

BÜRO FÜR ANGEWANDTE

GEOWISSENSCHAFTEN

DR. H. GERWECK

S. POTTHOFF

Büro für angewandte Geowissenschaften – 72074 Tübingen – Nauklerstraße 37A

BPD Immobilienentwicklung GmbH
Niederlassung Stuttgart
Silcherstraße 1

70176 Stuttgart



Baugrunderkundung
Gründungsberatung
Altlastenerkundung
Bodenmechanik
Umweltgeologie
Deponietechnik
Hydrogeologie

20.12.2019
Az 19 117.1

BAUGRUNDGUTACHTEN

für die geplante Bebauung
des Grundstückes Filderstraße 119
in Leinfelden-Echterdingen,
Stadtteil Musberg

INHALT	Seite
1. Allgemeines und Aufgabenstellung	3
2. Lage und allgemeine geologische Verhältnisse	4
3. Durchgeführte Untersuchungen	4
4. Ergebnisse der Untersuchungen	6
4.1 Schichtaufbau des Untergrunds	6
4.2 Hydrogeologische Verhältnisse	9
5. Tragfähigkeit des Untergrunds	11
6. Gründung	12
7. Bauwerk und Grundwasser	15
7.1 Schutz des Bauwerks gegen Grundwasser	15
7.2 Sicherheitsdränage	16
7.3 Maßnahmen zur Grundwasserumlaufigkeit	17
7.4 Weitere Hinweise	18
7.5 Wasserhaltung im Bauzustand	18
7.6 Wasserrechtliche Gesichtspunkte	19
8. Baugrubengestaltung und Befahrbarkeit	20
9. Fußbodenauflagerung	22
10. Verfüllung der Arbeitsräume	23
11. Boden- und Felsklassen für den Zustand beim Lösen	24
12. Bodenmechanische Kennwerte für erdstatische Berechnungen	25
13. Schlussbemerkungen	26

ANLAGEN

Anlage 1: Lageplan mit eingetragenen Aufschlusspunkten

Anlagen 2.1 + 2.2: Schichtprofile der Rammkernsondierungen (2019)

Anlage 2.3: Schichtprofile der Kleinkernbohrungen KB 1 - KB 3 (2001)

Anlagen 3.1 - 3.3: Schematische Längsprofile mit Homogenbereichen

Anlage 4: Datenblatt der Hochwasserrisikoabfrage

1. Allgemeines und Aufgabenstellung

Die BPD Immobilienentwicklung GmbH, Niederlassung Stuttgart plant den Neubau einer Wohnanlage mit Mehrfamilienwohnhäusern und Tiefgaragen an der Filderstraße 119 in Leinfelden-Echterdingen, Stadtteil Musberg.

Von BPD Immobilienentwicklung GmbH wurde unser Büro mit Schreiben vom 04.12.2019 beauftragt, die Untergrundverhältnisse auf dem zu bebauenden Grundstück mit Rammkernsondierungen zu erkunden und ein Baugrundgutachten zu erstellen. Weiterhin wurden wir beauftragt die Altlasten orientierend zu untersuchen. Diese Ergebnisse sind in einem separaten Gutachten dargestellt.

Zur Bearbeitung des Auftrags standen uns folgende Planunterlagen zur Verfügung:

- Lageplan mit Höhen im Maßstab 1 : 200, gefertigt mit Datum 17.05.2019 vom Vermessungsbüro Dipl.-Ing. Alfred Hils, Leinfelden-Echterdingen
- Lageplan im Maßstab 1 : 500, gefertigt mit Datum 12.07.2001 vom Vermessungsbüro Dipl.-Ing. Alfred Hils, Leinfelden-Echterdingen
- Bebauungskonzept „Am Alten Bahnhof - Musberg“ - Filderstraße 119, Leinfelden-Echterdingen, gefertigt mit Datum November 2019 von Steinhoff/Haehnel Architekten GmbH, Stuttgart

Des Weiteren wurde uns ein Baugrundgutachten für einen Erweiterungsbau im nördlichen Bereich des Grundstücks, gefertigt mit Datum 04.05.2001 vom Ingenieurbüro Voigtmann, Winnenden zur Verfügung gestellt.

Anhand dieser Pläne und Unterlagen und aufbauend auf den Ergebnissen der von uns durchgeführten Untergrunderkundung entstand das vorliegende Gutachten.

Entsprechend DIN 1054: 2010-12 ist das Bauvorhaben aus geotechnischer Sicht in die Kategorie GK 2 einzustufen.

2. Lage und allgemeine geologische Verhältnisse

Der Standort des geplanten Bauvorhabens liegt am östlichen Rand des Stadtteils Musberg, östlich der Bunsenstraße und nördlich der Filderstraße. Entlang der Ostseite des Grundstücks verläuft der sogenannte „Weilerwaldgraben“, ein kleiner Bach, der zum Zeitpunkt der Untersuchungen trocken war. Auf dem Gelände stehen zurzeit die Betriebsgebäude der Firma Haru Präzision GmbH & Co. KG, die noch abgebrochen werden müssen. Das Gelände fällt nach Südosten ab.

Der natürliche Untergrund wird unter einem humosen **Oberboden** und künstlichen **Auffüllungen** von **quartären Deckschichten** (Lösslehm, Auelehm und Fließerde) aufgebaut, unter denen die Schichten des **Stubensandsteins** (km 4) in unterschiedlichen Verwitterungsstufen folgen.

3. Durchgeführte Untersuchungen

Zur direkten Erkundung des Schichtaufbaus des Untergrunds wurden am 11.12.2019 acht Rammkernsondierungen mit Tiefen von 5,5 m (RKS 3) bis 11,0 m unter Gelände (RKS 6, RKS 8) niedergebracht. Die Sondierungen RKS 1, RKS 3, RKS 4 und RKS 7 wurden zu 2“-Grundwassermessstellen ausgebaut. Die restlichen Sondierungen wurden nach Abschluss der Sondierarbeiten fachgerecht verschlossen.

Außerdem wurden drei Kleinbohrungen (KB 1, KB 2 und KB 3), welche für die bestehende Produktionshalle im nordöstlichen Bereich des Geländes im Jahr 2001 vom Ingenieurbüro Voigtman, Winnenden durchgeführt wurden, zur Beurteilung hinzugezogen.

