



BAUGRUND- UND GRÜNDUNGSGUTACHTEN

Titel: Neubau eines Studentenwohnheims in der Ellwanger Straße in Schwäbisch Hall, Flurstück 746/4

Auftraggeber: i Live Holding GmbH
Ulmer Straße 68
73431 Aalen

Datum: 19. August 2016

Az.: 16 266 be01 hö/lo/wi

Verteiler: i Live Holding GmbH
a.brenner-rajner@i-live.de

3-fach+pdf



INHALT

	Seite
1. VORGANG	4
2. LAGE UND GEOLOGISCHE SITUATION	4
3. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN	5
4. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE	5
4.1. Schichtaufbau des Untergrundes	5
4.2. Bodenmechanische Laboruntersuchungen	8
4.3. Umweltgeologische Laboruntersuchungen	9
4.4. Lage in Erdbebenzone	11
4.5. Klassifizierung von Boden u. Fels, erdstatische Kennwerte	11
4.6. Homogenbereiche nach DIN 18 300 für Erdarbeiten	12
5. FOLGERUNGEN FÜR DIE GEPLANTE BAUMAßNAHME	14
5.1. Geotechnisches Modell	14
5.2. Gründung	14
5.3. Erdarbeiten, Baugrubengestaltung und Wasserhaltung	16
5.4. Arbeitsraumverfüllung	17
5.5. Schutz des Bauwerks gegen Durchfeuchtung	18
5.6. Hinweise für Verkehrsflächen	19
5.7. Bodenverbesserung mit Bindemittel	19
5.8. Wiederverwertung von Aushubmaterial	20
6. VERSICKERUNG VON OBERFLÄCHENWASSER	21
7. KAMPFMITTEL	21
8. SCHLUSSBEMERKUNGEN	22



Anlagen

Anlage 1	Pläne
Anlage 1.1	Übersichtslageplan
Anlage 1.2	Lageplan mit Untersuchungspunkten, M 1:500
Anlage 2	Ergebnisse der örtlichen Erkundung
Anlage 2.1 – 2.4	Profile der Bohrsondierungen und schweren Rammsondierungen
Anlage 3	Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen
Anlage 3.1	Wassergehalte nach DIN EN ISO 17892-1
Anlage 3.2.1 – 3.2.3	Konsistenzgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12
Anlage 4	Ergebnisse der chemischen Analysen
Anlage 5	Schnitte
Anlage 5.1	Schnitt A-A, M 1:100
Anlage 6	Grundbruchberechnungen Streifenfundamente



1. VORGANG

Die i Live Holding GmbH, Aalen plant den Neubau eines Studentenwohnheims in der Ellwanger Straße in Schwäbisch Hall.

Die Geotechnik Aalen wurde auf Grundlage des Honorarangebots vom 30.05.2016 (Az. 16 266 an01 hö/wi) beauftragt, ein Baugrund- und Gründungsgutachten für dieses Bauvorhaben zu erstellen.

Für die Planung der Geländearbeiten und Ausarbeitung des Gutachtens wurden uns folgende Unterlagen digital zur Verfügung gestellt:

- /1/ Unbeglaubigter Auszug aus der Stadtkarte, M 1:1.000, Stadt Schwäbisch Hall, Stand 21.04.2016
- /2/ Lageplan Bebauungsvorschlag, Variante 7, M 1:200, Dipl.-Ing. H.+T. Müller Freie Architekten, Stand 29.04.2016
- /3/ Daten, Dipl.-Ing. H.+T. Müller Freie Architekten, Stand 29.04.2016
- /4/ Lageplan Erdgeschoss, M 1:200, Dipl.-Ing. H.+T. Müller Freie Architekten, Stand 26.07.2016
- /5/ Schnitt A-A, M 1:100, Dipl.-Ing. H.+T. Müller Freie Architekten, Stand 16.08.2016

2. LAGE UND GEOLOGISCHE SITUATION

Der geplante Neubau befindet sich in der Ellwanger Straße am östlichen Ortsausgang von Schwäbisch Hall auf dem Flurstück 746/4.

Laut geologischer Karte von Baden-Württemberg¹ besteht der geologisch feste Untergrund aus den Schichten des unteren Keupers. Dabei handelt es sich um Mergel- und Schlufftonsteine, die in Wechsellagerung mit dolomitischen Bänken stehen. Die Festgesteine werden von bindigen Deckschichten (z.B. Verwitterungston) überlagert.

Die bindigen quartären Deckschichten sind als gering Grundwasser leitend einzustufen. Die Mergel- und Schlufftonsteine des unteren Keupers können entlang von Klüften und Schichtgrenzen Grundwasser führen.

¹ Geologische Karte von Baden-Württemberg, M 1 : 25.000, Blatt 6824 Schwäbisch Hall, geologisches Landesamt Baden-Württemberg Auflagejahr 2001.



3. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

Zur Beurteilung der Baugrundverhältnisse wurden am 07.07.2016 insgesamt vier Rammkernbohrungen (BS 1 – BS 4) und drei Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH 1 – 3), mit Bohrtiefen bis ca. 4,50 m u. Gel. (BS, DPH) auf dem Gelände durchgeführt (s. Anlage 1.2).

Die Bohrungen wurden ingenieurgeologisch aufgenommen und beprobt. An ausgewählten Bodenproben wurden bodenmechanische Laboruntersuchungen (natürlicher Wassergehalt und Konsistenzgrenzen) durchgeführt, um unter anderem bodenmechanischen Kennwerte festzulegen. Außerdem wurden eine Mischprobe aus den bindigen, künstlichen Auffüllungen hinsichtlich der Entsorgungsmöglichkeiten chemisch untersucht (VwV Boden). Nach Abschluss der Bohrarbeiten wurden die Bohrlöcher mit Bohrgut verfüllt.

4. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

4.1. Schichtaufbau des Untergrundes

In den Bohrungen wurde ein vergleichbarer Schichtaufbau angetroffen. Die Bohrprofile sind in Anlage 2 abgebildet und werden im Folgenden beschrieben (vgl. Tabelle 1).

- **Oberboden:** In den Bohrungen wurde an oberster Stelle eine ca. 20 cm dünne Oberbodenschicht mit Grasnarbe angetroffen.
- **Auffüllungen:** In den Bohrungen BS 1, BS 2 und BS 3a wurden unterhalb der Oberbodenlage gemischtkörnige Auffüllungen angetroffen.

In **BS 1** besteht die Auffüllung aus einem ca. 30 cm dicken feinsandigen, schwach kiesigen Schluff-Ton, in dem kantige Kalksteinstücke enthalten sind. Die Farbe ist braun und die im Feld bestimmte Konsistenz ist halbfest. Darunter bis ca. 1,1 m u. Gel. ist eine ca. 60 cm mächtige, dunkelgraue Auffüllung aus einem schluffigen Kies angebohrt worden, der kantige Kalksteine und Ziegelstücke enthält.

In **BS 2** ist eine ca. 1,0 m mächtige bindige Auffüllung angetroffen worden, die in ihrer Farbe und Zusammensetzung mit der bindigen Auffüllung aus BS 1 vergleichbar ist.

Die in der Bohrung **BS 3a** erbohrte Auffüllung ist hinsichtlich Farbe und Zusammensetzung mit den Auffüllungen aus BS 1 und BS 2 vergleichbar. Die Schichtdicke beträgt ca. 1,3 m. Darunter ändert sich die Zusammensetzung, d.h. die



Auffüllung besteht aus einem schwach schluffigen, sandigen Kies, in dem Beton enthalten ist. Die Bohrung BS 3a kam hier auch zum Stehen.

- **Bindige Deckschichten** (Decklehm, Verwitterungston, verwitterter Keuper):

BS 1:

Der obere Teil der bindigen Deckschichten kann als **Decklehm** bezeichnet werden, der aus einem feinsandigen Schluff-Ton besteht. Die Farbe ist braun – graubraun, die im Feld bestimmte Konsistenz ist halbfest. Die Schichtdicke beträgt bis ca. 2,8 m (BS 1). An der Unterkante setzt sich ein **Verwitterungston** fort, der aus einem schluffigen, feinsandigen Ton besteht. Die in situ bestimmte Konsistenz ist halbfest bis fest, die Färbung ist dunkelgrau. Im Verwitterungston sind außerdem rostfarbene Eisenoxidreste enthalten. Die Bohrung kam hier zum Stehen.

BS 2:

Der **Decklehm** ist hier nicht vorhanden. Unterhalb der Auffüllung ist ein schluffiger, feinsandiger Ton mit halbfester Konsistenz und dunkelgraubrauner Färbung erbohrt worden. Die Schichtdicke beträgt ca. 1,2 m. Darunter setzt sich ein brauner, schwach kiesiger, feinsandiger, toniger Schluff fort, der als **verwitterter Keuper** angesprochen werden kann. Die im Feld bestimmte Konsistenz ist halbfest bis fest. Die Schichtdicke beträgt ca. 40 cm, ab ca. 2,8 m u. Gel. war kein Bohrfortschritt mehr möglich.

BS 3b:

Der Schichtaufbau in BS 3b kann mit dem Schichtaufbau von BS 1 verglichen werden, d.h. der **Decklehm** besteht aus einem halbfesten feinsandigen, Schluff-Ton. Im oberflächennahen Bereich sind untergeordnet Kalksteinstücke enthalten. Die Schichtdicke des Decklehms ist ca. 2,9 m. Darunter setzt sich ein dunkelgrauer **Verwitterungston**, mit schluffiger, feinsandiger Zusammensetzung fort. Ab ca. 4,0 m u. Gel. war kein Bohrfortschritt mehr möglich.

In den Bohrungen wurde kein Grundwasser angetroffen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass jahreszeitlich und witterungsbedingt Grund- oder Schichtwasser auftreten. Im Allgemeinen sind die bindigen Deckschichten als gering Grundwasser leitend bis Wasser stauend anzusehen.



Tabelle 1: Schichtverzeichnis mit Angaben der Untergrenzen der einzelnen Schichten. Die Werte beziehen sich auf m unter Geländeoberkante (GOK). In Klammer ist die die Höhe in m NN der Schichtunterkante angeben.

Schichtglied	Aufschluss (Höhe m NN)			
	BS 1 (377,11)	BS 2 (374,10)	BS 3a (376,77)	BS 3b (375,81)
Oberboden	0,2 (376,93)	0,2 (373,77)	-	0,2 (375,61)
Auffüllung	1,1 (376,01)	2,1 (373,00)	1,7 (375,07) E.T.	-
Bindige Deckschichten	4,5 (372,61) E.T.	2,8 (371,30) E.T.	-	4,0 (371,81) E.T.
Grundwasser m u. GOK	-	-	-	-

Ergebnisse der Rammsondierung (DPH)

Die Rammsondierungen nach **DIN EN ISO 22476-2²** mit der schweren Rammsonde (DPH) geben Aufschluss auf die Lagerung bzw. die Konsistenz des Untergrundes, indem die Schlagzahlen pro 10 cm Eindringtiefe (N_{10}) aufgezeichnet werden. Die Ergebnisse der schweren Rammsondierung (DPH) werden nachfolgend genannt.

- **DPH 1 (BS 2):** Die Schlagzahlen nehmen in der bindigen Auffüllung von $N_{10} \sim 8$ nach $N_{10} \sim 2$ ab. In dem Verwitterungston von 1,2 - 2,4 m u. Gel. nehmen die Schlagzahlen vor allem an der Unterkante zu, d.h. von ca. $N_{10} \sim 2$ nach $N_{10} \sim 18$. Die Schlagzahlen steigen im verwitterten Keuper bis ca. 2,7 m u. Gel. auf $N_{10} = 60$ an.
- **DPH 2 (BS 3a):** Die Schlagzahlen in den Auffüllungen zeigen ein tannenbaumartiges Muster. Die kleinsten Schlagzahlen betragen ca. $N_{10} \sim 7$, die größten ca. $N_{10} \sim 38$. Ab ca. 1,7 m u. Gel. steigen die Schlagzahlen auf $N_{10} = 60$ an. Die Endtiefe korrespondiert mit der Endteufe der Bohrung und kann mit einem Rammhindernis in der künstlichen Auffüllung zusammenhängen.

