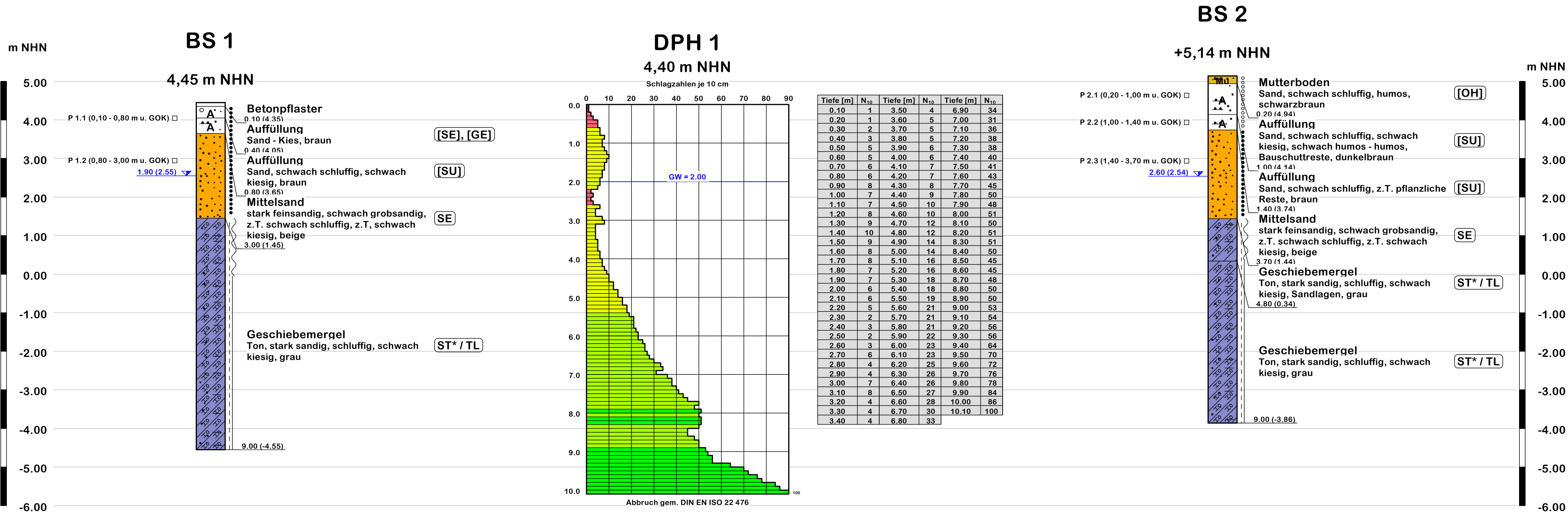
Projekt:
Erweiterung Feuerwache Süd
Hamburger Straße 2
in 25335 Elmshorn

Auftraggeber:

Stadt Elmshorn
- Gebäudemanagement -

Anlage:	1
Projekt:	23 - 17990
Maßstab:	1 : 350
Datum:	17.11.2025

Lageplan



Wasserstände
1.90 m u. GOK ▼ 02.08.2023 W nach Bohrende
2.60 m u. GOK ▼ 02.08.2023 W nach Bohrende

Legende DPH

sehr locker

locker

mitteldicht

dicht

sehr dicht

Legende

steif - halbfest

weich - steif

locker

mitteldicht

A

Mu

Geschiebemergel

Auffüllung

Mutterboden

Mittelsand

Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt
tostedt@dr-beusse.de
www.dr-beusse.de

Projekt :
Erweiterung Feuerwache Süd
Hamburger Straße 2
in 25335 Elmshorn

Auftraggeber :