Die Lage der von uns durchgeführten Untersuchungspunkte sowie der drei ausgewählten Kleinbohrungen vom Ingenieurbüro Voigtman geht aus dem Lageplan der Anlage 1 hervor. Die Ansatzhöhen der Rammkernsondierungen wurden durch unser Büro nach Lage und Höhe eingemessen. Als Bezugsniveau zur höhenmäßigen Einmessung dienten uns die Höhenangaben im Lageplan.

Da für das Gelände keine Kampfmittelfreiheit besteht, wurde vor den Arbeiten durch Geolog, Starnberg eine Kampfmittelerkundung für die Rammkernsondierungen durchgeführt. Es wurden keine besonderen Anomalien im Untergrund festgestellt und somit konnten die Ansatzpunkte freigegeben werden.

Der erschlossene Schichtaufbau des Untergrunds wurde durch uns geologisch und bodenmechanisch aufgenommen; die Schichtprofile der Rammkernsondierungen sind auf den Anlagen 2.1 und 2.2 nach DIN 4023 graphisch dargestellt.

Die drei Kleinbohrungen (KB 1 - KB 3) vom Ingenieurbüro Voigtmann (2001) wurden von uns vereinfacht und neu gezeichnet. Diese Profile sind auf der Anlage 2.3 nach DIN 4023 graphisch dargestellt.

Aus den Anlagen 3.1 - 3.3 sind die Baugrundmodelle ersichtlich. Diese Schnitte wurden durch Interpolation zwischen den einzelnen Aufschlusspunkten ermittelt. Abweichungen vom tatsächlichen Verlauf können somit nicht ausgeschlossen werden.

In der Anlage 4 ist das Datenblatt der Hochwasserrisikoabfrage für das geplante Baufeld beige-fügt.

Aus den Sondierungen wurden charakteristische Bodenproben entnommen, aus denen vier Mischproben (MP 1 - MP 4) gebildet wurden. Diese Mischproben wurden laboranalytisch durch Ichema GmbH, Stuttgart gemäß der VwV TR-Boden¹, Abschnitt 4.2 (Tabelle 6.1) untersucht. Außerdem wurden zur Ermittlung einer möglichen flächigen Grundwasserverunreinigung aus den Grundwassermessstellen der Baugrunderkundung Wasserproben (Pumpproben) entnommen. Diese wurden laboranalytisch durch Ichema GmbH, Stuttgart auf Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), aromatische Kohlenwasserstoffe (AKW) und leichtflüchtige, halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW) analysiert. Diese Ergebnisse sind in einem separaten Altlastengutachten erstellt.

¹ Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial (TR-Boden) vom 14. März 2007. Diese Vorschrift ersetzt in Baden-Württemberg die bisherigen Vorgaben des Merkblatts M 20 der LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall)

4. Ergebnisse der Untersuchungen

4.1 Schichtaufbau des Untergrunds

Unter einem 0,1 bis 0,2 m mächtigen humosen **Oberboden** wurden zuoberst 0,4 m (RKS 2) bis 3,4 m (RKS 8) dicke künstliche **Auffüllungen** erschlossen. Diese bestanden überwiegend aus Schluffböden mit variablen Anteilen von Ton, Sand und Kies. Darin waren auch Fremdmaterialien wie Asphalt-, Ziegel-, Schlacke-, Kalkstein- und Sandsteinstücke usw. in unterschiedlichen Gewichtsanteilen enthalten.

Unter den Auffüllungen folgten zuoberst bindige, unterschiedlich mächtige quartäre Deckschichten (**Lösslehm, Auelehm und Fließerde**). Diese setzten sich aus Schluffböden mit wechselnden Anteilen von Ton und Sand sowie z.T. eingelagerten Sandsteinstücken und organischen Bestandteilen zusammen. Die Konsistenz dieser Deckschichten variierte von breiig bzw. weich bis halbfest. Die Obergrenze dieses Schichtabschnitts geht aus der folgenden Tabelle 1 hervor:

Tabelle 1:

Aufschluss Nr.	Obergrenze quartäre Deckschichten	
	m unter Gelände	m NN
RKS 1	1,0	419,2
RKS 2	0,5	419,6
RKS 3	1,6	419,4
RKS 4	1,2	419,5
RKS 5	1,0	419,4
RKS 6	1,8	420,6
RKS 7	1,8	422,4
RKS 8	3,5	420,3
KB 1 (2001)	0,2	423,5
KB 2 (2001)	1,1	420,3
KB 3 (2001)	1,2	419,9

Mit Ausnahme von der Rammkernsondierung RKS 1, wurden bis zu den jeweiligen Endtiefen die Schichten des Stubensandsteins (km 4) in unterschiedlichen Verwitterungsstufen erschlossen. In den höher gelegenen Aufschlüssen (RKS 5 – RKS 8) waren diese Schichten zuoberst überwiegend zu steifem bis halbfestem, tonigem Schluff mit Sandsteinstücken und vereinzelt dünnen Sandlagen verwittert (in den Schichtprofilen mit „**Stubensandstein, vollständig verwittert**“ bezeichnet, Verwitterungsstufe 4²). In den Kleinbohrungen KB 1 – KB 3 wurden diese Schichten, bestehend aus schluffigem, sandigem, z.T. kiesigem Ton von halbfester bis fester, z.T. aber auch steifer Konsistenz und aus tonigen, schluffigen Sandlagen bis zu den jeweiligen Endtiefen erschlossen. Auch in den Aufschlüssen RKS 7 und RKS 8 wurde in diesem Schichtabschnitt eine ca. 2 bis 3 m dicke, stark schluffige Sandschicht angetroffen. Die Obergrenze dieses Schichtabschnitts geht aus der Tabelle 2 hervor:

Tabelle 2:

Aufschluss Nr.	Obergrenze „Stubensandstein, vollständig verwittert“	
	m unter Gelände	m NN
RKS 1	*	*
RKS 2	*	*
RKS 3	*	*
RKS 4	*	*
RKS 5	4,5	415,9
RKS 6	7,5	414,9
RKS 7	5,0	419,2
RKS 8	8,8	415,0
KB 1 (2001)	5,5	418,2
KB 2 (2001)	3,5	417,9
KB 3 (2001)	4,4	416,7

* nicht erschlossen

Zur Tiefe folgten unter diesen Schichten bzw. den quartären Deckschichten in den Rammkernsondierungen RKS 2, RKS 3 und RKS 4 die Schichten des „**Stubensandstein, mäßig verwittert**“ (Verwitterungsstufe 2) aus festem, mürbem Sandstein. Die in den Sondierungen angetroffene Obergrenze des „Stubensandstein, mäßig verwittert“ zeigt die Tabelle 3.