² DIN EN ISO 22476-2 – Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen Teil 2: Rammsondierungen, Fassung 2005.



- **DPH 3 (BS 3b):** Die Schlagzahlen im Decklehm bis ca. 3,1 m u. Gel. sind weitestgehend konstant ($N_{10} \sim 4-7$). Im Verwitterungston nehmen die Schlagzahlen noch weiter zu ($N_{10} \sim 7 - 13$). In ca. 4,5 m u. Gel. ist nehmen die Schlagzahlen abrupt auf $N_{10} = 60$ zu. Hier ist wahrscheinlich die Oberkante des felsartigen unteren Keupers angetroffen worden.

4.2. Bodenmechanische Laboruntersuchungen

An ausgewählten Bodenproben wurden Laborversuche durchgeführt, um unter anderem die bodenmechanischen Kennwerte festzulegen.

Natürlicher Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1³:

Die natürlichen Wassergehalte der bindigen Schichten sind in Anlage 3.1 zusammengefasst. Daraus geht hervor, dass die Wassergehalte in den Bohrungen relativ ähnlich sind und zwischen $w_n = 12,4$ und $22,7$ % liegen.

In den bindigen Auffüllungen sind Wassergehalte von $w_n = 12,4 - 16,9$ % gemessen worden. Die Decklehme haben natürliche Wassergehalte zwischen $w_n = 14,2 - 19,7$ %. In den Verwitterungstonen wurden Wassergehalte von $w_n = 16,8 - 22,7$ % ermittelt. Der natürliche Wassergehalt des verwitterten Keupers (BS 2) beträgt ca. $w_n = 14,4$ %.

Konsistenzgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12⁴

An Proben aus dem Decklehm und dem Verwitterungslehm wurden die Atterberg'schen Konsistenzgrenzen (Fließ- und Ausrollgrenze) bestimmt. Die Decklehme können nach der **DIN 18196⁵** der **Bodengruppe TM**, mittelplastische Tone mit halbfester Konsistenz zugeordnet werden. Der Verwitterungston entspricht somit der **Bodengruppe TA**, einem ausgeprägt plastischen Ton mit steifer Konsistenz.

³ DIN EN ISO 17892-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 1: Bestimmung des Wassergehaltes, Fassung 03/2015.

⁴ DIN EN ISO 17982-12: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 12: Bestimmung der Zustandsgrenzen, Ausgabe 01/2005.

⁵ DIN 18196 – Erd- und Grundbau: Bodenklassifikationen für bautechnische Zwecke, Ausgabe 1988/2005.

**Tabelle 2:** Zustandsformen der bindigen Deckschichten.

Probe	Konsistenzzahl I_c	Zustandsform	Bodengruppe [DIN 18 196]
BS 1 - 1/3 Decklehm	1,03	halbfest	TM
BS 3 - 3b/2 Decklehm	0,98	steif	TA
BS 2 - 2/2 Verwitterngston	1,08	halbfest	TM

4.3. Umweltgeologische Laboruntersuchungen

Eine Mischprobe aus den künstlichen, bindigen Auffüllungen (BS 2 2/1, BS 3a 3a/1) wurde zur chemischen Analyse an die Analytik-Team GmbH, Fellbach übergeben. Im Hinblick auf die Wiederverwertungsmöglichkeiten wurde die Mischprobe auf die Parameter der Verwaltungsvorschrift für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial⁶ (VwV) untersucht. Die Analysenergebnisse sind in Anlage 4 zusammengefasst. Außerdem werden diese in der Tabelle 3 den Zuordnungswerten der VwV gegenübergestellt. Aufgrund der Zusammensetzung (Schluff-Ton) können die Zuordnungswerte für Z0 Schluff/Lehm verwendet werden.

Die Analysen zeigen, dass aufgrund einer geringfügigen Erhöhung des MKW-Gehalts von 58 mg/kg (Kohlenstoff-Kettenlänge C_{10} - C_{40}) die bindigen Auffüllungen als Material der **Qualitätsstufe Z0*** zugeordnet werden. Es ist durchaus realistisch, dass bei einer repräsentativen Haufwerksbeprobung eine Einstufung in die Qualitätsstufe Z0 möglich ist.

⁶ VwV - Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial, Auflage 03/2007.



Tabelle 3: Zuordnungswerte **Feststoff** und **Eluat** für Boden nach der Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial (**VwV**).

Parameter		Zuordnungswert					Probenbezeichnung
		Z0 Schluff/ Lehm	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	MP01 (BS2/1, BS3a/1)
PAK (Summe EPA)	mg/kg	3	3	3	9	30	0,21
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,3	0,3	0,9	0,9	3	0,01
PCB (Summe)	mg/kg	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5	<0,01
LHKW	mg/kg	1	1	1	1	1	<0,01
BTEX	mg/kg	1	1	1	1	1	<0,01
EOX	mg/kg	1	1	3	3	10	<0,50
MKW (C ₁₀ -C ₂₂)	mg/kg	100	200	300	300	1.000	<50
MKW (C ₁₀ -C ₄₀)	mg/kg	-	400	600	600	2.000	58
Cyanid gesamt	mg/kg	-	-	3	3	10	<0,10
Arsen	mg/kg	15	15	45	45	150	7,2
Blei	mg/kg	70	140	210	210	700	10
Cadmium	mg/kg	1	1,0	3	3	10	<0,40
Chrom-gesamt	mg/kg	60	120	180	180	600	26
Kupfer	mg/kg	40	80	120	120	400	20
Nickel	mg/kg	50	100	150	150	500	29
Quecksilber	mg/kg	0,5	1,0	1,5	1,5	5	<0,10
Thallium	mg/kg	0,7	0,7	2,1	2,1	7	<0,50
Zink	mg/kg	150	300	450	450	1.500	21
Eluat							
ph-Wert	<i>o. Dim.</i>	6,5–9,5	6,5–9,5	6,5–9,5	6,0–12	5,5–12	7,7
el. Leitfähigkeit	μS/cm	250	250	250	1.500	2.000	230
Chlorid	mg/l	30	30	30	50	100	<3,0
Sulfat	mg/l	50	50	50	100	150	<3,0
Cyanide gesamt	μg/l	5	5	5	10	20	<5,0
Phenolindex	μg/l	20	20	20	40	100	<10
Arsen	μg/l	-	14	15	20	60	<3,0
Blei	μg/l	-	40	40	80	200	<10
Cadmium	μg/l	-	1,5	1,5	3	6	<1,0
Chrom-gesamt	μg/l	-	12,5	12,5	25	60	<10
Kupfer	μg/l	-	20	20	60	100	<10
Nickel	μg/l	-	15	15	20	70	<10
Quecksilber	μg/l	-	0,5	0,5	1	2	<0,10
Zink	μg/l	-	150	150	200	600	<25
							Z0*



4.4. Lage in Erdbebenzone

Nach DIN EN 1998:2010-12⁷ (EC 8, Abs. 3.2.1) „müssen die nationalen Territorien von den nationalen Behörden je nach örtlicher seismischer Gefährdung in Erdbebenzonen unterteilt werden“. Nach der Karte der Erdbebenzonen des Innenministeriums Baden-Württemberg⁸ liegt Schwäbisch Hall außerhalb von Erdbebenzonen, d.h. in einem Gebiet mit sehr geringer seismischer Gefährdung.

4.5. Klassifizierung von Boden u. Fels, erdstatische Kennwerte

Auf Grundlage der bodenmechanischen Laboruntersuchungen, den geologischen Felduntersuchungen sowie nach Erfahrung können den bautechnisch relevanten Schichten nach der **DIN 1055**⁹ folgende, charakteristische erdstatische Kennwerte zugeordnet werden (s. Tabelle 4).

Tabelle 4: Charakteristische erdstatische Kennwerte.

Schichtbereich	Wichte [kN/m ³]		Reibungswinkel [°]	Kohäsion [kN/m ²]		Steifemodul [MN/m ²]
	Y	Y'	Φ _k	c _k	c _{u,k}	E _{s,k}
Auffüllungen bindig*	19	9	17,5	5	25	**
Auffüllungen kiesig*	19	11	30 – 32,5	-	-	**
Decklehm TM, halbfest	20,5	10,5	17,5	15	60	8 - 12
Verwitterungston TA, steif	18,5	8,5	15,0	15	75	5 - 8
verw. Keuper Schluff, tonig	20	10	17,5	10	50	20 - 30
Keuper Ton-, Mergelstein	23	13	35	>30	-	80

* In den Bohrsondierungen angetroffene Zusammensetzung.

** Angabe des Steifemoduls nicht möglich, da in den Auffüllungen Inhomogenitäten auftreten können und unklar ist, ob Eigensetzungen bereits abgeklungen sind.

⁷ DIN EN 1998:2010-12: Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten, Ausgabe 12/2010.

⁸ Karte der Erbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg, M 1:350.000, Innenministerium Baden-Württemberg, Auflage 2005

⁹ DIN 1055-2 – Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Bodenkenngrößen, Ausgabe 11/2010.



4.6. Homogenbereiche nach DIN 18 300 für Erdarbeiten

Die Einteilung von Boden und Fels in Homogenbereiche erfolgt nach dem Zustand der anstehenden Schichten vor dem Lösen. Als Homogenbereich wird „ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für einsetzbare Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist“¹⁰, bezeichnet. Die angetroffenen Schichten auf dem Flurstück 746/4 in der Ellwanger Straße, Schwäbisch Hall können nach **DIN 18 300**¹¹ für die **Erdarbeiten** folgendermaßen festgelegt werden:

Homogenbereich	H 0:	Oberboden
Homogenbereich	H I:	Auffüllungen, Bindige Deckschichten, verw. Keuper
Homogenbereich	H II:	unverwitterter – mäßig verw. Keuper (Ton-, Mergelstein)

Der Oberboden ist generell in einem ersten Arbeitsschritt abzutragen und separat zu lagern. Aus Bodenschutzgründen ist die Wiederverwertung zwingend vorgesehen. Daher wird Oberboden hier als eigenständiger Homogenbereich H 0 zusammengefasst.

Für die Erdarbeiten können die in den Bohrungen aufgeschlossenen Schichten in einen Homogenbereich H I eingeteilt werden (Auffüllungen, bindige Deckschichten). Es ist zu beachten, dass in der Bohrung BS 3a in ca. 1,7 m u. Gel. in der Auffüllung Beton vorgefunden wurde. Da die Rammsondierung DPH 2 ebenfalls in dieser Tiefe zum Stehen kam, ist davon auszugehen, dass bei Erdarbeiten hier mit einem erhöhten Aufwand zu rechnen ist.

Die Rammsondierungen (vgl. DPH 1 und 3) zeigen einen abrupten Anstieg der Schlagzahlen in ca. 371,30 m NN. an. Es ist davon auszugehen, dass hier die unverwitterten Ton- und Mergelsteine des unteren Keupers angetroffen wurden. Zwar sind diese in den Bohrungen nicht aufgeschlossen worden, werden aber in einem separaten Homogenbereich H II eingeteilt.

Die Eigenschaften der Homogenbereiche sind in den Tabellen 5 und 6 zusammengefasst. Sofern keine Laborversuche zu deren Bestimmung durchgeführt wurden, werden Erfahrungswerte angegeben.

Anmerkung: Nach der alten DIN 18300 entspricht H I der Bodenklasse 4 – 5, H II der Bodenklasse 6.

¹⁰ VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen Ergänzungsband 2015 zur VOB Gesamtausgabe 2012, Kapitel 2.3 Einteilung von Boden und Fels in Homogenbereiche.

¹¹ DIN 18300 – Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen – Erdarbeiten, Ausgabe 08/2015.



Tabelle 5: Homogenbereiche nach DIN 18300 Erdarbeiten.

