



Gesellschaft für Grundbau  
und Umwelttechnik mbH

GGU mbH • Am Römerbad 23/1 • 74613 Öhringen

Schäfer & Peters GmbH  
Zeilbaumweg 32

74613 Öhringen

#### Öhringen

Telefon +49 (0)7941 / 6492420

Telefax +49 (0)7941 / 6499234

www.ggu.de

post-oe@ggu.de

Baugrund

Grundwasser

Umwelttechnik / Altlasten

Damm- und Deichbau

Straßen- und Erdbau

Spezialtiefbau

Deponiebau

Kunststofftechnik

Software-Entwicklung

## Neuenstein, Bebauung Lange Klinge Teilbereich Schäfer & Peters Geotechnischer Bericht

**Bericht:** 2022/1355.4

**Verteiler:** Schäfer & Peters GmbH

Schäfer & Peters, Herr Löffler:  
rloeffler@schaeffer-peters.com

BIT Ingenieure, Herr Labus:  
gregor.labus@bit-ingenieure.de

**Bearbeiter:** Dipl.-Geol. Mario Löw

Dr.-Ing. Peter Grubert

16.12.2022

Baugrunderkundung

Feldmesstechnik

Prüflabore für Boden

Prüflabor für Kunststoff

Inspektionsstelle

Braunschweig

Magdeburg

Öhringen

Schwerin

2-fach

PDF

PDF

Beratende Ingenieure VBI,  
BDB, DWA, DGGT, ITVA, BWK  
Sachverständige für  
Erd- und Grundbau  
Vereidigte Sachverständige

Amtsgericht Braunschweig  
HRB 9354

Geschäftsführer:

Prof. Dr.-Ing. Johann Buß,

Dr.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing.

Peter Grubert, M.Sc.,

Dr.-Ing. Carl Stoewahse

Dipl.-Ing. Birk Kröber

Dipl.-Ing. Axel Seilkopf

## Inhalt

1	Einleitung .....	4
2	Planung.....	4
3	Gründung der Gebäude .....	5
3.1	Bürogebäude/Tiefgarage.....	5
3.1.1	Gründungskonzept.....	5
3.1.2	Nachweis Einzel- und Streifenfundamente .....	7
3.1.3	Gründung mit elastisch gebetteter Bodenplatte (Tiefgarage).....	8
4	Logistikgebäude .....	9
4.1	Gründungskonzept.....	9
4.2	Einzel- und Streifenfundamente .....	10
4.3	Bodenplatte.....	12
5	Hochregallager.....	12
5.1	Gründungskonzept.....	12
5.2	Einzel- und Streifenfundamente .....	12
5.3	Bodenplatte.....	14
6	Alternative Tiefgründungsverfahren.....	14
7	Bautechnische Folgerungen.....	16
7.1	Schutz des Aushubplanums .....	16
7.2	Baugrubenaushub.....	17
7.3	Frostempfindlichkeit .....	18
7.4	Wasserhaltung .....	18
7.5	Feuchteschutz des Gebäudes.....	18
7.6	Wiedereinbau von Aushub .....	19
7.7	Qualifizierte Bodenverbesserung .....	19
7.8	Erdbeben .....	19
7.9	Versickerung von Oberflächenwasser .....	20
8	Empfehlungen zu Straßenbaumaßnahmen (Verkehrsflächen) .....	20
8.1	Verdichtung/Tragfähigkeit des Planums .....	21
8.2	Maßnahmen zur Erhöhung der Tragfähigkeit des Planums.....	22
8.2.1	Bodenverbesserung .....	22
8.2.2	Bodenaustausch/Erhöhung der Aufbaustärke .....	22
8.3	Empfehlungen zur Bauweise des Oberbaus.....	23
9	Zusammenfassung.....	25

## **Tabellen**

Tabelle 1:	Ergebnisse der Detailberechnung (vgl. Anlage 3.2).....	11
Tabelle 2:	Ergebnisse der Detailberechnung (vgl. Anlage 3.3).....	13
Tabelle 3:	Anforderungen an den Verdichtungsgrad.....	21
Tabelle 4:	Empfehlung für den frostsicheren Oberbau (Bauklasse abgeschätzt) .....	23
Tabelle 5:	Mehr- oder Minderdicken des Oberbaus .....	23

## **Anlagen**

Anlage 1	Lageplan
Anlage 2	Bodenprofile mit Gründungsebenen
Anlage 3	Fundamentdiagramme
Anlage 3.1	Bürogebäude/Tiefgarage
Anlage 3.1.1	Streifenfundamente
Anlage 3.1.2	Einzelfundamente
Anlage 3.2	Logistikgebäude
Anlage 3.2.1	Einzelfundament Variante A Stütze 1
Anlage 3.2.2	Einzelfundament Variante B Stütze 1
Anlage 3.2.3	Einzelfundament Beide Varianten Stütze 2
Anlage 3.2.4	Variante Einzelfundament Variante B aus Bodenaustausch
Anlage 3.3	Hochregallager
Anlage 3.3.1	Streifenfundamente
Anlage 3.3.2	Einzelfundamente
Anlage 3.3.3	Streifenfundamente mit Bodenaustausch, -verbesserung
Anlage 3.3.4	Einzelfundamente mit Bodenaustausch, -verbesserung
Anlage 3.4	Bohrpfähle
Anlage 3.4.1	Felshochpunkt
Anlage 3.4.2	Felstiefpunkt

## 1 Einleitung

In Neuenstein ist die Erweiterung des Gewerbegebietes „Lange Klinge“ geplant. Hierzu ist unter anderem die Errichtung mehrerer Firmengebäude der Firma Schäfers & Peters vorgesehen. Die GGU wurde mit der Erkundung der Baugrundverhältnisse für dieses Bauvorhaben beauftragt. Die Ergebnisse liegen mit dem Geotechnischen Erkundungsbericht 2022/1355.3 vom 02.12.2022 vor.

Im vorliegenden Geotechnischen Bericht werden ergänzend Empfehlungen für die Gründung der geplanten Bauwerke und Verkehrsflächen sowie bautechnische Empfehlungen mitgeteilt.

## 2 Planung

Die Planung liegt mit Plänen und Schnitten, Stand 30.09.2022 vor. Es handelt sich im Bauabschnitt 1 um ein Hochregallager, eine Logistikhalle, ein viergeschossiges Bürogebäude sowie die dazugehörigen Erschließungsflächen und Verkehrswege. Eine Tiefgarage wird als Teil-Unterkellerung des geplanten Bauwerks angeordnet (Abbildung 1).

Für die Maßnahme soll ein erdbautechnischer Massenausgleich zur Profilierung der Fläche erfolgen.

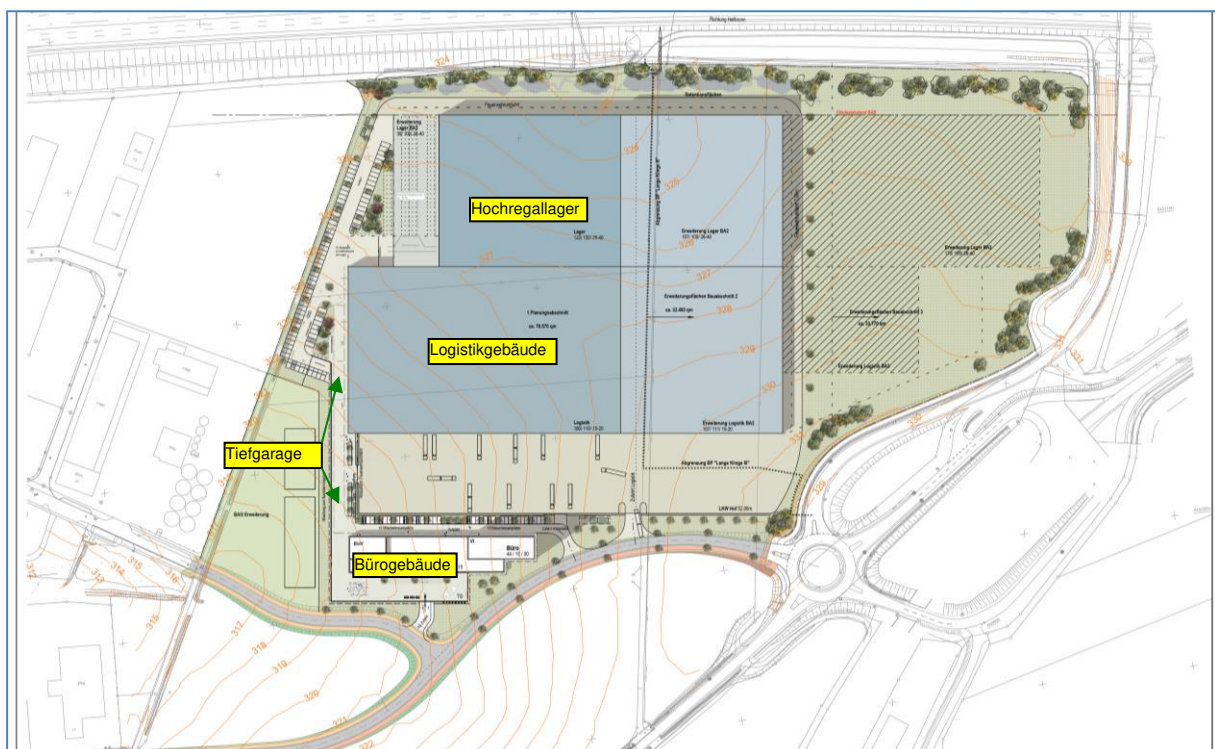


Abbildung 1: Lageplan (Knorr & Thiele Architekten)

### 3 Gründung der Gebäude

Die Planung der Gebäude liegt mit Lageplänen und Gebäudeschnitten vom 30.09.2022 vor. Angaben zum Gründungsniveau liegen dabei noch nicht exakt vor. Diese wurden auf der Grundlage der Gebäudeschnitte (Abbildung 2 und Abbildung 3) näherungsweise angenommen. Gegebenenfalls sind hierfür noch Anpassungen zu treffen.

Nach Mitteilung der Planer sind Setzungs- und Ausgleichsfugen zwischen Gebäudebereichen aufgrund der Feuerschutzmauer nicht vorgesehen.

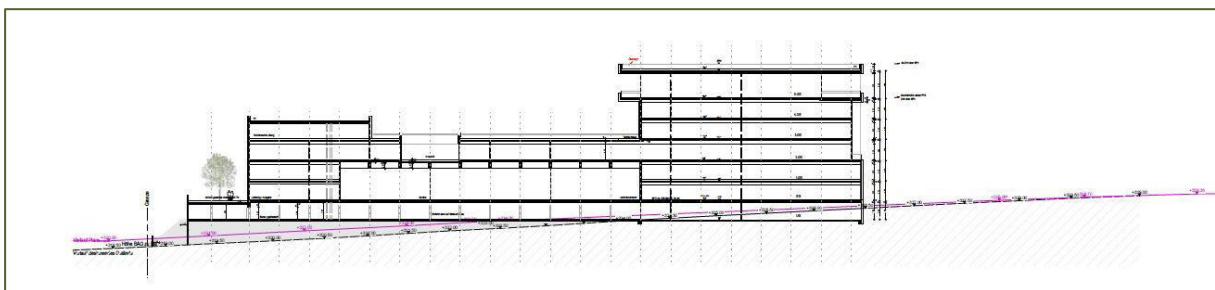


Abbildung 2: Schnitt Bürogebäude, Ost-West (Knorr & Thiele Architekten)

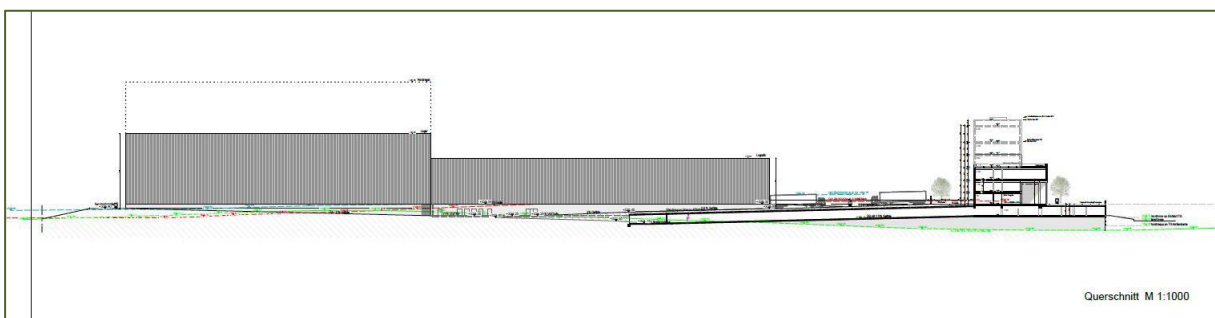


Abbildung 3: Schnitt Gesamtbauwerk, Nord-Süd (Knorr & Thiele Architekten)

#### 3.1 Bürogebäude/Tiefgarage

##### 3.1.1 Gründungskonzept

Die Tiefgarage ist unter dem Bürogebäude und teilweise unter der Logistikhalle angeordnet. Als Gründungshöhe wurde der vorliegenden Planung zufolge bei  $(KFH = 328,00 - 3,85 = 324,15) - ca. 1,20 = ca. 323 \text{ m NHN}$  im Büro- und Tiefgaragenbereich angenommen. Die Tiefgarage ist nach Norden rampenartig geneigt und erreicht im Norden eine tiefere Gründungssohle von ca. 321 m NHN. Grundsätzlich ist eine frostsichere Gründungstiefe von mindestens 0,80 m unter Gelände erforderlich. Mit diesen Gründungstiefen liegt die Gründungssohle sowohl der Tiefgarage als auch des Bürogebäudes teilweise in Abtragungs- und teilweise in Auffüllungsbereichen.

Der anstehende Baugrund besteht aus gering tragfähigen Schichten (bindige und gemischt-körnige Auffüllungen, Löss- und Verwitterungslehme und zersetzte Mergel- und Tonsteinen) über sehr gut tragfähigem Festgestein (Ton-, Mergel- und Kalkstein). Lokal kann die Qualität dieses Festgesteins unterschiedlich ausgeprägt sein. Die Baugrundsichtung ist in Bodenprofil 1 dargestellt. Der sich nach Norden erstreckende Bereich der Tiefgarage ist in Bodenprofil 7 repräsentiert.

Bei einer Flachgründung würde das Gebäude über eine Bodenplatte und / oder in die Bodenplatte integrierte Einzel- und Streifenfundamente gegründet werden. Insofern würde die Gründungssohle des Bürobereiches mit Tiefgarage teilweise in der Geländeauffüllung und teilweise oberhalb kompressibler, gering tragfähiger Schichten liegen. Bei einer Flachgründung mit den hier zu erwartenden hohen Sohldrücken, wird es bei derart unterschiedlichen Baugrundverhältnissen zu Setzungen, Setzungsunterschieden und hohen Winkelverdrehungen kommen. Damit resultieren Einschränkungen der Gebrauchstauglichkeit. Insofern ist die Konzeptionierung der Gründung als Flachgründung hauptsächlich unter dem Gesichtspunkt der Setzungsverträglichkeit vorzunehmen. Das bedeutet, dass für eine Flachgründung schlecht tragfähige Bereiche weitgehend soweit auszutauschen sind, dass gleichmäßige Setzungsverhältnisse resultieren. Das bedeutet im Regelfall, dass ein Austausch meist bis auf das Festgestein oder zumindest gut tragfähigen Felsersatz zu führen ist. Dieser Felshorizont wird im Bereich des geplanten Bürogebäudes bei ca. 317 m NHN, also maximal ca. 5 m unterhalb der geplanten Gründungssohle erwartet. Optimierungen für geringer belastete Bereiche und Bodenplatten sind unter Einbeziehung der tatsächlichen Lasten im Detail zu prüfen.

Als Bodenaustausch und Geländeauffüllung wird gut abgestufter und gut verdichtbarer Füllboden empfohlen. Alternativ kann auch eine qualifizierte Bodenverbesserung des anstehenden bindigen Bodens mit Mischbinder erwogen werden. Damit würden die Mengen des zu liefernden aber auch der zu entsorgenden Bodens minimiert. Dieser Bodenaustausch bzw. die qualifizierte Bodenverbesserung wird mit einem Steifemodul in der Größenordnung  $E_s \geq 80 \text{ MN/m}^2$  angesetzt. Bei Bodenplatten wird ein Schotterpolster (z. B. gut abgestuftem Schotter mit Körnung 0/32 oder 0/45 mm) von mind. 0,3 m Mächtigkeit empfohlen. Dieses kann gleichzeitig kapillarbrechend im Sinne der Anforderungen des Feuchteschutzes dienen.

Aufgrund der erkundeten Wasser- und Bodensituation sollte eine Möglichkeit zur Entwässerung in Betracht gezogen werden, z. B. über Durchbrüche in den Streifenfundamenten und Rigolen oder umlaufende Drainagestränge.

Grundsätzlich empfehlen wir eine Abnahme der Aushubsohle, der qualifizierten Bodenverbesserung und der Gründungssohle durch einen geotechnischen Sachverständigen.

Bei lokal hohen Lasten kann alternativ zur Flachgründung auch eine Tiefgründung über tiefergeführte Einzel- oder Streifenfundamente, Pfähle oder auch einer Kombination aus beiden sinnvoll sein. Auch dies wäre unter Einbeziehung der tatsächlichen Konstruktion und der Lasten im Detail zu prüfen. Es wird auf Abschnitt 6 verwiesen.

Für Vorbemessungen von Flachgründungen wurden Berechnungen durchgeführt, die nachfolgend dokumentiert sind. Detaillierte Betrachtungen sind nach Vorliegen der endgültigen Konstruktion und der Lasten in Abstimmung mit dem Tragwerksplaner erforderlich.

### **3.1.2 Nachweis Einzel- und Streifenfundamente**

Die Vorbemessung der Fundamente erfolgt durch Berechnung der Grundbruchsicherheit nach DIN 4017 und der Setzungen nach DIN 4019 auf Grundlage der EC 7 (DIN EN 1997-1:2009-09, DIN EN 1997-1/NA:2010-12 sowie DIN 1054:2010-12) nach dem Teilsicherheitskonzept. Die Berechnungen wurden für die Bemessungssituation BS-P (persistent situations) im Grenzzustand GEO-2 für senkrecht und mittig belastete Streifenfundamente durchgeführt.

Die Ergebnisse sind für eine mittige Belastung in der Anlage 3.1.1 für Streifenfundamente dokumentiert. Bei einer Mindestbreite der Fundamente von 1,0 m errechnet sich für **Streifenfundamente** ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes

$$\sigma_{R,d} = 600 \text{ kN/m}^2 \text{ (Streifenfundamente)}$$

Bei voller Ausnutzung der zulässigen Bodenpressung ergeben sich bei einer Fundamentbreite von 1,0 m Setzungen von ca. 1,3 cm, davon werden etwa 50 % während der Rohbauphase eintreten.

Der oben angegebene Bemessungswert des Sohlwiderstandes entspricht nicht dem aufnehmbaren Sohldruck nach DIN 1054:2005-01 bzw. der zulässigen Bodenpressung nach DIN 1054:1976-01. Bei einem angenommenen Anteil von 30 % veränderlicher Lasten ergibt sich aus dem Bemessungswert des Sohlwiderstands ein aufnehmbarer Sohldruck (DIN 1054:2005-01) bzw. eine zulässige Bodenpressung (DIN 1054:1976-01) für Streifenfundamente von rund

$$\sigma_{E,k} = 440 \text{ kN/m}^2 \text{ (Streifenfundamente)}.$$

Für **Einzelfundamente** sind Berechnungen in der Anlage 3.1.2 dokumentiert. Bei einer Fundamentbreite von 2,0m x 2,0 m für eine mittige Belastung ergibt sich ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes von

$$\sigma_{R,d} = 890 \text{ kN/m}^2 \text{ (Einzelfundamente).}$$

Bei voller Ausnutzung der zulässigen Bodenpressung ergeben sich für Fundamente von 2,0 m x 2,0 m Setzungen von ca. 1,3 cm, davon werden etwa 50 % während der Rohbauphase eintreten. Bei einem Anteil von 30 % veränderlicher Lasten ergeben sich aus dem Bemessungswert des Sohlwiderstands ein aufnehmbarer Sohldruck (DIN 1054:2005-01) bzw. eine zulässige Bodenpressung (DIN 1054:1976-01) für Einzelfundamente von ca.

$$\sigma_{E,k} = 640 \text{ kN/m}^2 \text{ (Einzelfundamente).}$$

Für die nach Norden anschließende Tiefgarage ergeben sich im Übergang vom Bürogebäude zum Flachbereich deutlich geringere Lasten. Allerdings ist sie hier teilweise mit dem Logistiklager überbaut. Zudem sinkt die Gründungssohle auf bis zu 321,00 mNHN. Hier werden deutliche Last- und damit auch Setzungsunterschiede erwartet.

Die Fundamentbemessung sowohl für Streifen- als auch Einzelfundamente ist letztlich durch Beachtung der Setzungsverträglichkeit der Konstruktion durch den Tragwerksplaner durchzuführen. Präzisere Angaben können nach Vorliegen der Konstruktion und der Lasten gegeben werden.

### **3.1.3 Gründung mit elastisch gebetteter Bodenplatte (Tiefgarage)**

Bei einer Flachgründung als Plattengründung ist eine Bemessung nach dem Bettungsmodulverfahren erforderlich. Der dazu erforderliche Bettungsmodul ist keine Bodenkonstante, sondern unter anderem auch von Laststellungen und Lastgrößen abhängig. Für die in Abschnitt 3.1.2 dargestellten Gegebenheiten kann mit ausreichender Genauigkeit von einem mittleren Bettungsmodul  $k_s$  von

$$k_s = 20 \text{ MN/m}^3$$

für die Vorbemessung der Gründung ausgegangen werden. Überprüfungen sind auf der Grundlage der tatsächlichen Konstruktion und der Lasten erforderlich.



## 4 Logistikgebäude

### 4.1 Gründungskonzept

Das geplante Logistikgebäude ist teilweise auf der Tiefgarage bzw. auf einer Unterkellerung konzipiert. Der überwiegende Teil soll nicht unterkellert errichtet werden. Die Höhe Hallenboden ist mit FB Halle = 328,00 mNHN angegeben. Wir gehen grundsätzlich von einer frostsicheren Gründung aus, in den Teilbereichen die ggf. nicht in den späteren Geländeverlauf einbinden sind Mindesttiefen von 0,80 m Tiefe zu empfehlen.

Als Gründungssohle wurde für den auf der Tiefgarage bzw. Keller liegenden Teil wird daher ca. 321 - 323 mNHN angenommen. Es können grundsätzlich die Fundamentdiagramme aus Abschnitt Anlage 3.1 angewandt werden. Die Gründungssohle liegt in diesem Bereich infolge der Rampe der Tiefgarage tiefer bei bis zu 321 m NHN, so dass die Bemessung tendenziell auf der sicheren Seite liegen würde.

Als Gründungssohle für den nicht unterkellerten Teil wurde ca. 327,00 m NHN (Bodenplatten) und 326,50 mNN (Stützen- und Wandfundamente) angenommen.

Die Baugrundsichtung ist mit den Baugrundprofilen 2 - 4 bzw. 8 und 9 dargestellt. Der Baugrund besteht danach auch hier aus gering tragfähigen Schichten (bindige und gemischt-körnige Auffüllungen, Löss- und Verwitterungslehme und zersetzte Mergel- und Tonsteinen) über sehr gut tragfähigem Festgestein (Ton-, Mergel- und Kalkstein). Die gut tragfähigen Horizonte liegen gegenüber dem Bürogebäude tendenziell 1 - 2 m höher.

Bei der Logistikhalle ergeben sich nur kleinere Bereiche mit Geländeauffüllungen. Der überwiegende Hallenbereich liegt aufgrund des höheren Geländeniveaus im Abtragsbereich.

Für Vorbemessungen von Flachgründungen wurden Berechnungen durchgeführt, die nachfolgend dokumentiert sind. Detaillierte Betrachtungen sind nach Vorliegen der endgültigen Konstruktion und der Lasten in Abstimmung mit dem Tragwerksplaner erforderlich.

Bei lokal hohen Lasten kann alternativ zur Flachgründung auch eine Tiefgründung über tiefergeführte Einzel- oder Streifenfundamente, Pfähle oder auch einer Kombination aus beiden sinnvoll sein. Auch dies wäre unter Einbeziehung der tatsächlichen Konstruktion und der Lasten im Detail zu prüfen. Es wird auf Abschnitt 6 verwiesen.

## 4.2 Einzel- und Streifenfundamente

Für das Logistikgebäude wurden von Seiten der Tragwerks-Statik folgende Stützlasten übermittelt:

<u>S+ P Logistikgebäude – Zusammenstellung der Stützenlasten</u>	
<u>Variante A mit Trapezblechdach</u>	
Stütze S1:	Fertigteil-Betonstützen mit DG-Querschnitt 60/60 + EG-Querschnitt 80/60
	Belastung von DG: 1580 kN
	Belastung von EG: 3570 kN
	Eigenlast Stütze: <u>200 kN</u>
	Gesamtlast: 5350 kN
Stütze S2:	Fertigteil-Betonstützen mit EG-Querschnitt 60/60
	Belastung von EG: 3570 kN
	Eigenlast Stütze: <u>100 kN</u>
	Gesamtlast: 3670 kN
<u>Variante B mit PB-Dachplatten</u>	
Stütze S1:	Fertigteil-Betonstützen mit DG-Querschnitt 60/60 + EG-Querschnitt 80/60
	Belastung von DG: 2070 kN
	Belastung von EG: 3570 kN
	Eigenlast Stütze: <u>200 kN</u>
	Gesamtlast: 5840 kN
Stütze S2:	Fertigteil-Betonstützen mit EG-Querschnitt 60/60
	Belastung von EG: 3570 kN
	Eigenlast Stütze: <u>100 kN</u>
	Gesamtlast: 3670 kN
<b>TeamTragwerk</b>	Marktplatz 2
Ingenieurgesellschaft mbH	74677 Dörzbach
	T: 07937/322977-0
	F: 07937/322977-6
	ingenieure@teamtragwerk.de
	www.teamtragwerk.de

Mit diesen Lasten wurden Einzelfundamente unter Berücksichtigung der Grundbruchsicherheit nach DIN 4017 und der Setzungen nach DIN 4019 auf Grundlage der EC 7 (DIN EN 1997-1:2009-09, DIN EN 1997-1/NA:2010-12 sowie DIN 1054:2010-12) nach dem Teilsicherheitskonzept berechnet (vgl. Anlage 3.2). Dabei wurden repräsentativ ungünstige Untergrundverhältnisse für die Bemessungssituation BS-P (persistent situations) im Grenzzustand GEO-2 für angenommen. Als Alternative wurde ein Teil-Bodenaustausch bzw. eine qualifizierte Bodenverbesserung der anstehenden bindigen Schichten angenommen.

Die Berechnungen sind nachfolgend zusammengefasst:

Tabelle 1: Ergebnisse der Detailberechnung (vgl. Anlage 3.2)

Variante	Lastannahme	Ermittelte Fundamentgröße	Setzung	Ausnutzungsgrad
A Stütze 1	5350 kN	3,9 x 3,9 m	5,9 cm	0,96
B Stütze 1	5840 kN	4,0 x 4,0 m	6,3 cm	0,99
Beide Varianten Stütze 2	3670 kN	3,3 x 3,3 m	4,8 cm	0,97
B Stütze 1 Bodenaustausch Bodenverbesserung	5840 kN	3,0 x 3,0 m	2,1 cm	0,82

Es zeigt sich, dass Fundamente in der Größenordnung von 4 x 4 m ausreichend standsicher wären, aber sehr große und unverträgliche Setzungen von bis zu 6 cm resultieren. Mit einem Bodenaustausch oder einer qualifizierten Bodenverbesserung von Teilbereichen der bindigen Schichten lassen sich Optimierungen und verträgliche Setzungen  $s = 1,8$  cm erreichen. Setzungen werden zu  $\sim 50$  % während der Rohbauphase auftreten. Genaue Festlegungen und weitere Optimierungen des Umfangs des Bodenaustauschs oder einer qualifizierten Bodenverbesserung sind nach Maßgabe der Setzungsverträglichkeit unter Mitwirkung des Tragwerksplaners möglich.

Die Bodenplatten können auf einer Tragschicht bzw. einem Schotterpolster (z. B. gut abgestuftem Schotter mit Körnung 0/32 oder 0/45 mm) von mind. 0,3 m Mächtigkeit gegründet werden. Dieses kann gleichzeitig kapillarbrechend im Sinne der Anforderungen des Feuchteschutzes dienen. Inwieweit zusätzliche Maßnahmen für die Bodenplatten erforderlich werden, richtet sich nach den hier zu erwartenden, setzungserzeugenden Lasten. Ebenso ist die Setzungsverträglichkeit im Übergang von Bodenplatten zu dem Stützentragwerk zu beachten. Diesbezüglich werden ergänzende Abstimmungen mit dem Tragwerksplaner empfohlen.