Tabelle 3:

Aufschluss Nr.	Obergrenze „Stubensandstein, mäßig verwittert“	
	m unter Gelände	m NN
RKS 1	> 8,0	< 412,2
RKS 2	5,8	414,3
RKS 3	4,8	416,2
RKS 4	4,9	415,8
RKS 5	5,8	414,6
RKS 6	> 11,0	< 411,4
RKS 7	> 9,0	< 415,2
RKS 8	> 11,0	< 412,8

Lediglich in der Sondierung RKS 4 wurde unter den mäßig verwitterten Sandsteinen ab 5,8 m Tiefe (= 414,9 m NN) halbfester, schluffiger Ton erschlossen (im Schichtprofil mit **„Stubensandstein, vollständig verwittert“**, Verwitterungsstufe 4 bezeichnet).

Erfahrungsgemäß setzen sich die Schichten des Stubensandsteins unter Abnahme des Verwitterungsgrades als Folge von Sandsteinen und Schlufftonsteinen fort.

Der genaue Schichtaufbau geht aus den Schichtprofilen der Anlagen 2.1 - 2.3 hervor.

In den geologischen Längsschnitten der Anlagen 3.1 - 3.3 sind die Homogenbereiche im untersuchten Bereich dargestellt. In den Aufschlüssen wurden die folgenden Homogenbereiche erkundet:

- A: Auffüllungen
- B: quartäre Deckschichten
- C: „Stubensandstein, vollständig verwittert“
- D: „Stubensandstein, mäßig verwittert“

Nach Ergebnissen der Laborversuche an vergleichbaren Böden sind die angetroffenen Böden in die folgenden Bodengruppen nach DIN 18 196 einzustufen.

Tabelle 4:

Schichtkomplex/Homogenbereich	Bodengruppen nach DIN 18 196
künstliche Auffüllungen	GU, TL, TM
quartäre Deckschichten	TL, TM, TA, SU
„Stubensandstein, vollständig verwittert“	TA, TM, SU

Anmerkungen zu den Bodengruppen nach DIN 18 196

nichtbindig:

- GU = Kies-Schluff-Gemische mit einem Anteil der Kornfraktion < 0,06 mm von 5 - 15 Gew.-%, Feinkornanteil vorwiegend schluffig
SU = Sand-Schluff-Gemische mit einem Anteil der Kornfraktion < 0,06 mm von 5 - 15 Gew.-%, Feinkornanteil vorwiegend schluffig

bindig:

- TA = ausgeprägt plastische Tone (Fließgrenze $w_L > 50$ Gew.-%)
TM = mittel plastische Tone (Fließgrenze $w_L = 30-50$ Gew.-%)
TL = leicht plastische Tone (Fließgrenze $w_L < 35$ Gew.-%)

4.2 Hydrogeologische Verhältnisse

Während der Schichtaufnahme wurden in den Sondierungen, mit Ausnahme von RKS 8, Grundwasserzutritte zwischen 415,6 m NN (RKS 3) und 418,9 m NN (RKS 7) festgestellt. Vor dem Verfüllen der Sondierungen bzw. Pegelausbau hatte sich das Grundwasser bei 6,0 m u. Gel. (= 414,3 m NN, RKS 1), bei 5,8 m u. Gel. (= 414,6 m NN, RKS 5), bei 4,9 m u. Gel. (= 415,8 m NN, RKS 4) bzw. bei 6,3 m u. Gel. (= 418,0 m NN, RKS 7) eingespiegelt. Diese Niveaus sind in den Schichtprofilen der Anlagen 2.1 und 2.2 sowie 3.1 - 3.3 eingetragen.

In den zu Grundwassermessstellen (NW 2“) ausgebauten Sondierungen wurden bisher die folgenden Wasserstände gemessen:

Tabelle 5:

Messtermin	Grundwasserstände							
	RKS 1 (2“-Pegel)		RKS 3 (2“-Pegel)		RKS 4 (2“-Pegel)		RKS 7 (2“-Pegel)	
	m u. Gel.	m NN	m u. Gel.	m NN	m u. Gel.	m NN	m u. Gel.	m NN
12.12.2019	5,1	415,1	3,9	417,1	4,3	416,4	5,7	418,6
18.12.2019	5,1	415,1	3,7	417,3	4,2	416,5	5,6	418,6

Die höchsten gemessenen Wasserstände wurden in die Schichtprofile der Anlagen 2.1 und 2.2 sowie 3.1 - 3.3 eingetragen. Dies zeigt, dass das Grundwasser zum einen in den quartären Deckschichten und zum anderen im gut durchlässigen Sand bzw. in den Sandsteinen des Stubensandsteins zirkuliert und ein Gefälle in östlicher Richtung zum angrenzenden Bach aufweist. Dieser war, wie bereits beschrieben, zum Zeitpunkt der Schichtaufnahme trocken.

Die in den Aufschlüssen des Ingenieurbüros Voigtmann (2001) vor dem Verfüllen gemessenen Grundwasserstände variieren zwischen 419,40 m NN (KB 3) und 420,75 m NN (KB 1). Diese Grundwasserstände im Jahr 2001 waren deutlich höher (vgl. Anl. 2.3) als bei unseren Untersuchungen.

Die Höhenlage des Grundwasserspiegels unterliegt erfahrungsgemäß jahreszeitlichen und witterungsbedingten Schwankungen. Der höchstmögliche Grundwasserstand ist uns nicht bekannt; er könnte nur anhand langfristiger Pegelmessungen ermittelt werden. Es muss aber davon ausgegangen werden, dass er über die festgestellten Niveaus ansteigen kann, insbesondere bei der Hochwasserführung des Baches.

In Abhängigkeit von Jahreszeit und Witterungsverlauf treten aber auch oberhalb des zusammenhängenden Grundwasserspiegels temporäre Sickerwasserführungen auf verschiedenen Niveaus auf.

Zur Beurteilung der Hochwassergefährdung durch den östlich angrenzenden Bach „Weilerwaldgraben“ wurden von uns die in der Anlage 4 beigefügten Hochwasserdaten erhoben. Nach diesen Daten liegt der tiefere Teil des Grundstücks im Überflutungsbereich. Das Niveau des Extremhochwassers liegt auf $HQ_{\text{extrem}} = 420,4 \text{ m NN}$.