STADT ELSHORN
Gebäudemanagement

Anlage :
2.1

Projekt :
23 - 17990

Maßstab (L/H) :
- / 1 : 75

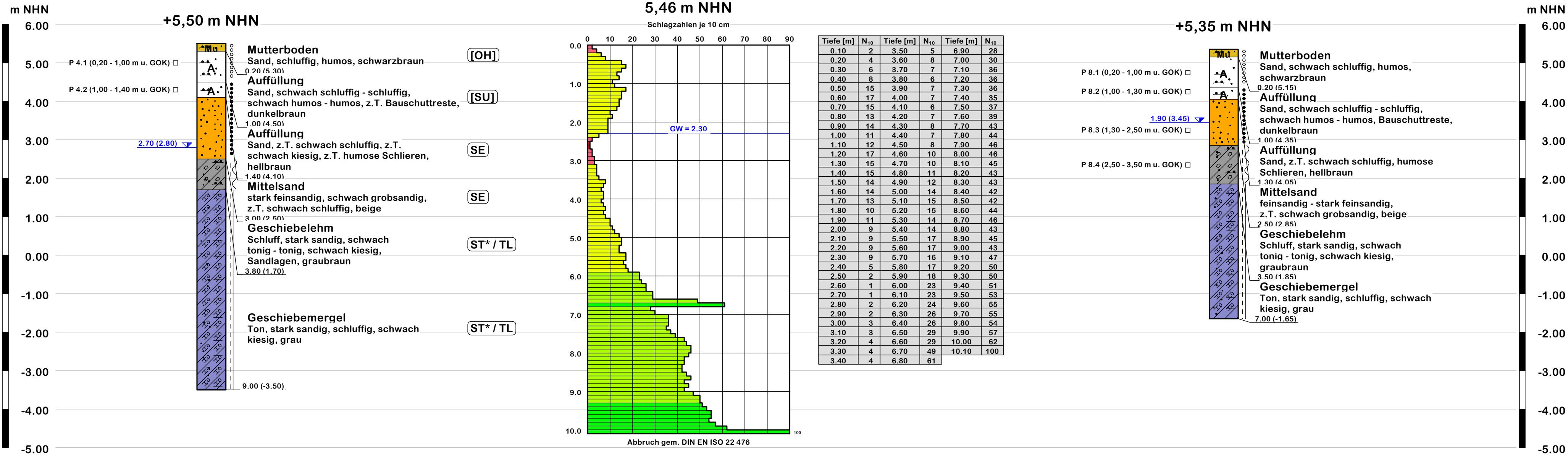
Datum :
17.11.2025

Säulen- und Rammdiagramm BS 1 / DPH 1 / BS 2

BS 4

DPH 2

BS 8



Wasserstände

2,7 m u. GOK ▼ W nach Bohrende
02.08.2023
1,90 m u. GOK ▼ W nach Bohrende
02.08.2023

Legende DPH

	sehr locker
	locker
	mitteldicht
	dicht
	sehr dicht

Legende

	steif - halbfest		Geschiebemergel
	weich - steif		Geschiebelehm
	locker		Auffüllung
	mitteldicht		Mutterboden

BS - Kleinbohrung nach DIN EN ISO 22 475 - NW 80 mm
DPH - Schwere Rammsondierung nach DIN EN ISO 22 476

Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt tostedt@dr-beusse.de
www.dr-beusse.de

Projekt :
Erweiterung Feuerwache Süd
Hamburger Straße 2
in 25335 Elmshorn

Auftraggeber :