Aufgrund der erkundeten Wasser- und Bodensituation sollte eine Möglichkeit zur Entwässerung in Betracht gezogen werden, z. B. über Durchbrüche in den Streifenfundamenten und Rigolen oder umlaufende Drainagestränge.

Grundsätzlich empfehlen wir eine Abnahme der Aushubsole, der qualifizierten Bodenverbesserung und der Gründungssole durch einen geotechnischen Sachverständigen.

### 4.3 Bodenplatte

Bei einer Flachgründung als Plattengründung ist eine Bemessung nach dem Bettungsmodulverfahren erforderlich. Der dazu erforderliche Bettungsmodul ist keine Bodenkonstante, sondern unter anderem auch von Laststellungen und Lastgrößen abhängig. Für die in Abschnitt 4.2 dargestellten Gegebenheiten mit Bodenaustausch kann mit ausreichender Genauigkeit von einem mittleren Bettungsmodul  $k_s$  von

$$k_s = 18 \text{ MN/m}^3$$

für die Vorbemessung der Gründung ausgegangen werden. Überprüfungen sind auf der Grundlage der tatsächlichen Konstruktion und der Lasten erforderlich.

## 5 Hochregallager

### 5.1 Gründungskonzept

Das geplante Hochregallager soll nicht unterkellert errichtet werden. Die Höhe Hallenboden ist mit FB Halle = 328,00 mNHN angegeben. Wir gehen grundsätzlich von einer frostsicheren Gründung aus. Für Stützenfundamente werden Gründungssohlen bei 1,50 m Tiefe also 326,50 mNHN angenommen. Angaben zu Lasten liegen nicht vor. Es ist davon auszugehen, dass gegenüber der Logistikhalle deutlich größere Lasten zu erwarten sind.

Grundsätzlich gibt es auch in diesem Gebäudebereich wieder Abtragungs- und in Auffüllungsflächen. Es liegen mit der Logistikhalle vergleichbare Baugrundverhältnisse vor.

Zunächst werden Flachgründungen betrachtet.

Bei lokal hohen Lasten kann alternativ zur Flachgründung auch eine Tiefgründung über tiefergeführte Einzel- oder Streifenfundamente, Pfähle oder auch einer Kombination aus beiden sinnvoll sein. Auch dies wäre unter Einbeziehung der tatsächlichen Konstruktion und der Lasten im Detail zu prüfen. Es wird auf Abschnitt 6 verwiesen.

### 5.2 Einzel- und Streifenfundamente

Fundamentbemessungen für Einzelfundamente und Streifenfundamente unter Berücksichtigung der Grundbruchsicherheit nach DIN 4017 und der Setzungen nach DIN 4019 auf Grundlage der EC 7 (DIN EN 1997-1:2009-09, DIN EN 1997-1/NA:2010-12 sowie DIN 1054:2010-12) nach dem Teilsicherheitskonzept liegen in Anlage 3.3 vor. Dabei wurde die Bemessungssituation BS-P (persistent situations) im Grenzzustand GEO-2 für

angenommen. Als Alternative wurde ein Teil-Bodenaustausch bzw. eine qualifizierte Bodenverbesserung der anstehenden bindigen Schichten angenommen.

Die Berechnungen sind nachfolgend zusammengefasst:

Tabelle 2: Ergebnisse der Detailberechnung (vgl. Anlage 3.3)

Variante	Breite / Größe (exemplarisch)	Bemessungswert des Sohlwiderstandes	Setzung
Streifenfundament	2 m	450 kN/m <sup>2</sup>	6,5 cm
Einzelfundament	4 x 4 m	636 kN/m <sup>2</sup>	8 cm
Streifenfundament Teil-Bodenaustausch	2 m	787 kN/m <sup>2</sup>	3 cm
Einzelfundament Teil-Bodenaustausch	4 x 4 m	1100 kN/m <sup>2</sup>	3,8 cm

Es zeigt sich, dass unverträglich hohe Setzungen erwartet werden. Aufgrund der hohen Lasten ist bei einer Flachgründung in jedem Fall ein Bodenaustausch und / oder eine qualifizierte Bodenverbesserung erforderlich, um die Setzungen ausreichend zu minimieren. Setzungen werden zu ~ 50 % während der Rohbauphase auftreten. Genaue Festlegungen und weitere Optimierungen des Umfangs des Bodenaustauschs oder einer qualifizierten Bodenverbesserung sind nach Maßgabe der Setzungsverträglichkeit unter Mitwirkung des Tragwerksplaners möglich.

Die Bodenplatten können auf einer Tragschicht bzw. einem Schotterpolster (z. B. gut abgestuftem Schotter mit Körnung 0/32 oder 0/45 mm) von mind. 0,3 m Mächtigkeit gegründet werden. Dieses kann gleichzeitig kapillarbrechend im Sinne der Anforderungen des Feuchteschutzes dienen. Inwieweit zusätzliche Maßnahmen für die Bodenplatten erforderlich werden, richtet sich nach den hier zu erwartenden, setzungserzeugenden Lasten. Gegebenenfalls ist eine Verstärkung der Bodenplatte (1,5 m dick) möglich. Ebenso ist die Setzungsverträglichkeit im Übergang von Bodenplatten zu dem Stütztragwerk zu beachten. Diesbezüglich werden ergänzende Abstimmungen mit dem Tragwerksplaner empfohlen.

Aufgrund der erkundeten Wasser- und Bodensituation sollte eine Möglichkeit zur Entwässerung in Betracht gezogen werden, z. B. über Durchbrüche in den Streifenfundamenten und Rigolen oder umlaufende Drainagestränge.

Grundsätzlich empfehlen wir eine Abnahme der Aushubsohle, der qualifizierten Bodenverbesserung und der Gründungssohle durch einen geotechnischen Sachverständigen.

### 5.3 Bodenplatte

Bei einer Flachgründung als Plattengründung ist eine Bemessung nach dem Bettungsmodulverfahren erforderlich. Der dazu erforderliche Bettungsmodul ist keine Bodenkonstante, sondern unter anderem auch von Laststellungen und Lastgrößen abhängig. Für die in Abschnitt 5.2 dargestellten Gegebenheiten mit Bodenaustausch kann mit ausreichender Genauigkeit von einem mittleren Bettungsmodul  $k_s$  von

$$k_s = 15 \text{ MN/m}^3$$

für die Vorbemessung der Gründung ausgegangen werden. Überprüfungen sind auf der Grundlage der tatsächlichen Konstruktion und der Lasten erforderlich.

## 6 Alternative Tiefgründungsverfahren

Flachgründungen und insbesondere Plattengründungen erfordern im Hinblick auf die Setzungsverträglichkeit umfangreiche Maßnahmen zum Bodenaustausch bzw. einer Bodenverbesserung. Bei lokal hohen Lasten kann wegen der teilweise mehrere Meter mächtigen Überdeckung bis zum Erreichen des gut tragfähigen Felshorizontes alternativ eine Tiefgründung sinnvoller sein. Details wären unter Einbeziehung der tatsächlichen Lasten und der Konstruktion mit dem Tragwerksplaner abzustimmen. Orientierend werden nachfolgend Angaben zu verschiedenen Tiefgründungsvarianten gegeben.

### Duktile Gusspfähle

Als kostengünstige Gründungsmöglichkeit bieten sich duktile Gusspfähle an, bei dem Gusseisenrohre in den Boden getrieben und nach Erreichen des tragfähigen Horizontes mit Bohrpfahlbeton verfüllt werden.

Die Rohrsegmente sind 5 m lang und werden im Laufe des Rammvorgangs zusammengesteckt und eingerammt. Die üblichen Pfahldurchmesser liegen bei 11,8 cm und 17 cm. Für die Pfähle werden je nach Typ, folgende Bemessungswerte  $R_{i,d}$  der Querschnittstragfähigkeit angegeben:

Gussrohr	Ohne Mantelverpressung mit Betonverfüllung		Mit Mantelverpressung	
	C 20/25	C 25/30	C 20/25	C 25/30
118 x 7,5 mm	709 kN	737 kN	869 kN	896 kN
118 x 9,0 mm	842 kN	868 kN	1001 kN	1027 kN
118 x 10,6 mm	979 kN	1003 kN	1139 kN	1163 kN
170 x 9,0 mm	1335 kN	1396 kN	1566 kN	1627 kN
170 x 10,6 mm	1545 kN	1603 kN	1776 kN	1834 kN

Quelle: Tab. 2 der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Nr. Z-34.25-230 vom 19.07.2012, Fa. K. Motz

Die erforderlichen Längen sollen im Rahmen der empfohlenen Proberammung festgelegt werden und sind von der eigentlichen Gründungsebene der jeweiligen Gebäudeteile abhängig. Grundsätzlich kann aber von einer Rammtiefe bis etwa auf Oberkante Festgestein (korrelierend mit den durchgeführten schweren Rammsondierungen > 100 Schläge) ausgegangen werden. Bei dieser Gründung sind Setzungen von geschätzt maximal 0,5 cm zu erwarten.

Ein Vorteil der Gusspfähle ist das einfache Gerät (Bagger mit Schnellschlaghammer). Weiterhin entsteht bei der Herstellung kein Bodenaushub. Die Herstellung der Pfähle ist auf wenige Arbeitstage beschränkt. Ein Nachteil wären die Erschütterungen und der beim Rammen entstehende Lärm.

#### Fertig-Rammpfähle (z.B. Centrum Pfähle)

Bei dieser Gründung werden fertige Pfähle mit quadratischem Querschnitt auf der Baustelle angeliefert und in den Boden gerammt. Nach Erreichen des Rammkriteriums werden die Pfähle auf die erforderliche Länge abgeschnitten. Nach Angaben der Herstellerfirma können aufgrund von Erfahrungswerten folgende zulässige Pfahltragfähigkeiten angenommen werden:

Pfahlquerschnitt	Tragfähigkeit
20 cm x 20 cm	50 kN bis 250 kN
25 cm x 25 cm	250 kN bis 1000 kN
30 cm x 30 cm	650 kN bis 1000 kN
35 cm x 35 cm	1000 kN bis 1400 kN
40 cm x 40 cm	1400 kN bis 2000 kN

Quelle: Fa. Centrum Pfähle, Kupplungspfahl

Die Rammkriterien und die Rammtiefe sind im Rahmen einer Proberammung festzulegen.

## Bohrpfähle

Die Vorbemessung der Bohrpfahlgründung wurde nach DIN EN 1536, EC 7 und Empfehlungen des Arbeitskreises Pfähle (EA-Pfähle) nach dem Teilsicherheitskonzept durchgeführt. Die Berechnungen wurden unter Berücksichtigung der Untergrundverhältnisse für einen repräsentativen Felshochpunkt (Anlage 3.4.1) und einen Felstiefpunkt (Anlage 3.4.2) durchgeführt. Genaue Auflasten waren zum Zeitpunkt der Vorbemessung nur für den Bereich des Logistikgebäudes bekannt. Die Ergebnisse sind diesem Bericht beigefügt.

Als Bemessungssituation wurde BS-P (persistent situations) gewählt.

Bei einem Bohrpfahl mit einem Durchmesser von 50 cm und einer Länge von 6,5 m (Felshochpunkt) wurde ein charakteristischer Pfahlwiderstand im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit von  $R_{E,k} = 0,47$  MN bei einer Setzung von 0,49 cm Vorbemessen.

Bei einem Bohrpfahl mit einem Durchmesser von 50 cm und einer Länge von 9,5 m (Felstiefpunkt) wurde ein charakteristischer Pfahlwiderstand im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit von  $R_{E,k} = 0,56$  MN bei einer Setzung von 0,52 cm Vorbemessen.

Die oben angegebenen Pfahlbemessungen können um weitere alternative Gründungsverfahren (tiefergeführte Einzelfundamente, Brunnengründung etc.) erweitert werden.

Detaillierte Bemessungen sind in Abstimmung mit dem Tragwerksplaner bei Kenntnis genauerer Lasten und Lastverteilung möglich.

## **7 Bautechnische Folgerungen**

Es ergeben sich die folgend angegebenen weiteren Maßnahmen für das Bauvorhaben.

### **7.1 Schutz des Aushubplanums**

Der Baugrubenaushub sollte mit einer glatten Baggerschaufel erfolgen, um Auflockerungen zu verhindern. Sofern in den Gründungssohlen aufgeweichte Bereiche angetroffen werden, müssen diese durch Schotter (z. B. Körnung 0/32 mm oder vergleichbar) ausgetauscht werden.

Ein Befahren der Baugrubensohle mit gummibereiften Fahrzeugen muss auf jeden Fall vermieden werden.



Unter den Bodenplatten ist umgehend die kapillARBrechende Schicht (mind. 0,30 m) einzubauen. Nach dem Einbringen ist eine möglichst statische Verdichtung mit leichtem Gerät erforderlich. Der Einsatz schwerer Verdichtungsgeräte würde den tieferen Untergrund dynamisch anregen und kann im Fall der bindigen Schichten zu weiteren Aufweichungen führen.

## **7.2 Baugrubenaushub**

Beim Aushub der Baugruben sind die Empfehlungen der DIN 4124 für Böschungen, Arbeitsraumbreiten und Verbau zu beachten. Die einschlägigen Sicherheits- und Arbeitsschutzrichtlinien der TBG sind einzuhalten.

Folgendes ist unter anderem zu beachten:

- Baugrubenwände bis maximal 1,25 m Höhe können senkrecht ausgehoben werden, sofern kein Grundwasser angetroffen wird und die Standsicherheit des anstehenden Materials gegeben ist.
- Tiefere Baugrubenwände können in bindigem Material mind. steifer Konsistenz unter einem Böschungswinkel von 60 ° ausgehoben werden bzw. sind zu verbauen.
- Auf den Mindestabstand schwerer Baumaschinen zur Baugrubenböschung ist zu achten.
- Die Baugrubenwände sind vor Witterungseinfluss z. B. durch Abdeckung mit PE-Folien zu schützen.
- Auf etwaigen massiven Schicht- und Stauwasserzufluss muss umgehend (z. B. mit Kies-Auflast-Filler) reagiert werden.

Der Baugrund ist als stark wasserempfindlich einzustufen. Aufgeweichte Bereiche müssen mit geeignetem Schottermaterial (z. B. 0/45 oder 0/32 Körnung) ausgetauscht werden. Bei den Arbeiten sind Wasseransammlungen und Wassereinstau in der Baugrubensohle zu vermeiden. Auf zu schweres Gerät sollte dabei verzichtet werden, um das Aufweichen des Bodens durch zu große Belastung zu vermeiden.

Wir weisen darauf hin, dass in Teilbereichen ein mindestens bauzeitlicher Verbau bzw. eine Abböschung des übrigen Hanges notwendig werden könnte. Es ist zu klären wie hier verfahren werden soll. Gegebenenfalls kann hier eine Vorbemessung des Verbaus durch die GGU nach Vorlage von Detailplänen erfolgen.

Grundsätzlich empfehlen wir eine Abnahme der Aushubsohle durch einen geotechnischen Sachverständigen.

### **7.3 Frostempfindlichkeit**

Da die Baufläche in der Frosteinwirkungszone 1 liegt, sollte eine Mindesteinbindetiefe der Fundamente von 0,80 m eingehalten werden, um Frosthebungen und damit verbundenen Schäden vorzubeugen. Ein Großteil des Gebäudes wird voraussichtlich tiefer und damit gemeinhin frostsicher einbinden.

### **7.4 Wasserhaltung**

Es sollte eine offene Wasserhaltung zur Aufnahme von Tag- und Schichtenwasser vorgehalten werden. Der Schichtenwasserandrang kann witterungs- und jahreszeitlich bedingt unterschiedlich sein. Es wird insbesondere auf potenzielles Hangwasser im südöstlichen Bereich (morphologischer Hochpunkt) hingewiesen. Eine temporäre Hangwasserdrainage sollte ggf. in Betracht gezogen werden, da je nach Einschnitttiefe und Witterung nennenswerte Wassermassen anfallen können. Je nach Planung bzw. Endzustand des hinteren Bereichs können hier noch Anpassungen notwendig werden.

Die Grundwasserhaltung ist genehmigungspflichtig. Dafür muss ein Antrag auf wasserrechtliche Erlaubnis für die zeitweise Grundwasserentnahme während der Bauzeit bei der unteren Wasserbehörde gestellt und von dieser Behörde genehmigt werden.

### **7.5 Feuchteschutz des Gebäudes**

Der Bemessungswasserstand ist aufgrund der bindigen Schichten oberflächennah auf Geländeoberkante anzusetzen. Sollten sich die Gegebenheiten vor Ort ändern, ist dieser ggf. anzupassen.

Zur Trockenhaltung des Gebäudes sind die Bodenplatte und alle weiteren erdberührenden Bauteile wasserdicht gemäß DIN 18533-1:2017-07 auszuführen.

Unter der Bodenplatte bzw. den Fundamenten sollte eine kapillarbrechende Schicht aus schluffarmem Material (z. B. Kies Körnung 0/32 mm mit weniger als 5 % Feinkornanteil) vorgesehen werden. Das Geländegefälle sollte durchgehend vom Gebäude weg profiliert werden. Gegebenenfalls ist je nach Planung eine Entwässerungsmöglichkeit des nördlichen Hangs vorzusehen.

## **7.6 Wiedereinbau von Aushub**

Die angetroffenen bindigen Böden eignen sich nur bei geeignetem Wassergehalt und lagenweisen Wiedereinbau zur Lastabtragung. Insgesamt werden sie als bedingt geeignet beurteilt. Gemäß Planung soll möglichst viel des anfallenden Materials auf der Fläche wieder verwertet werden. Hierzu sind die oben getroffenen Parameter ausschlaggebend, der Wiedereinbau in niederschlagsreichen Zeiten ist zu vermeiden. Eine durchgehende Einbaukontrolle zur Qualitätssicherung wird empfohlen.

Grundsätzlich ist der Einsatz von Fremdmaterial (z .B. für den Austausch vernässter Bereiche oder als Auflagerschicht) erforderlich. Bei zu hohem Wassergehalt wäre eine Bodenverbesserung mit Weißfeinkalk oder Mischbinder möglich, da dies zu einer Abtrocknung und verbesserten Einbaufähigkeit führt.

## **7.7 Qualifizierte Bodenverbesserung**

Alternativ zum Einbau von Fremdmaterial ist der Einbau bindigen Aushubbodens möglich, wenn dessen Tragfähigkeit im Rahmen einer qualifizierten Bodenverbesserung deutlich erhöht wird. Für eine qualifizierte Bodenverbesserung sind Eignungsuntersuchungen zur Ermittlung der notwendigen Bindemittelmenge erforderlich. Im vorliegenden Fall ist ein Steifemodul in der Größenordnung von  $E_s \geq 80 \text{ MN/m}^2$  zu erreichen. Dafür ist Erfahrungswerten mit den hier anstehenden Böden zufolge eine Bindemittelmenge von 4-6 % (bezogen auf die Trockenmasse) erforderlich. Vorteilhaft wirkt sich aus, dass bei einer derartigen Vorgehensweise sowohl Bodenlieferungen aber insbesondere auch die Entsorgung von Aushubboden minimiert wird.

## **7.8 Erdbeben**

Laut der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg 1 : 350 000 (1. Auflage 2005) liegt die Baufläche außerhalb der Erdbebenzonen. Es sind somit keine Maßnahmen erforderlich.

## 7.9 Versickerung von Oberflächenwasser

Voraussetzung für die Versickerung von Niederschlagswasser ist die Durchlässigkeit (hydraulische Leitfähigkeit) der oberflächennah anstehenden Lockergesteine sowie ein ausreichender Abstand von der Grundwasseroberfläche (Grundwasserflurabstand).

Für Versickerungsanlagen kommen nach der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), DWA-Regelwerk: Arbeitsblatt DWA-A 138, Ausgabe April 2005 (Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser), Lockergesteine in Frage, die eine Durchlässigkeit im Bereich von  $k = 1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-6}$  m/s besitzen. Die Mächtigkeit des Sickerbaus sollte, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand, grundsätzlich mindestens 1 m betragen, um eine ausreichende Sickerstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten.

Der höchste Grundwasserstand ist definiert als das arithmetische Mittel der Jahreshöchstwerte mehrerer Jahre mit Angabe des Zeitraums.

Aufgrund des für den anstehenden Boden zu erwartenden Durchlässigkeitsbeiwertes des überwiegend feinkörnigen Bodens ( $\leq 10^{-8}$  m/s) ist eine planmäßige Versickerung im Sinne der DWA (Arbeitsblatt DWA-A 138) nicht möglich.

Da die direkte ungedrosselte Ableitung des Regenwassers in Kanalsystemen aus ökologischer Sicht insbesondere hinsichtlich der Grundwasserneubildungsrate jedoch sehr ungünstig zu bewerten ist, sollte versucht werden, den Regenwasserabfluss zu vermindern und zu dämpfen.

Auch an Standorten mit geringer Durchlässigkeit kann ein Teil der Jahresniederschläge versickern oder verdunsten. Hier empfehlen sich Mulden oder Teichflächen. In extremen Witterungsperioden werden die Versickerungselemente jedoch nicht ausreichend leistungsfähig sein. Daher sollten die Versickerungselemente mit einem Notüberlauf („Hochwasserentlastung“) zu den öffentlichen Abwasseranlagen versehen werden (genehmigungspflichtig).

## 8 Empfehlungen zu Straßenbaumaßnahmen (Verkehrsflächen)

Für die Dimensionierung von Straßen und sonstigen befahrbaren Freiflächen gelten die „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen“, Ausgabe 2012 (RStO 12), und „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau“, Ausgabe 2017 (ZTV E-StB 17).

## 8.1 Verdichtung/Tragfähigkeit des Planums

Die im Planum anstehenden Böden sind in den Bodenprofilen (Bericht 2022/1355.3) dargestellt. In jedem der geplanten Gründungshöhen für das Erdplanum der Verkehrsflächen (gemäß Planung 326,60 und 324,25 m NHN) stehen feinkörnige Böden an.

Nach Fertigstellung des Planums ist die Verdichtung/Tragfähigkeit durch entsprechende Versuche zu prüfen.

Die Verdichtungskontrolle ist durch Bestimmung des Verdichtungsgrades mittels Dichtebestimmungen gemäß DIN 18125 Teil 2 in Verbindung mit Proctorversuchen nach DIN 18127 durchzuführen. In der ZTV E-StB 17, Tabelle 2, werden folgende Anforderungen an den Verdichtungsgrad in Abhängigkeit von der Bodenart gestellt:

Tabelle 3: Anforderungen an den Verdichtungsgrad

Bereich	Bodengruppen (DIN 18196)	Verdichtungsgrad $D_{Pr}$
Planum bis 1,0 m Tiefe bei Dämmen und 0,5 m Tiefe bei Einschnitten	GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST	100 %
1,0 m unter Planum bis Dammsohle	GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST	98 %
Planum bis Dammsohle und bis 0,5 m Tiefe bei Einschnitten	GU*, GT*, SU*, ST*, U, T	97 %

Die Tragfähigkeit muss durch die Bestimmung des Verformungsmoduls  $E_{V2}$  geprüft werden. Nach dem Verdichten des Planums muss nach ZTV E-StB 17 im statischen Plattendruckversuch ein Verformungsmodul von  $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  auf frostempfindlichen Untergrund bzw.  $E_{V2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$  auf frostsicherem Untergrund erreicht werden. Bei Durchführung einer qualifizierten Bodenverbesserung ist auf OK Planum ein Verformungsmodul von  $E_{V2} \geq 70 \text{ MN/m}^2$  direkt nach der Verdichtung nachzuweisen.

Nach bisheriger Erfahrung weisen die Abschnitte, in denen feinkörnige Böden mit mindestens steifer Konsistenz anstehen, erfahrungsgemäß  $E_{V2}$ -Werte von 10 - 35  $\text{MN/m}^2$  auf. Höhere Werte lassen sich durch Verdichten meistens nicht erreichen.

## **8.2 Maßnahmen zur Erhöhung der Tragfähigkeit des Planums**

Für alle Bereiche, in denen der geforderte Wert  $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  auch mit Nachverdichtung nicht erreicht wird, sind Maßnahmen zur Erhöhung der Tragfähigkeit des Planums erforderlich. Diese können entweder durch Bodenverbesserungsmaßnahmen des im Planum anstehenden Bodens, durch Bodenaustausch oder durch Erhöhung der Aufbaustärke der Tragschichten ohne Bindemittel erzielt werden.

### **8.2.1 Bodenverbesserung**

Eine Bodenbehandlung mit Weißfeinkalk oder Kalk-Zement-Mischbindemittel führt zur wesentlichen Erhöhung der Tragfähigkeit des Planums bei. Wir gehen davon aus, dass eine Bodenverbesserung bis in eine Tiefe von ca. 30 cm erforderlich ist, um den geforderten Wert zu erreichen. Je nach Wassergehalt des Bodens ist nach bisheriger Erfahrung von einer Bindemittelmenge von 2 - 4 Masse-% auszugehen. Die Zugabemengen sind im Rahmen von Eignungsprüfungen festzulegen.

Wir weisen darauf hin, dass die Bodenbehandlung mit wesentlicher Staubeentwicklung (z. B. Feinkalk) verbunden ist, die ggf. eine erhebliche Belästigung für die Bewohner und Schäden an der Bebauung, Fahrzeugen oder den anderen Einrichtungen hervorrufen kann. Eventuell sind staubarme Bindemittel als Alternative notwendig.

### **8.2.2 Bodenaustausch/Erhöhung der Aufbaustärke**

Alternativ kann ein Bodenaustausch mit grobkörnigem oder gemischtkörnigem nichtbindigem Material mit einem Feinkornanteil  $< 15 \%$  durchgeführt bzw. die Mächtigkeit der Tragschichten ohne Bindemittel vergrößert werden. Um den vorgeschriebenen Verformungsmodul  $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  zu erreichen, wird die erforderliche Dicke des Bodenaustausches auf ca. 15 - 30 cm, ggf. mit Trennvlies, je nach Tragfähigkeit des Untergrundes und Kornzusammensetzung des Austauschmaterials, geschätzt. Für den Bodenaustausch kann grob- und gemischtkörniges Material (z. B. Vorabsiebung oder Schroppen) verwendet werden.

### 8.3 Empfehlungen zur Bauweise des Oberbaus

Gemäß RStO 12 wird für Fahrbahnen in Abhängigkeit von der Frostempfindlichkeit des Planums und der Bauklasse eine Dicke des frostsicheren Oberbaus wie folgt empfohlen:

Tabelle 4: Empfehlung für den frostsicheren Oberbau (Bauklasse abgeschätzt)

Frostempfindlichkeitsklasse	Dicke in cm bei Belastungsklasse		
	Bk100 bis Bk10	Bk3,2 bis Bk1,0	Bk0,3
F 2	55	50	40
F 3	65	60	50

Für Böden der Frostempfindlichkeitsklassen F 2 und F 3 wird ein Verformungsmodul  $E_{v2} \geq 45$  MN/m<sup>2</sup> auf OK Planum gefordert. Neben dem oben angegebenen Richtwert für die Dicke des Oberbaus werden auch weitere Zuschläge (Mehr- oder Minderdicken) für Frosteinwirkungszone, Wasserverhältnisse, Lage, Entwässerung usw. nach Tabelle 7 der RStO 12 wie folgt berücksichtigt.

Tabelle 5: Mehr- oder Minderdicken des Oberbaus

Örtliche Verhältnisse		A	B	C	D	E
Frosteinwirkung	Zone I	±0 cm				
	Zone II	+5 cm				
	Zone III	+15 cm				
Kleinräumige Klimaunterschiede	ungünstige Klimaverhältnisse, z. B. durch Nordhang oder in Kammlagen von Gebirgen		+5 cm			
	keine besonderen Klimaeinflüsse		±0 cm			
	günstige Klimaeinflüsse bei geschlossener seitlicher Bebauung		-5 cm			

Wasserverhältnisse im Untergrund	kein Grund- und Schichtenwasser bis in eine Tiefe von 1,5 m u GOK			±0 cm		
	Grund- oder Schichtenwasser höher als 1,5 m u GOK			+5 cm		
Lage der Gradiente	Einschnitt, Anschnitt				+5 cm	
	Geländehöhe bis Damm ≤ 2,0 m				±0 cm	
	Damm > 2,0 m				-5 cm	
Entwässerung der Fahrbahn/Ausführung der Randbereiche	Entwässerung der Fahrbahn über Mulden, Gräben bzw. Böschungen					±0 cm
	Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen*					-5 cm

Insgesamt verbleibt die Standard-Aufbauhöhe von etwa 65 cm. Es wird davon ausgegangen, dass die Fläche drainiert wird. In Rücksprache mit der Planung sind neben der hier angenommenen Bauklasse 10 in ihrer Funktion als Wende-, Park und Rangierfläche für LKW-Verkehr auch Verkehrsflächen der Bk 1,8 geplant. Für diese verbleibt in Annahme derselben Rahmenbedingungen eine Standard-Aufbauhöhe von 60 cm. Die endgültige Festlegung obliegt der Planung.