Die Durchlässigkeit der quartären Deckschichten liegt erfahrungsgemäß in einer Größenordnung von $k_f = 10^{-7} \text{ m/s}$. Grundlage für die Beurteilung der Möglichkeiten zur Versickerung und zur Bemessung von Versickerungsanlagen ist das DWA Arbeitsblatt DWA-A 138³. Nach diesem Regelwerk kommen für Versickerungsanlagen Locker- und auch Festgesteine in Frage, deren k_f -Werte im Bereich von 1×10^{-3} bis $1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ liegen. Somit kommen die anstehenden Schichten für eine Versickerung von Oberflächen- und Dränagewasser nicht in Betracht.

5. Tragfähigkeit des Untergrunds

Die zuoberst erschlossenen künstlichen **Auffüllungen** sind, bedingt durch ihre inhomogene Zusammensetzung, in unterschiedlichem Maße zusammendrückbar. Auch unabhängig von äußeren Lasten können in künstlichen Auffüllmassen sog. Eigensetzungen auftreten, deren Ursachen in folgenden Vorgängen liegen können: Eigengewicht, Kornumlagerungsvorgänge, Veränderungen der Lagerungsdichte bei Erschütterungen bzw. Erdbeben und Schrumpfungen durch Austrocknung. Die künstlichen Auffüllungen können deshalb nicht als Lastabtragungshorizont für eine Fundamentgründung herangezogen werden.

Die hierunter folgenden bindigen, quartären Deckschichten (**Lösslehm, Auelehm und Fließerde**) sind als kompressibler Untergrund einzustufen. Allgemein ist die Kompressibilität von bindigen Böden umso größer, je höher die Plastizitätszahl (I_p) und der natürliche Wassergehalt (w_n) bzw. je geringer die Konsistenzzahl (I_c) ist. Insbesondere weiche Bereiche sind für eine Lastabtragung nicht geeignet.

3

„Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ Arbeitsblatt DWA-A 138 der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (ATV-DVWK), 2005

Die Zusammendrückbarkeit des Stubensandsteins schwankt, aufgrund der unterschiedlichen Gesteinsarten und Verwitterungsstufen, sowohl in vertikaler als auch lateraler Richtung in weiten Grenzen. Für die bindig verwitterten Schichten des „**Stubensandstein, vollständig verwittert**“ gelten prinzipiell dieselben Überlegungen wie für die quartären Deckschichtböden.

Die festen bis harten Sandsteine des „**Stubensandstein, mäßig verwittert**“ stellen einen deutlich geringer kompressiblen und somit hoch belastbaren Untergrund dar.

6. Gründung

Planunterlagen von der Tiefgarage bzw. den Untergeschossen liegen nicht vor, lediglich ein Bauungskonzept. Ausgehend von einer Zufahrt in die vorgesehene Tiefgarage von der Filderstraße aus, auf der Höhe wie die bisherige Zufahrt (ca. 420,8 m NN) und einer Geschosshöhe von ca. 3 m ergibt sich ein ungefähres Fußbodenniveau der geplanten Tiefgarage von ca. 417,8 m NN.

Dieses Niveau wurde in die Schichtprofile der Anlagen 2 und 3 eingetragen. Aus diesen Darstellungen ist ersichtlich, dass im Fall einer normalen Flachgründung die Gründungssohlen des geplanten Neubaus überwiegend in den weichen bis steifen quartären Deckschichten bzw. am westlichen Rand des Baufelds (RKS 7, KB 1, KB 2) in den halbfesten Verwitterungsöden bzw. in den Sandlagen des „Stubensandstein, vollständig verwittert“ liegen würden.

Um ein einheitliches Setzungsverhalten zu erzielen und somit Setzungsschäden am Gebäude zu vermeiden, ist es bei diesen Untergrundverhältnissen erforderlich, dass sämtliche Fundamente mit Magerbeton (C 12/15) bis auf mindestens feste Schichten des „Stubensandstein, mäßig verwittert“ vertieft werden müssen (vgl. Tabelle 3).

Zur Erkundung wurden aufgrund der zeitlichen Dringlichkeit Rammkernsondierungen durchgeführt. Hierbei besteht ausführungsbedingt ein Restrisiko hinsichtlich der Obergrenze der felsartig festen Schichten (vgl. Tabellen 3 und 6), da diese mit den Sondierungen nur bedingt erschlossen werden können. Es sind daher nach Vorliegen einer konkreten Planung ergänzende Kernbohrungen erforderlich.

Tabelle 6:

Aufschluss Nr.	Abstand Tiefgaragenfußboden - Obergrenze „Stubensandstein, mäßig verwittert“ in Meter
RKS 1	> 5,6
RKS 2	3,5
RKS 3	1,6
RKS 4	2,0
RKS 5	3,2
RKS 6	> 6,4
RKS 7	> 2,6
RKS 8	> 5,0

Grundsätzlich sollten hier die abzutragenden Lasten soweit wie möglich konzentriert und über Betonpfeiler abgetragen werden, anstatt die Streifenfundamente über ihre gesamte Länge zu vertiefen. Über den Pfeilern sind dann durchlaufende Träger anzuordnen. Aufgrund der größeren Vertiefungsmaße von teilweise über 6 m, der Grundwasserzutritte und der Gefahr von damit verbundenen Nachbrüchen sowie aus wirtschaftlichen und ausführungstechnischen Überlegungen empfehlen wir die Vertiefungen mit einem Bagger mit Rundschachtgreifer und Hilfsverrohrung aus Stahl, die beim Betonieren wieder gezogen wird, herzustellen. Es dürfen keine Schachtringe als verlorene Schalung verwendet werden, da diese nicht bis in die erforderliche Tiefe abgesenkt werden können.

Der Vorteil der Pfeiler mit Hilfsverrohrung besteht darin, dass wirtschaftlich und flexibel auf die variierende Tiefenlage des Gründungshorizonts reagiert werden kann. Aufgrund dieser Variation empfiehlt es sich, die Pfeilerlängen in der Ausschreibung großzügig zu bemessen.

Für die Bemessung der Fundamente kann bei einer vertieften Flachgründung auf mindestens feste Sandsteine des „Stubensandstein, mäßig verwittert“, ein Bemessungswert des Sohlwiderstands von $\sigma_{R,d} \leq 560 \text{ kN/m}^2$ gemäß DIN 1054:2010-12 angesetzt werden. Dies entspricht einer zulässigen Bodenpressung⁴ (aufnehmbarer Sohldruck nach DIN 1054:2005-01) von $\sigma \leq 400 \text{ kN/m}^2$.