	H I	
	kiesige Auffüllungen	bindige Deckschichten und Auffüllungen
Korngrößenverteilung (Feinkornanteil)	< 15 Gew.-%	>40 Gew.-%
Massenanteil Steine, Blöcke	(nicht erkundet)	(nicht erkundet)
Dichte	1,9 t/m ³	1,6 – 1,8 t/m ³
UndrÄnierte Scherfestigkeit (c _u)	(nicht bindig)	25 – 75 kN/m ²
Natürlicher Wassergehalt (w _n)	5 – 10 %	12,4 – 22,7 %
Plastizitätszahl (I _p)	(nicht bindig)	24,6 – 32,3 %
Konsistenzzahl (I _c)	(nicht bindig)	0,98 – 1,08
Bezogene Lagerungsdichte (I _D)	0,30 – 0,50	(bindig)
Organischer Anteil	<5%	< 5%
Bodengruppe nach DIN 18 196	-	TM, TA

Tabelle 6: Homogenbereiche nach DIN 18300 Erdarbeiten für Fels bzw. DIN EN ISO 14689-1¹². Grundlage sind Erfahrungswerte.

	H II
Ortsübliche Bezeichnung	unterer Keuper, Lettenkeuper
Benennung von Fels	sedimentär, geschichtet, Tonminerale, sekundäre Poren
Dichte	~2,1 t/m ³ -
Beschreibung von Gestein:	
Farbe, Korngröße, Kalkgehalt	dunkelgrau, feinkörnig, kalkhaltig/dolomitisch
Verwitterung und Veränderungen, Veränderlichkeit	frisch-zerfallen, veränderlich
Einaxiale Druckfestigkeit	gering – hoch, 5-80 MPa
Beschreibung des Gebirges:	
Felsart, Struktur	sedimentärer, geschichteter Fels
Schichtflächenabstand	sehr dünn – mittel (<200 mm)
Kluft-, Schieferungsflächenabstand	-
Trennflächenrichtung	-
Gesteinskörperform, Rauigkeit	tafelförmiger-prismatischer Gesteinskörper, eben und glatt
Kluffüllungen	Calcit, Ton
Wasseraustritte	-
Verwitterung	schwach - mÄßig verwittert

¹² DIN EN ISO 14689-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels – Teil 1: Benennung und Beschreibung, Ausgabe 06/2011.



5. FOLGERUNGEN FÜR DIE GEPLANTE BAUMAßNAHME

5.1. Geotechnisches Modell

Die Folgerungen für die geplante Baumaßnahme orientieren sich an folgendem geologischen Modell:

Mit Ausnahme der Auffüllungen sind die angetroffenen Schichtglieder als einheitlich anzusehen. Aufgrund der Geländebeschaffenheit ergeben sich aber unterschiedliche Schichtmächtigkeiten. Im Allgemeinen stehen unterhalb des Oberbodens bzw. der künstlichen Auffüllungen bindige Deckschichten an, die in den Verwitterungsbereich des Keupers übergehen und in der Tiefe von den unverwitterten Ton-, Mergelsteinen des Keupers unterlagert werden, die in den Bohrungen aber nicht aufgeschlossen worden sind.

Aus den uns zur Verfügung gestellten Unterlagen /1/-/5/ kann entnommen werden, dass die geplante EFH bei ca. 373,0 m NN liegen soll. Dies entspricht den untersten erbohrten Schichten (verw. Keuper). Statische Berechnungen bzw. charakteristische Gebäudelasten liegen derzeit noch nicht vor. Die Folgerungen für die Gründung wurden auf dieser Grundlage beurteilt.

5.2. Gründung

Den Angaben zur Gründung liegen die Informationen aus Schnitt A-A (/5/ bzw. Anlage 5.1) zu Grunde. Die Baugrunderkundungen lassen den Schluss zu, dass eine Flachgründung auf Streifenfundamenten möglich ist.

Mit dem Programm GGU-Footing Version 8.25, 23.05.2016 wurden Grundbruchberechnungen durchgeführt (vgl. Anlage 6). Bei einer Gründung in den verwitterten Keuperschichten (Schluff-Ton, halbfest) in ca. 373,0 m NN kann für Streifenfundamente mit einer Einbindetiefe von 0,5 m folgender maximal zulässiger Bemessungswert des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ angegeben werden (bei Setzungen bis ca. 1,0 cm):

- **max $\sigma_{R,d} = 420 \text{ kN/m}^2$**

Dies entspricht einem aufnehmbaren Sohldruck von ca. 300 kN/m² (früher auch als zulässige Bodenpressung bezeichnet).

Sollten unterschiedliche Gründungsniveaus geplant sein, wie es in /2/ angedeutet wird (Ansicht West, nördlicher Gebäudeteil), muss die Gründungsvariante in Abhängigkeit der zu



erwartenden Lasten erfolgen. Falls in den bindigen Deckschichten rechnerisch zu hohe Setzungen auftreten, so kann eine vertiefte Flachgründung auf ein einheitliches Gründungsniveau (373,0 m NN) oder auf die tragfähigen Keuperschichten (vgl. Endteufe DPH 1, 3) in Erwägung gezogen werden. Hier werden Streifenfundamente balkenartig auf Magerbetonplomben aufgelegt, die in die tragfähigen Schichten reichen.

Bei der Planung und Ausführung der Gründungsmaßnahmen sind folgende Hinweise zu beachten:

- Die o.g. Bodenpressung gilt für mittig belastete Fundamente. Bei exzentrischer Belastung muss die Bodenpressung auf eine reduzierte Teilfläche innerhalb der Fundamentfläche bezogen werden, deren Mittelpunkt der Lastangriffspunkt ist.
- Die angegebene Bodenpressung kann bei kurzzeitig wirkenden Eck- und Kantenpressungen (z.B. Windlast) um bis zu 30% erhöht werden.
- Die o.g. Bodenpressung gilt für einwandfrei hergestellte Fundamente, deren Sohlen einheitlich in den verwitterten Keuperschichten (Schluff-Ton) mit halbfester Konsistenz liegen. Aufgelockerte, aufgeweichte oder in andere Weise entfestigte Bereiche in den Endaushubebenen sind zu entfernen und mit Magerbeton zu ersetzen. Auf gefrorenem Boden darf nicht gegründet werden.
- Fundamente mit unterschiedlichen Sohlhöhen bzw. benachbarte Fundamente mit unterschiedlichen Sohlhöhen sind mit einem Abtreppungswinkel von 30° einzuhalten.

Folgende Hinweise sind im Falle einer vertieften Flachgründung zusätzlich zu beachten:

- Alle Fundamente sind einheitlich in den verwitterten Keuperschichten zu gründen. Dort wo diese nicht planmäßig erreicht werden, sind entsprechende Magerbetonunterfüllungen anzuordnen.
- Das Gewicht der Magerbetonunterfüllungen braucht beim Nachweis der Bodenpressung nicht berücksichtigt werden.
- Es können Streifenfundamente trägerartig auf einzelnen Magerbetonplomben aufgelegt werden.
- Bei der Festlegung der Abmessungen der Vertiefungsgruben können die Abmessungen der Aushubwerkzeuge (Baggergreifer) zur Orientierung dienen.
- Die Aushubsohlen sind vor dem Betonieren von aufgelockertem Material zu säubern.



- Der Magerbeton ist unmittelbar nach dem Aushub einzubringen, da die Vertiefungsgruben nur kurzzeitig standsicher sind.

Wir empfehlen zu Beginn der Gründungsarbeiten die Baugrund- und Gründungsverhältnisse vom Baugrundgutachter überprüfen zu lassen.

Falls sich in den Vertiefungsgruben Wasser ansammelt (Sicker- oder Niederschlagswasser), ist dieses vor dem Betonieren sorgfältig zu entfernen oder aber der Beton ist im Contractor-Verfahren mit dem Betonierrohr einzubringen.

5.3. Erdarbeiten, Baugrubengestaltung und Wasserhaltung

Für die Erdarbeiten und die Baugrubengestaltung sind die Vorgaben der **DIN 4124**¹³ zu beachten.

Baugruben können frei geböscht werden, sofern diese nicht durchströmt werden oder die Standsicherheit nicht durch Verkehr und/oder Erschütterungen beeinflusst wird. Die maximale freie Böschungshöhe kann bis 5,0 m angelegt werden. Folgende maximal zulässige Böschungswinkel dürfen nicht überschritten werden:

- Nichtbindige oder weiche bindige Böden (kiesige Auffüllungen) $\beta \leq 45^\circ$
- Mindestens steife bindige Böden (bindige Deckschichten/Auffüllungen) $\beta \leq 60^\circ$
- Fels (Keuper, in den Bohrungen nicht aufgeschlossen) $\beta \leq 80^\circ$

Die Böschungskronen sind frei von Lasten zu halten.

Folgende Mindestabstände zur Baugrubenböschung sind bei Baustellenverkehr einzuhalten:

- Gesamtgewicht < 12 t: 1,0 m
- Gesamtgewicht \geq 12 t: 2,0 m

Außerdem sind alle nicht genannten Punkte der DIN 4124 einzuhalten.

Falls die Platzverhältnisse eine freie Böschung nicht zulassen, muss die Baugrube mit entsprechenden Verbausystemen gesichert werden. Da in den Bohrungen keine Grundwasserzutritte angetroffen worden sind, könnte die Baugruben mittels Trägerbohl- oder Spundwänden verbaut werden. Die Rammbarkeit des Untergrundes kann mit den Rammtiefen der DPHs und der Bohrungen verglichen werden, wobei Inhomogenitäten in den

¹³ DIN 4124 – Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten, Ausgabe 01/2012.



Auffüllungen (insbesondere BS 3a/DPH 2) zu beachten sind. Falls es während der Erdarbeiten zu Wasserzutritten in die Baugrube kommt (z.B. Niederschlagswasser), so sind entsprechende Maßnahmen (z.B. Pumpensümpfe, Baustellendränagen) zu treffen, um die Baugrube wasserfrei zu halten.

Für die Einbettung von Rohren gelten die Vorschriften der **DIN EN 1610**¹⁴.

Im Zuge der Bauarbeiten kann es zu Erschütterungen durch den Baubetrieb kommen, die an naheliegenden Gebäuden und Verkehrswegen Rissbildungen verursachen. In diesem Falle kann es sinnvoll sein im Vorfeld eine Beweissicherung durchzuführen, um unrechtmäßigen Schadensersatzforderungen vorzubeugen.

5.4. Arbeitsraumverfüllung

Die Verfüllung von Arbeitsräumen richtet sich nach der späteren Nutzung der Oberflächen über den Arbeitsräumen. Unter befestigten Flächen (z.B. Zufahrten) kommt es auf eine möglichst verformungsarme Verfüllung der Arbeitsräume an.

Hierzu eignen sich alle grob- und gemischtkörnigen, verwitterungsbeständigen Mineralstoffgemische, die ausreichend weit gestuft sind (z. B. Bodengruppen nach DIN 18196: SW, SI, SU, GW, GI, GU) und deren Feinkornanteil (bindiger Anteile = Kornfraktion < 0,063 mm) unter 15 Gew.-% liegt. Insbesondere kommen hierzu Schotter-Splitt-Gemische nach ZTV T-StB 95¹⁵ (so genanntes Schotter-Tragschicht-Material), Kies-Sand-Gemische und Siebschutt mit weniger als 15 % bindigen Anteilen in Frage. Es können auch Recycling-Baustoffe verwendet werden, wenn sie den Anforderungen nach TL Gestein-StB 04¹⁶ entsprechen. Unter Umständen kann auch bindiger Boden verwendet werden, wenn er in einem verdichtungswilligen Zustand vorliegt (halbfeste Konsistenz, eventuell mit einem Bindemittel verbessert). Es ist hierbei zu berücksichtigen, dass bei gleichem Verdichtungsgrad, die Setzungen eines bindigen Bodens immer größer sind als bei einem grob- oder gemischtkörnigen Boden. Wir empfehlen für die Arbeitsraumverfüllung unter befestigten Flächen einen Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100 \%$ vorzuschreiben.