## 9 Zusammenfassung

In Neuenstein ist die Erweiterung des Gewerbegebietes auf der „Langen Klinge“ geplant. Hierzu ist unter anderem die Errichtung mehrerer Firmengebäude der Firma Schäfers & Peters inklusive Verkehrsflächen vorgesehen. Für die Maßnahme soll ein Massenausgleich zur Profilierung und Umlagerung der Fläche erfolgen. Die GGU wurde mit der Erkundung der Baugrundverhältnisse für dieses Bauvorhaben beauftragt. Ergänzend zu den bisherigen Erkundungen wurden 22 Bohrungen und 15 schweren Rammsondierungen durchgeführt.

Die Feld- und Laboruntersuchungen wurden im geotechnischen Erkundungsbericht 2022/1355.3 vom 02.12.2022 erläutert und die bodenmechanischen Kennwerte darauf basierend angegeben. Im vorliegenden geotechnischen Bericht folgt die Auswertung der Ergebnisse in Hinblick auf Gründungsempfehlungen, Bautechnischen Folgerungen und Aussagen zur Herstellung der Verkehrsflächen.

Eine Flachgründung über Einzel- und Streifenfundamente bzw. auf einer Bodenplatte ist denkbar, bedingt jedoch weitere erdbautechnische Maßnahmen um gering tragfähige Bodenschichten auszutauschen oder ausreichend zu verbessern. Für die Flachgründung der Gebäude sind insbesondere unter Berücksichtigung der zu erwartenden hohen Lasten aber auch hoher Lastunterschiede im Hinblick auf die Setzungsverträglichkeit ein Bodenaustausch und eine ohnehin zur Geländeregulierung erforderliche Geländeauffüllung erforderlich. Diese sollten weitgehend bis auf die in 3 - 5 m Tiefe anstehenden, gut tragfähigen Böden (Felsersatz, Fels) geführt werden. An diesen Bodenaustausch bzw. Geländeauffüllung werden erhöhte Anforderungen an den Steifemodul gestellt. Alternativ zur Lieferung entsprechenden Füllbodens wurde eine qualifizierte Bodenverbesserung betrachtet.

Die setzungsverträgliche Konstruktion mit Flachgründung erfordert umfangreiche Erdbaumaßnahmen. Alternativ kann insbesondere bei lokal hohen Lasten auch eine Tiefgründung erwogen werden. Hier wurde von einer Tiefgründung direkt auf den Fels bzw. im gut tragfähigen Felsersatz ausgegangen. Dies wird bei setzungsempfindlichen Bauteilen, unterschiedlicher Gründungsebenen sowie Bauweisen ohne Setzungs- und Ausgleichsfugen empfohlen. Eventuell können für die Baumaßnahme mehrere Gründungsarten kombiniert werden.

Für die Vorbemessungen wurden rechnerische Nachweise der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit vorgestellt. Die detaillierte Bemessung ist in Abstimmung mit den Tragwerksplaner und unter Einbeziehung sowohl der Konstruktion als auch der tatsächlichen Lasten weiter abzustimmen.

Im Bereich des Logistikgebäude lagen Lastannahmen der Tragwerksstatik vor, diese wurden für eine Detailbetrachtung genutzt. Die daraus resultierenden sehr großen Fundamentgrößen können gegebenenfalls durch weitere Maßnahmen reduziert werden.

Eine Beurteilung der Maßnahmen für den Verkehrsflächenbau sowie eine eventuelle notwendige Verbesserung des Erdplanums erfolgte ebenfalls anhand der Erkundungsergebnisse.

Für ergänzende Erläuterungen oder weiterführende Nachweise und Bemessungen (z. B. für den Baugrubenverbau oder bei Vorlage weiterer Detailplanungen) stehen wir gerne zur Verfügung.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'P. Grubert', is positioned above the name.

Dr.-Ing. Peter Grubert

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. Löw', is positioned above the name.

Dipl.-Geol. Mario Löw



Übersicht:  
unmaßstäblich



- B = Bohrung
- ▲ DPH = Schwere Rammsondierung (DPH nach DIN EN ISO 22476-2)
- ⊕ GWM = Grundwassermessstelle
- SCH = Baggerstich

		<b>Neuenstein</b> Bebauung Lange Klinge Teilbereich Schäfer & Peters	
		<b>Lageplan mit aktueller Planung</b>	
Gezeichnet:	Mü	Bericht Nr.:	2022/1355.4
Bearbeiter:	ML		
Maßstab:	1 : 1500		

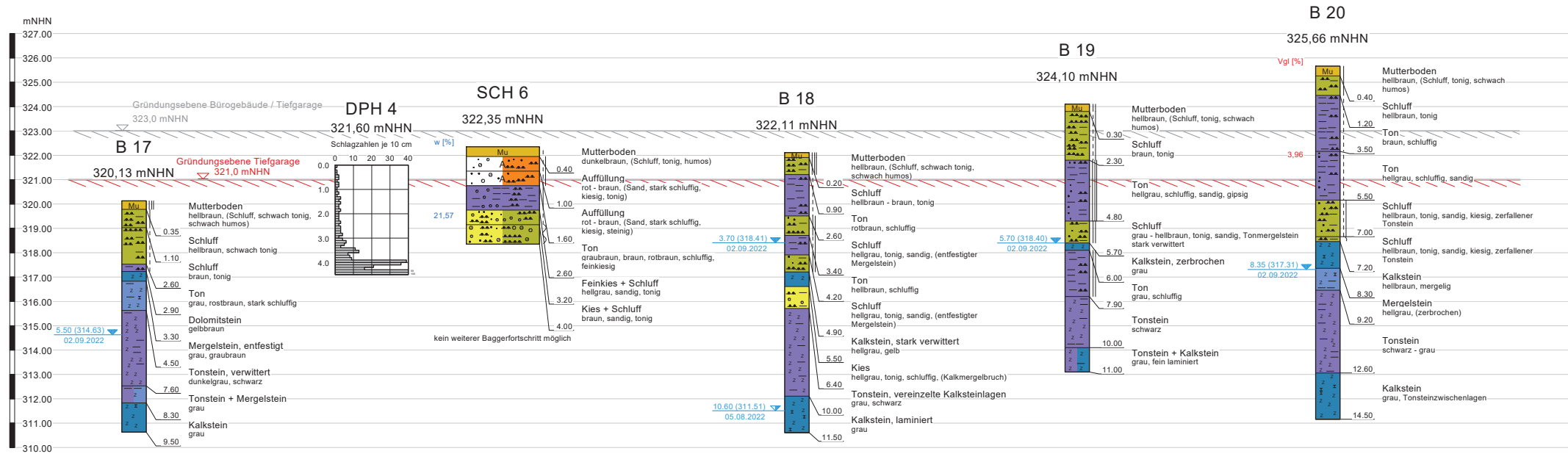
Datum: 16.12.2022

**Konsistenzen:**


fest
halbfest - fest
halbfest
steif - halbfest
steif
weich

**Bodenprofil 1 / Bürogebäude**  
 Maßstab d. H. 1 : 100

DPH = Schwere Rammsondierung (DPH nach DIN EN ISO 22476-2)  
 SCH = Baggerschurf  
 B = Bohrung  
 w = Wassergehalt  
 Vgl = Glühverlust



Konsistenzen:

-  halbfest - fest
-  halbfest
-  steif - halbfest
-  steif

Bodenprofil 2 / Logistik Süd

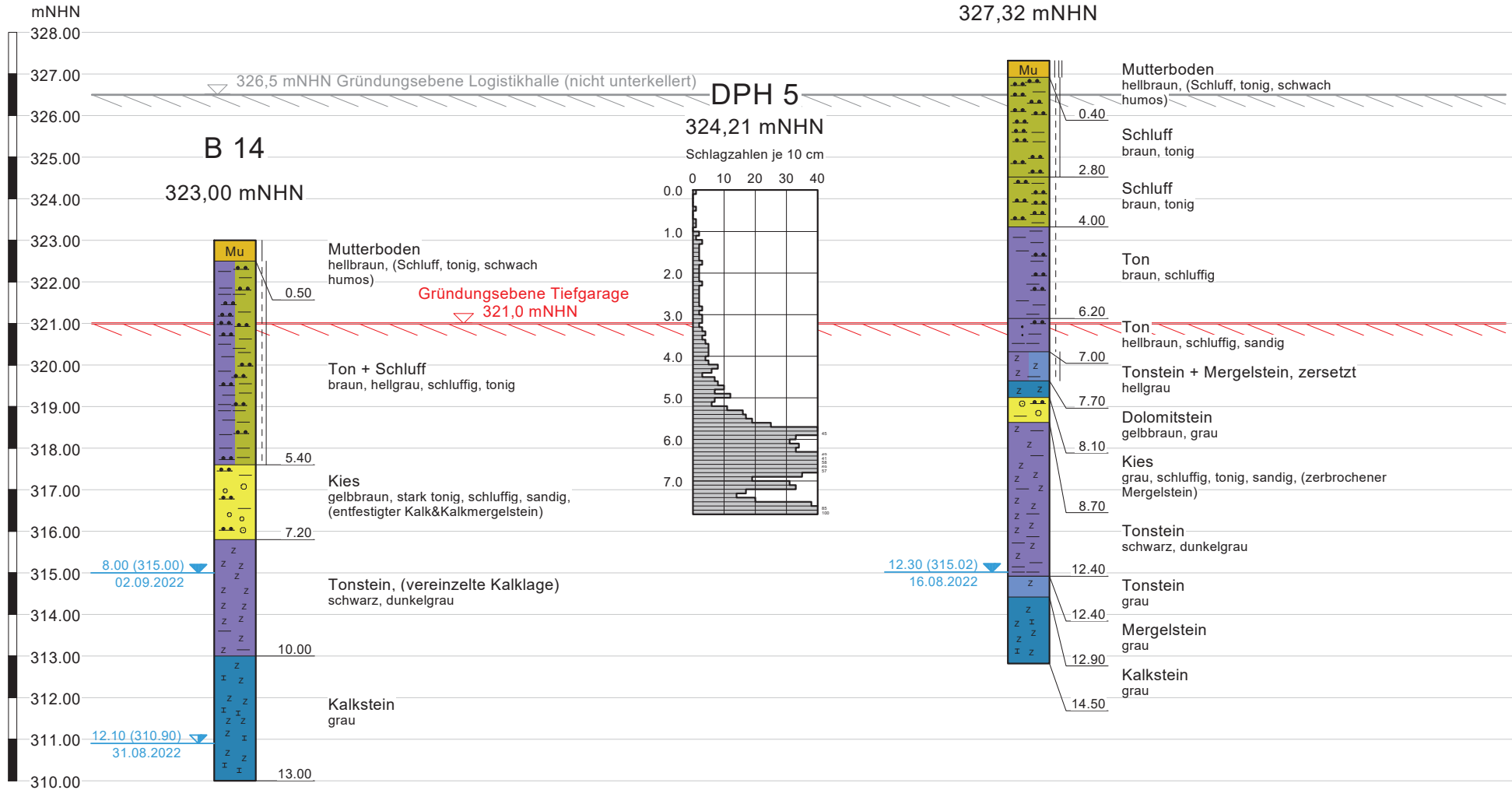
Maßstab d. H. 1 : 100

DPH = Schwere Rammsondierung (DPH nach DIN EN ISO 22476-2)




B = Bohrung

B 15

327,32 mNHN



Konsistenzen:

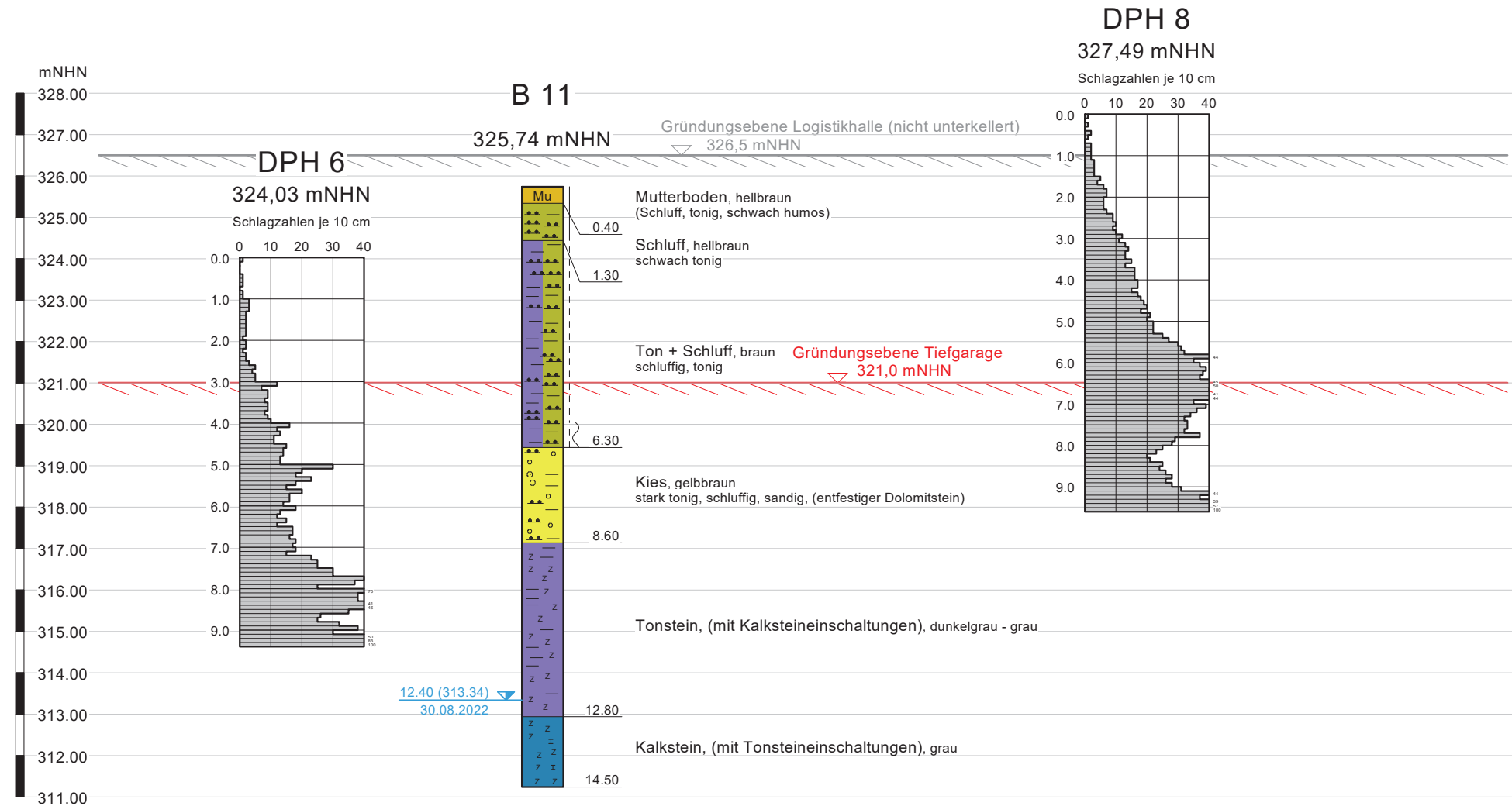
-  halbfest
-  steif
-  weich - steif

Bodenprofil 3 / Logistik Mitte

Maßstab d. H. 1 : 100

DPH = Schwere Rammsondierung (DPH nach DIN EN ISO 22476-2)

B = Bohrung



Konsistenzen:



Neuenstein Bebauung Lange Klinge Teilbereich Schäfer & Peters	Bericht Nr.	2022/1355.4
	Anlage Nr.	2.4

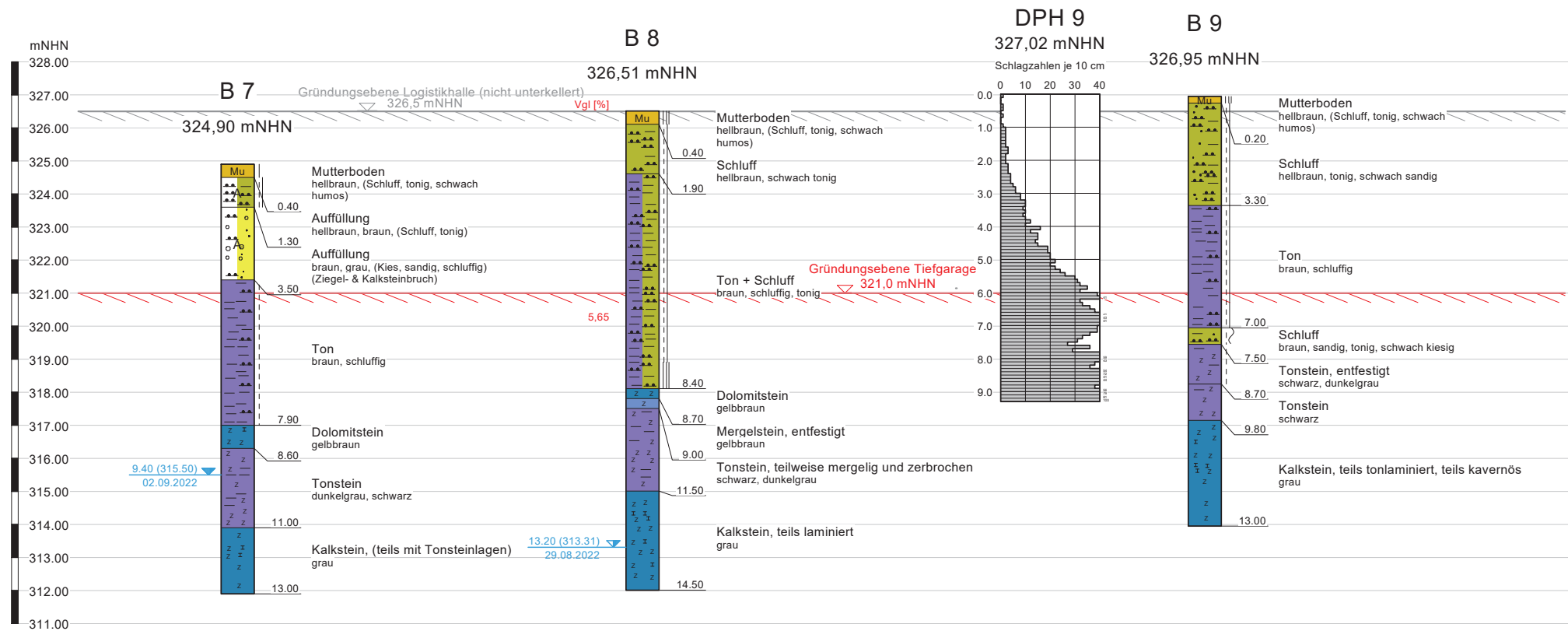
Bodenprofil 4 / Logistik - Lager

Maßstab d. H. 1 : 100

DPH = Schwere Rammsondierung (DPH nach DIN EN ISO 22476-2)

B = Bohrung

Vgl = Glühverlust



Konsistenzen:



Bodenprofil 5 / Lager Mitte

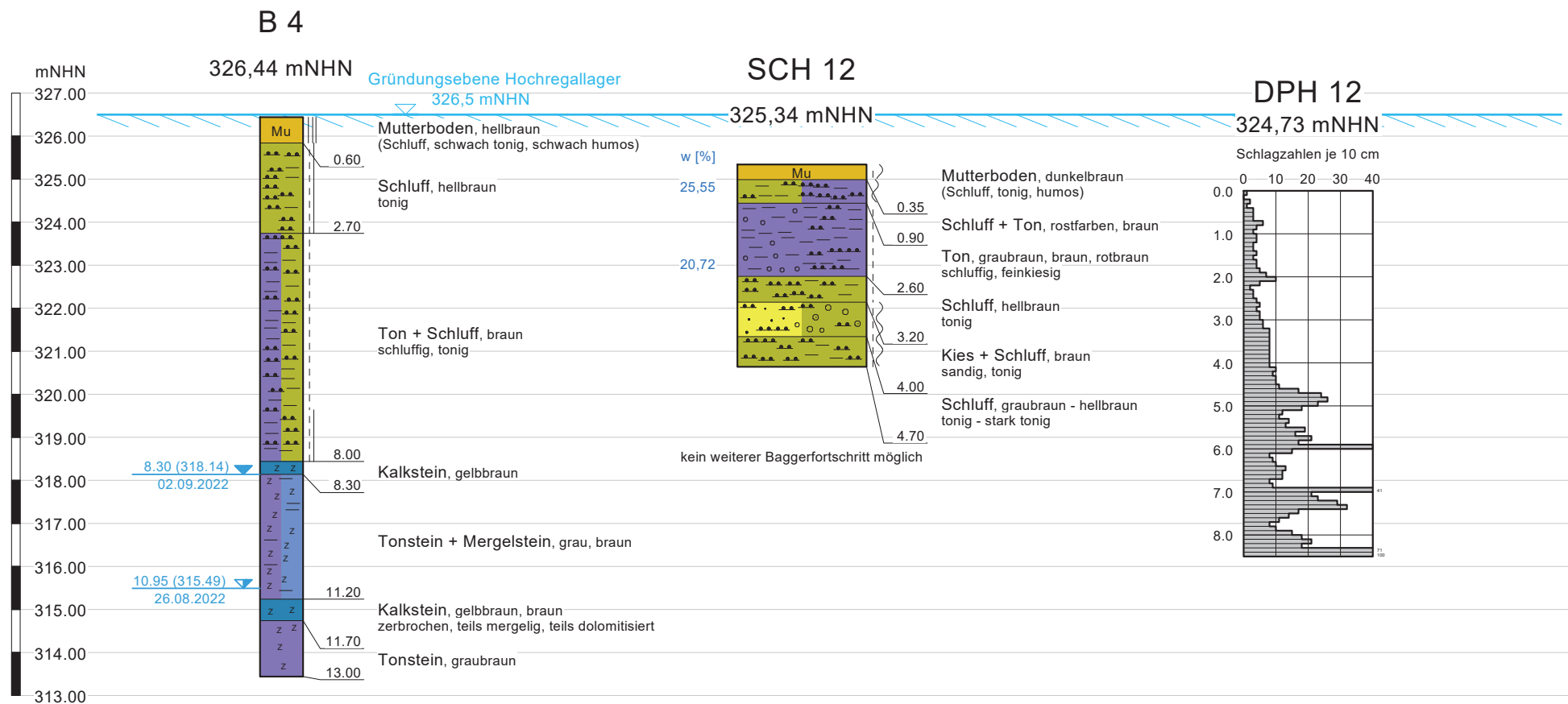
Maßstab d. H. 1 : 100

DPH = Schwere Rammsondierung (DPH nach DIN EN ISO 22476-2)

SCH = Baggerschurf

B = Bohrung

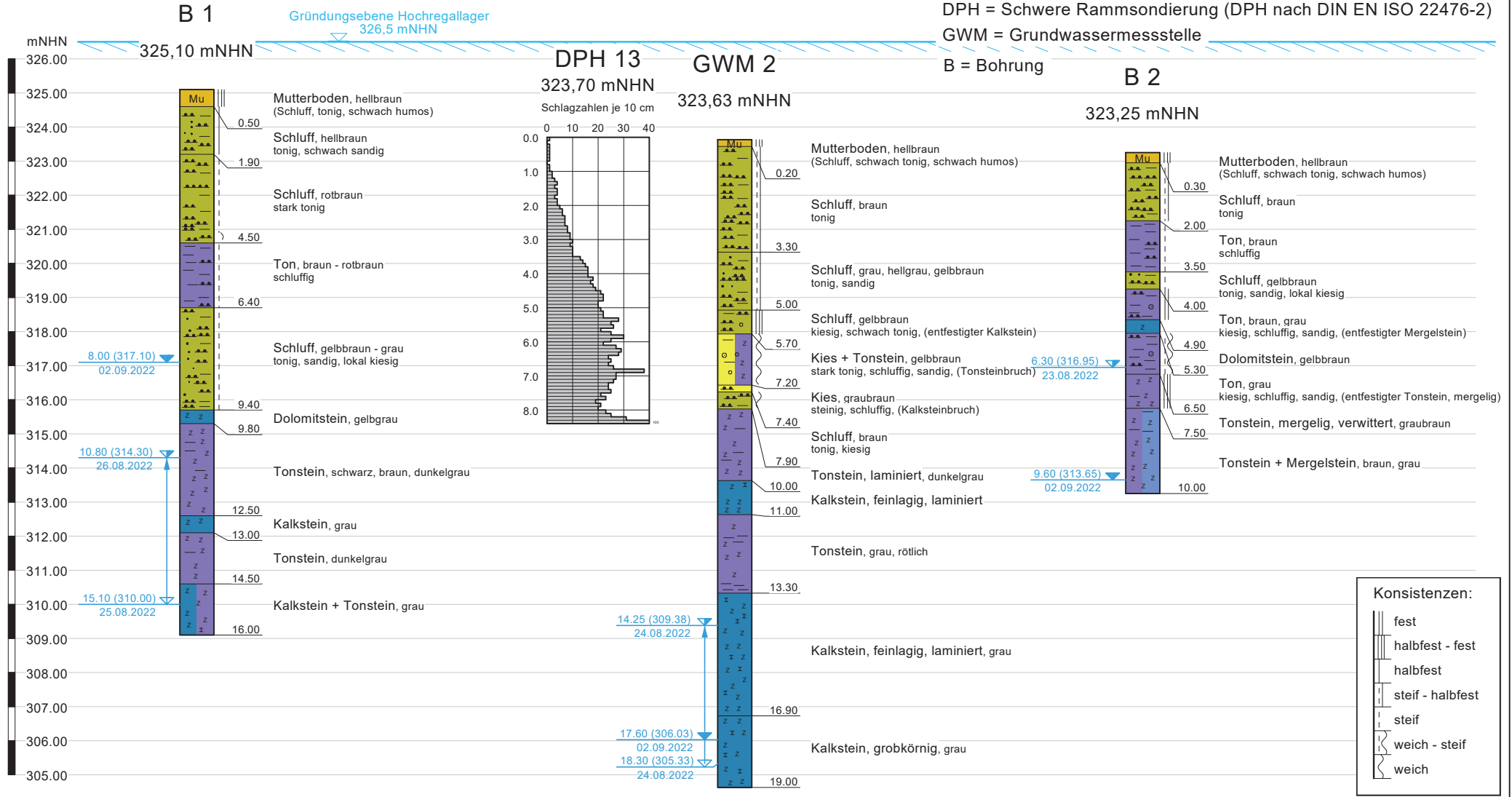
w = Wassergehalt





**Bodenprofil 6 / Lager Nord**  
 Maßstab d. H. 1 : 100

DPH = Schwere Rammsondierung (DPH nach DIN EN ISO 22476-2)  
 GWM = Grundwassermessstelle



**Konsistenzen:**

- fest
- halbfest - fest
- halbfest
- steif - halbfest
- steif
- weich - steif
- weich

Konsistenzen:

- halbfest
- steif - halbfest
- steif



Neuenstein  
 Bebauung Lange Klinge  
 Teilbereich Schäfer & Peters

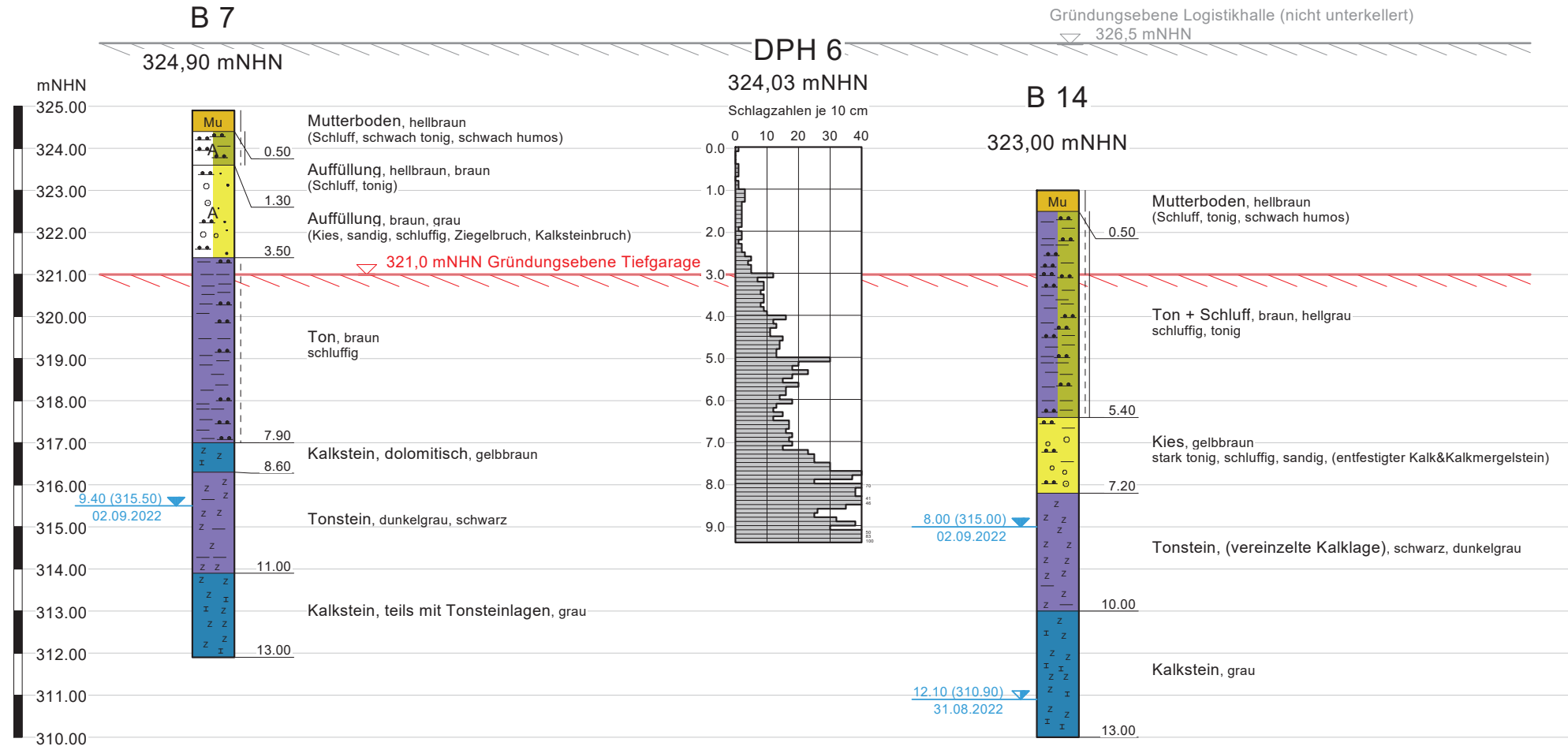
Bericht Nr. 2022/1355.4  
 Anlage Nr. 2.7

Bodenprofil 7 / Logistik West

Maßstab d. H. 1 : 100

DPH = Schwere Rammsondierung (DPH nach DIN EN ISO 22476-2)

B = Bohrung



Konsistenzen:

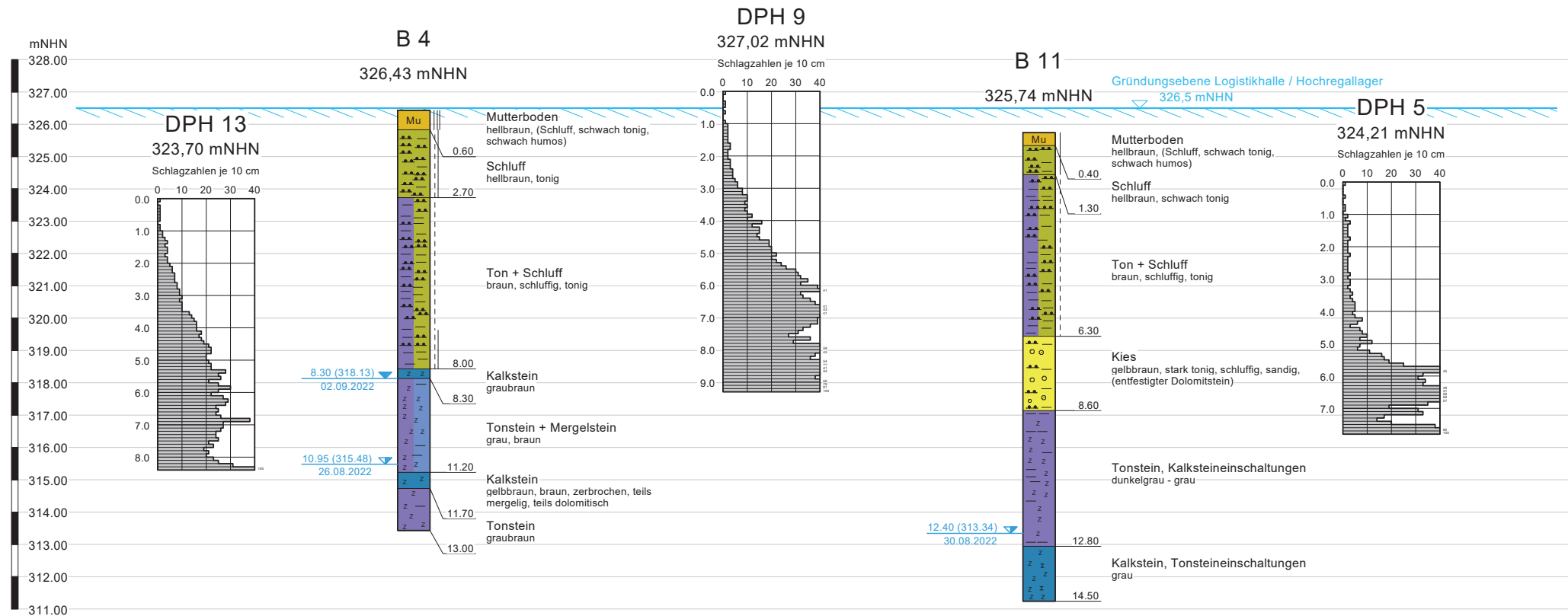


Bodenprofil 8 / Logistik - Lager Mitte

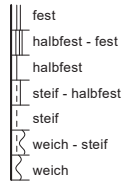
Maßstab d. H. 1 : 100

DPH = Schwere Rammsondierung (DPH nach DIN EN ISO 22476-2)

B = Bohrung



Konsistenzen:



Neuenstein Bebauung Lange Klinge Teilbereich Schäfer & Peters	Bericht Nr. 2022/1355.4
	Anlage Nr. 2.9

Bodenprofil 9 / Logistik- Lager Ost

Maßstab d. H. 1 : 100

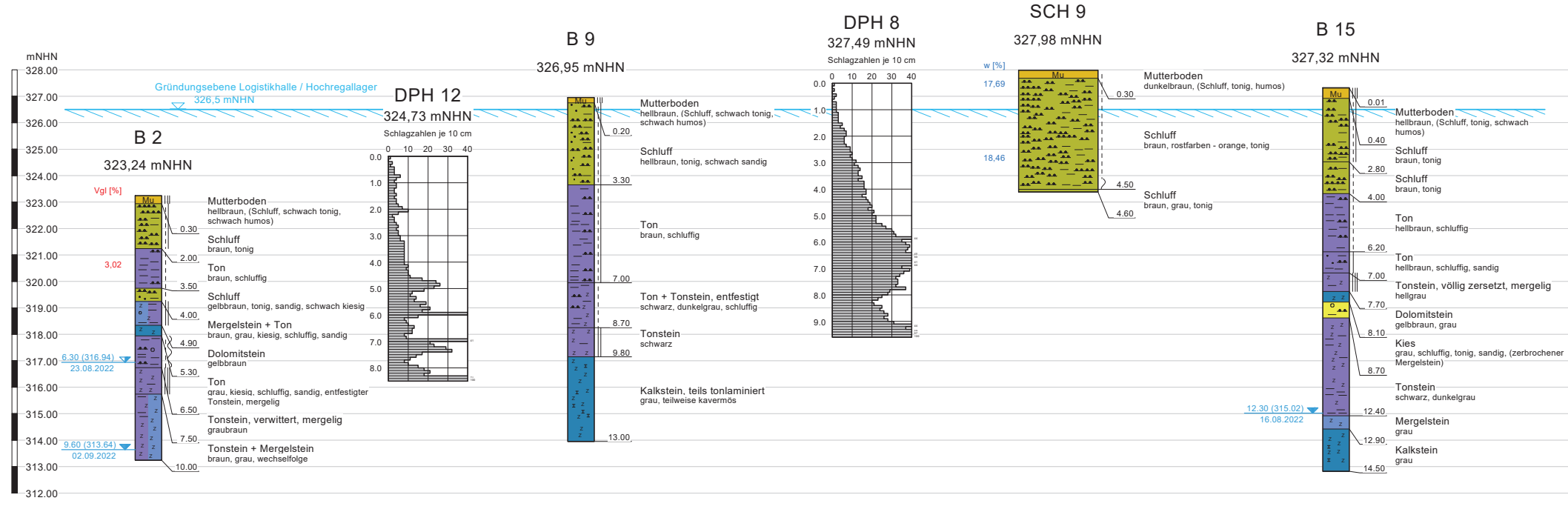
DPH = Schwere Rammsondierung (DPH nach DIN EN ISO 22476-2)

SCH = Baggerschurf

B = Bohrung

w = Wassergehalt

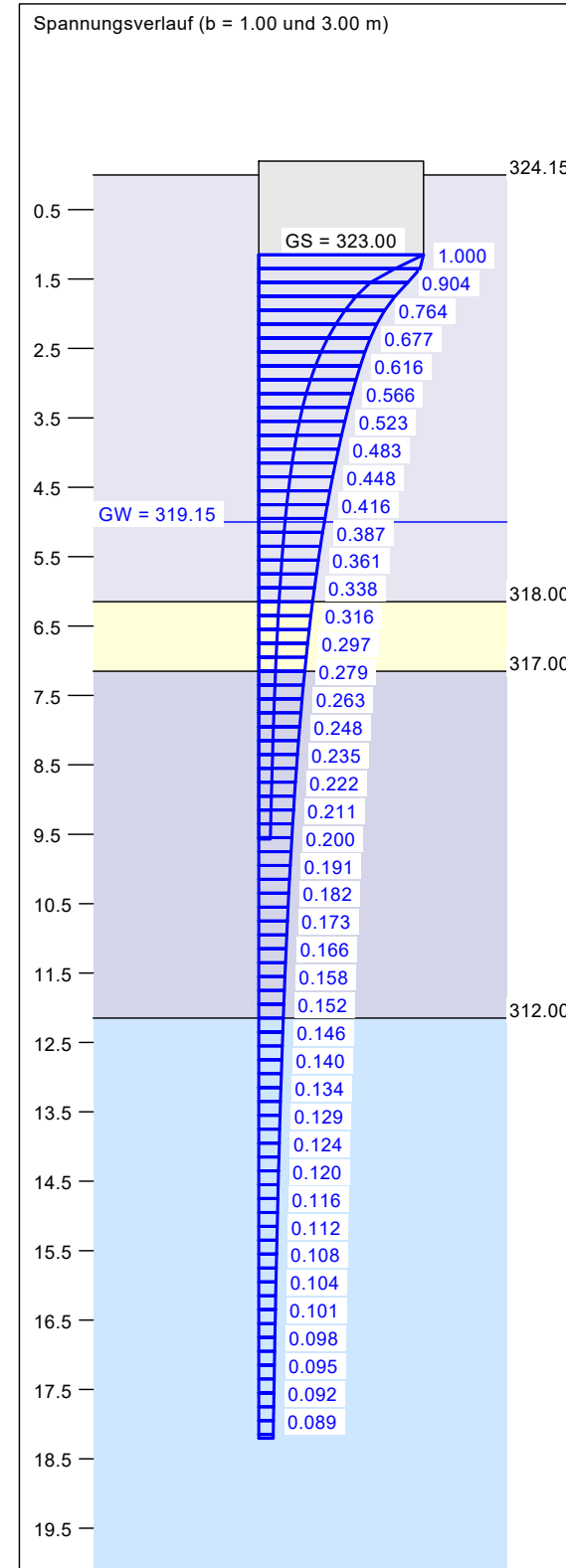
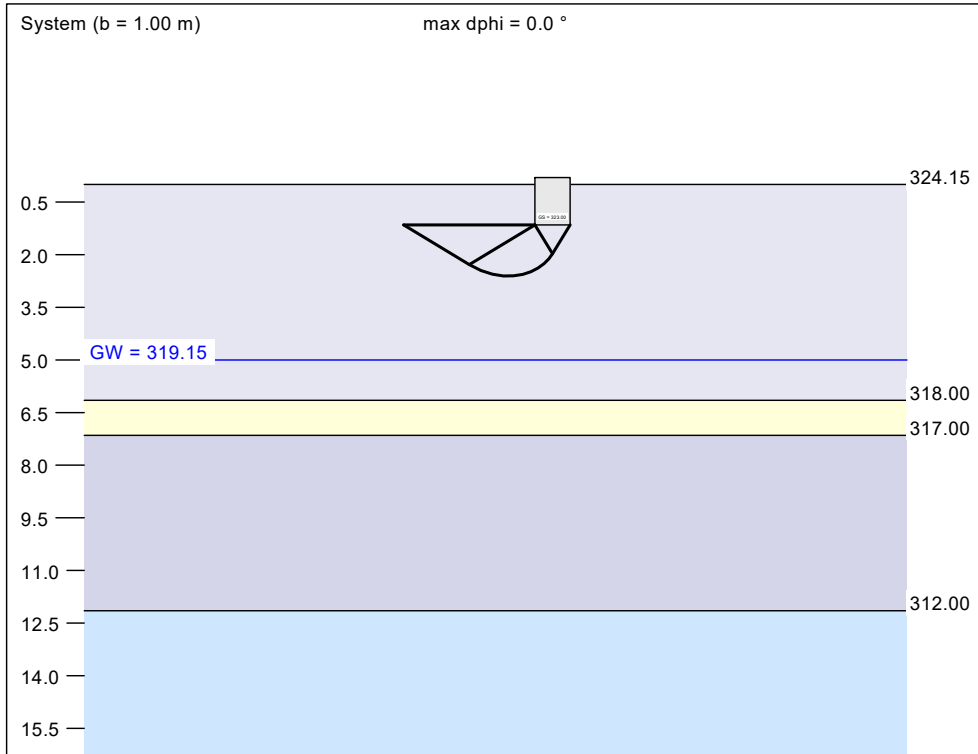
Vgl = Glühverlust



Boden	$\gamma/\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	21.0/11.0	27.5	15.0	0.00	80.0	Geländeauffüllung / Bodenaustausch
	19.0/9.0	30.0	5.0	0.00	30.0	Felszersatz
	21.0/11.0	32.5	15.0	0.00	60.0	Fels, Ton/Mergel
	22.0/12.0	37.5	15.0	0.00	80.0	Fels, Kalkstein

## Fundamentdiagramm

### Streifenfundamente - Büro-/Tiefgarage

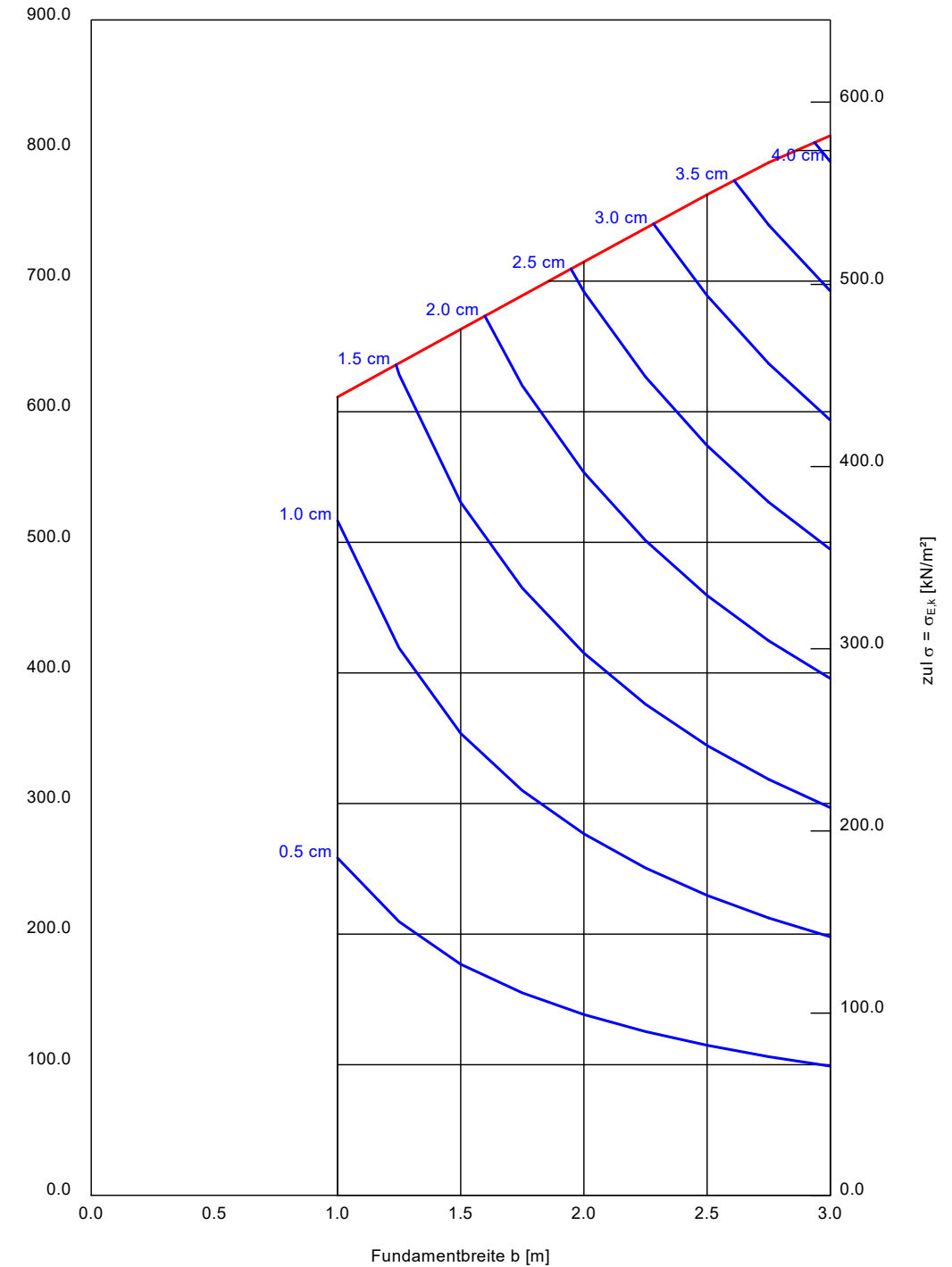


Berechnungsgrundlagen:  
 Neuenstein, Neubau Logistikhalle  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 Streifenfundament (a = 60.00 m)  
 $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.300

$\gamma_{(G,Q)} = 0.300 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.300) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.395$   
 Oberkante Gelände = 324.15 m  
 Gründungssohle = 323.00 m  
 Grundwasser = 319.15 m  
 Grenztiefe mit p = 20.0 %

— Sohldruck  
 — Setzungen

a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Zul $\sigma = \sigma_{E,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	s [cm]	cal $\varphi$ [°]	cal c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_z$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_{\text{Ü}}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$t_g$ [m]	$k_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]
60.00	1.00	611.2	438.1	1.18	27.5	15.00	21.00	24.15	9.57	37.0
60.00	1.25	637.2	456.8	1.52	27.5	15.00	21.00	24.15	10.90	30.0
60.00	1.50	663.1	475.3	1.87	27.5	15.00	21.00	24.15	12.13	25.4
60.00	1.75	689.0	493.9	2.22	27.5	15.00	21.00	24.15	13.26	22.2
60.00	2.00	714.8	512.4	2.58	27.5	15.00	21.00	24.15	14.33	19.8
60.00	2.25	740.5	530.8	2.95	27.5	15.00	21.00	24.15	15.36	18.0
60.00	2.50	766.2	549.2	3.34	27.5	15.00	21.00	24.15	16.35	16.5
60.00	2.75	790.7	566.8	3.72	27.5	15.00	20.92	24.15	17.31	15.2
60.00	3.00	811.4	581.6	4.10	27.5	15.00	20.58	24.15	18.20	14.2

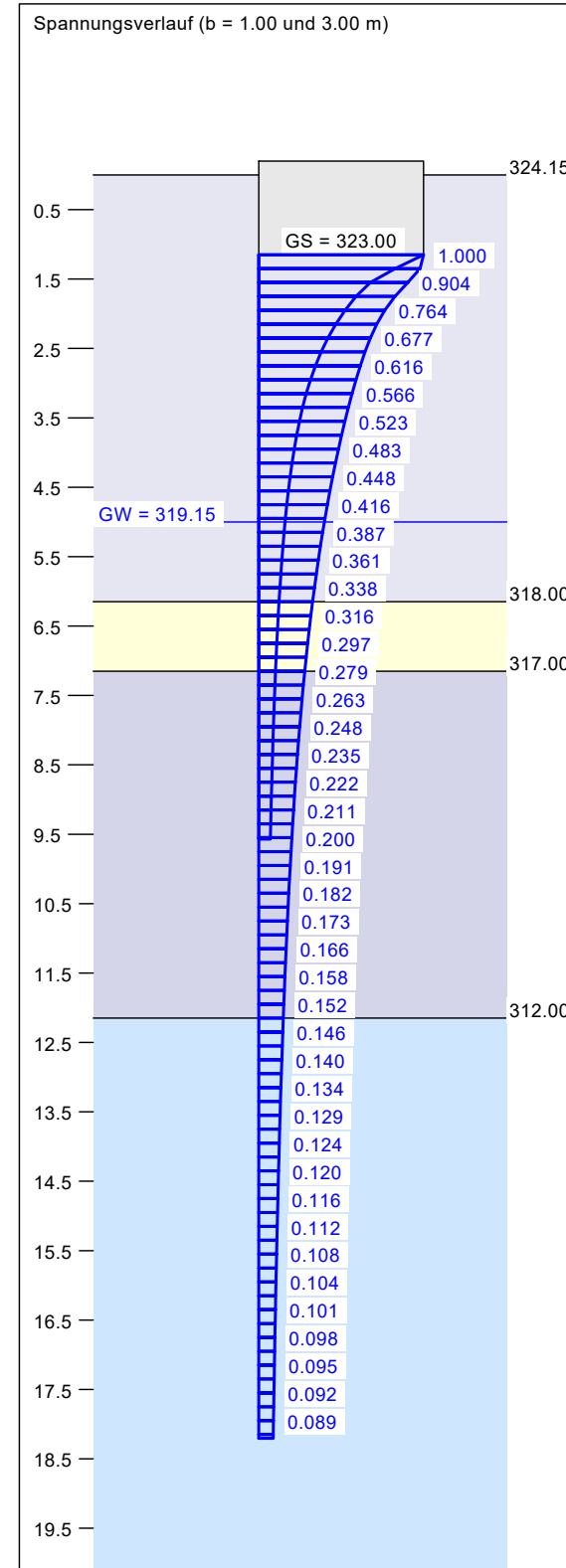
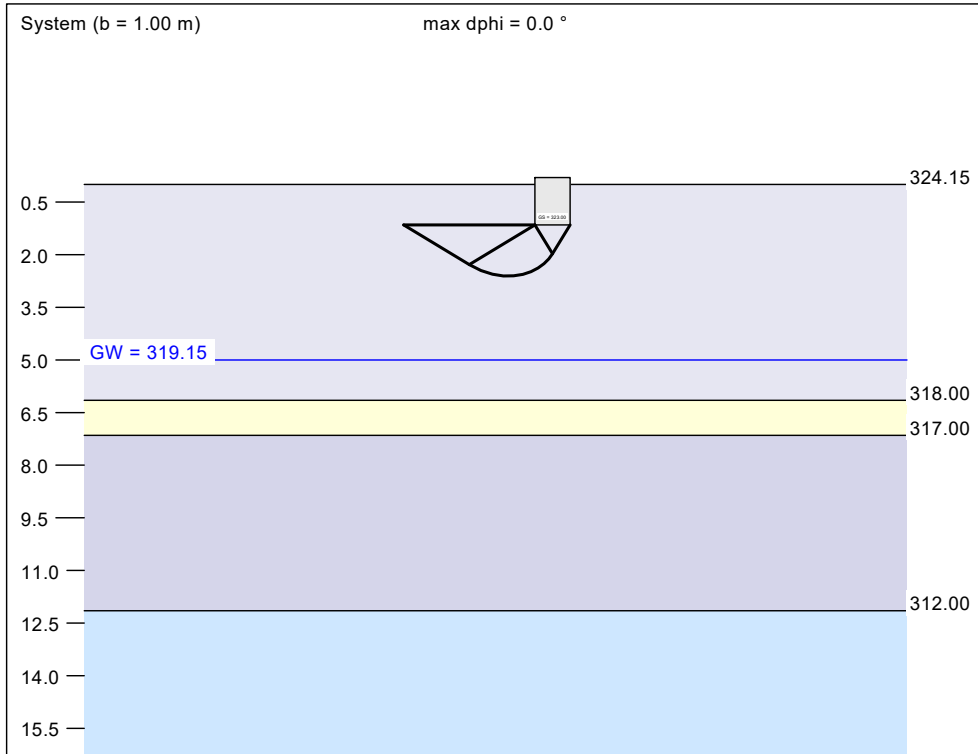


Zul  $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.40) = \sigma_{R,k} / 1.95$  (für Setzungen)  
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.30

Boden	$\gamma/\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	E <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	21.0/11.0	27.5	15.0	0.00	80.0	Geländeauffüllung / Bodenaustausch
	19.0/9.0	30.0	5.0	0.00	30.0	Felszersatz
	21.0/11.0	32.5	15.0	0.00	60.0	Fels, Ton/Mergel
	22.0/12.0	37.5	15.0	0.00	80.0	Fels, Kalkstein

## Fundamentdiagramm

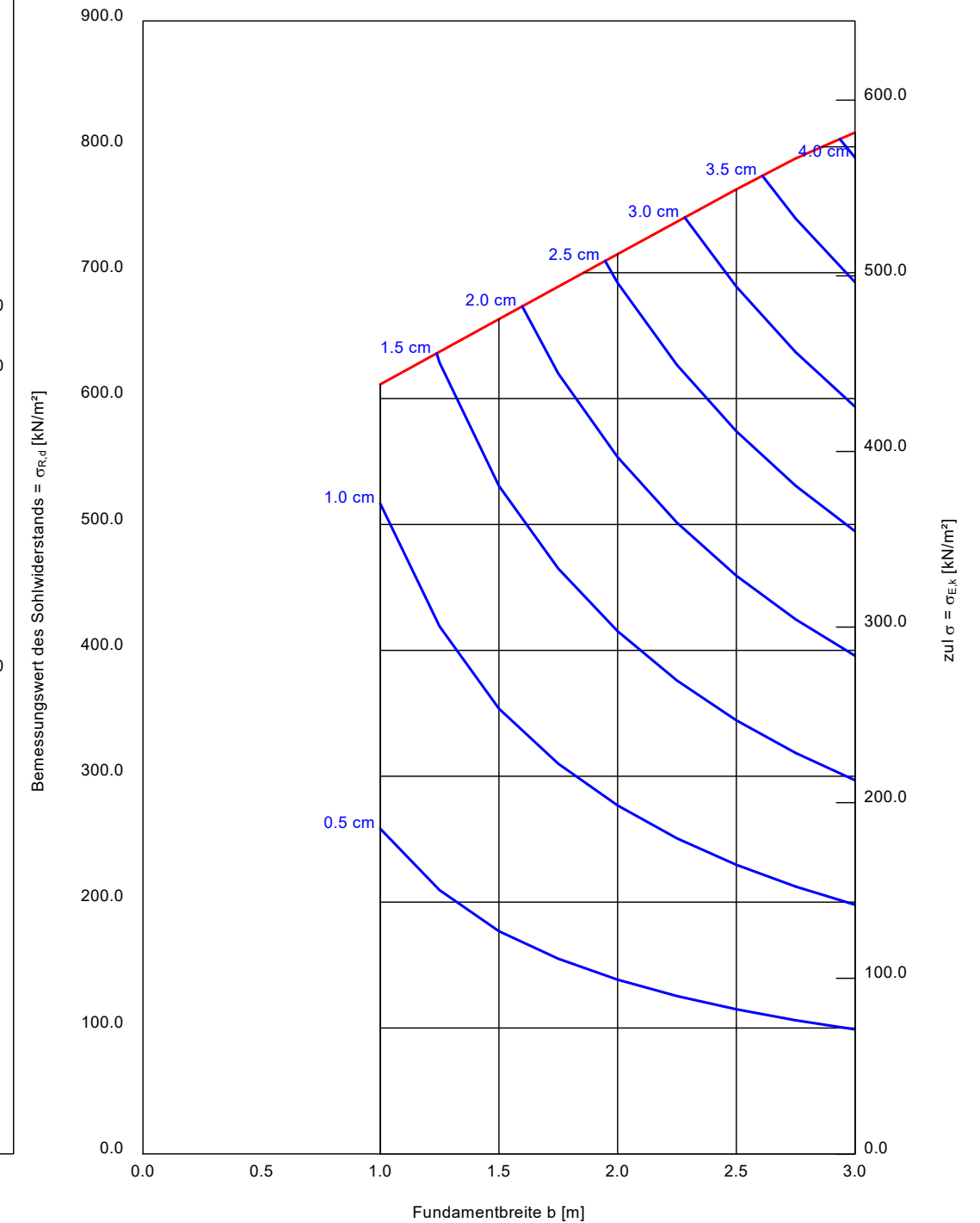
### Streifenfundamente - Büro-/Tiefgarage