⁴ Die zulässige Bodenpressung ist keine Bodenkonstante. Ihre Größe hängt in entscheidendem Maße von der Art der Belastung, von den Abmessungen des Gründungskörpers und seiner Gründungstiefe sowie von der jeweiligen Bodenart ab.

In Anlehnung an DIN 1054 sind beim Entwurf und Ausführung der Flachgründung folgende Punkte zu beachten:

- Die genannte Bodenpressung gilt für mittige und lotrechte Belastungen. Bei ständigem außermittigem Lastangriff ist die Sohlpressung auf eine verkleinerte Teilfläche A' zu beziehen, deren Schwerpunkt der Lastangriffspunkt ist (vgl. DIN 1054, Abschnitt 6.6.5).
- Bei Fundamenten unterschiedlicher Höhenlage ist ein Abtreppungswinkel von $\beta \leq 45^\circ$ einzuhalten. Auch benachbarte Fundamente sollen in ihrer Tiefenlage so ausgebildet werden, dass die Verbindungslinie der unteren Fundamentecken nicht steiler als 45° gegen die Horizontale geneigt ist.
- Bindige, aufgeweichte oder aufgelockerte Bereiche sind bis auf mindestens feste Sandsteine des „Stubensandstein, mäßig verwittert“ vollständig auszuräumen und durch Vertiefungsbeton (C 12/15) zu ersetzen.
- Die Pfeiler müssen mindestens 0,5 m ($D \leq 1,0$ m) bzw. den halben Pfeilerdurchmesser ($D > 1$ m) in den „Stubensandstein, mäßig verwittert“ einbinden.
- Das Gewicht der Betonunterfüllungen braucht man beim Nachweis der Bodenpressung nicht zu berücksichtigen.
- Um nachträgliche Aufweichungen, Nachbrüche oder Auflockerungen zu vermeiden und somit den Betonverbrauch auf ein Mindestmaß zu beschränken, müssen die erforderlichen Betonunterfüllungen unmittelbar nach dem Aushub eingebracht werden.
- Eine Mindestfundamentbreite von $b = 0,4$ m darf nicht unterschritten werden.
- Die Gründungssohlen müssen vom Baugrundgutachter überprüft werden, damit gewährleistet ist, dass die an der Fundamentsohle anstehenden Böden eine ausreichende Tragfähigkeit haben.

7. Bauwerk und Grundwasser

Wie aus Abschnitt 4.2 ersichtlich ist, schneidet das Untergeschoss ins Grundwasser ein bzw. liegt in dessen Schwankungsbereich. Für das geplante Bauvorhaben ist es daher erforderlich, besondere Maßnahmen zum Schutz gegen Grundwasser zu ergreifen und die notwendigen wasserrechtlichen Belange zu beachten. Auf diese Punkte wird im Folgenden näher eingegangen.

7.1 Schutz des Bauwerks gegen Grundwasser

Ein Einschnitt in das Grundwasser, und sei er auch nur geringfügig und zeitweilig, erfordert die Ausbildung einer wasserdichten, auftriebssicheren Wannenkonstruktion, da eine permanente Ableitung von Grundwasser aus wasserrechtlichen Gründen und wegen möglicher Austrocknungsschäden in der unmittelbaren Umgebung nicht gestattet wird.

Für eine klare, planerische Konzeption der Wannenausbildung benötigt man einen definierten höchsten Wasserstand. Dieser kann durch die Anordnung einer Sicherheitsdrainage festgelegt werden, die oberhalb des höchsten bisher gemessenen Wasserstands angeordnet wird. Dann findet im Normalfall keine Grundwasserableitung statt, es werden lediglich extrem hohe Grundwasserstandsspitzen durch die Sicherheitsdrainage gekappt. Das Niveau der Sicherheitsdrainage stellt gleichzeitig den Bemessungswasserstand für die statisch konstruktive Durchbildung der Wanne dar. Dieser muss von den wasserwirtschaftlichen Fachbehörden genehmigt werden.

Sämtliche Bauteile unterhalb des Bemessungswasserstands müssen dann als druckwasserdichte und auftriebsichere Wannen gemäß WU-Richtlinie 555 (sog. „weiße Wanne“) ausgebildet werden. Auch Lichtschächte, Zugänge, Rampen usw. müssen in die Konstruktion integriert werden. Dies entspricht der Wassereinwirkungsklasse W2.1-E („Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser“) der DIN 18533-1: 2017-07. Nach der aktuellen WU-Richtlinie ist dies die Beanspruchungsklasse 1.

Der Vorteil bei dieser Ausführung liegt darin, dass eventuelle undichte Stellen sicher erkannt und durch nachträgliche Injektionen gezielt saniert werden können. Die Abdichtung von Rissen durch Injektionen gehört zum Stand der Technik.

Es hat sich in vergleichbaren Fällen bewährt, bereits beim konstruktiven Entwurf der Wannen im Hinblick auf die Rissesicherheit und Dichtigkeit eine entsprechende Spezialfirma beratend hinzuzuziehen, die auch die später evtl. erforderlichen Nachinjektionen ausführt.

Für den Bereich oberhalb des o.g. Bemessungswasserstands gilt die Wassereinwirkungsklasse W1.2-E („Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser“). Dies entspricht der Beanspruchungsklasse 2 nach der aktuellen WU-Richtlinie.

Die Höhe des Bemessungswasserstands kann erst nach Vorlage einer genauen Planung, weiteren Erkundungsmaßnahmen und einer Abstimmung mit der Wasserrechtsbehörde festgelegt werden.

Unabhängig von dem beschriebenen Bemessungswasserstand ist im vorliegenden Fall die Hochwassergefährdung durch das Extremhochwasser $HQ_{\text{extrem}} = 420,4$ m NN des östlich angrenzenden Baches „Weilerwaldgraben“ zu beachten. Sofern dies berücksichtigt werden soll, muss das Gebäude hochwassersicher bis zu diesem Niveau sein. Somit muss das Untergeschoss als druckwasserdichte und auftriebsichere Wanne gemäß WU-Richtlinie 555 (sog. „weiße Wanne“) bis zum HQ_{extrem} -Niveau ausgebildet werden.