¹⁴ DIN EN 1610 – Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und –kanälen, Ausgabe 10/1997.

¹⁵ ZTV T-StB 95 – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau, Ausgabe 1995, Fassung 2002, herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Straßenbau

¹⁶ TL Gestein-StB 04 – Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe 2004, Fassung 2007, aufgestellt von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln



In Bereichen, in denen Setzungen und Sackungen in Kauf genommen werden können (z. B. Grünflächen), braucht an das Material und die Verdichtung keine besonderen Anforderungen gestellt werden. Es kann zur Verfüllung der Arbeitsräume in diesen Bereichen auch Aushubmaterial verwendet werden (hier: Bindige Deckschichten, verw. Keuper).

Grundsätzlich sollten die Materialien lagenweise verdichtet und eingebaut werden, damit keine Setzungsschäden entstehen.

5.5. Schutz des Bauwerks gegen Durchfeuchtung

Die erdberührenden Wände sind zum Schutz gegen Bodenfeuchte und nicht stauendes Sickerwasser abzusichern, da kein Grundwasser während der Bohrsondierungen angetroffen wurde. Hierzu kann ein Dränsystem nach **DIN 4095**¹⁷ in Kombination mit einer Bauwerksabdichtung gemäß **DIN 18195-4**¹⁸ verwendet werden.

Unterhalb der Bodenplatte ist eine mindestens 20 cm dicke kapillarbrechende Sohlfilterschicht zum Schutz gegen Bodenfeuchte auszulegen. Dafür kommen alle raumbeständigen Mineralstoffgemische in Frage, die keine Kornanteile <2 mm enthalten, d.h. frei von bindigen Anteilen und Sand. Als geeignetes Material kommen daher Kiesgemische der Körnung 2/32 mm oder Schotter-Split-Gemische der Körnung 2/45, 2/56 mm in Frage. Es ist zu beachten, dass vor dem Betonieren der Bodenplatte eine Folie über die Sohlfilterschicht gelegt wird, damit diese nicht mit Betonschlämmen verunreinigt wird und ihre Filtereigenschaft verliert. Das Gebäude ist mit einer Dränage zu versehen, die an eine dauerhafte und rückstaufreie Vorflut anzuschließen ist. In das Abdichtungskonzept sind außerdem Rohrdurchführungen, Lichtschächte usw. mit einzubeziehen.

Die unmittelbar an das Gebäude angrenzenden Bereiche sind mit einem bauwerksabgeneigten Gefälle zu versehen, um den oberirdischen Zufluss von Niederschlagswasser zum Gebäude hin zu verhindern. In Bereichen, in denen dies nicht möglich ist (Zufahrten etc.), sind dementsprechend Ablaufrinnen anzubringen, die an die rückstaufreie Vorflut angeschlossen werden.

¹⁷ DIN 4095: Baugrund - Dränung zum Schutz baulicher Anlagen, Planung, Bemessung und Ausführung, Ausgabe 06/1990.

¹⁸ DIN 18195-4: Bauwerksabdichtungen – Teil 4: Abdichtungen gegen Bodenfeuchte (Kapillarwasser, Haftwasser) und nicht stauendes Sickerwasser an Bodenplatten und Wänden, Bemessung und Ausführung, Ausgabe 08/2000.



An Ver- und Entsorgungsleitungen kann mit Anbringen von Plomben aus Tonmaterial bis an die Grabensohlen (inkl. seitlichem Einschnitt) ein zusätzlicher Wassereintrag zum Gebäude begrenzt werden.

5.6. Hinweise für Verkehrsflächen

Die Planunterlagen zeigen, dass Parkplätze sowie eine Tiefgarage auf Erdgeschossniveau in ca. 373,0 m NN geplant sind (vgl. Anlage 5.1). In diesem Höhenniveau stehen die bindigen Deckschichten (TM, TA) mit steifer bis halbfester und fester Konsistenz an.

Je nach Konsistenz der Böden und in Abhängigkeit der Witterungsbedingungen können die bindigen Schichten ausreichend tragfähig sein. Im Zuge der Flächengestaltung kann die Tragfähigkeit des Erdplanums mit Hilfe von statischen Lastplattendruckversuchen überprüft werden. Für die spätere Nutzung sowie für den Baustellenverkehr während der Bauzeit ist ein Tragfähigkeitsbeiwert auf dem Erdplanum von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen. Sollte dieser Wert nicht erreicht werden, ist ein Bodenaustausch (20-30 cm) mit einem gut verdichtbaren Schotter-Kies-Gemisch oder eine Bodenverbesserung mit Bindemittel (ca. 40 cm) durchzuführen (vgl. Abschnitt 5.7). Auf dem Erdplanum ist je nach Planung und Lage (Außenfläche, Tiefgarage) eine kombinierte Frost- und Tragschicht (KFT) einzubauen. Darauf kann die Oberflächenbefestigung (Asphalt, Pflastersteine etc.) aufgebracht werden. Die genauen Ausführungen richten sich nach der Planung und den technischen Anforderungen.

5.7. Bodenverbesserung mit Bindemittel

Bei Bodenverbesserungsmaßnahmen mit einem Bindemittel wird der Einbauwassergehalt herabgesetzt, durch die chemische Reaktion zwischen Boden und Kalk kommt es zur Krümelbildung der Tonminerale und die Verdichtbarkeit des Bodens wird verbessert.

Als Bindemittel empfehlen wir ein Zement-Weißfeinkalk-Gemisch. Dieses ist mit einer Fräse in den Boden einzuarbeiten oder auf einer geeigneten Lagerfläche mit dem Boden zu mischen, da insbesondere in dicht bebauten Bereichen und Wohngebieten ein direktes Einfräsen problematisch ist. Zur Verringerung der Staubbildung kann Staub reduziertes Bindemittel verwendet werden. Die Bindemittelzugabemenge richtet sich nach dem Wassergehalt des zu verbessernden Bodens sowie dem erforderlichen



Verdichtungsgrad (D_{Pr}). Folgende Angaben beruhen auf Erfahrungswerten und können als vorläufige Abschätzung für die Festlegung der Bindemittelzugabemenge dienen.

Tabelle 7: Bindemittelzugabemenge, Erfahrungswerte für Böden mit Dichten zw. 1,5 – 1,8 t/m³.

Bindemittelzugabemenge		
[Gew.-%]	[kg/m³]	40 cm Schichtdicke [kg/m²]
2,5 %	37,5 – 45	15 – 18

Bei nassen Bedingungen muss die Zugabemenge erhöht werden oder bei zu trockenen Bedingungen die Zugabe von Wasser erfolgen. Da die Bindemittelzugabemenge von der Witterung und dem Zustand des Bodens zum Zeitpunkt der Ausführung abhängig ist, sollten nach Möglichkeit Probefelder mit unterschiedlichen Bindemittelanteilen erstellt werden und/oder der Zustand vor Ort durch den Gutachter beurteilt werden.

Das Bindemittel sollte in 2 Fräsübergängen mindestens ca. 40 cm tief eingefräst werden, damit eine vollständige Homogenisierung des Boden-Bindemittel-Gemischs vorliegt. Anschließend sollte die Fläche mit 3 – 4 dynamischen Übergängen mit einer Schafffußwalze verdichtet werden. Abschließend ist die Fläche mit einer Glattmantelbandage abzuwalzen, um unter anderem auch das Eindringen von Niederschlagswasser zu verhindern. Für die Entwässerung sollte eine ausreichende Quer- bzw. Längsneigung vorhanden sein. Der Einbau des Bodens sowie die Herstellung des Erdplanums sollten nach den Vorgaben der **ZTV E-StB 09¹⁹** erfolgen.

Die Tragfähigkeit ist durch entsprechende Eignungsprüfungen, z.B. statische Lastplattendruckversuche nachzuweisen.

5.8. Wiederverwertung von Aushubmaterial

Die in den Bohrungen angetroffenen und beprobten bindigen Auffüllungen werden nach aktuellem Kenntnisstand der Qualitätsstufe Z0* (VwV) zugeordnet (vgl. Abschnitt 4.3). Die bindigen Aushubmassen aus den anstehenden bzw. gewachsenen Böden können in Bereichen wiederverwertet werden, die keine besonderen Anforderungen an die Verdichtung haben (z.B. Grünflächen) oder aber sie werden mit Bindemittel verbessert. Aushubmassen

¹⁹ ZTV E-StB 09 – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2009.



sollten nach Möglichkeit auf Haufwerken gelagert werden, dabei sollte bereits bei den Baggerarbeiten auf eine Trennung von optisch unterschiedlichem Material geachtet werden (künstliche Auffüllung, natürliche Böden). Für die Wiederverwertung nach VwV oder die Entsorgung nach der Deponieverordnung (DepV.) werden repräsentative Analyseergebnisse gefordert, die durch eine Haufwerksbeprobung nach LAGA PN98 und chemischer Analyse ermittelt werden können.

6. VERSICKERUNG VON OBERFLÄCHENWASSER

Die Versickerung von Oberflächenwasser ist überwiegend von der Kornverteilung, der Korngröße und der Lagerungsdichte abhängig. Nach dem Arbeitsblatt DWA A 138²⁰ werden Durchlässigkeitsbeiwerte zwischen $k_f < 1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ und $k_f > 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ als günstig angesehen. Durch bessere Durchlässigkeit entfällt die Reinigungswirkung aufgrund des zu schnellen Einsickerns. Bei geringerer Durchlässigkeit tritt eine stauende Wirkung ein. Der Leitfaden „Naturverträgliche Regenwasserbewirtschaftung²¹“ gibt für die sinnvolle Versickerung den Durchlässigkeitsbeiwert $k_f \sim 1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ als Grenzwert zwischen „gut möglicher“ und „kaum möglicher“ Versickerung an.

Im untersuchten Baugebiet stehen an der Oberfläche überwiegend bindige Schichten (Schluff-Ton) an, mit Ausnahme der gemischtkörnigen Auffüllungen. Nach gängigen Regelwerken der Geologie und Bodenmechanik können daher Durchlässigkeitsbeiwerte von ca. $k_f \sim 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ bis $\sim 1 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ erwartet werden. Eine Versickerung von Oberflächenwasser wäre demnach nicht möglich.

7. KAMPFMITTEL

Im Hinblick auf den Aushub, die Verbaumaßnahmen und die Gründungsmaßnahmen sollte für das Baugebiet Kampfmittelfreiheit vorliegen, da Kriegseinwirkungen, insbesondere Bombardierungen, während des zweiten Weltkrieges für das betrachtete Gelände nicht ausgeschlossen werden können. Im Hinblick auf die Gründungsarbeiten wird vor dem Einsatz von Bohrgeräten von den Spezialtiefbauunternehmen erfahrungsgemäß eine Bescheinigung über Kampfmittelfreiheit verlangt.

²⁰ DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Ausgabe 04/2005.

²¹ Leitfaden Naturverträgliche Regenwasserbewirtschaftung, Ministerium für Umwelt und Verkehr.



Die Auskunft über Kampfmittelfreiheit kann beim Kampfmittelräumdienst Baden-Württemberg eingeholt werden, allerdings liegt die Bearbeitungsdauer derzeit bei dieser Behörde in der Größenordnung von 3 bis 4 Monaten. Es anzunehmen, dass bei einem privatem Unternehmen (z. B. Regine Hinkelbein²², Filderstadt) eine zeitnahe Bearbeitung möglich ist.

8. SCHLUSSBEMERKUNGEN

Die Untergrundverhältnisse auf dem Flurstück 746/4 in der Ellwanger Straße in Schwäbisch Hall wurden mit insgesamt vier Bohrsondierungen und drei Rammsondierungen beschrieben und beurteilt. Abweichungen zwischen den Aufschlüssen vom hier beschriebenen Befund können nicht ausgeschlossen werden. Eine ständige und sorgfältige Kontrolle, der bei den Erd- und Gründungsarbeiten angetroffenen Verhältnisse und ein Vergleich zu den Ergebnissen und Folgerungen im Gutachten sind daher unerlässlich. In Zweifelsfällen ist der Baugrundgutachter zu verständigen.