**Berechnungsgrundlagen:**  
 Neuenstein, Neubau Logistikhalle  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 Streifenfundament (a = 60.00 m)  
 $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.300

$\gamma_{(G,Q)} = 0.300 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.300) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.395$   
 Oberkante Gelände = 324.15 m  
 Gründungssohle = 323.00 m  
 Grundwasser = 319.15 m  
 Grenztiefe mit p = 20.0 %

— Sohldruck  
 — Setzungen



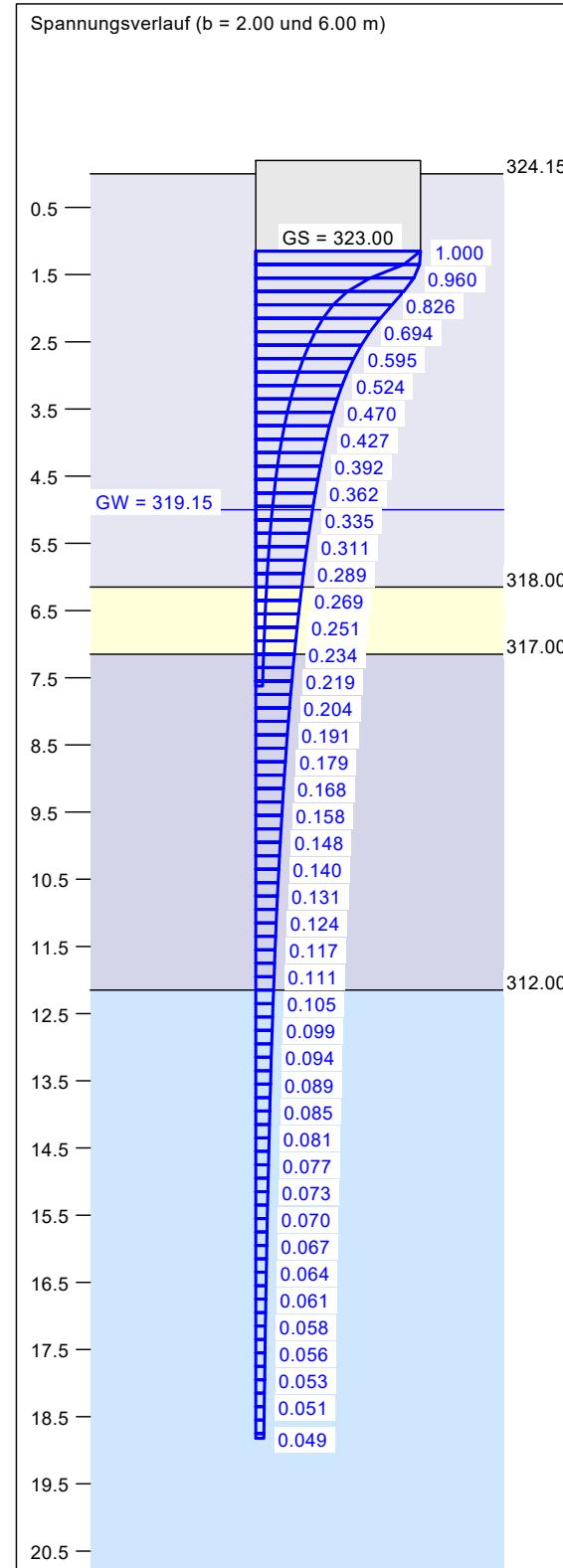
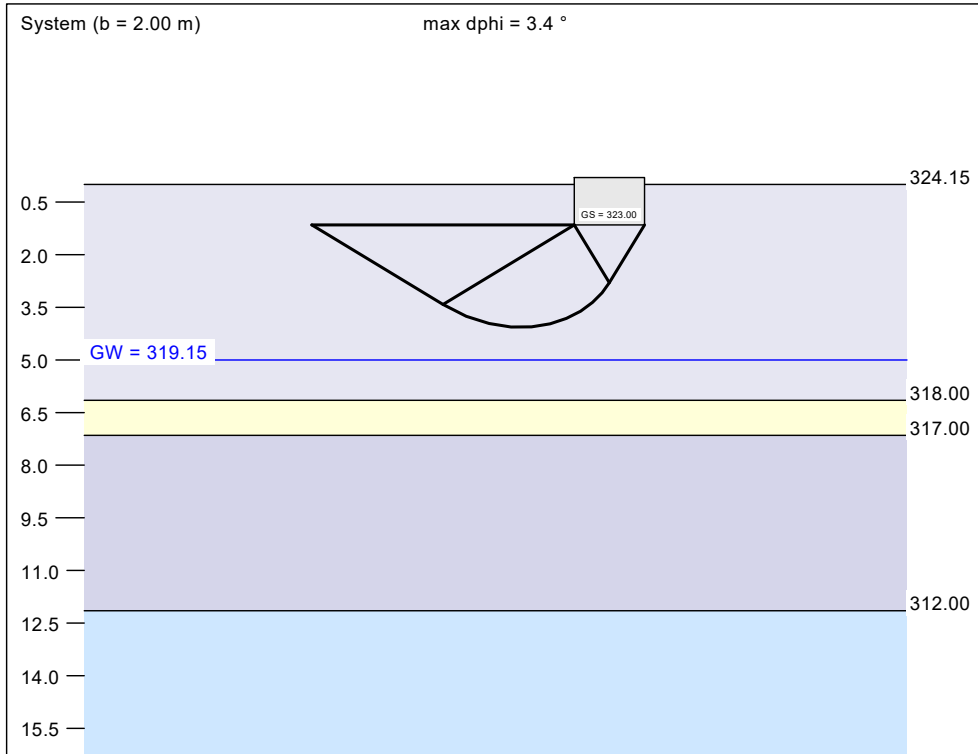
a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Zul $\sigma = \sigma_{E,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	s [cm]	cal $\varphi$ [°]	cal c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_z$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_0$ [kN/m <sup>2</sup> ]	t <sub>g</sub> [m]	k <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]
60.00	1.00	611.2	438.1	1.18	27.5	15.00	21.00	24.15	9.57	37.0
60.00	1.25	637.2	456.8	1.52	27.5	15.00	21.00	24.15	10.90	30.0
60.00	1.50	663.1	475.3	1.87	27.5	15.00	21.00	24.15	12.13	25.4
60.00	1.75	689.0	493.9	2.22	27.5	15.00	21.00	24.15	13.26	22.2
60.00	2.00	714.8	512.4	2.58	27.5	15.00	21.00	24.15	14.33	19.8
60.00	2.25	740.5	530.8	2.95	27.5	15.00	21.00	24.15	15.36	18.0
60.00	2.50	766.2	549.2	3.34	27.5	15.00	21.00	24.15	16.35	16.5
60.00	2.75	790.7	566.8	3.72	27.5	15.00	20.92	24.15	17.31	15.2
60.00	3.00	811.4	581.6	4.10	27.5	15.00	20.58	24.15	18.20	14.2

Zul  $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.395) = \sigma_{R,k} / 1.95$  (für Setzungen)  
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.30

Boden	$\gamma/\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	E <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	21.0/11.0	27.5	15.0	0.00	80.0	Geländeauffüllung / Bodenaustausch
	19.0/9.0	30.0	5.0	0.00	30.0	Felszersatz
	21.0/11.0	32.5	15.0	0.00	60.0	Fels, Ton/Mergel
	22.0/12.0	37.5	15.0	0.00	80.0	Fels, Kalkstein

## Fundamentdiagramm

### Einzelfundamente - Büro-/Tiefgarage



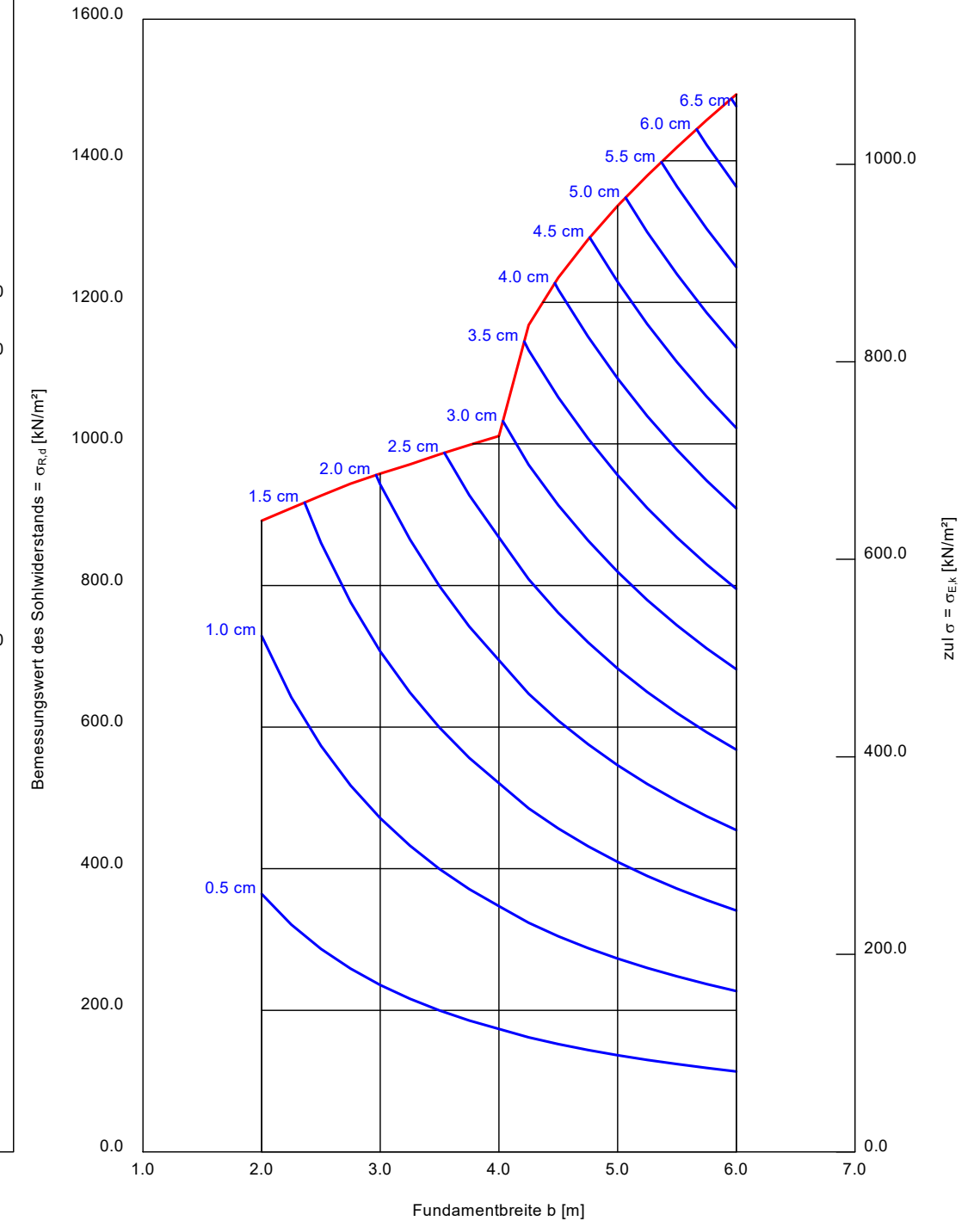
**Berechnungsgrundlagen:**  
Neuenstein, Neubau Logistikhalle  
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
Einzelfundament (a/b = 1.00)  
 $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
Anteil Veränderliche Lasten = 0.300




$\gamma_{(G,Q)} = 0.300 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.300) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.395$   
Oberkante Gelände = 324.15 m  
Gründungssohle = 323.00 m  
Grundwasser = 319.15 m  
Grenztiefe mit p = 20.0 %

Sohldruck  
 Setzungen

a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	zul $\sigma = \sigma_{E,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	s [cm]	cal $\varphi$ [°]	cal c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_2$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_{\bar{0}}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	t <sub>g</sub> [m]
2.00	2.00	891.5	639.1	1.22	27.5	15.00	21.00	24.15	7.62
2.25	2.25	909.2	651.7	1.42	27.5	15.00	21.00	24.15	8.29
2.50	2.50	926.9	664.4	1.62	27.5	15.00	21.00	24.15	8.95
2.75	2.75	943.8	676.6	1.82	27.5	15.00	20.92	24.15	9.59
3.00	3.00	958.0	686.7	2.03	27.5	15.00	20.58	24.15	10.22
3.25	3.25	971.0	696.1	2.24	27.5	15.00	20.19	24.15	10.82
3.50	3.50	985.3	706.3	2.47	27.9	13.58	19.72	24.15	11.42
3.75	3.75	998.6	715.8	2.69	28.2	12.37	19.22	24.15	12.01
4.00	4.00	1011.1	724.8	2.91	28.3	11.71	18.76	24.15	12.58
4.25	4.25	1168.0	837.3	3.61	29.1	13.32	18.24	24.15	13.79
4.50	4.50	1234.8	885.1	4.05	29.4	13.64	17.86	24.15	14.59
4.75	4.75	1288.8	923.8	4.48	29.6	13.82	17.52	24.15	15.35
5.00	5.00	1336.3	957.9	4.89	29.8	13.93	17.22	24.15	16.07
5.25	5.25	1379.1	988.6	5.31	30.0	14.02	16.94	24.15	16.78
5.50	5.50	1419.0	1017.2	5.72	30.1	14.08	16.69	24.15	17.47
5.75	5.75	1457.3	1044.7	6.15	30.2	14.13	16.46	24.15	18.15
6.00	6.00	1493.7	1070.7	6.57	30.3	14.18	16.25	24.15	18.82

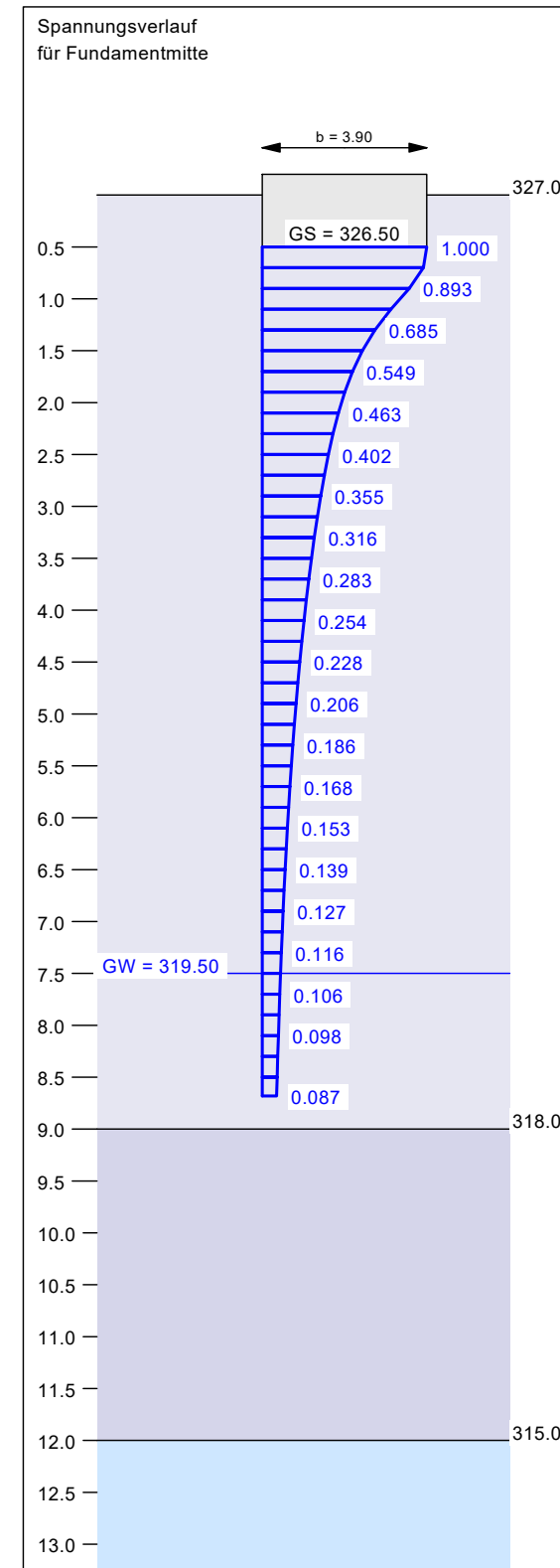
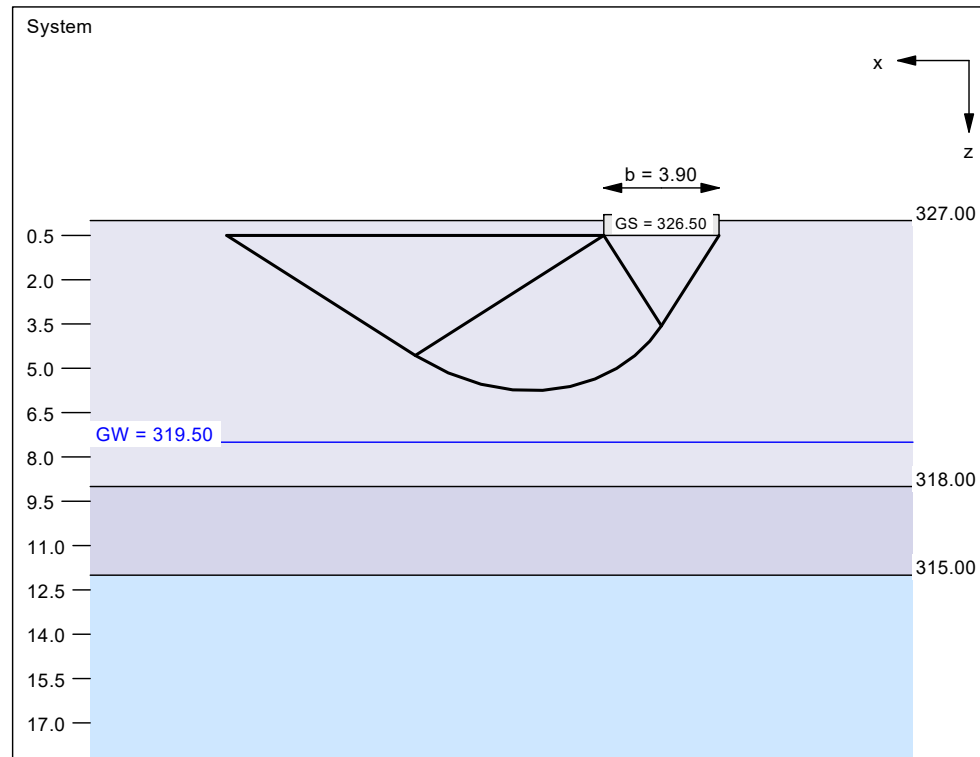
zul  $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.40) = \sigma_{R,k} / 1.95$  (für Setzungen)  
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.30



Boden	$\gamma/\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	19.0/9.0	25.0	7.5	0.00	15.0	Bindige Böden
	21.0/11.0	32.5	15.0	0.00	60.0	Fels, Ton/Mergel
	22.0/12.0	37.5	15.0	0.00	80.0	Fels, Kalkstein

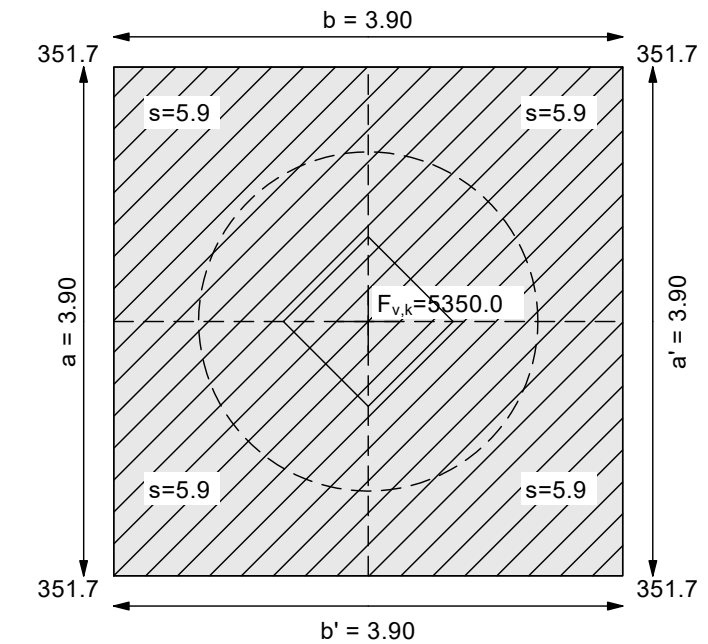
## Fundamentdiagramm

### Einzelfundamente - Logistikgebäude Variante A Stütze S1



Berechnungsgrundlagen:	
Neuenstein, Neubau Logistikhalle	$\gamma_{G, \text{stb}} = 0.90$
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006	$\gamma_{Q, \text{dst}} = 1.50$
Teilsicherheitskonzept (EC 7)	Oberkante Gelände = 327.00 mNHN
$\gamma_{R, v} = 1.40$	Gründungssohle = 326.50 mNHN
$\gamma_G = 1.35$	Grundwasser = 319.50 mNHN
$\gamma_Q = 1.50$	Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
Grenzzustand EQU:	— 1. Kernweite
$\gamma_{G, \text{dst}} = 1.10$	- - - 2. Kernweite

### Setzungen und Spannungsverteilung aus ständigen Lasten



#### Ergebnisse Plattengründung

Lasten = ständig / veränderlich

Vertikallast  $F_{v,k} = 5350.00 / 0.00$  kN

Horizontalkraft  $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$  kN

Horizontalkraft  $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN

Moment  $M_{x,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m

Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m

Länge  $a = 3.900$  m

Breite  $b = 3.900$  m

Unter ständigen Lasten:

Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m

Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m

Resultierende im 1. Kern

Länge  $a' = 3.900$  m

Breite  $b' = 3.900$  m

Unter Gesamtlasten:

Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m

Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m

Resultierende im 1. Kern

Länge  $a' = 3.900$  m

Breite  $b' = 3.900$  m

Grundbruch:

Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.40$

$\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 605.7 / 432.63$  kN/m<sup>2</sup>

$R_{n,k} = 9212.35$  kN

$R_{n,d} = 6580.25$  kN

$V_d = 1.35 \cdot 5350.00 + 1.50 \cdot 0.00$  kN

$V_d = 7222.50$  kN

$\mu$  (parallel zu x) = 1.098

cal  $\varphi = 25.0^\circ$

cal  $c = 7.50$  kN/m<sup>2</sup>

cal  $\gamma_2 = 19.00$  kN/m<sup>3</sup>




cal  $\sigma_{\bar{u}} = 9.50$  kN/m<sup>2</sup>

Setzung infolge ständiger Lasten:

Grenztiefe  $t_g = 8.68$  m u. GOK

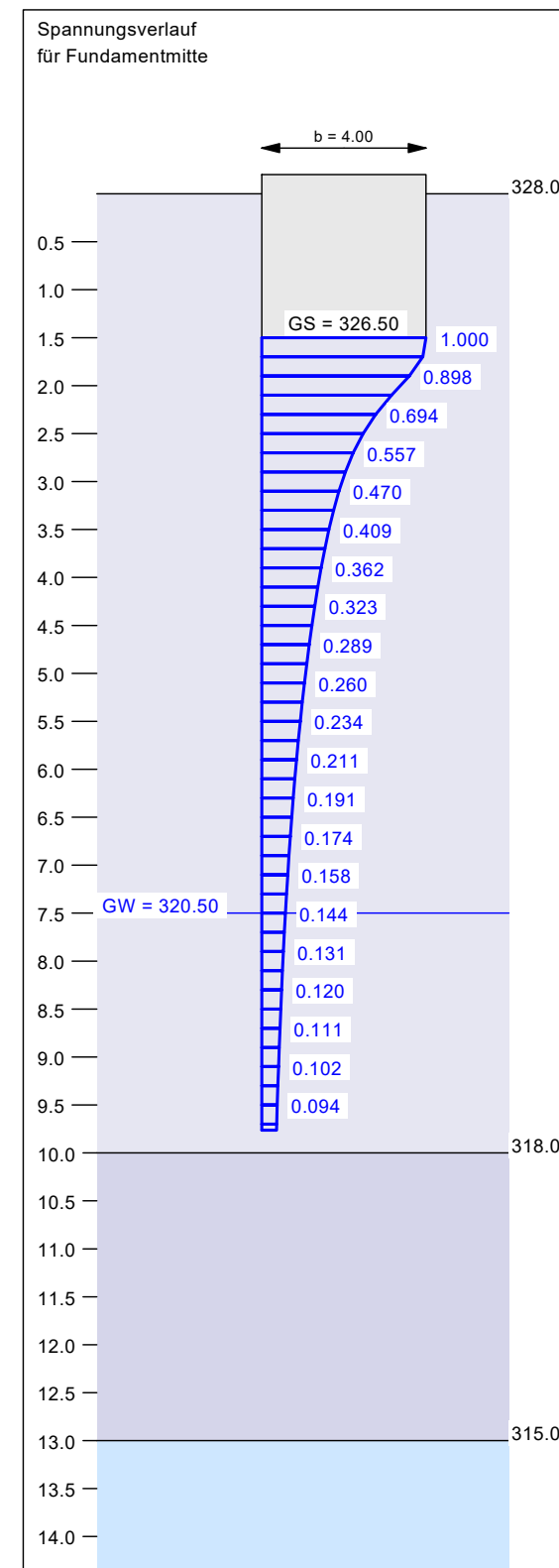
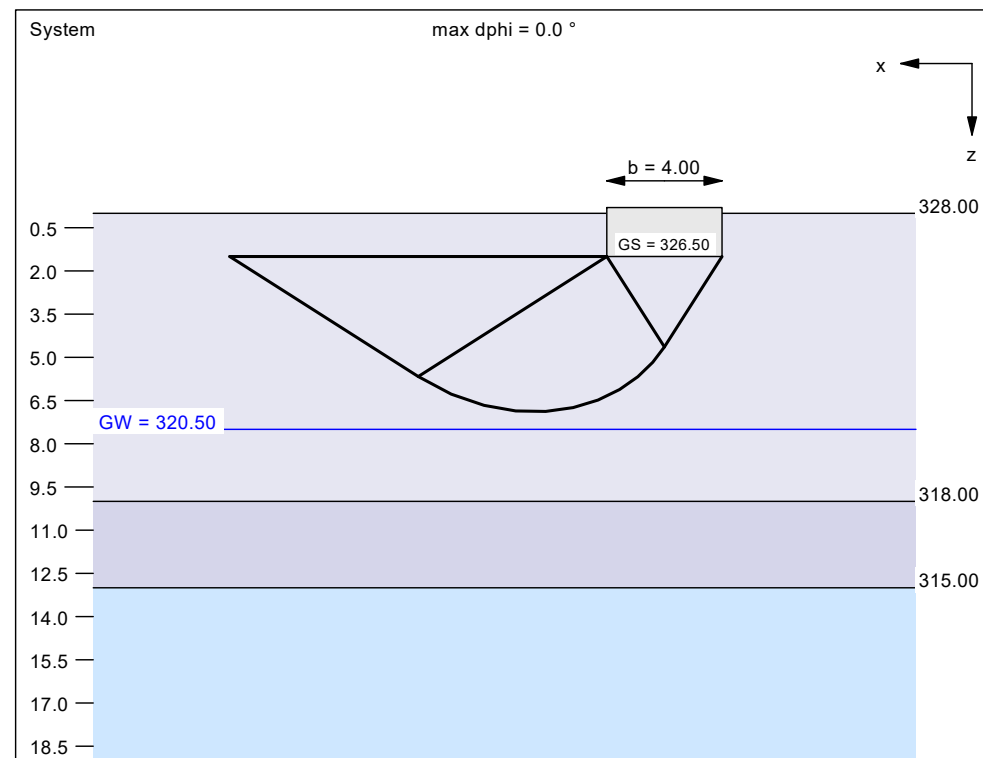
Setzung (Mittel aller KPs) = 5.92 cm



Boden	$\gamma/\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	19.0/9.0	25.0	7.5	0.00	15.0	Bindige Böden
	21.0/11.0	32.5	15.0	0.00	60.0	Fels, Ton/Mergel
	22.0/12.0	37.5	15.0	0.00	80.0	Fels, Kalkstein