7.2 Sicherheitsdränage

Zur Konzeption der auf dem Niveau des Bemessungswasserstandes anzuordnenden Sicherheitsdrägen werden die folgenden Hinweise gegeben:

- Wir empfehlen, für die Sicherheitsdrägen allseits geschlitzte, druckfeste Rohre zu verwenden (z.B. Optidrän). Der Rohrdurchmesser sollte unseres Erachtens 125 mm nicht unterschreiten.
- Die Dränage muss mit Kies (8/32) in einer Mindestdicke von 20 cm ummantelt werden muss. Zur Erhaltung der Filterstabilität muss zwischen Rohrummantelung und natürlichem Boden ein Filtervlies angeordnet werden.

- Das Dränsystem muss eine rückstausichere Ableitung erhalten. Die Dränage kann an den westlich verlaufenden Regenwasserkanal angeschlossen werden. Bei nicht ausreichender Kanalhöhe ist eine Hebeanlage vorzusehen, die regelmäßig gewartet werden muss. Der maximale Grundwasserspiegel und damit der Bemessungswasserstand werden durch das Auslaufniveau bestimmt.
- Um eine dauerhafte Funktion der Dränage zu gewährleisten, ist die Anordnung von Spülmöglichkeiten bzw. Kontrollschächten ($DN \geq 300$) erforderlich, die jederzeit zugänglich sind.
- Die Funktionsfähigkeit des Dränsystems ist durch eine Probespülung zu überprüfen.

Bei der Geländegestaltung (Neigung, Arbeitsraumverfüllung) ist weiterhin zu beachten, dass die Sicherheitsdränage des Gebäudes durch zulaufendes Oberflächenwasser nicht zusätzlich belastet wird. Auf befestigten Flächen anfallendes Oberflächenwasser muss in geeigneter Weise gefasst (z.B. Rinnen, Hofeinfälle u.ä.) und abgeleitet werden.

7.3 Maßnahmen zur Grundwasserumläufigkeit

Damit die ins Grundwasser eintauchenden Bauteile nicht als Staukörper für den Grundwasserstrom wirken, werden von den wasserwirtschaftlichen Fachbehörden in der Regel Maßnahmen zur Gewährleistung der Grundwasserumläufigkeit gefordert. Wir halten hierfür die folgende Lösung für angemessen:

- Unter den erdberührenden Bodenplatten ist eine mindestens 20 cm dicke Schicht aus Schotter (2/45) vorzusehen. Dadurch soll die Unterläufigkeit des Grundwassers unter dem Bauwerk hindurch sichergestellt werden.
- Beim Betonieren der Bodenplatte ist durch die Anordnung einer Folie dafür zu sorgen, dass die Umläufigkeitsschicht nicht zugeschlämmt wird. Um eine Vermengung von Filterschichtmaterial mit an der Baugrubensohle anstehenden Böden zu vermeiden, ist ein reißfestes Filtervlies der Robustheitsklasse GRK 3 zu verlegen.
- Falls die durchlässige Schicht durch Fundamente o.ä. unterbrochen wird, sind darin Durchflussöffnungen vorzusehen (z.B. $\varnothing 70 - 100$ mm im Abstand von 5 m).

- Es empfiehlt sich, die erdberührenden Außenwände auch oberhalb des Bemessungswasserstands bis zum Niveau des fertigen Geländes in WU auszubilden. Dann kann auf besondere Maßnahmen zum Schutz gegen einsickerndes, nicht drückendes Wasser (W1.2-E) oberhalb der Sicherheitsdränage verzichtet werden.
- Die seitlichen Arbeitsräume müssen bis zum Bemessungswasserstand mit körnigem, durchlässigem Material verfüllt werden (wie unter der Bodenplatte). Das Material ist sorgfältig lagenweise einzubauen und zu verdichten. Diese Arbeitsraumverfüllung muss mit der körnigen, durchlässigen Schicht unter der Bodenplatte und mit der Sicherheitsdränage in direkter hydraulischer Verbindung stehen. Über dem durchlässigen Material sollte bis zur Geländeoberkante Siebschutt mit erhöhtem bindigem Anteil (10 - 15 Gew.-%) eingebaut werden. Auf dem Gelände sollten wasserundurchlässige Beläge oder ein sog. Lehmschlag angeordnet werden, um das direkte Eindringen von Oberflächenwasser in den Grundwasserkörper zu verhindern.

7.4 Weitere Hinweise

Falls die Anordnung von Grundleitungen unterhalb der erdberührenden Bodenplatte erforderlich ist, muss ihre Dichtigkeit (auch gegen Eindringen von Grundwasser) sichergestellt sein. Soweit uns bekannt ist, werden von Seiten der Fachbehörden keine besonderen Maßnahmen verlangt, es muss lediglich die Dichtigkeit der Leitungen gewährleistet werden.

7.5 Wasserhaltung im Bauzustand

Wie beschreiben, schneidet das Untergeschoss ins Grundwasser ein bzw. liegt in dessen Schwankungsbereich. Das in der Baugrube anfallende Wasser kann in offener Wasserhaltung über Drängräben in Pumpensümpfen gesammelt und gezielt abgeleitet werden.

Das aus der Baugrubenböschung bzw. der Verbauwand austretende Wasser (Durchflussöffnungen in der Verbauwand) muss direkt am Böschungsfuß durch eine Baudränage, vergleichbar einer Ringdränage, gefasst werden.

An der Sohle der Gräben der Baudränage werden ein Filtervlies und Dränrohre mit geschlossenem Sohlgerinne (DN > 150 mm), mit Gefälle zu den jeweiligen Pumpensämpfen, verlegt. Diese Gräben werden anschließend mit Kies verfüllt. Der Scheitelpunkt muss hierbei mindestens 10 cm unter dem tiefsten Aushubniveau liegen.

Die anfallenden Wassermengen lassen sich nur schwer vorhersagen, da sie im Wesentlichen von den Witterungsverhältnissen (vgl. Abschnitt 4.2) bestimmt werden. Im Zuge der Beantragung der wasserrechtlichen Erlaubnis (vgl. 7.6) werden die ungefähren Wassermengen ermittelt.