Für die Beantwortung geotechnischer Fragen bei der weiteren Planung und Ausführung stehen wir gerne zur Verfügung.

Für die Geotechnik Aalen

Sachbearbeiter:



W. Höffner, Dipl.- Geol.

M. Loose, M.Sc.

²² Regine Hinkelbein, 70794 Filderstadt, Uhuweg 22, Tel.: 0711/7799222

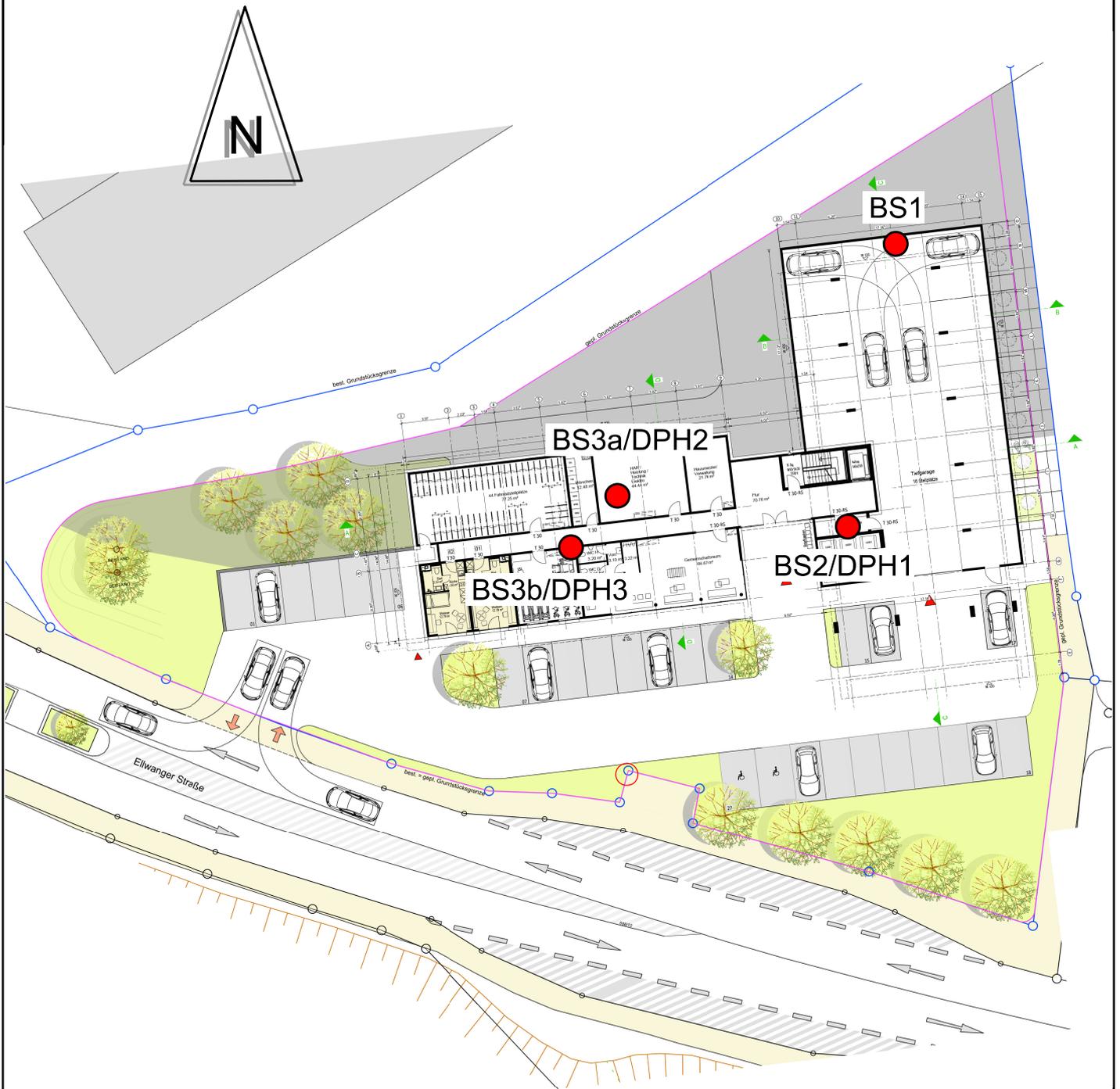
ÜBERSICHTSLAGEPLAN

Plangrundlage: TK 1: 25.000



Legende:

 Untersuchungsgebiet

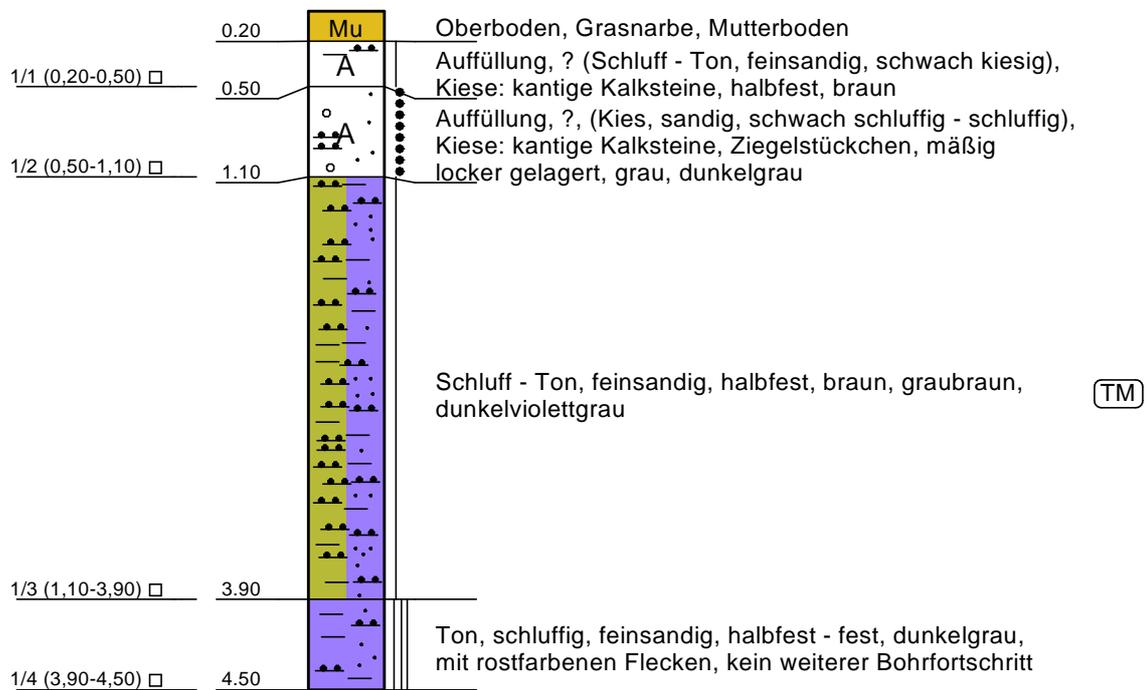


LEGENDE:

- BS Bohrungen
- DPH schwere Rammsondierung

BS 1

377,11 m NN

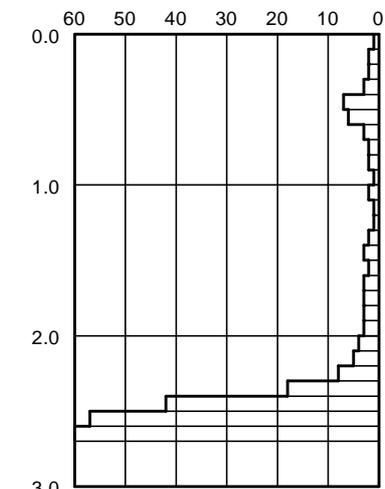


07.07.2016/M. Gecek/M 1: 50

DPH 1

374,10 m NN

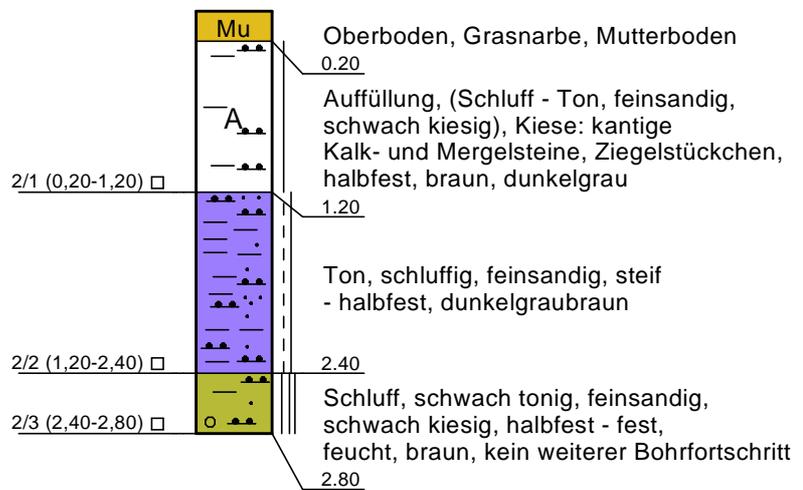
Schlagzahlen je 10 cm



07.07.2016/Ar/(bei 2,70 m 60 Schläge auf 4 cm)