## Fundamentdiagramm

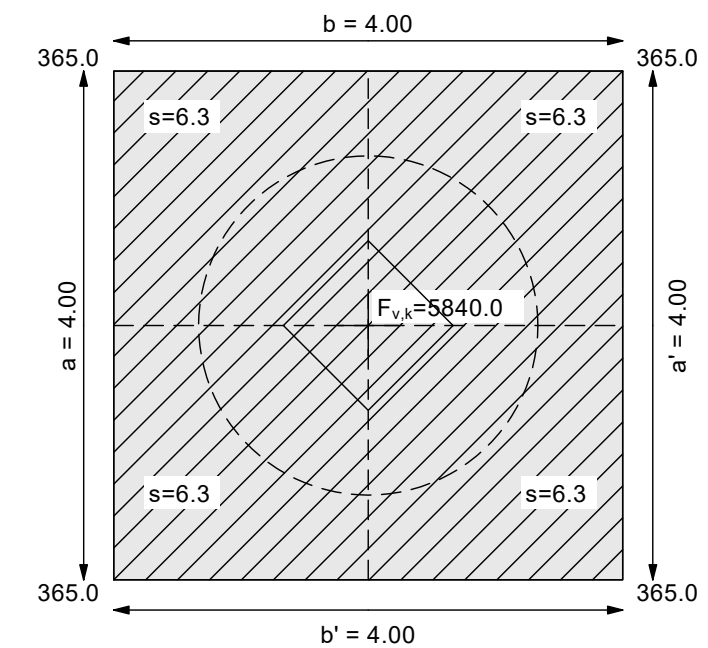
### Einzelfundamente - Logistikgebäude Variante B Stütze S1



**Berechnungsgrundlagen:**  
 Neuenstein, Neubau Logistikhalle  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 Grenzzustand EQU:  
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$

$\gamma_{G,stab} = 0.90$   
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$   
 Oberkante Gelände = 328.00 mNHN  
 Gründungssohle = 326.50 mNHN  
 Grundwasser = 320.50 mNHN  
 Grenztiefe mit  $p = 20.0\%$   
 - - - - 1. Kernweite  
 - - - - 2. Kernweite

#### Setzungen und Spannungsverteilung aus ständigen Lasten






**Ergebnisse Plattengründung**  
 Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 5840.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{x,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Länge  $a = 4.000$  m  
 Breite  $b = 4.000$  m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern  
 Länge  $a' = 4.000$  m  
 Breite  $b' = 4.000$  m  
 Unter Gesamtlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern  
 Länge  $a' = 4.000$  m  
 Breite  $b' = 4.000$  m

$\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 899.9 / 642.76$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_{n,k} = 14397.83$  kN  
 $R_{n,d} = 10284.17$  kN  
 $V_d = 1.35 \cdot 5840.00 + 1.50 \cdot 0.00$  kN  
 $V_d = 7884.00$  kN  
 $\mu$  (parallel zu x) = 0.767  
 cal  $\varphi = 25.0^\circ$   
 cal  $c = 7.50$  kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 19.00$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_{\bar{u}} = 28.50$  kN/m<sup>2</sup>

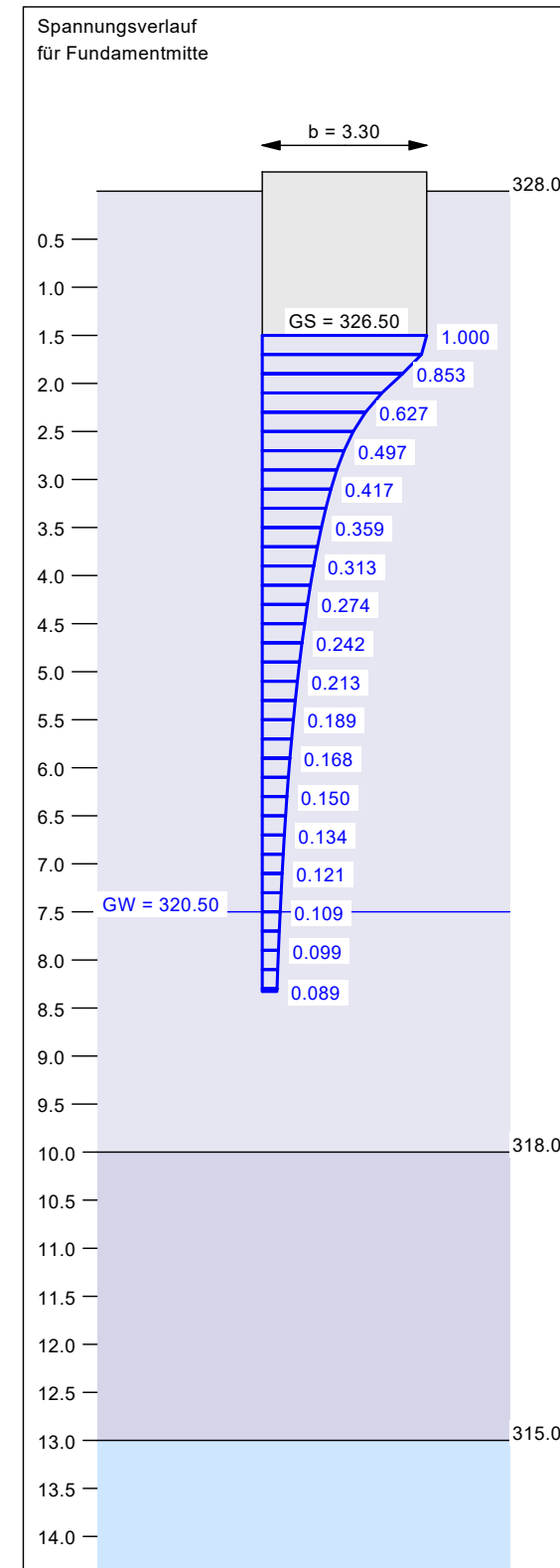
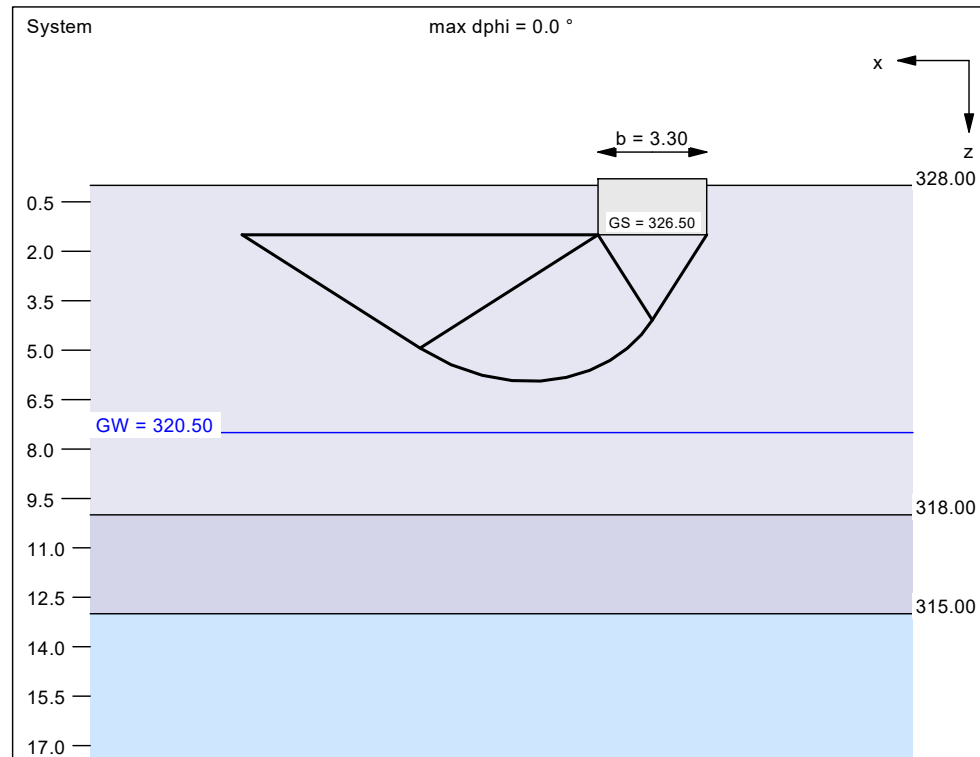
Setzung infolge ständiger Lasten:  
 Grenztiefe  $t_g = 9.76$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 6.27 cm

Grundbruch:  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.40$

Boden	$\gamma/\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	19.0/9.0	25.0	7.5	0.00	15.0	Bindige Böden
	21.0/11.0	32.5	15.0	0.00	60.0	Fels, Ton/Mergel
	22.0/12.0	37.5	15.0	0.00	80.0	Fels, Kalkstein

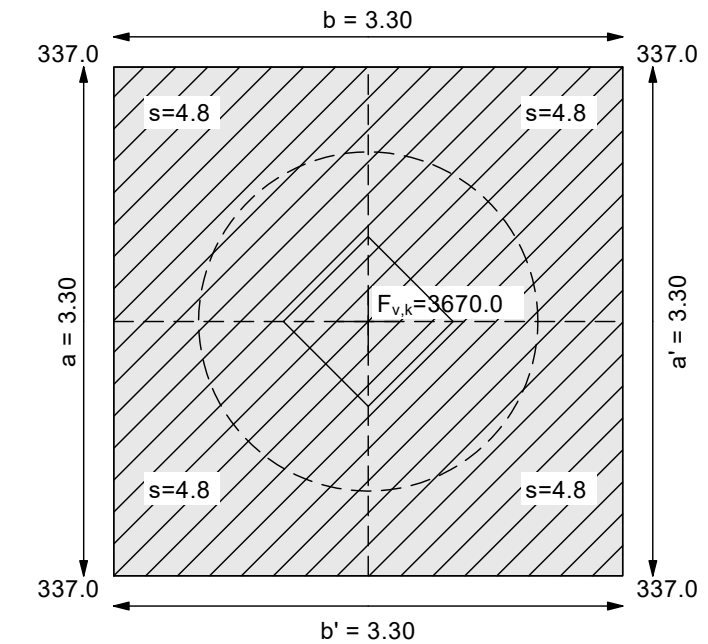
## Fundamentdiagramm

### Einzelfundamente - Logistikgebäude Stütze S2



Berechnungsgrundlagen:	
Neuenstein, Neubau Logistikhalle	$\gamma_{G, \text{stb}} = 0.90$
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006	$\gamma_{Q, \text{dst}} = 1.50$
Teilsicherheitskonzept (EC 7)	Oberkante Gelände = 328.00 mNHN
$\gamma_{R, v} = 1.40$	Gründungssohle = 326.50 mNHN
$\gamma_G = 1.35$	Grundwasser = 320.50 mNHN
$\gamma_Q = 1.50$	Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
Grenzzustand EQU:	----- 1. Kernweite
$\gamma_{G, \text{dst}} = 1.10$	----- 2. Kernweite

### Setzungen und Spannungsverteilung aus ständigen Lasten



#### Ergebnisse Plattengründung

Lasten = ständig / veränderlich

Vertikallast  $F_{v, k} = 3670.00 / 0.00$  kN

Horizontalkraft  $F_{h, x, k} = 0.00 / 0.00$  kN

Horizontalkraft  $F_{h, y, k} = 0.00 / 0.00$  kN

Moment  $M_{x, k} = 0.00 / 0.00$  kN·m

Moment  $M_{y, k} = 0.00 / 0.00$  kN·m

Länge  $a = 3.300$  m

Breite  $b = 3.300$  m

Unter ständigen Lasten:

Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m

Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m

Resultierende im 1. Kern

Länge  $a' = 3.300$  m

Breite  $b' = 3.300$  m

Unter Gesamtlasten:

Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m

Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m

Resultierende im 1. Kern

Länge  $a' = 3.300$  m

Breite  $b' = 3.300$  m

Grundbruch:

Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R, v} = 1.40$

$\sigma_{R, k} / \sigma_{R, d} = 857.9 / 612.80$  kN/m<sup>2</sup>

$R_{n, k} = 9342.73$  kN

$R_{n, d} = 6673.38$  kN

$V_d = 1.35 \cdot 3670.00 + 1.50 \cdot 0.00$  kN

$V_d = 4954.50$  kN

$\mu$  (parallel zu x) = 0.742

cal  $\varphi = 25.0^\circ$

cal  $c = 7.50$  kN/m<sup>2</sup>

cal  $\gamma_2 = 19.00$  kN/m<sup>3</sup>

cal  $\sigma_{\bar{u}} = 28.50$  kN/m<sup>2</sup>

Setzung infolge ständiger Lasten:

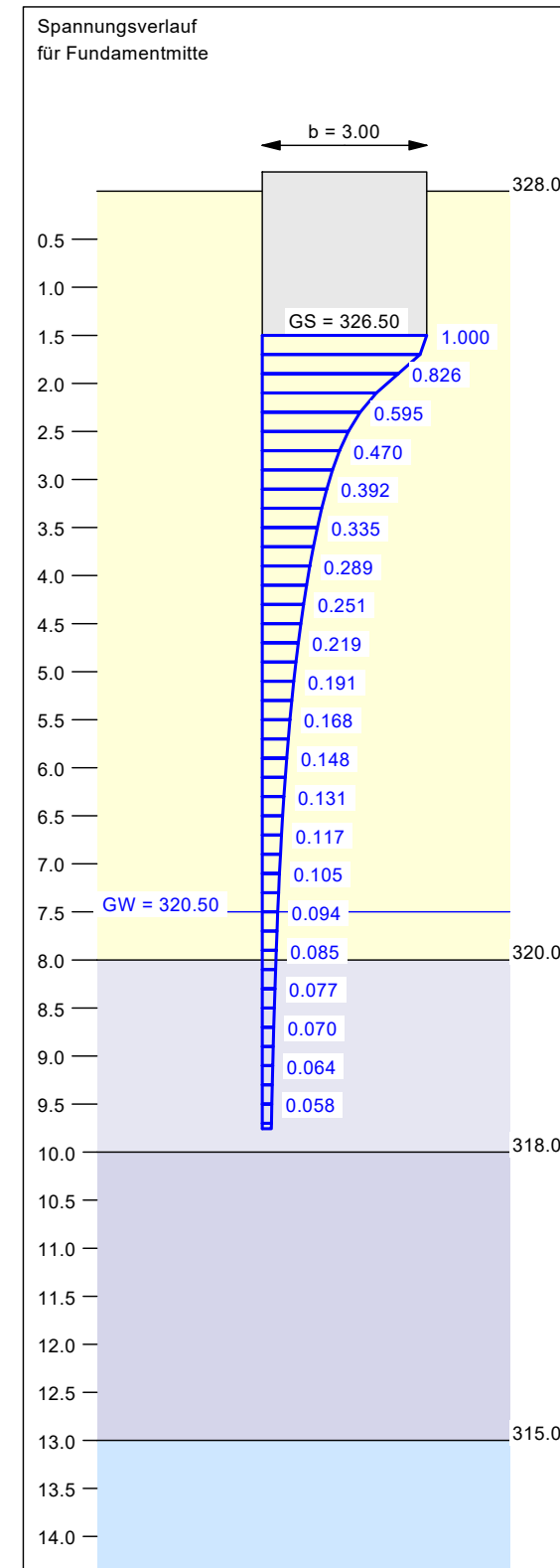
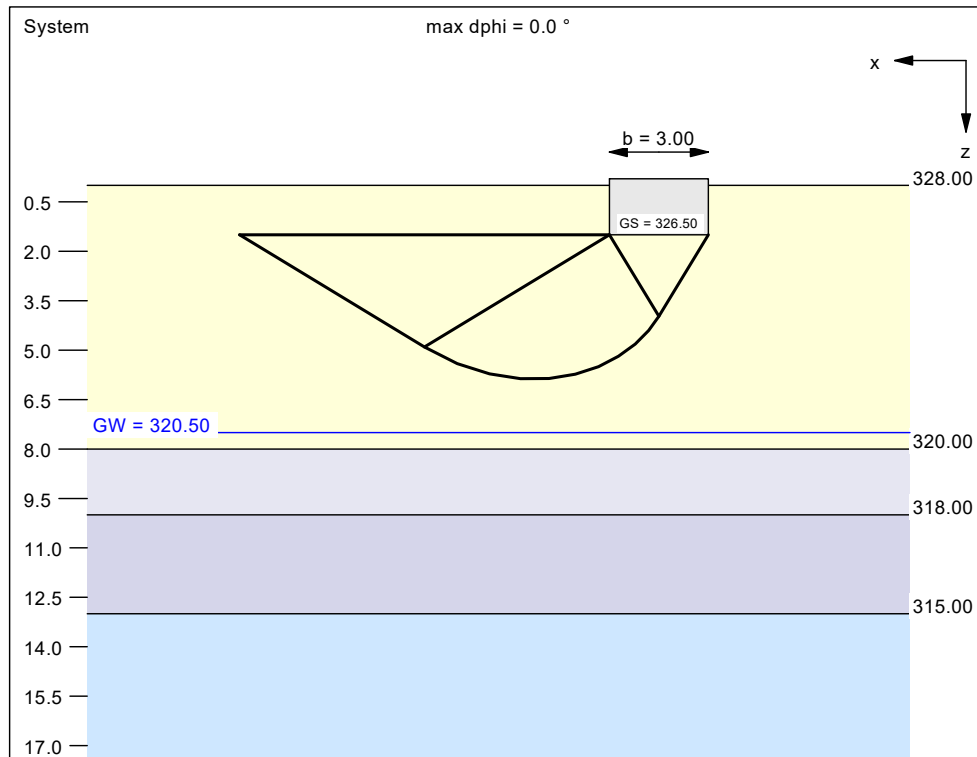
Grenztiefe  $t_g = 8.33$  m u. GOK

Setzung (Mittel aller KPs) = 4.78 cm

Boden	$\gamma/\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	E <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	21.0/11.0	27.5	15.0	0.00	80.0	Geländeauffüllung / Bodenaustausch
	19.0/9.0	25.0	7.5	0.00	15.0	Bindige Böden
	21.0/11.0	32.5	15.0	0.00	60.0	Fels, Ton/Mergel
	22.0/12.0	37.5	15.0	0.00	80.0	Fels, Kalkstein

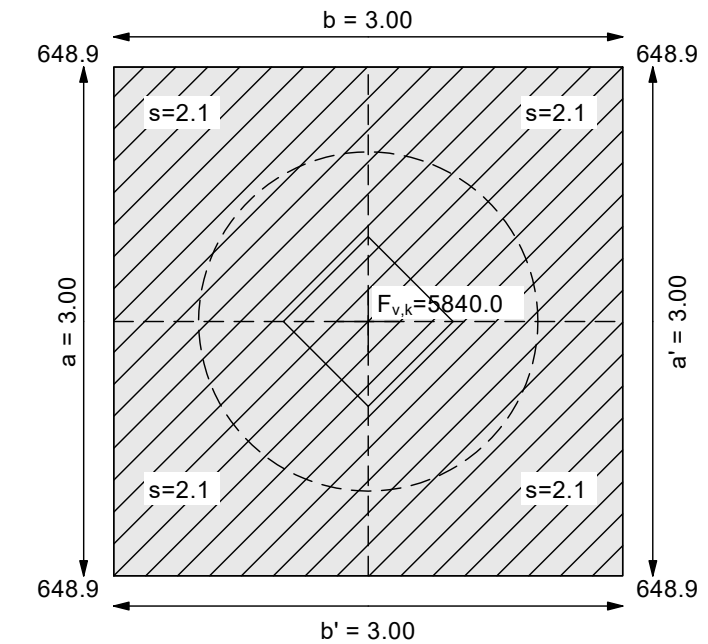
## Fundamentdiagramm

### Einzelfundamente - Logistikgebäude Variante B Stütze S1 Variante Bodenaustausch / Bodenverbesserung



Berechnungsgrundlagen:	
Neuenstein, Neubau Logistikhalle	$\gamma_{G, \text{stb}} = 0.90$
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006	$\gamma_{Q, \text{dst}} = 1.50$
Teilsicherheitskonzept (EC 7)	Oberkante Gelände = 328.00 mNHN
$\gamma_{R, v} = 1.40$	Gründungssohle = 326.50 mNHN
$\gamma_G = 1.35$	Grundwasser = 320.50 mNHN
$\gamma_Q = 1.50$	Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
Grenzzustand EQU:	— 1. Kernweite
$\gamma_{G, \text{dst}} = 1.10$	- - - 2. Kernweite

#### Setzungen und Spannungsverteilung aus ständigen Lasten



#### Ergebnisse Plattengründung

Lasten = ständig / veränderlich

Vertikallast  $F_{v,k} = 5840.00 / 0.00$  kN

Horizontalkraft  $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$  kN

Horizontalkraft  $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN

Moment  $M_{x,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m

Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m

Länge  $a = 3.000$  m

Breite  $b = 3.000$  m

Unter ständigen Lasten:

Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m

Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m

Resultierende im 1. Kern

Länge  $a' = 3.000$  m

Breite  $b' = 3.000$  m

Unter Gesamtlasten:

Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m

Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m

Resultierende im 1. Kern

Länge  $a' = 3.000$  m

Breite  $b' = 3.000$  m

Grundbruch:

Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.40$

$\sigma_{R,k} / \sigma_{R,d} = 1496.8 / 1069.16$  kN/m<sup>2</sup>

$R_{n,k} = 13471.38$  kN

$R_{n,d} = 9622.41$  kN

$V_d = 1.35 \cdot 5840.00 + 1.50 \cdot 0.00$  kN

$V_d = 7884.00$  kN

$\mu$  (parallel zu x) = 0.819

cal  $\varphi = 27.5^\circ$

cal  $c = 15.00$  kN/m<sup>2</sup>

cal  $\gamma_2 = 21.00$  kN/m<sup>3</sup>

cal  $\sigma_{\bar{u}} = 31.50$  kN/m<sup>2</sup>

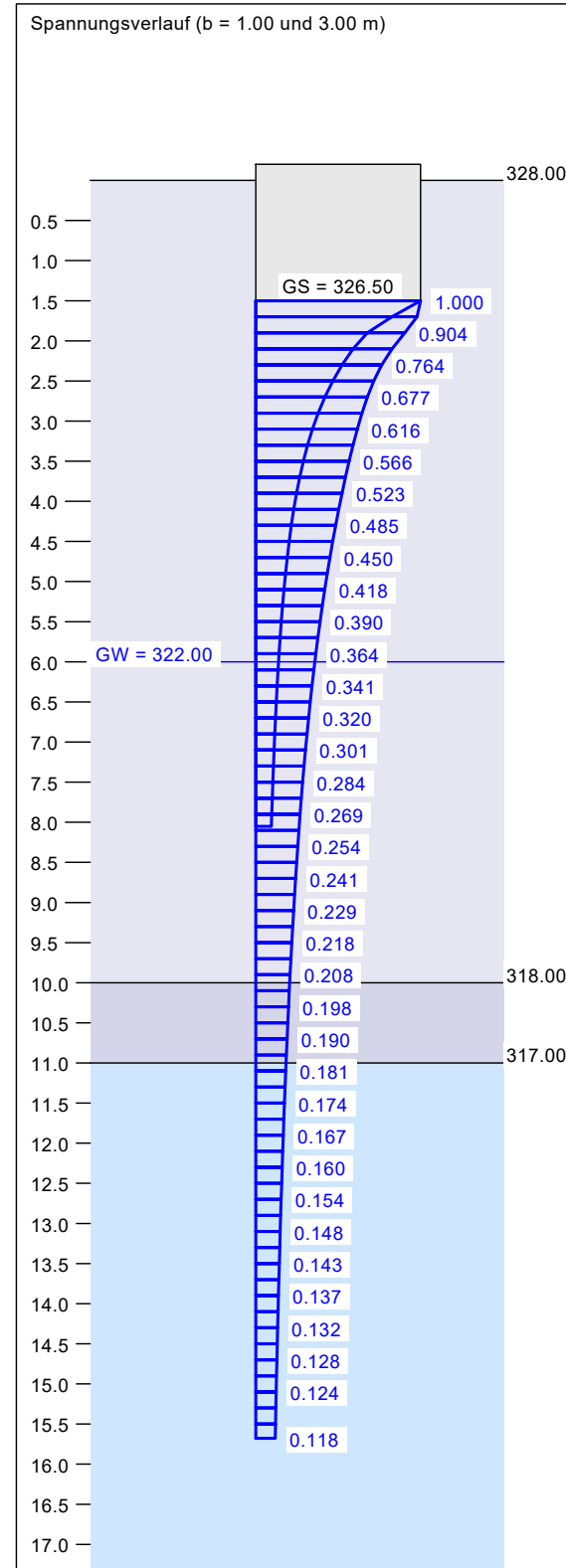
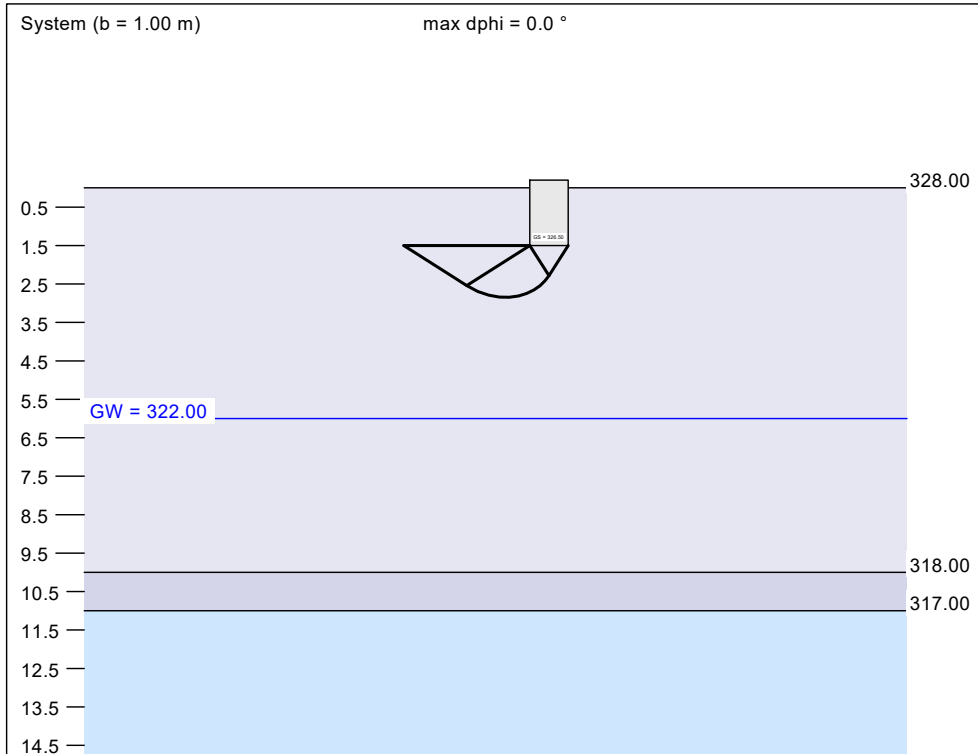
Setzung infolge ständiger Lasten:

Grenztiefe  $t_g = 9.76$  m u. GOK

Setzung (Mittel aller KPs) = 2.10 cm

Boden	$\gamma/\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	19.0/9.0	25.0	7.5	0.00	15.0	Bindige Böden
	21.0/11.0	32.5	15.0	0.00	60.0	Fels, Ton/Mergel
	22.0/12.0	37.5	15.0	0.00	80.0	Fels, Kalkstein