7.6 Wasserrechtliche Gesichtspunkte

Folgende Maßnahmen, die durch den Einschnitt des Gebäudes ins Grundwasser erforderlich werden, bedürfen einer wasserrechtlichen Erlaubnis:

- der Bemessungswasserstand (vgl. Abschnitt 7.1)
- die Anordnung eines Systems zur Grundwasserumleitung (vgl. Abschnitt 7.2)
- die erforderliche Wasserhaltung während der Bauzeit (vgl. Abschnitt 7.5)
- die Gründungs- und Verbauarbeiten (vgl. Abschnitt 6 und 8)

Zusätzlich zu den genannten Maßnahmen können von den Wasserrechtsbehörden Auflagen erteilt werden; die Ausführung wird von der entsprechenden Fachbehörde (Landratsamt Esslingen) überwacht. Insbesondere wird auch das Niveau des Bemessungswasserstands von diesen Behörden festgelegt.

Die wasserrechtliche Erlaubnis für die oben beschriebenen Baumaßnahmen muss mit entsprechenden Plänen und Beschreibungen beim Landratsamt Esslingen beantragt werden.

Wir empfehlen, die genannten Punkte bereits vorab mit der zuständigen Abteilung zu erörtern und im Einzelnen abzustimmen. Wir sind gerne bereit, die fachtechnische Beratung der Bauherrschaft bzw. der Planer zu übernehmen.

8. Baugrubengestaltung und Befahrbarkeit

Bei ausreichenden Platzverhältnissen können in Anlehnung an DIN 4124 freie Böschungen bis zu einer Böschungshöhe von 5 m mit folgenden Böschungsneigungen angelegt werden:

- | | |
|--|-----------------------|
| - Auffüllungen: | $\beta \leq 45^\circ$ |
| - quartäre Deckschichten: | $\beta \leq 45^\circ$ |
| - „Stubensandstein, vollständig verwittert“: | $\beta \leq 60^\circ$ |
| - „Stubensandstein, mäßig verwittert“: | $\beta \leq 70^\circ$ |

Bei Böschungshöhen über 5 m ist nach DIN 4124 ein Standsicherheitsnachweis erforderlich. Auf die übrigen Hinweise der genannten Norm (z.B. lastabhängiger Abstand zu Böschungskronen) wird hingewiesen. Wir empfehlen, die freien Böschungen durch Abhängen mit Folie, die über die Böschungskrone geführt werden muss, gegen Witterungseinflüsse zu schützen. Auf den Böschungskronen dürfen keine Materialien, auch kein Aushub, gelagert werden.

Wo die Platzverhältnisse nicht ausreichend sind, wie z.B. an der Westseite, wo das Bauvorhaben direkt an die Bunsenstraße grenzt, werden Verbaumaßnahmen erforderlich. Als Verbauart kommt aus wirtschaftlichen Überlegungen in erster Linie ein Trägerverbau in Betracht. Bei der Planung und Ausführung des Verbaus sind folgende Punkte zu beachten:

- Um die für die Einspannung erforderliche statische Einbindetiefe im „Stubensandstein, mäßig verwittert“ sicher herstellen zu können, müssen die Träger in vorgebohrte Löcher gestellt werden.
- Um die Bewegungsmöglichkeiten der Trägerfüße auf ein Minimum zu beschränken, sollten sie unterhalb der Baugrubensohle einbetoniert werden. Man kann sie jedoch dann später nicht mehr ziehen, sondern nur unterhalb der späteren Geländeoberfläche abschneiden.
- Bei einer Rückverhängung des Verbaus sind die Tiefenlagen der benachbarten Gebäude und Versorgungsleitungen zu beachten. Der vertikale Abstand zwischen Verpresskörper und darüberliegenden Bauteilen darf 3 m nicht unterschreiten, da sonst Hebungen in den Bauteilen eintreten können. Die Möglichkeit zur Nachverpressung der Anker ist vorzusehen.

- Die freie Ankerlänge sollte mindestens 5 m betragen, um sicherstellen zu können, dass die Vorspannkraft in den rückliegenden Boden und nicht durch Kraftkurzschluss von der Erdseite aus in die Wand eingeleitet wird.
- Die Verpresskörper müssen einheitlich in einer Bodenart liegen (Stubensandstein).
- Die Abnahmeprüfung der Verpressanker muss nach DIN EN 1537, Abschnitt 9 durchgeführt und gemäß Anhang F dokumentiert werden.
- Für das Einbringen der Anker ist die Zustimmung der betreffenden Grundstückseigentümer, unter deren Grundstücken die Anker gebohrt und hergestellt werden, erforderlich.
- Die Ausfachung des Verbaus muss wasserdurchlässig sein, damit sich hinter der Verbauwand kein Stauwasserdruck aufbauen kann. Es sollten daher im Falle einer Holzausfachung glatte, gesägte Stoßfugen vermieden werden, im Falle einer Spritzbetonausfachung sind Durchflussöffnungen vorzusehen.
- Eine Holzausfachung muss im Zuge der Arbeitsraumverfüllung rückgebaut werden, um spätere Verformungen beim Verrotten des Holzes zu vermeiden.
- Bei einer Holzausfachung ist auf eine umgehende, kraftschlüssige Verfüllung zu achten.
- In den Bereichen, in denen aus räumlichen Gründen auf die Anlage eines Arbeitsraumes verzichtet werden muss bzw. wo die Verformungen minimiert werden sollen, kann direkt gegen den mit Spritzbeton ausgefachten Verbau betoniert werden. Zwischen Verbauwand und aufgehenden Gebäudewänden ist eine druckfeste Dränmatte (z.B. Enkadrän CKL 20 oder Gleichwertiges) zwischenzuschalten.
- Im Bereich öffentlicher Flächen sollte im Hinblick auf eine spätere Leitungsverlegung der oberste Meter rückgebaut werden.

Bezüglich der Berechnung der Verbauwände und des jeweiligen Erddruckansatzes (aktiver, erhöhter aktiver Erddruck oder Erdruhedruck) verweisen wir auf die "Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben" (EAB, 5. vollständig überarbeitete Auflage; herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau, Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 2012).

Die endgültige Baugrubengestaltung muss nach Vorlage einer genauen Planung mit uns abgestimmt werden.

Da die Baugrubensohle überwiegend in Böden verläuft, die bei einer Durchfeuchtung durch Niederschlags- oder Sickerwasser rasch aufweichen, empfiehlt es sich, den Aushub mit einem Tieflöffelbagger von oben her vorzunehmen bzw. Maßnahmen zur Stabilisierung vorzusehen.

Des Weiteren empfehlen wir, auf dem planmäßigen Aushubniveau eine Schutzschicht von ca. 20 cm zu belassen, die erst unmittelbar vor dem Einbringen der Umläufigkeitsschicht (siehe Abschnitt 7.3) ausgehoben wird.