BS 2

374,10 m NN



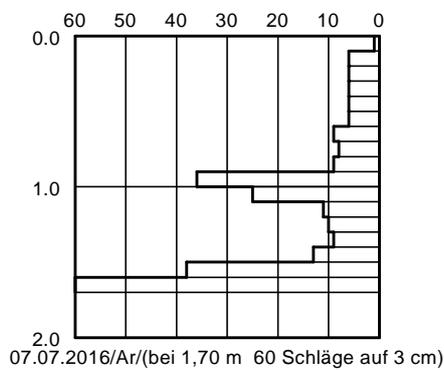
TA

07.07.2016/M. Gecek/M 1: 50

DPH 2

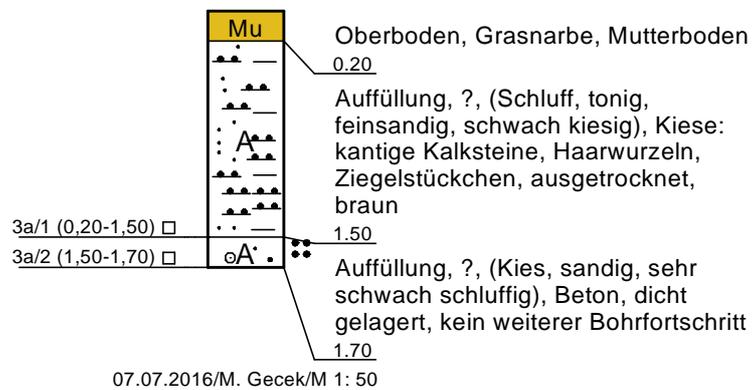
376,77 m NN

Schlagzahlen je 10 cm



BS 3a

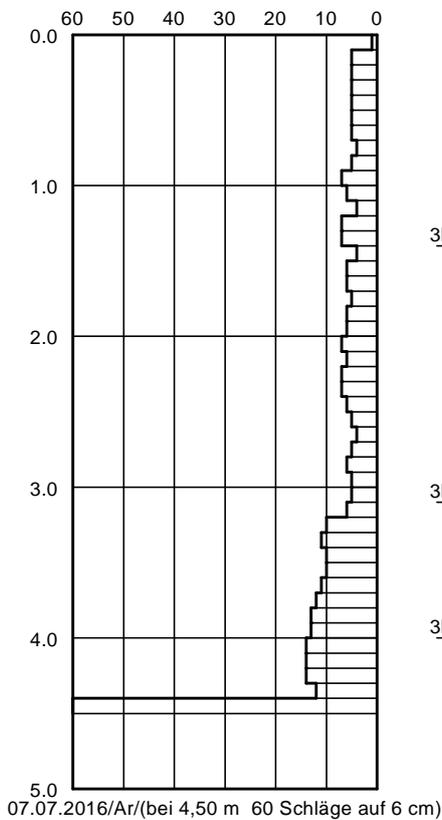
376,77 m NN



DPH 3

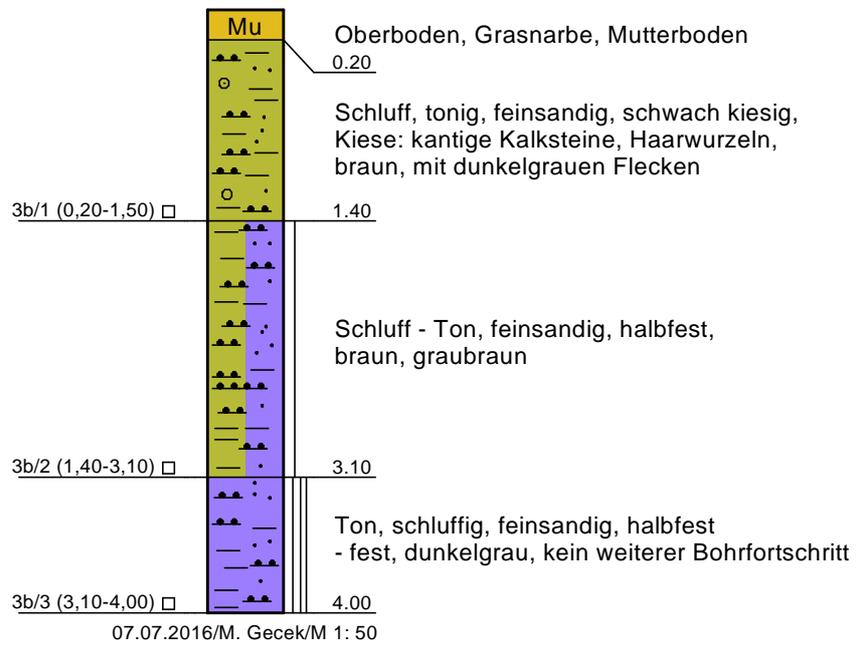
375,81 m NN

Schlagzahlen je 10 cm



BS 3b

375,81 m NN



TM

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

Neubau Studentenwohnheim

Ellwanger Straße, Flst. 746/4 - Schwäbisch Hall

Bearbeiter: Ge/Ki

Datum: 07.07.2016

Prüfungsnummer: 01

Entnahmestelle: BS 1 - 3

Tiefe: s. Schichtenverzeichnis

Bodenart: s. Schichtenverzeichnis

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 07.07.2016 durch Ge

Probenbezeichnung:	1/1	1/3	1/4	2/1
Feuchte Probe + Behälter [g]:	505.20	518.40	432.20	442.00
Trockene Probe + Behälter [g]:	455.80	452.80	372.20	392.60
Behälter [g]:	119.80	120.30	107.90	99.50
Porenwasser [g]:	49.40	65.60	60.00	49.40
Trockene Probe [g]:	336.00	332.50	264.30	293.10
Wassergehalt [%]	14.70	19.73	22.70	16.85

Probenbezeichnung:	2/2	2/3	3a/1	3b/1
Feuchte Probe + Behälter [g]:	467.20	403.30	518.00	481.80
Trockene Probe + Behälter [g]:	404.20	365.80	472.20	434.10
Behälter [g]:	120.20	104.60	103.30	98.50
Porenwasser [g]:	63.00	37.50	45.80	47.70
Trockene Probe [g]:	284.00	261.20	368.90	335.60
Wassergehalt [%]	22.18	14.36	12.42	14.21

Probenbezeichnung:	3b/2	3b/3		
Feuchte Probe + Behälter [g]:	509.50	433.80		
Trockene Probe + Behälter [g]:	451.30	386.10		
Behälter [g]:	104.70	101.30		
Porenwasser [g]:	58.20	47.70		
Trockene Probe [g]:	346.60	284.80		
Wassergehalt [%]	16.79	16.75		

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

Neubau Studentenwohnheim

Ellwanger Straße, Flst. 746/4 - Schwäbisch Hall

Bearbeiter: Ge

Datum: 18.07.2016

Prüfungsnummer: 1/3

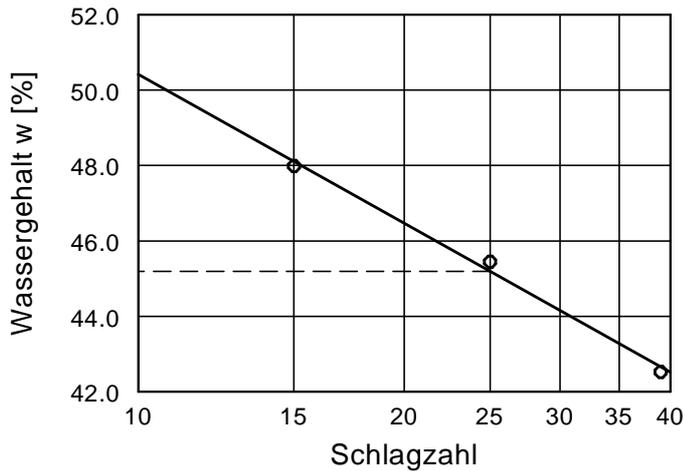
Entnahmestelle: BS 1

Tiefe: 1.10 - 3.90 m

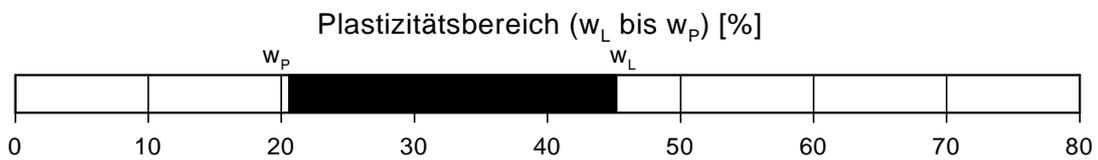
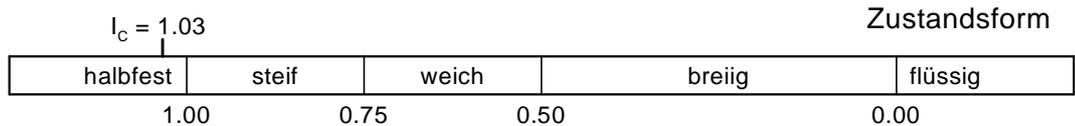
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: TM

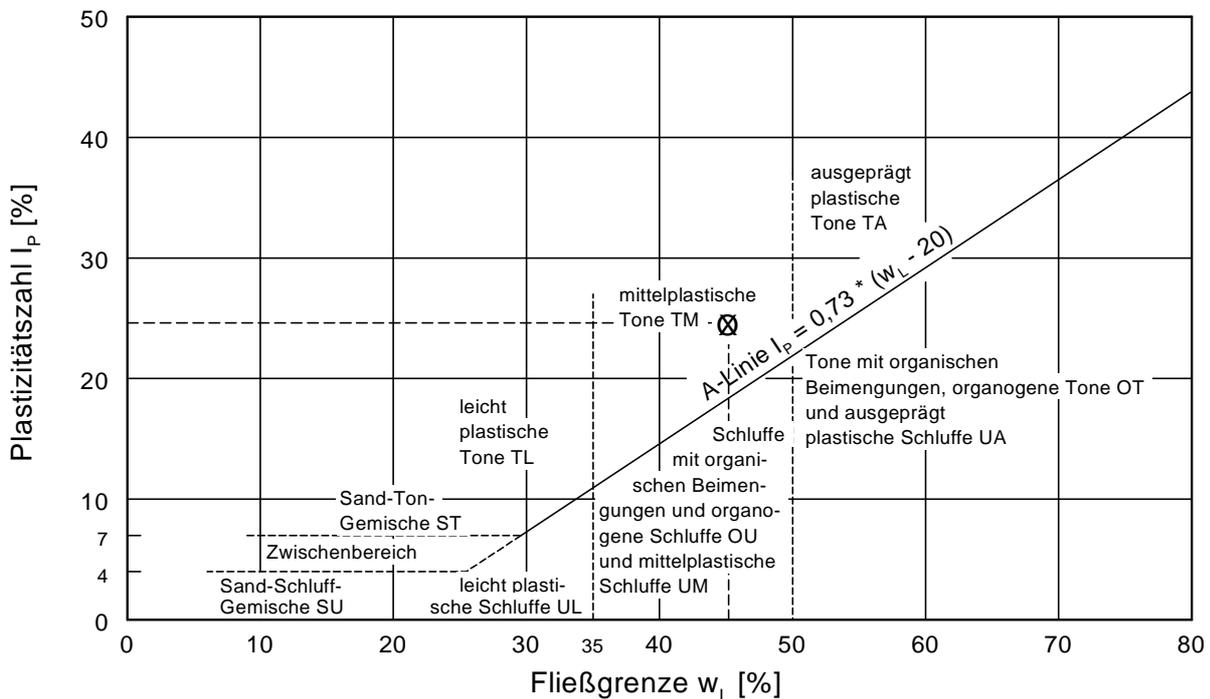
Probe entnommen am: 07.07.2016 durch Ge



Wassergehalt $w = 19.7 \%$
 Fließgrenze $w_L = 45.2 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 20.6 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 24.6 \%$
 Konsistenzzahl $I_C = 1.03$