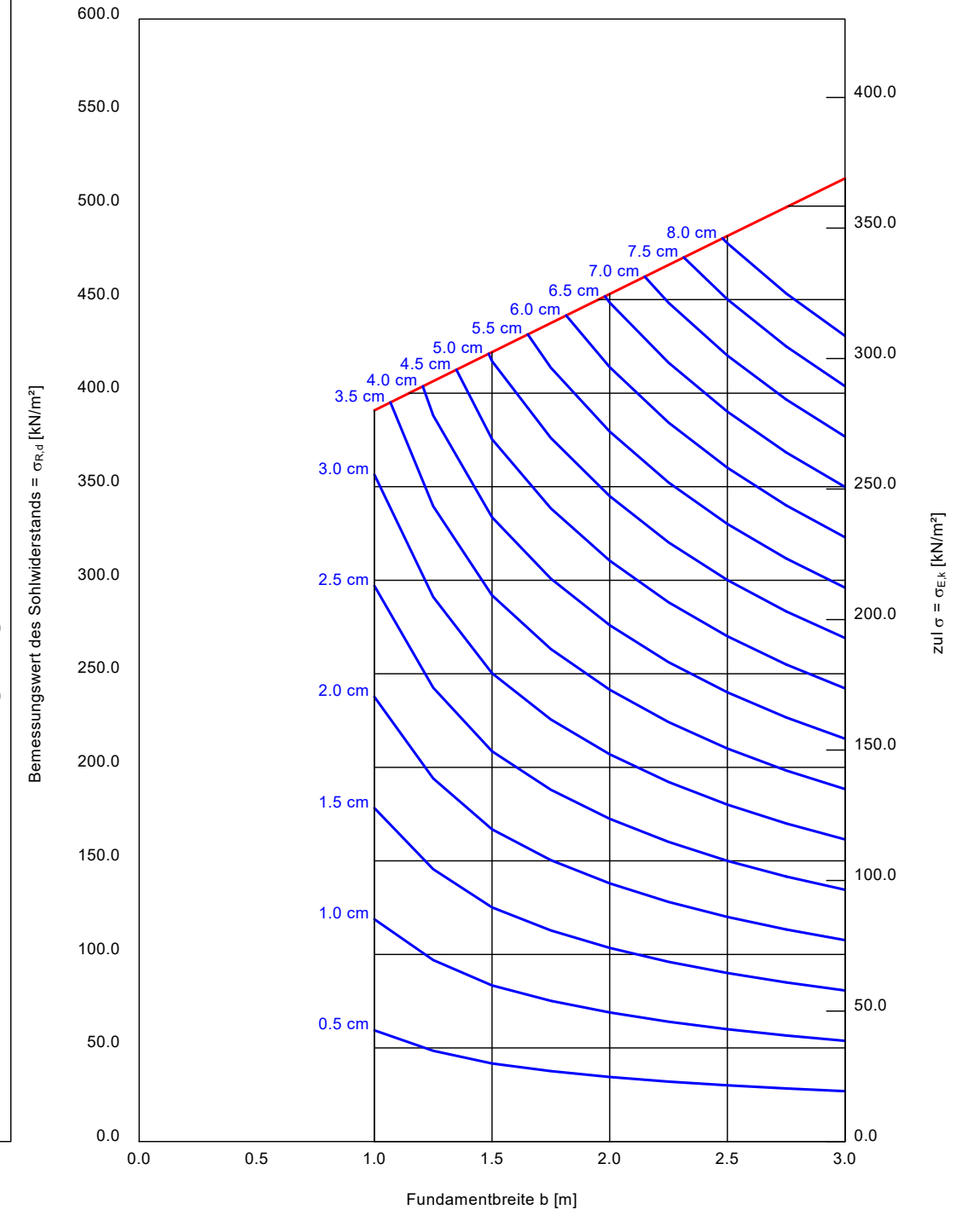
## Fundamentdiagramm Streifenfundamente - Hochregallager



**Berechnungsgrundlagen:**  
Neuenstein, Neubau Hochregallager  
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
Streifenfundament (a = 80.00 m)  
 $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
Anteil Veränderliche Lasten = 0.300

$\gamma_{(G,Q)} = 0.300 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.300) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.395$   
 $\sigma_{R,d}$  auf 1400.00 kN/m<sup>2</sup> begrenzt  
Oberkante Gelände = 328.00 mNHN  
Gründungssohle = 326.50 mNHN  
Grundwasser = 322.00 mNHN  
Grenztiefe mit p = 20.0 %

— Sohldruck  
— Setzungen

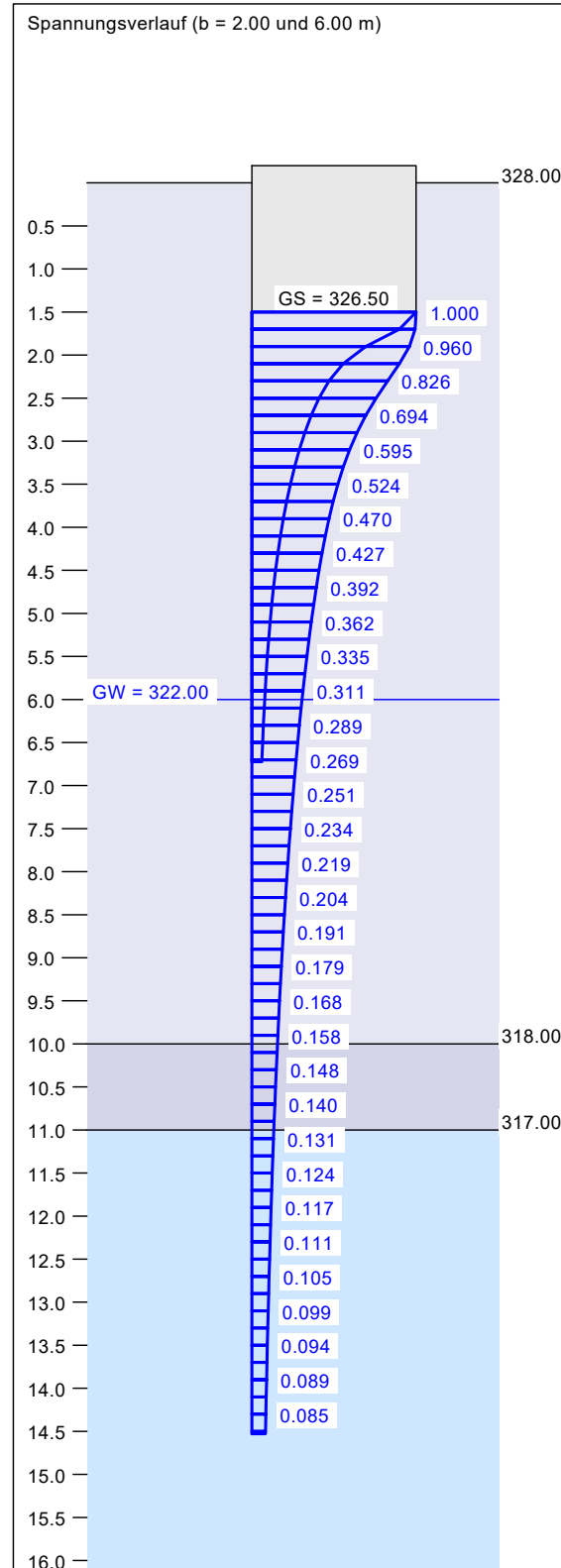
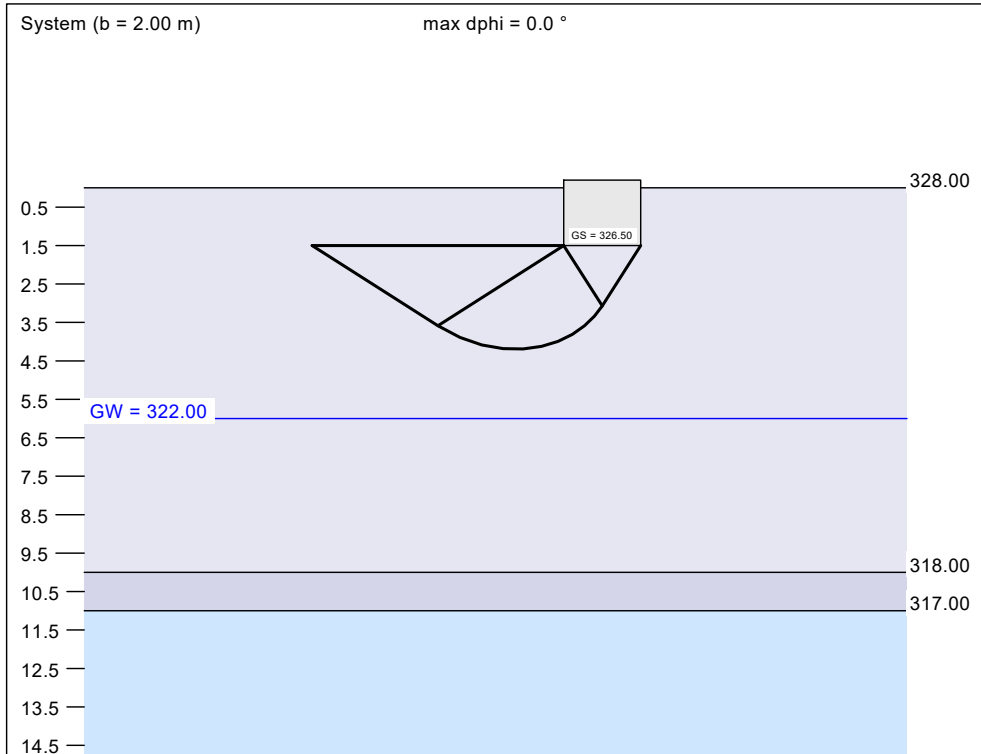


a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$R_{n,d}$ [kN/m]	zul $\sigma = \sigma_{E,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$V_{E,k}$ [kN/m]	s [cm]	cal $\varphi$ [°]	cal c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_2$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_0$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$t_g$ [m]
80.00	1.00	390.8	390.8	280.1	280.1	3.29	25.0	7.50	19.00	28.50	8.05
80.00	1.25	406.4	508.0	291.3	364.1	4.19	25.0	7.50	19.00	28.50	9.27
80.00	1.50	421.9	632.9	302.5	453.7	5.06	25.0	7.50	19.00	28.50	10.38
80.00	1.75	437.5	765.6	313.6	548.8	5.82	25.0	7.50	19.00	28.50	11.37
80.00	2.00	453.0	906.0	324.7	649.5	6.57	25.0	7.50	19.00	28.50	12.30
80.00	2.25	468.5	1054.1	335.8	755.7	7.31	25.0	7.50	19.00	28.50	13.19
80.00	2.50	484.0	1209.9	346.9	867.3	8.06	25.0	7.50	19.00	28.50	14.04
80.00	2.75	499.4	1373.4	358.0	984.5	8.81	25.0	7.50	19.00	28.50	14.87
80.00	3.00	514.8	1544.4	369.0	1107.1	9.56	25.0	7.50	19.00	28.50	15.68

zul  $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.40) = \sigma_{R,k} / 1.95$  (für Setzungen)  
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamlasten(G+Q) [-] = 0.30

Boden	$\gamma/\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	19.0/9.0	25.0	7.5	0.00	15.0	Bindige Böden
	21.0/11.0	32.5	15.0	0.00	60.0	Fels, Ton/Mergel
	22.0/12.0	37.5	15.0	0.00	80.0	Fels, Kalkstein

## Fundamentdiagramm Einzelfundamente - Hochregallager



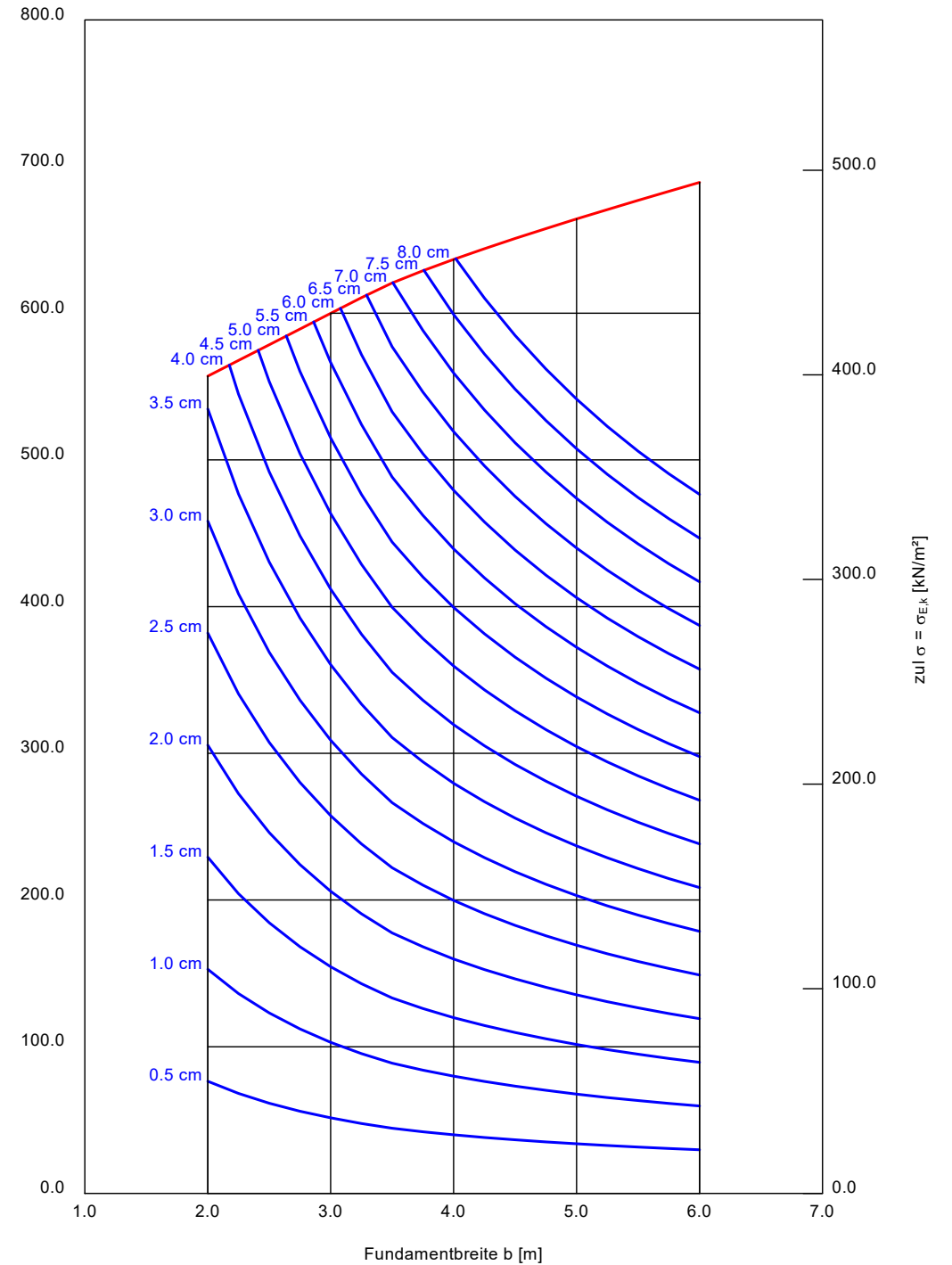
**Berechnungsgrundlagen:**  
 Neuenstein, Neubau Hochregallager  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 Einzelfundament (a/b = 1.00)  
 $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.300

$\gamma_{(G,Q)} = 0.300 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.300) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.395$   
 $\sigma_{R,d}$  auf 1400.00 kN/m<sup>2</sup> begrenzt  
 Oberkante Gelände = 328.00 mNHN  
 Gründungssohle = 326.50 mNHN  
 Grundwasser = 322.00 mNHN  
 Grenztiefe mit p = 20.0 %

— Sohldruck  
 — Setzungen

a	b	$\sigma_{R,d}$	$R_{n,d}$	zul $\sigma = \sigma_{E,k}$	$V_{E,k}$	s	cal $\phi$	cal c	$\gamma_2$	$\sigma_0$	$t_g$
[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN]	[cm]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]
2.00	2.00	557.2	2228.6	399.4	1597.6	3.65	25.0	7.50	19.00	28.50	6.72
2.25	2.25	567.9	2874.8	407.1	2060.8	4.17	25.0	7.50	19.00	28.50	7.30
2.50	2.50	578.6	3616.0	414.7	2592.1	4.71	25.0	7.50	19.00	28.50	7.86
2.75	2.75	589.3	4456.3	422.4	3194.5	5.26	25.0	7.50	19.00	28.50	8.42
3.00	3.00	600.0	5399.6	430.1	3870.7	5.83	25.0	7.50	19.00	28.50	8.97
3.25	3.25	610.7	6450.1	437.7	4623.7	6.41	25.0	7.50	19.00	28.50	9.52
3.50	3.50	620.6	7602.4	444.9	5449.8	6.99	25.0	7.50	18.90	28.50	10.05
3.75	3.75	629.0	8845.4	450.9	6340.8	7.48	25.0	7.50	18.64	28.50	10.54
4.00	4.00	636.7	10187.5	456.4	7302.9	7.97	25.0	7.50	18.33	28.50	11.02
4.25	4.25	644.0	11632.4	461.7	8338.6	8.44	25.0	7.50	18.01	28.50	11.48
4.50	4.50	651.0	13182.2	466.6	9449.6	8.91	25.0	7.50	17.70	28.50	11.94
4.75	4.75	657.7	14839.6	471.5	10637.7	9.36	25.0	7.50	17.40	28.50	12.38
5.00	5.00	664.3	16606.5	476.2	11904.3	9.81	25.0	7.50	17.11	28.50	12.82
5.25	5.25	670.7	18485.1	480.8	13251.0	10.26	25.0	7.50	16.84	28.50	13.26
5.50	5.50	676.9	20477.3	485.3	14679.1	10.70	25.0	7.50	16.58	28.50	13.69
5.75	5.75	683.1	22585.0	489.7	16190.0	11.14	25.0	7.50	16.33	28.50	14.11
6.00	6.00	689.2	24810.2	494.0	17785.1	11.57	25.0	7.50	16.10	28.50	14.53

zul  $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.40) = \sigma_{R,k} / 1.95$  (für Setzungen)  
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamlasten(G+Q) [-] = 0.30



Boden	$\gamma/\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	E <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	21.0/11.0	27.5	15.0	0.00	80.0	Geländeauffüllung / Bodenverbesserung
	19.0/9.0	25.0	7.5	0.00	15.0	Bindige Böden
	21.0/11.0	32.5	15.0	0.00	60.0	Fels, Ton/Mergel
	22.0/12.0	37.5	15.0	0.00	80.0	Fels, Kalkstein

## Fundamentdiagramm

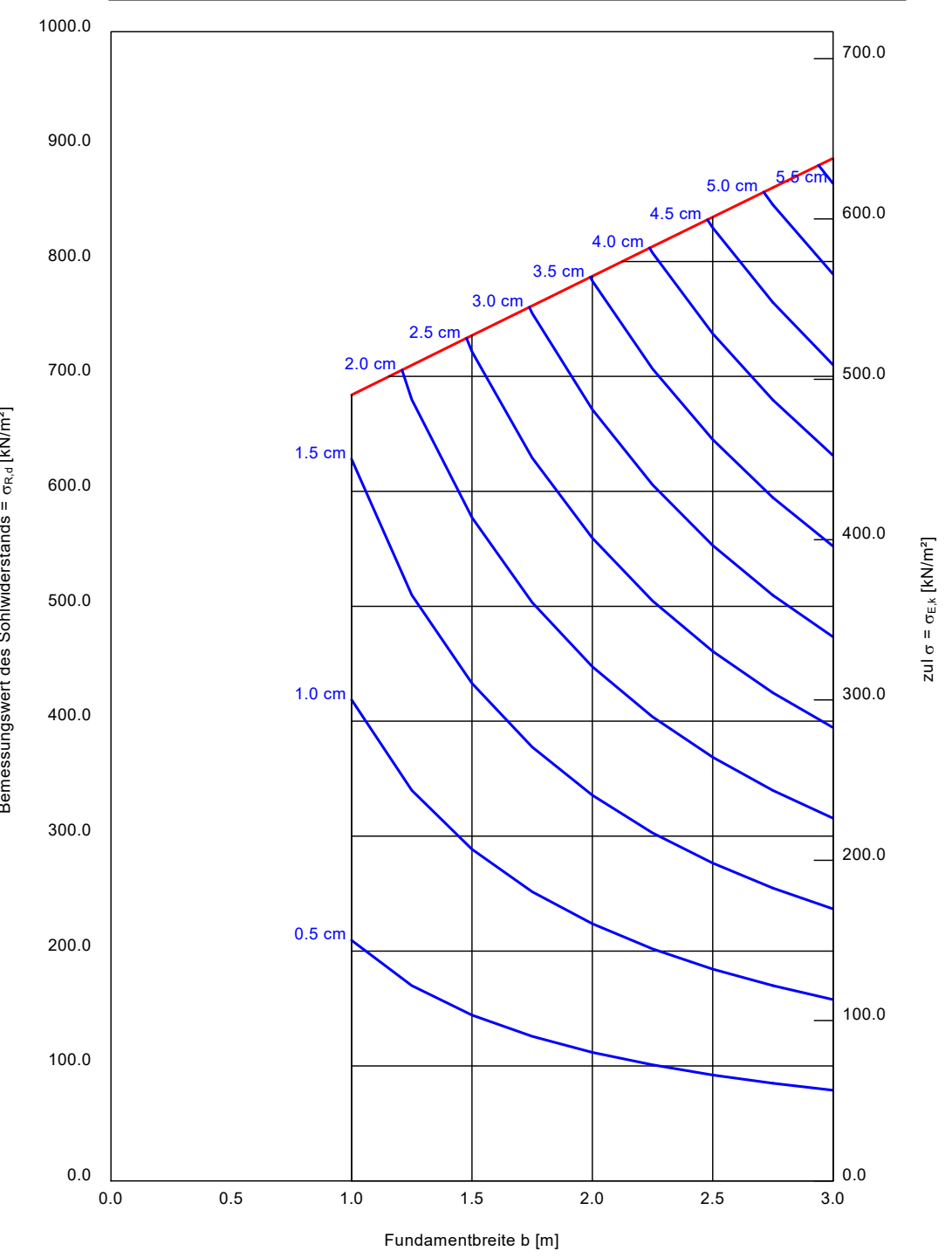
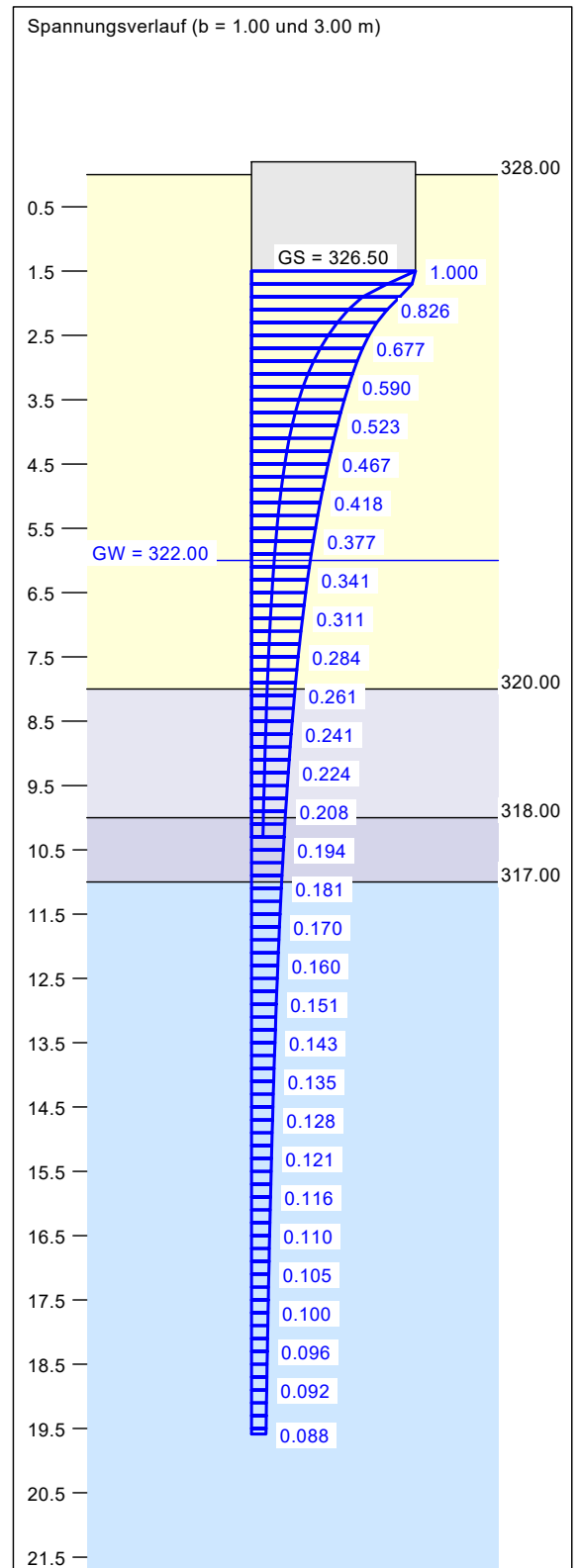
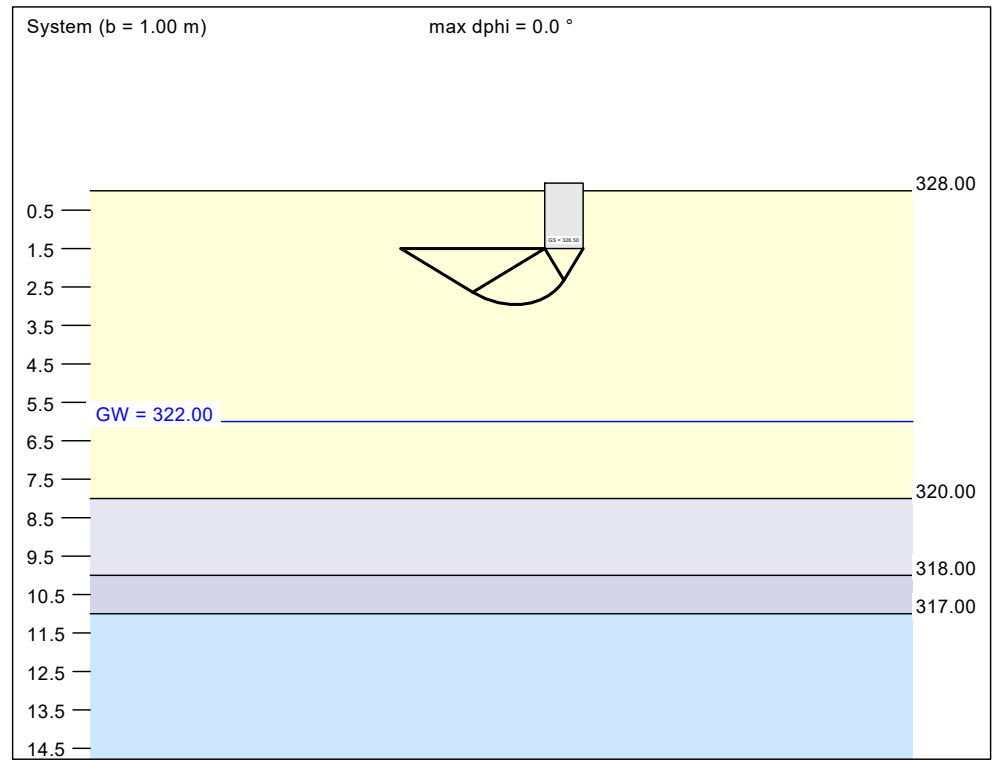
### Streifenfundamente - Hochregallager

#### Variante Teilbodenaustausch / Bodenverbesserung

**Berechnungsgrundlagen:**  
 Neuenstein, Neubau Hochregallager  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 Streifenfundament (a = 80.00 m)  
 $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.300

$\gamma_{(G,Q)} = 0.300 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.300) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.395$   
 $\sigma_{R,d}$  auf 1400.00 kN/m<sup>2</sup> begrenzt  
 Oberkante Gelände = 328.00 mNHN  
 Gründungssohle = 326.50 mNHN  
 Grundwasser = 322.00 mNHN  
 Grenztiefe mit p = 20.0 %

— Sohldruck  
 — Setzungen



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	R <sub>n,d</sub> [kN/m]	zul $\sigma = \sigma_{E,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	V <sub>E,k</sub> [kN/m]	s [cm]	cal $\varphi$ [°]	cal c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_2$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_0$ [kN/m <sup>2</sup> ]	t <sub>g</sub> [m]	k <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]
80.00	1.00	683.9	683.9	490.3	490.3	1.63	27.5	15.00	21.00	31.50	10.31	30.0
80.00	1.25	709.8	887.3	508.8	636.0	2.09	27.5	15.00	21.00	31.50	11.72	24.4
80.00	1.50	735.7	1103.5	527.4	791.0	2.55	27.5	15.00	21.00	31.50	13.02	20.7
80.00	1.75	761.5	1332.6	545.9	955.3	3.03	27.5	15.00	21.00	31.50	14.23	18.0
80.00	2.00	787.2	1574.5	564.3	1128.7	3.52	27.5	15.00	21.00	31.50	15.38	16.0
80.00	2.25	813.0	1829.2	582.8	1311.2	4.03	27.5	15.00	21.00	31.50	16.49	14.5
80.00	2.50	838.6	2096.6	601.2	1502.9	4.55	27.5	15.00	21.00	31.50	17.55	13.2
80.00	2.75	864.3	2376.7	619.5	1703.7	5.09	27.5	15.00	21.00	31.50	18.58	12.2
80.00	3.00	889.8	2669.5	637.9	1913.6	5.64	27.5	15.00	21.00	31.50	19.59	11.3

zul  $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.40) = \sigma_{R,k} / 1.95$  (für Setzungen)  
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.30

Boden	$\gamma/\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	E <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	21.0/11.0	27.5	15.0	0.00	80.0	Geländeauffüllung / Bodenaustausch
	19.0/9.0	25.0	7.5	0.00	15.0	Bindige Böden
	21.0/11.0	32.5	15.0	0.00	60.0	Fels, Ton/Mergel
	22.0/12.0	37.5	15.0	0.00	80.0	Fels, Kalkstein