STADT ELMSHORN
Gebäudemanagement

Anlage :
2.2

Projekt :
23 - 17990

Maßstab (L/H) :
- / 1 : 75

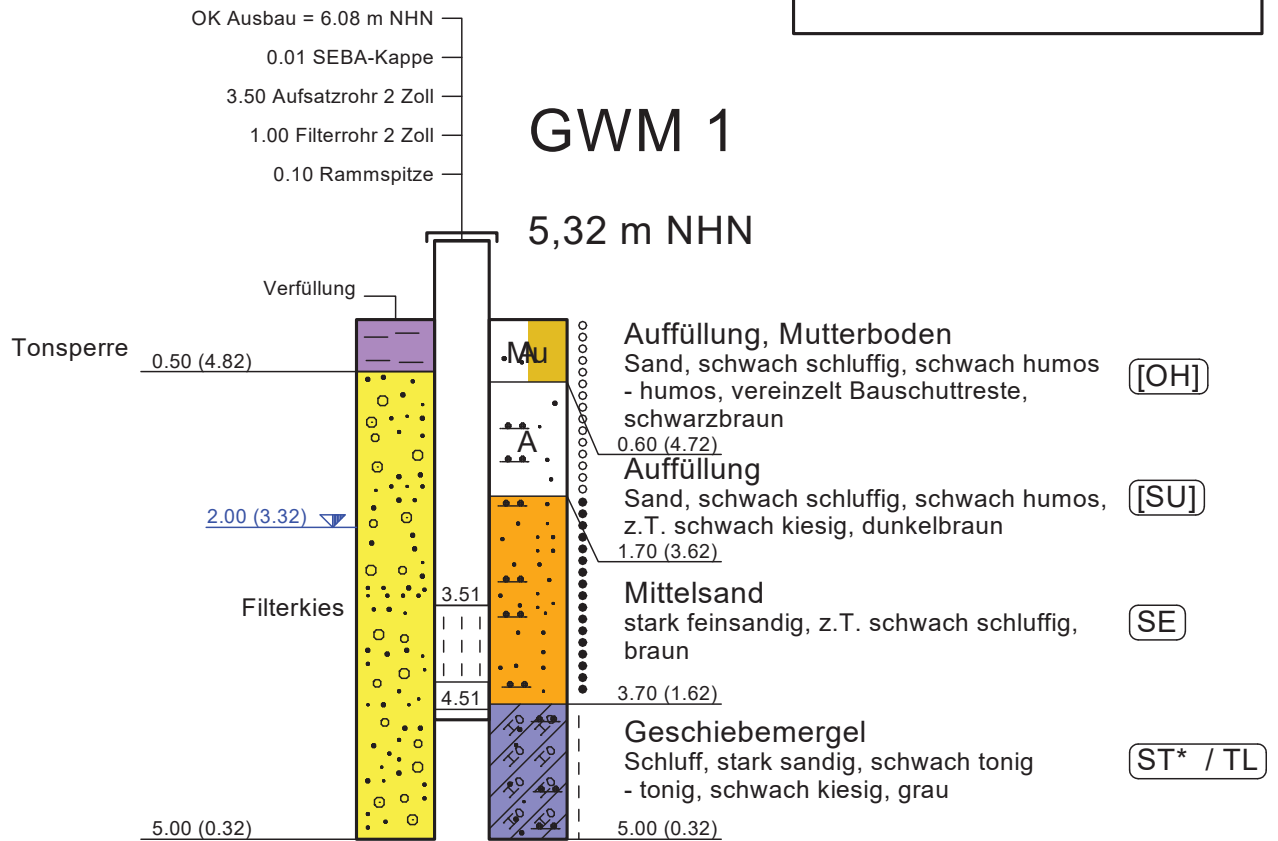
Datum :
17.11.2025

Säulen- und Rammdiagramm BS 4 / DPH 2 / BS 8

Legende

steif		Geschiebemergel		Mittelsand
locker		Auffüllung		Ton
mitteldicht		Mutterboden		

2,00 m u.GOK ▼ W nach Bohrende
18.06.2025



BS - Kleinbohrung nach DIN EN ISO 22 475 - NW 80 mm



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0
21255 Tostedt tostedt@dr-beusse.de
www.dr-beusse.de

Projekt:

Erweiterung Feuerwache Süd
Hamburger Straße 2
in 25335 Elmshorn

Auftraggeber:

STADT ELMSHORN
Gebäudemanagement

Anlage:

2.3

Projekt:

23 - 17990

Maßstab (L/H):

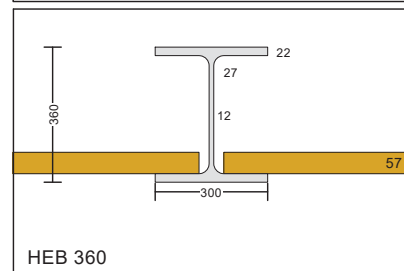
- / 1 : 75

Datum:

17.11.2025

Säulendiagramm GWM 1

Boden	γ_k [kN/m³]	γ'_{k1} [kN/m³]	φ_k [°]	$c(p)_k$ [kN/m²]	$c(a)_k$ [kN/m²]	δ/φ passiv	δ/φ aktiv	q_c [MN/m²]	$c_{u,k}$ [kN/m²]	Bezeichnung
	18.0	9.0	29.0	0.0	0.0	0.000	0.000	5.00	0.00	Auffüllungen / Sand, lo-md [OH / SE]
	18.0	10.0	32.5	0.0	0.0	-0.333	0.667	10.00	0.00	Mittelsand, md [SE / SU]
	19.0	10.0	30.0	3.0	3.0	0.000	0.667	0.00	60.00	Geschiebemergel, we-st [St* / TL]
	21.0	11.0	32.0	15.0	15.0	0.000	0.667	0.00	100.00	Geschiebemergel, st-hf [St* / TL]



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 2877 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 2877 28
www.dr-beusse.de

Projekt :
Erweiterung Feuerwache Süd
Hamburger Straße 2
in 25335 Elmshorn

Auftraggeber :
STADT ELMSHORN
Gebäudemanagement

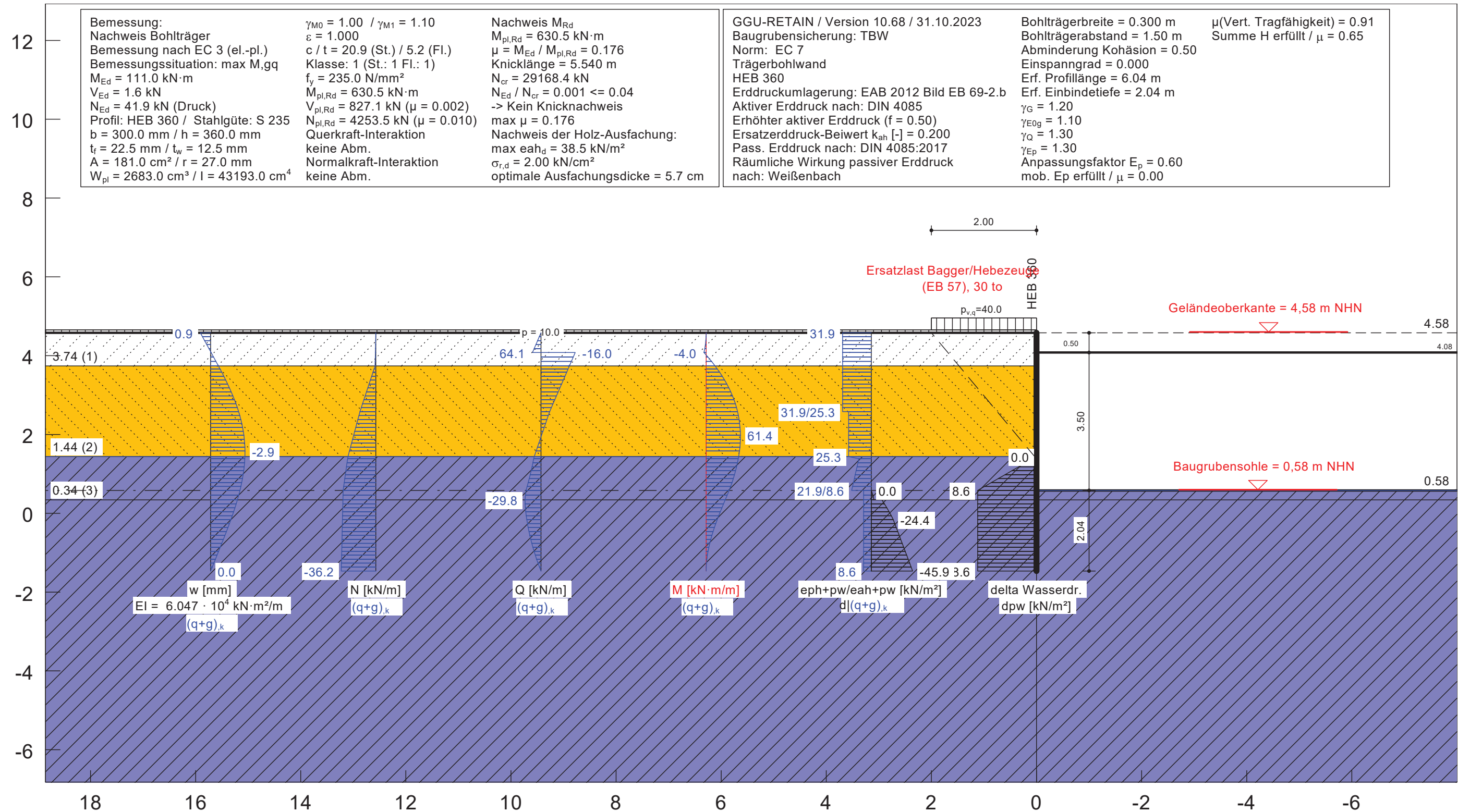
Anlage :
3.1

Projekt :
23 - 17990

Maßstab (L/H) :
1 : 75 / 1 : 100

Datum :
17.11.2025

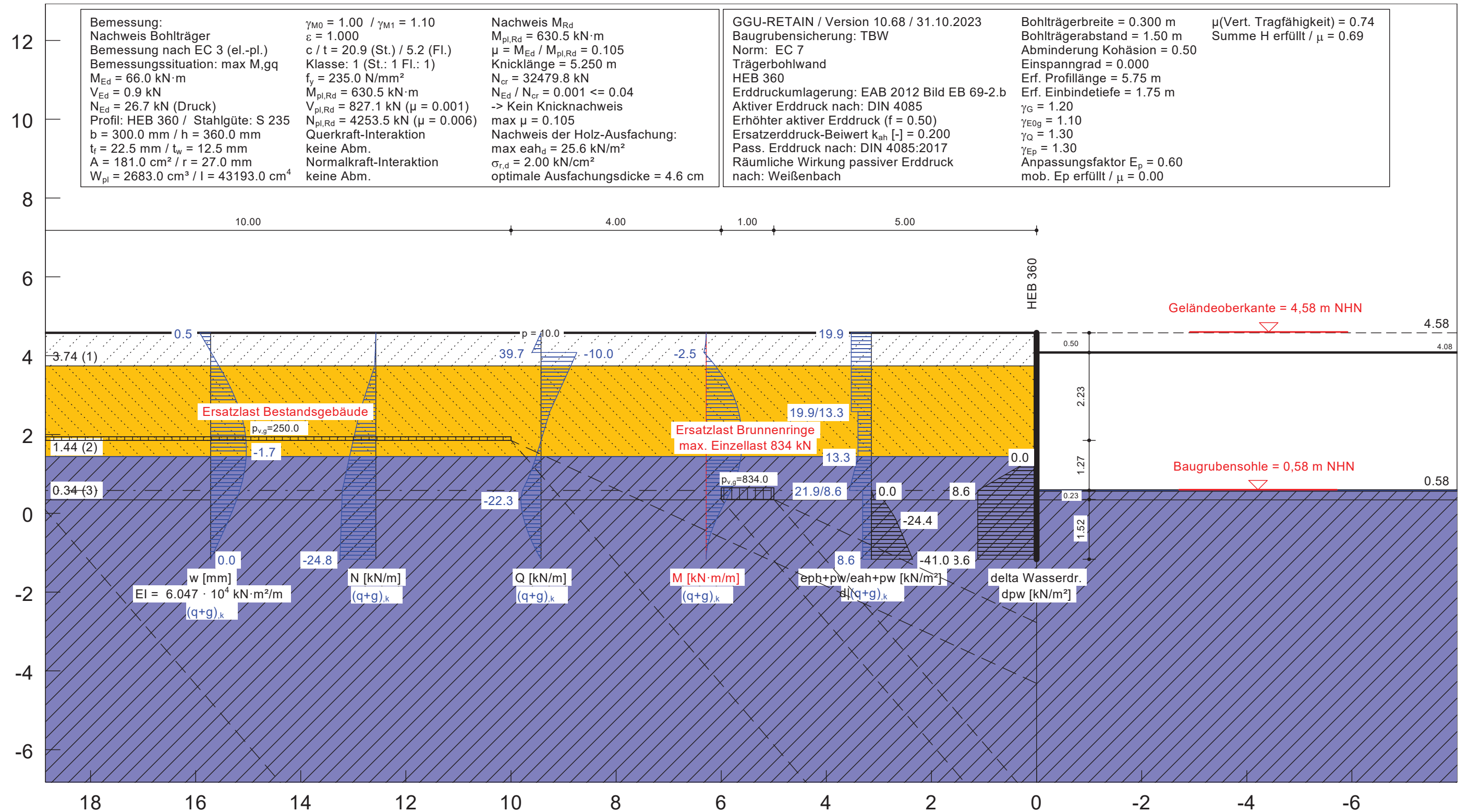
Bemessung eines frei aufgelagerten Trägerbohlwandverbaus
BS 1 - DPH 1 - BS 2 / Bemessungssituation BS-T / Baufahrzeuge