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

Neubau Studentenwohnheim

Ellwanger Straße, Flst. 746/4 - Schwäbisch Hall

Bearbeiter: Ge

Datum: 18.07.2016

Prüfungsnummer: 2/2

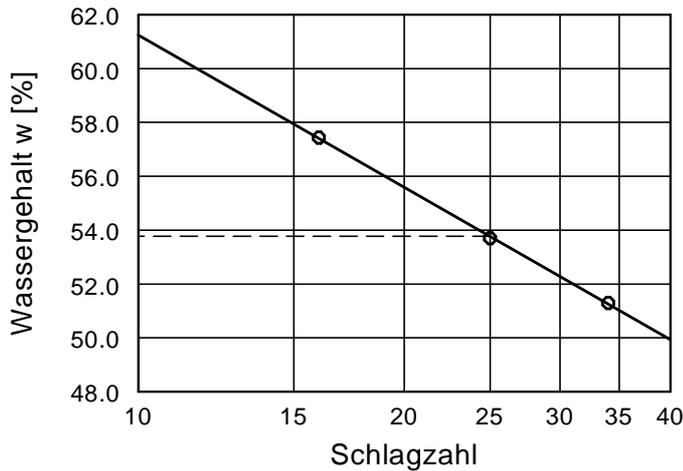
Entnahmestelle: BS 2

Tiefe: 1.20 - 2.40 m

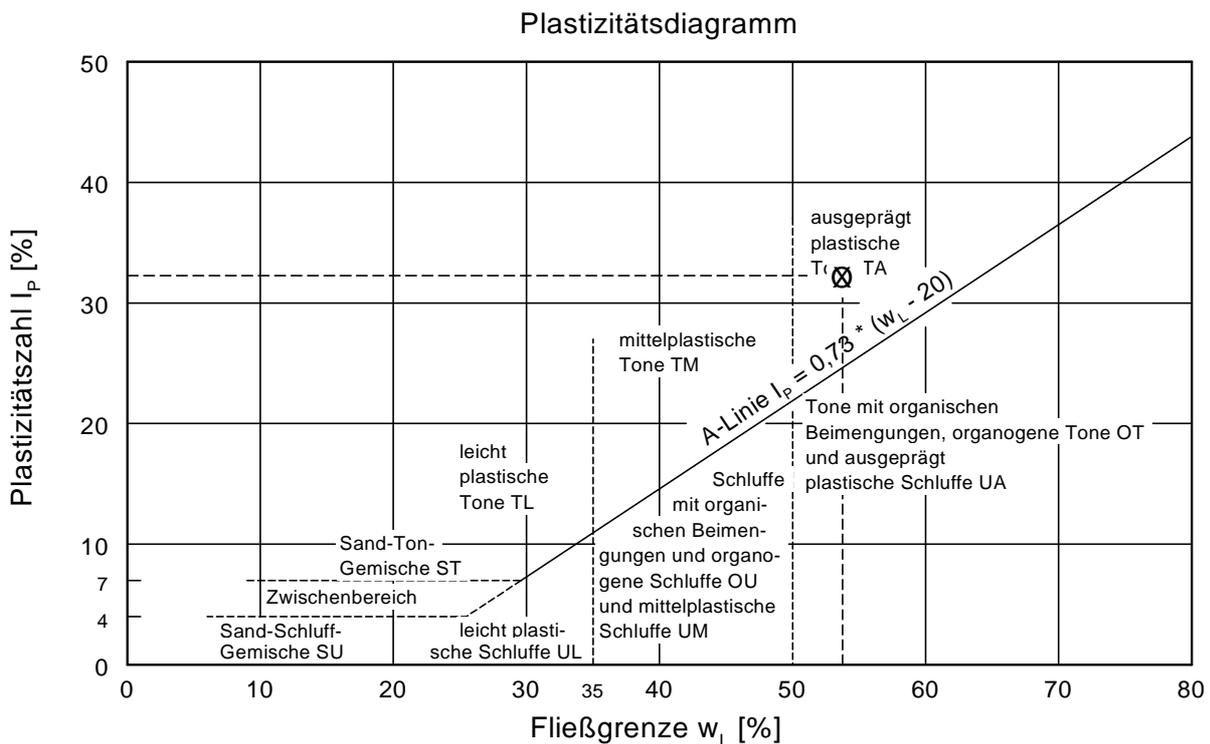
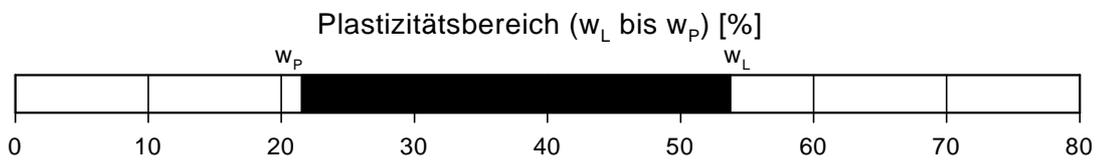
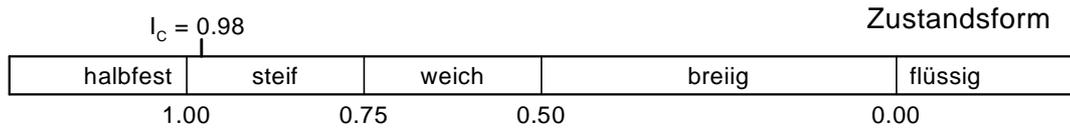
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: TA

Probe entnommen am: 07.07.2016 durch Ge



Wassergehalt $w = 22.2 \%$
 Fließgrenze $w_L = 53.8 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 21.5 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 32.3 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.98$



Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Feststoff

Auftraggeber: Geotechnik Aalen, Robert-Bosch-Straße 59, 73431 Aalen
Projekt: 16266
Projektbearbeiter: Herr Gecek
Probenahme: 07.07.2016 durch Auftraggeber
Bearbeitungszeitraum: 13.07.- 20.07.2016

Untersuchungsbefund:

Parameter	MP01 (BS2/1, BS3a/1)	Dimension
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe: PAK 16		
Naphthalin	0,01	mg/kg TS
Acenaphthylen	0,01	mg/kg TS
Acenaphthen	< 0,01	mg/kg TS
Fluoren	< 0,01	mg/kg TS
Phenanthren	0,02	mg/kg TS
Anthracen	0,01	mg/kg TS
Fluoranthren	0,03	mg/kg TS
Pyren	0,03	mg/kg TS
Benzo(a)anthracen	0,02	mg/kg TS
Chrysen	0,02	mg/kg TS
Benzo(b/k)fluoranthren	0,03	mg/kg TS
Benzo(a)pyren	0,01	mg/kg TS
Dibenzo(ah)anthracen	< 0,01	mg/kg TS
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,01	mg/kg TS
Benzo(ghi)perylen	0,01	mg/kg TS
Summe PAK 16*	0,21	mg/kg TS
Polychlorierte Biphenyle: PCB		
PCB 28	< 0,01	mg/kg TS
PCB 52	< 0,01	mg/kg TS
PCB 101	< 0,01	mg/kg TS
PCB 138	< 0,01	mg/kg TS
PCB 153	< 0,01	mg/kg TS
PCB 180	< 0,01	mg/kg TS
Summe PCB*	< 0,01	mg/kg TS

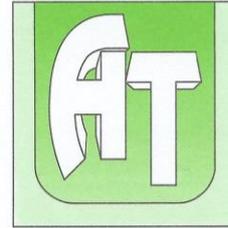
* Die Komponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.

Analytik: PAK: DIN ISO 18287
PCB: DIN EN 15308

Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Feststoff

Auftraggeber: Geotechnik Aalen, Robert-Bosch-Straße 59, 73431 Aalen
Projekt: 16266
Projektbearbeiter: Herr Gecek
Probenahme: 07.07.2016 durch Auftraggeber
Bearbeitungszeitraum: 13.07.- 20.07.2016

Untersuchungsbefund:

Parameter	MP01 (BS2/1, BS3a/1)	Dimension
Dichlormethan	< 0,010	mg/kg TS
trans-1,2-Dichlorethen	< 0,010	mg/kg TS
1,1-Dichlorethan	< 0,010	mg/kg TS
cis-1,2-Dichlorethen	< 0,010	mg/kg TS
Trichlormethan	< 0,010	mg/kg TS
1,1,1-Trichlorethan	< 0,010	mg/kg TS
Tetrachlormethan	< 0,010	mg/kg TS
Trichlorethen	< 0,010	mg/kg TS
Tetrachlorethen	< 0,010	mg/kg TS
Summe LHKW*	< 0,010	mg/kg TS
Benzol	< 0,010	mg/kg TS
Toluol	< 0,010	mg/kg TS
Ethylbenzol	< 0,010	mg/kg TS
m/p-Xylol	< 0,010	mg/kg TS
o-Xylol	< 0,010	mg/kg TS
Summe BTEX*	< 0,010	mg/kg TS

* Die Komponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.

Analytik: LHKW: DIN EN ISO 10301, GC-ECD
BTEX: DIN 38407-9, GC-FID

Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Feststoff

Auftraggeber: Geotechnik Aalen, Robert-Bosch-Straße 59, 73431 Aalen
Projekt: 16266
Projektbearbeiter: Herr Gecek
Probenahme: 07.07.2016 durch Auftraggeber
Bearbeitungszeitraum: 13.07.- 20.07.2016

Untersuchungsbefund:

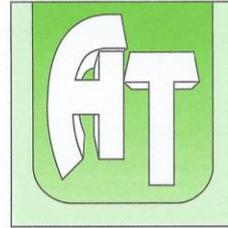
Parameter		MP01 (BS2/1, BS3a/1)	Dimension
Extrah. org. Halogenverb. EOX		< 0,50	mg/kg TS
Kohlenwasserstoffe C₁₀-C₂₂		< 50	mg/kg TS
Kohlenwasserstoffe C₁₀-C₄₀		58	mg/kg TS
Cyanide, ges. CN⁻		< 0,10	mg/kg TS
Schwermetalle:			
Arsen As		7,2	mg/kg TS
Blei Pb		10	mg/kg TS
Cadmium Cd		< 0,40	mg/kg TS
Chrom, ges. Cr		26	mg/kg TS
Kupfer Cu		20	mg/kg TS
Nickel Ni		29	mg/kg TS
Quecksilber Hg		< 0,10	mg/kg TS
Thallium Tl		< 0,50	mg/kg TS
Zink Zn		21	mg/kg TS

Analytik: EOX: DIN 38414-17 KW-GC: DIN EN 14039
Cyanide, ges.: ISO 11262 Säureaufschluss: DIN EN 13657
Quecksilber: DIN EN ISO 12846 Metalle außer Hg: DIN EN ISO 11885

Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Eluat

Auftraggeber: Geotechnik Aalen, Robert-Bosch-Straße 59, 73431 Aalen
Projekt: 16266
Projektbearbeiter: Herr Gecek
Probenahme: 07.07.2016 durch Auftraggeber
Bearbeitungszeitraum: 13.07.- 20.07.2016

Untersuchungsbefund:

Parameter		MP01 (BS2/1, BS3a/1)	Dimension
pH-Wert	bei 25°C	7,7	--
Leitfähigkeit	bei 25°C	230	µS/cm
Chlorid	Cl ⁻	< 3,0	mg/l
Sulfat	SO ₄ ²⁻	< 3,0	mg/l
Cyanide, ges.	CN ⁻	< 5,0	µg/l
Phenolindex	PI	< 10	µg/l
Schwermetalle:			
Arsen	As	< 3,0	µg/l
Blei	Pb	< 10	µg/l
Cadmium	Cd	< 1,0	µg/l
Chrom, ges.	Cr	< 10	µg/l
Kupfer	Cu	< 10	µg/l
Nickel	Ni	< 10	µg/l
Quecksilber	Hg	< 0,10	µg/l
Zink	Zn	< 25	µg/l

Analytik: Eluat: DIN EN 12457-4 pH-Wert: DIN 38404-5
Leitfähigkeit: DIN EN 27888 Chlorid, Sulfat: DIN EN ISO 10304
Cyanide, ges.: DIN 38405-13 Phenolindex: DIN 38409-16
Quecksilber: DIN EN ISO 12846 Metalle außer Quecksilber: DIN EN ISO 11885

Probeninformationen:

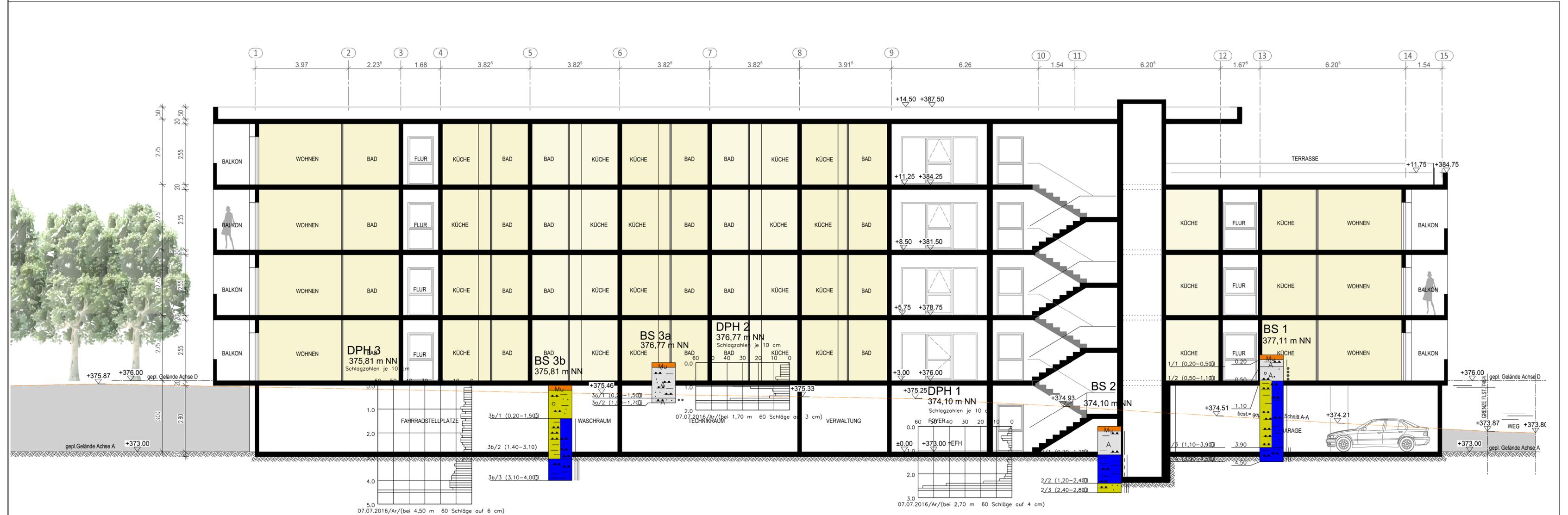
Probenbezeichnung:	MP01 (BS2/1, BS3a/1)
Labornummer:	1607141
Matrix:	Feststoff
Probenbehälter:	PE-Becher
Probenmenge:	1,0kg

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugsweise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2005.