## Fundamentdiagramm

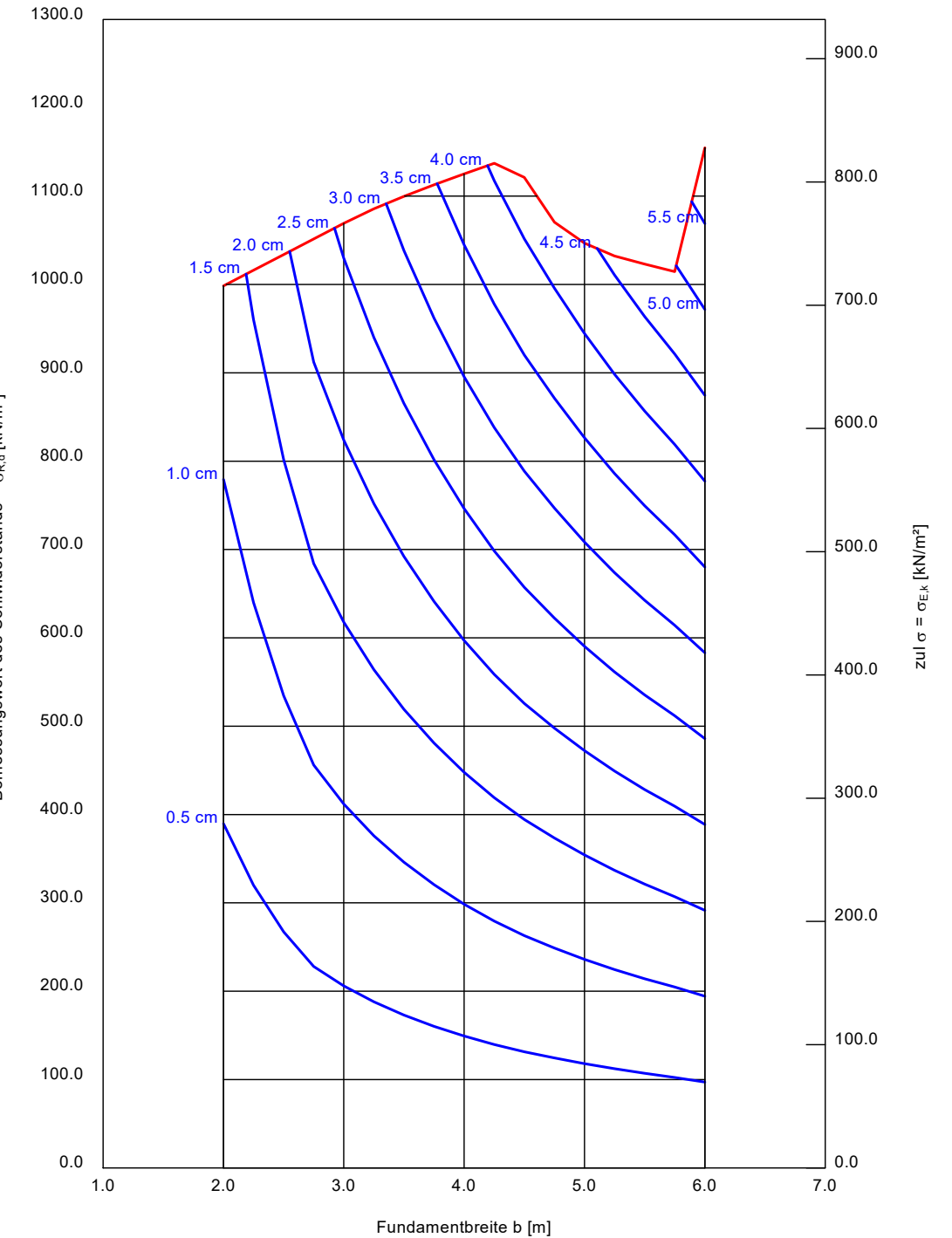
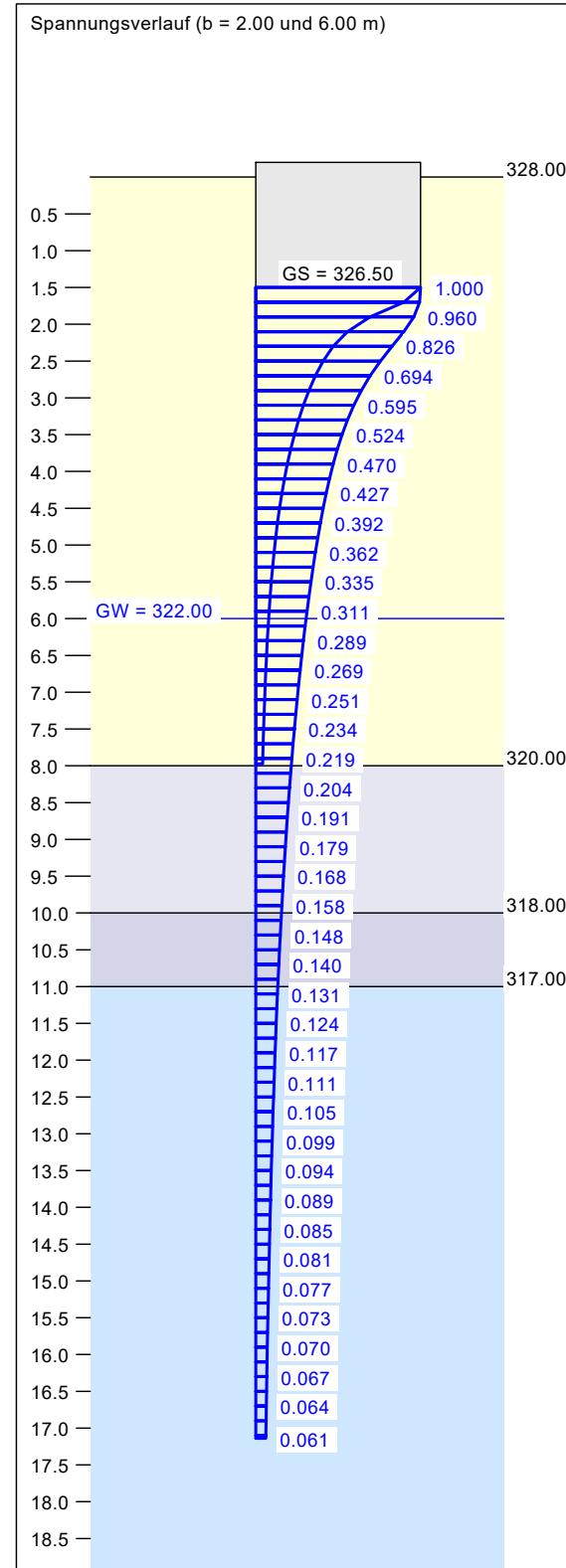
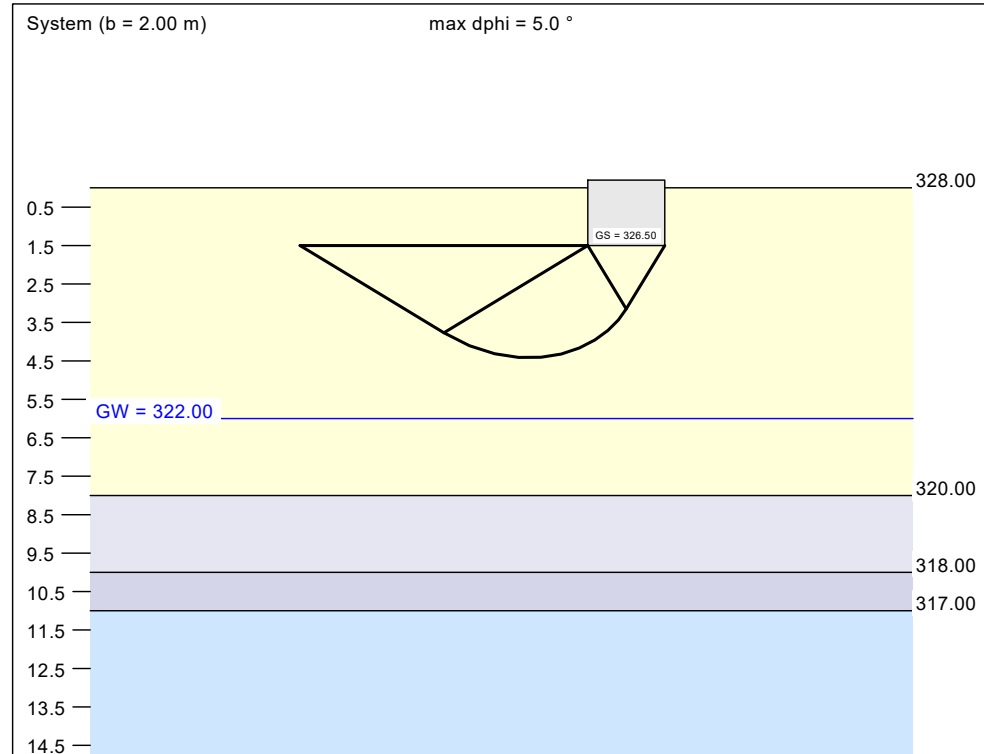
### Einzelfundamente - Hochregallager

#### Variante Teilbodenaustausch / Bodenverbesserung

**Berechnungsgrundlagen:**  
 Neuenstein, Neubau Hochregallager  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 Einzelfundament (a/b = 1.00)  
 $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.300

$\gamma_{(G,Q)} = 0.300 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.300) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.395$   
 $\sigma_{R,d}$  auf 1400.00 kN/m<sup>2</sup> begrenzt  
 Oberkante Gelände = 328.00 mNHN  
 Gründungssohle = 326.50 mNHN  
 Grundwasser = 322.00 mNHN  
 Grenztiefe mit p = 20.0 %

Sohldruck  
 Setzungen



a	b	$\sigma_{R,d}$	$R_{n,d}$	zul $\sigma = \sigma_{E,k}$	$V_{E,k}$	s	cal $\phi$	cal c	$\gamma_2$	$\sigma_0$	$t_g$
[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN]	[cm]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]
2.00	2.00	998.4	3993.8	715.7	2862.9	1.28	27.5	15.00	21.00	31.50	7.97
2.25	2.25	1016.1	5144.1	728.4	3687.6	1.59	27.5	15.00	21.00	31.50	8.68
2.50	2.50	1033.8	6461.3	741.1	4631.7	1.93	27.5	15.00	21.00	31.50	9.38
2.75	2.75	1051.5	7951.8	753.7	5700.2	2.31	27.5	15.00	21.00	31.50	10.07
3.00	3.00	1069.2	9622.4	766.4	6897.8	2.60	27.5	15.00	21.00	31.50	10.71
3.25	3.25	1085.6	11466.7	778.2	8219.9	2.89	27.5	15.00	20.89	31.50	11.34
3.50	3.50	1099.7	13471.4	788.3	9656.9	3.18	27.5	15.00	20.59	31.50	11.94
3.75	3.75	1112.8	15648.6	797.7	11217.6	3.47	27.5	15.00	20.26	31.50	12.53
4.00	4.00	1125.2	18003.6	806.6	12905.8	3.77	27.5	15.00	19.91	31.50	13.11
4.25	4.25	1137.2	20540.5	815.2	14724.4	4.07	27.5	15.00	19.58	31.50	13.68
4.50	4.50	1121.2	22704.5	803.7	16275.7	4.26	27.4	14.60	19.29	31.50	14.12
4.75	4.75	1070.4	24151.5	767.3	17312.9	4.30	27.1	13.69	19.01	31.50	14.37
5.00	5.00	1046.8	26170.9	750.4	18760.5	4.43	26.9	13.18	18.72	31.50	14.72
5.25	5.25	1032.3	28452.4	740.0	20396.0	4.60	26.8	12.82	18.43	31.50	15.11
5.50	5.50	1023.1	30949.8	733.4	22186.2	4.78	26.7	12.53	18.16	31.50	15.51
5.75	5.75	1014.5	33543.4	727.3	24045.4	4.96	26.6	12.27	17.88	31.50	15.90
6.00	6.00	1154.7	41569.8	827.8	29799.1	5.94	27.5	12.89	17.43	31.50	17.14

zul  $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.40) = \sigma_{R,k} / 1.95$  (für Setzungen)  
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamlasten(G+Q) [-] = 0.30

Boden	$q_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k02}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k03}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k10}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
0.0	150.0	0.600	0.700	1.200	0.0500		Bindige Böden
12.0	0.0	0.850	1.090	2.440	0.0850		Felszersatz
0.0	350.0	0.950	1.200	1.600	0.0650		Tonstein
0.0	450.0	0.950	1.200	1.600	0.0650		Kalkstein

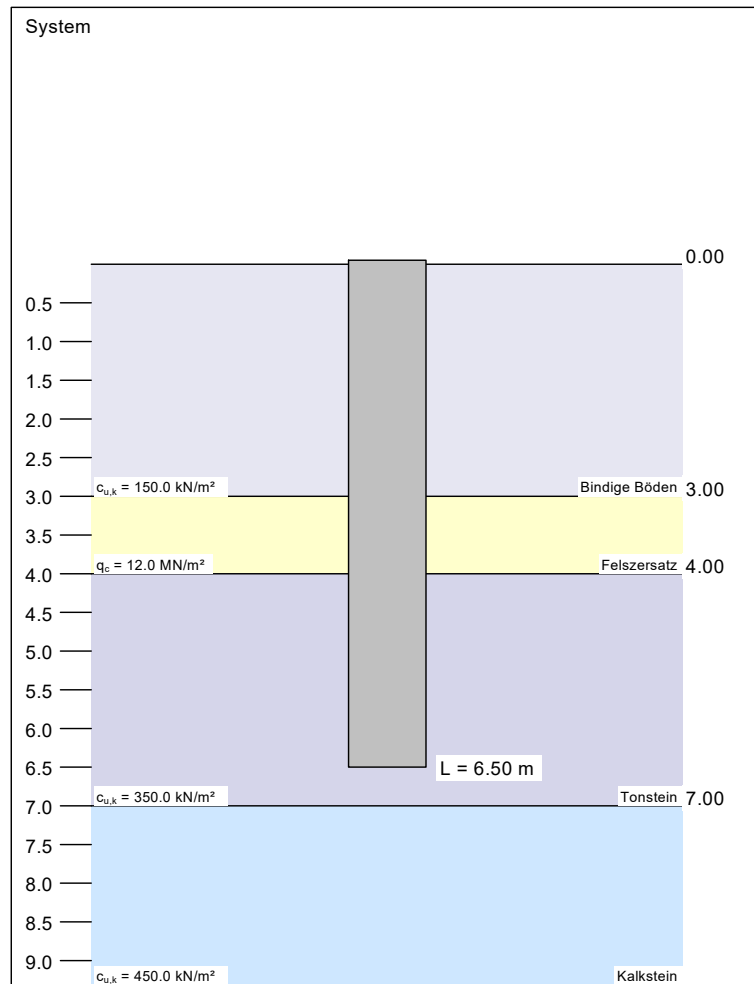
Berechnungsgrundlagen  
 Bebauung Lange Klinge  
 Norm: EC 7  
 Bohrpfahl  
 Verhältniswert (min, max) = 0.00  
 Interpolation Mantelreibung:  
 bei  $q_c < 7.5 \text{ MN/m}^2$  deaktiviert  
 bei  $c_{u,k} < 60 \text{ kN/m}^2$  deaktiviert  
 Pfahlänge = 6.50 m  
 $\gamma_P = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500  
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$   
 ———  $R_d$   
 - - - - - **Setzung**



Neuenstein, Lange Klinge  
 Teilbereich Schäfer & Peters

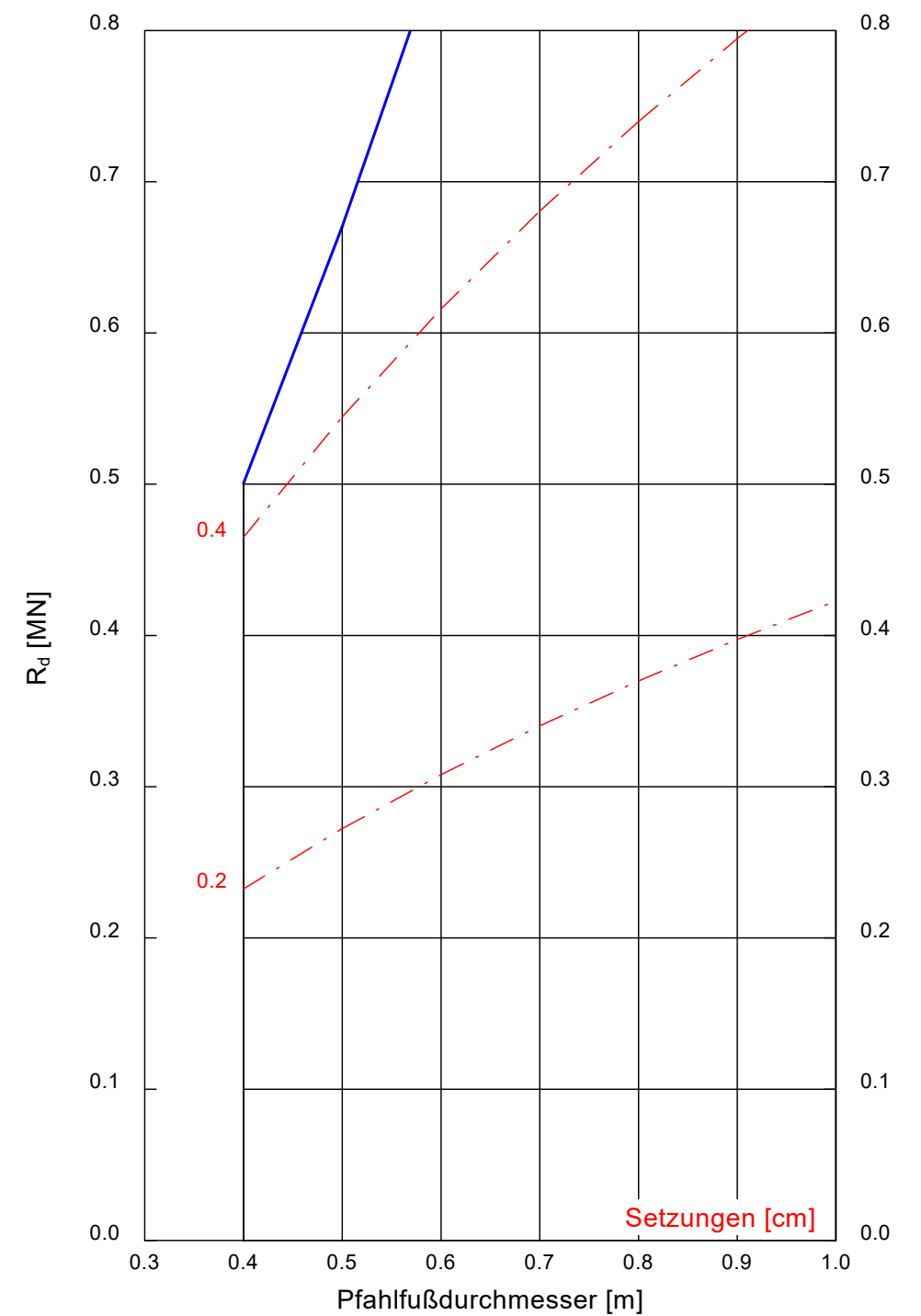
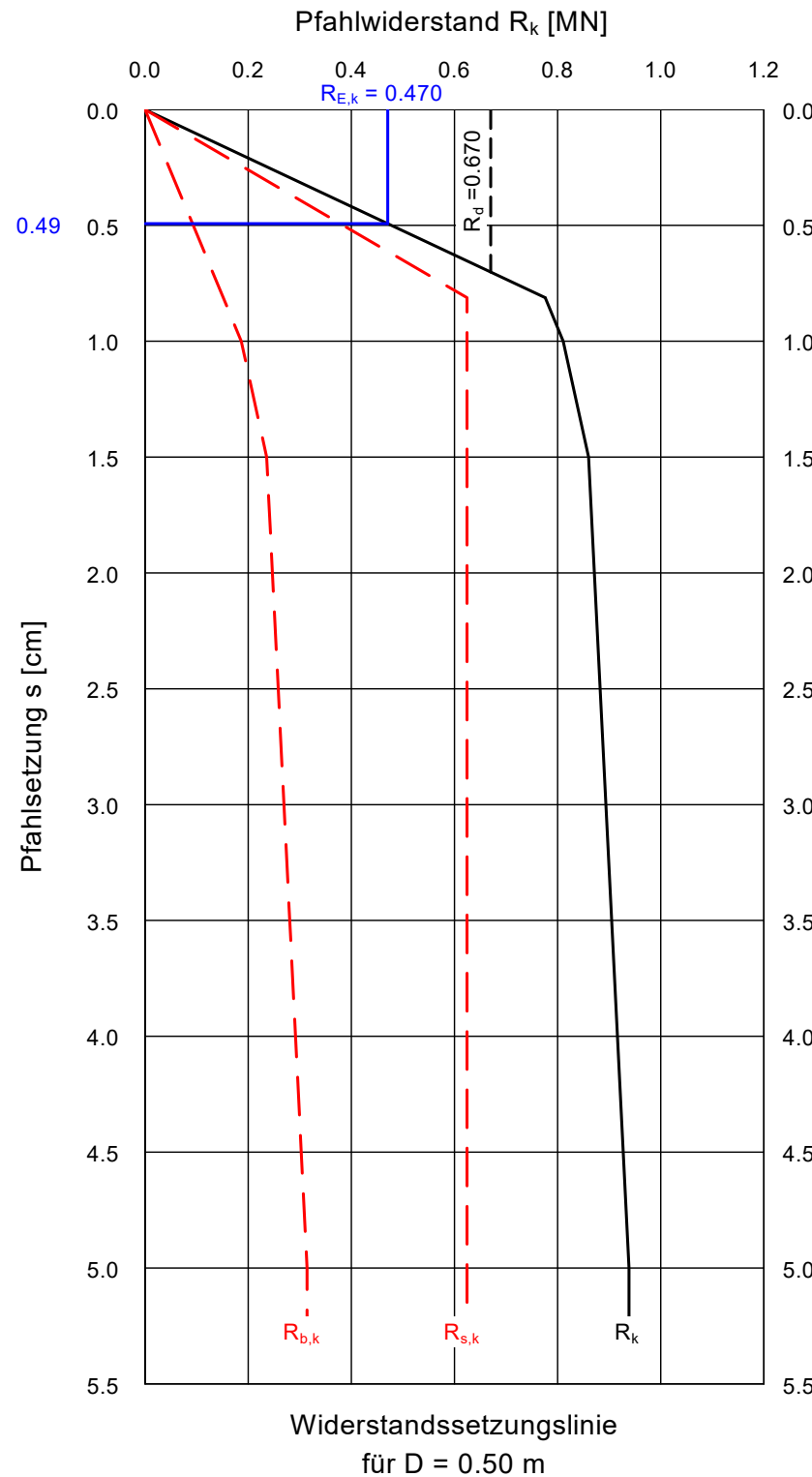
Bericht Nr. 2022/1355.4  
 Anlage Nr. 3.4.1

**Pfahldiagramm**  
 Einzelfundament, repräsentativer Felshochpunkt  
 Variante Bohrpfahl L = 6,50 m  
 Bemessungssituation BS-P



D [m]	Länge [m]	$R_k$ [MN]	$R_d$ [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	s [cm]
0.400	6.50	0.701	0.500	0.351	0.431
0.500	6.50	0.939	0.670	0.470	0.492
0.600	6.50	1.202	0.858	0.602	0.557
0.700	6.50	1.490	1.064	0.747	0.625
0.800	6.50	1.803	1.288	0.904	0.696
0.900	6.50	2.142	1.530	1.074	0.770
1.000	6.50	2.505	1.790	1.256	0.846

$R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.400 \cdot 1.425) = R_k / 1.99$  [ $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$ ]  
 $R_k$  = Charakteristischer Wert des Pfahlwiderstands  
 $R_d$  = Bemessungswert des Pfahlwiderstands  
 $R_{E,k}$  = Pfahlwiderstand bei char. Einwirkung  $E_k$  ( $R_{E,k} = E_k$ )  
 s = Setzung bei char. Einwirkung  $E_k$





Boden	$q_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k02}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k03}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k10}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
█	0.0	150.0	0.600	0.700	1.200	0.0500	Bindige Böden
█	0.0	350.0	0.950	1.200	1.600	0.0650	Tonstein
█	0.0	450.0	0.950	1.200	1.600	0.0650	Kalkstein

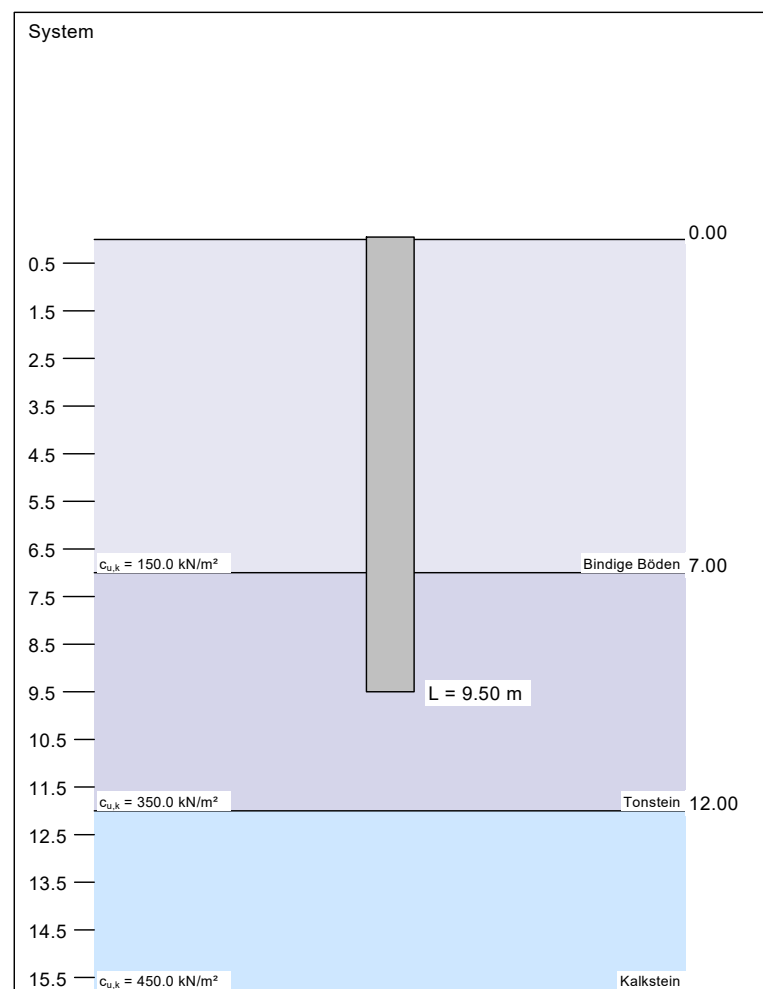
**Berechnungsgrundlagen**  
 Bebauung Lange Klinge  
 Norm: EC 7  
 Bohrpfahl  
 Verhältniswert (min, max) = 0.00  
 Interpolation Mantelreibung:  
 bei  $q_c < 7.5 \text{ MN/m}^2$  deaktiviert  
 bei  $c_{u,k} < 60 \text{ kN/m}^2$  deaktiviert  
 Pfahlänge = 9.50 m  
 $\gamma_P = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500  
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$   
 ———  $R_d$   
 - - - - - **Setzung**



**Neuenstein, Lange Klinge**  
 Teilbereich Schäfer & Peters

Bericht Nr. 2022/1355.4  
 Anlage Nr. 3.4.2

**Pfahldiagramm**  
 Einzelfundament, repräsentativer Felstiefpunkt  
 Variante Bohrpfahl L = 9,50 m  
 Bemessungssituation BS-P



D [m]	Länge [m]	$R_k$ [MN]	$R_d$ [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	s [cm]
0.400	9.50	0.845	0.604	0.424	0.454
0.500	9.50	1.119	0.799	0.561	0.520
0.600	9.50	1.418	1.013	0.711	0.589
0.700	9.50	1.743	1.245	0.874	0.661
0.800	9.50	2.092	1.495	1.049	0.736
0.900	9.50	2.467	1.762	1.237	0.814
1.000	9.50	2.867	2.048	1.437	0.894

$R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.400 \cdot 1.425) = R_k / 1.99$  [ $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$ ]  
 $R_k$  = Charakteristischer Wert des Pfahlwiderstands  
 $R_d$  = Bemessungswert des Pfahlwiderstands  
 $R_{E,k}$  = Pfahlwiderstand bei char. Einwirkung  $E_k$  ( $R_{E,k} = E_k$ )  
 s = Setzung bei char. Einwirkung  $E_k$