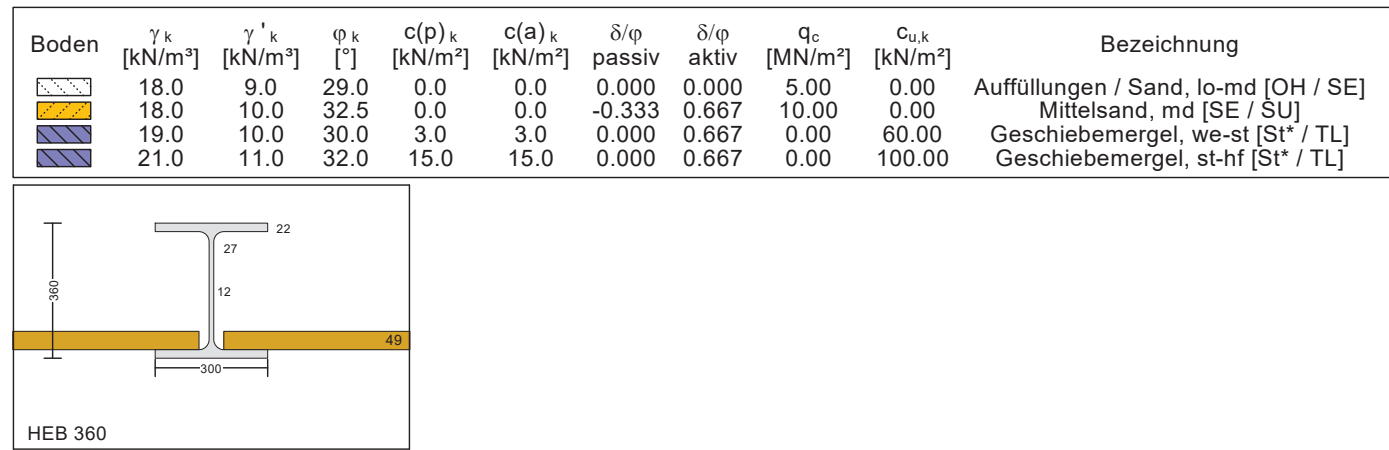


HEB 360



Anlage :	3.2
Projekt :	23 - 17990
Maßstab (L/H) :	1 : 75 / 1 : 100
Datum :	17.11.2025





Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 2877 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 2877 28
www.dr-beusse.de

Projekt :
Erweiterung Feuerwache Süd
Hamburger Straße 2
in 25335 Elmshorn

Auftraggeber :
STADT ELMSHORN
Gebäudemanagement

Anlage :
3.3

Projekt :
23 - 17990

Maßstab (L/H) :
1 : 75 / 1 : 100

Datum :
17.11.2025

Bemessung eines frei aufgelagerten Trägerbohlwandverbaus
BS 1 - DPH 1 - BS 2 / Bemessungssituation BS-T / Kranstellfläche