Fellbach, den 20. Juli 2016
Analytik-Team GmbH

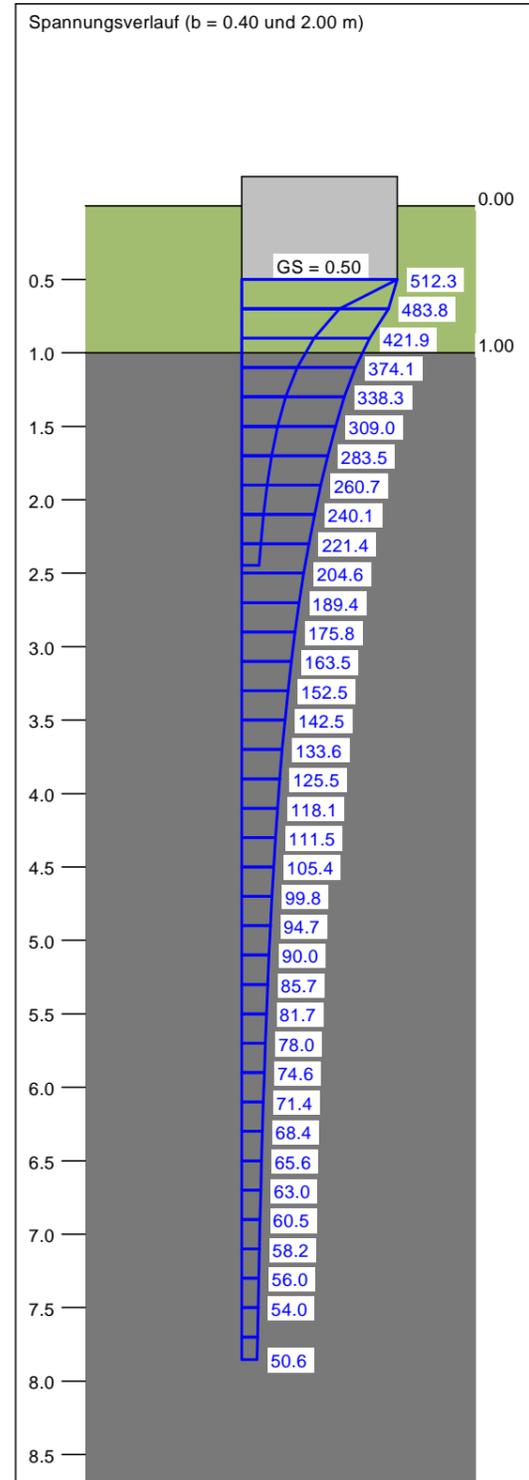
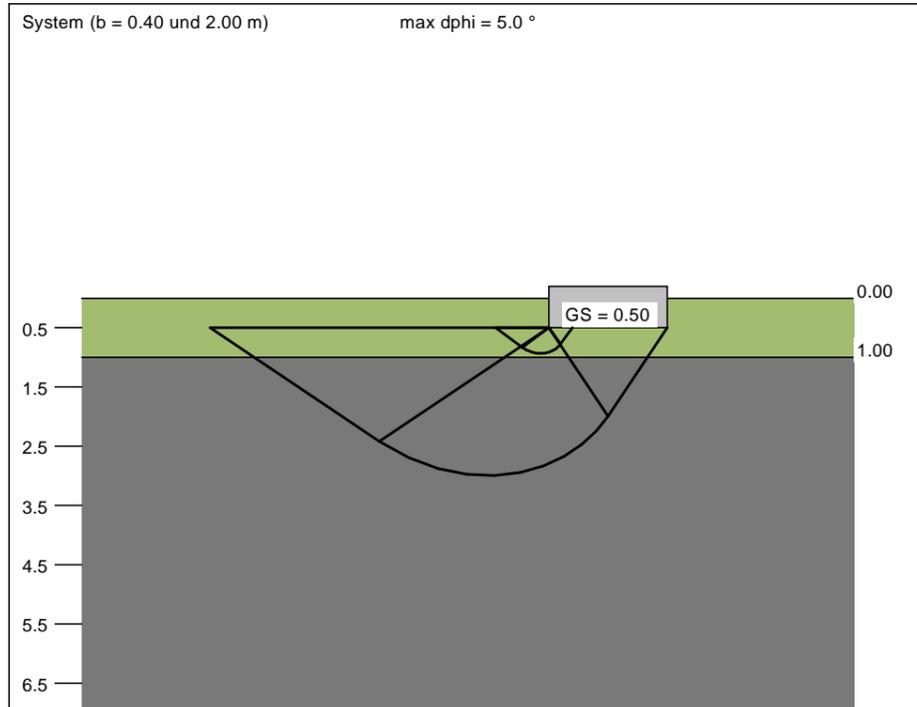


Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.



Maßgebender Schnitt A-A

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	17.5	10.0	20.0	0.00	Verw. Keuper, Schluff, tonig
	23.0	13.0	35.0	30.0	80.0	0.00	Keuper, Ton-, Mergelstein

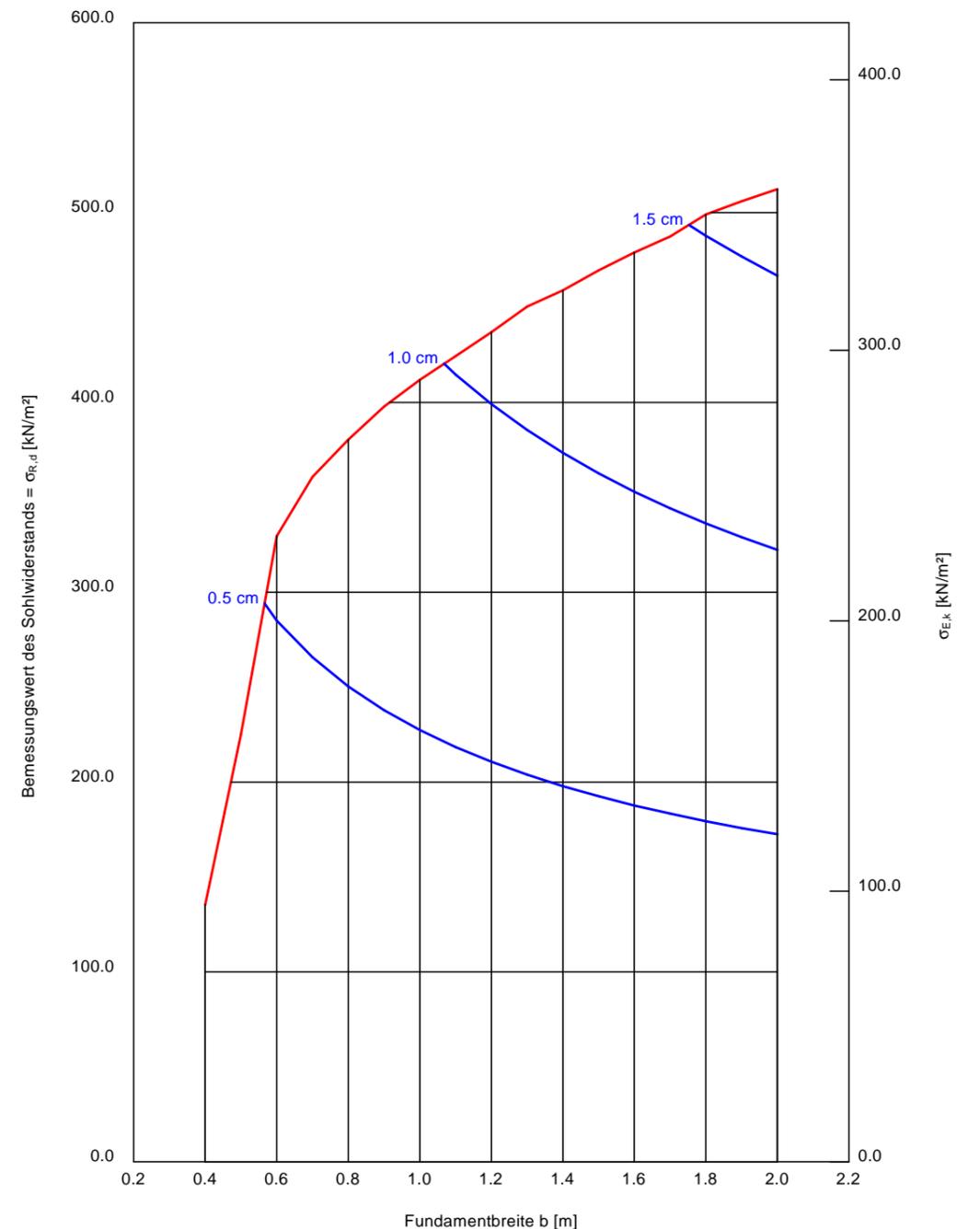


Berechnungsgrundlagen:
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Streifenfundament (a = 10.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$

$\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 Gründungssohle = 0.50 m
 Grundwasser = 10.00 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt

— Sohldruck
 — Setzungen

a	b	$\sigma_{R,d}$	$R_{n,d}$	$\sigma_{E,k}$	s	cal ϕ	cal c	γ_2	$\sigma_{\dot{u}}$	t_g	UK LS
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m]	[kN/m ²]	[cm]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[m]	[m]
10.00	0.40	135.5	54.2	95.1	0.18	17.5	10.00	20.00	10.00	2.45	0.93
10.00	0.50	225.2	112.6	158.0	0.36	19.6 *	15.83	20.14	10.00	3.25	1.08
10.00	0.60	329.7	197.8	231.4	0.58	22.3 *	19.46	20.56	10.00	4.07	1.25
10.00	0.70	360.8	252.6	253.2	0.69	22.5 *	21.03	20.83	10.00	4.49	1.37
10.00	0.80	380.4	304.3	266.9	0.78	22.5 *	22.15	21.04	10.00	4.84	1.50
10.00	0.90	397.8	358.1	279.2	0.87	22.5 *	23.02	21.22	10.00	5.16	1.62
10.00	1.00	411.9	411.9	289.0	0.95	22.4 *	23.71	21.36	10.00	5.46	1.75
10.00	1.10	424.5	466.9	297.9	1.03	22.4 *	24.28	21.49	10.00	5.74	1.87
10.00	1.20	437.0	524.4	306.7	1.10	22.4 *	24.76	21.60	10.00	6.02	2.00
10.00	1.30	450.6	585.7	316.2	1.18	22.5 *	25.17	21.69	10.00	6.29	2.12
10.00	1.40	459.1	642.7	322.2	1.25	22.4 *	25.51	21.78	10.00	6.53	2.25
10.00	1.50	469.6	704.3	329.5	1.32	22.4 *	25.81	21.85	10.00	6.77	2.37
10.00	1.60	479.0	766.3	336.1	1.39	22.4 *	26.07	21.91	10.00	7.00	2.49
10.00	1.70	487.4	828.6	342.0	1.46	22.4 *	26.30	21.97	10.00	7.22	2.62
10.00	1.80	499.0	898.1	350.1	1.54	22.5 *	26.51	22.03	10.00	7.46	2.75
10.00	1.90	506.0	961.3	355.1	1.60	22.5 *	26.69	22.07	10.00	7.66	2.87
10.00	2.00	512.3	1024.6	359.5	1.66	22.4 *	26.85	22.11	10.00	7.85	2.99



* phi wegen 5° Bedingung abgemindert
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{of,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{of,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{of,k} / 1.99$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50