Tiefere Leitungsgräben (ab 1,25 m) müssen mit einem wandernden Verbaugerät (Verbauplatten) vollständig gesichert werden, auch hier sind die Angaben der DIN 4124 zwingend einzuhalten.

Für sämtliche Erdarbeiten gelten die einschlägigen Richtlinien des Erdbaus (ZTVE-StB 17⁵, ZTVT-StB 95⁶ und ZTV SoB-StB 04⁷).

9. Fußbodenauflagerung

Sofern die Fußbodenbelastungen die in Wohnbauten üblichen Belastungen nicht übersteigen und in der Tiefgarage nur PKW-Befahrung stattfindet, können die Untergeschossfußböden generell unter Zwischenschaltung der in Abschnitt 7.3 beschriebenen Umläufigkeitsschicht direkt auf mindestens steife bindige Böden aufgelagert werden.

⁵ ZTVE-StB 17: **Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau**, Hrsg. von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln, Fassung 2017

⁶ ZTVT-StB 95: **Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau**, hrsg. von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln 1995, Fassung 2002

⁷ ZTV SoB-StB 04: **Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau**, hrsg. von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln, 2004

Eventuell vorhandene Weichzonen, locker gelagerte Auffüllungen und Bereiche an der Baugrubensohle, die durch Aushub, Befahrung und Witterungseinflüsse aufgelockert oder durchnässt sind, müssen ausgeräumt und durch das Material der Filterschicht oder anderes körniges Fremdmaterial ersetzt werden.

Wenn in der Tiefgarage Minustemperaturen (z.B. im Einfahrtsbereich) auftreten und über längere Zeit anhalten können, sollte die Dicke des frostsicheren Aufbaus (einschließlich Bodenplatte) in den frostgefährdeten Bereichen so gewählt werden, dass kein Unterfrieren stattfinden kann. In der Regel werden hierfür 50 cm als ausreichend angesehen.

10. Verfüllung der Arbeitsräume

Die beim Aushub anfallenden bindigen Böden sind für einen setzungsarmen Wiedereinbau unter befestigten Flächen (Terrassen, Eingangsbereich u.ä.) nicht geeignet. Unter befestigten Flächen, wo nur geringe Setzungen in Kauf genommen werden, empfehlen wir körnige, gut verdichtbare Fremdmaterialien (Schotter-Splitt-Gemische) einzubauen.

Aufgrund der relativ hohen Grundwasserstände und der Hochwassergefährdung durch das Extremhochwasser HQ_{extrem} kann kein Recyclingmaterial verwendet werden.

11. Boden- und Felsklassen für den Zustand beim Lösen

Tabelle 7:

Schichtkomplex/Homogenbereich	Boden- bzw. Felsklasse	
	nach DIN 18 300	nach DIN 18 301
künstliche Auffüllungen*	3, 4 und 5	BN 1 - 2, BB 2 - 3, BS 1 - 2
quartäre Deckschichten	4 und 5	BB 2 - 3, z.T. BS 1
Stubensandstein:		
- vollständig verwittert	3, 4 und 5	BN 1 - 2, BB 2 - 3, BS 1 - 2
- mäßig verwittert	6 und 7**	BB 4, FV 2 - 3**, FD 2 - 3**

* in der in den Aufschlüssen angetroffenen Zusammensetzung

** unter den Sondierendtiefen

ANMERKUNGEN zu den Bodenklassen nach DIN 18 300

Klasse 1: Humoser, belebter Oberboden

Klasse 2: Bodenarten, die von flüssiger bis breiiger Beschaffenheit sind und die das Wasser schwer abgeben

Klasse 3: Sande, Kiese und Sand-Kies-Gemische mit bis zu 15 Gew.-% an Schluff und Ton (< 0,063 mm Korndurchmesser) und mit höchstens 30 Gew.-% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt

Klasse 4: bindige Bodenarten von leichter bis mittlerer Plastizität (Gruppen TL und TM nach DIN 18 196), die höchstens 30 Gew.-% Steine von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt enthalten sowie Gemische von Sand, Kies, Schluff und Ton mit einem Anteil von mehr als 15 Gew.-% Korngröße kleiner 0,063 mm

Klasse 5: hierzu gehören Bodenarten mit mehr als 30 Gew.-% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt und höchstens 30 Gew.-% Steinen von über 0,01 m³ bis 0,1 m³ Rauminhalt sowie ausgeprägt plastische Tonböden (Gruppe TA nach DIN 18 196)

Klasse 6: Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt haben, jedoch stark klüftig, brüchig, bröckelig, schiefrig, weich oder verwittert sind sowie vergleichbare feste oder verfestigte bindige oder nichtbindige Bodenarten, sowie Böden mit mehr als 30 Gew.-% Steinen von über 0,01 m³ bis 0,1 m³ Rauminhalt

Klasse 7: Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt und hohe Gefügefestigkeit haben und die nur wenig klüftig oder verwittert sind sowie Steine von über 0,1 m³ Rauminhalt

Hinsichtlich der Einstufung in Homogenbereiche der neuen VOB Teil C sind der Abschnitt 4.1, die Tabellen 4, 7 und 8 sowie die Schichtprofile zu beachten. Die Homogenbereiche sind aus den Baugrundmodellen der Anlagen 3.1 - 3.2 ersichtlich. Sollte es bei der Einstufung in Boden- und Felsklassen zu Unstimmigkeiten zwischen der Bauherrschaft und den ausführenden Firmen kommen, sind wir gerne zur Klärung der diesbezüglich auftretenden Fragen bereit.

12. Bodenmechanische Kennwerte für erdstatische Berechnungen

Tabelle 8:

Schichtkomplex/ Homogenbereich	Wichte (kN/m ³)		Reibungs- winkel (°)	Kohäsion (kN/m ²)	Steifemodul (MN/m ²)
	γ	γ'	φ'	c'	E_s
künstliche Auffüllungen	19	9	25	2 - 5	-
quartäre Deckschichten	20	10	27,5	5 - 8	5 - 8
Stubensandstein:					
- vollständig verwittert	21	11	20 - 27,5	5 - 10	8 - 10
- mäßig verwittert *	23	13	35	20	> 40

* schwankt je nach Trennflächengefüge, Verwitterungsgrad und Beanspruchungsrichtung in weiten Grenzen, die jeweiligen unteren Werte werden jedoch nicht unterschritten

Für Erddruckermittlungen im Bereich verfüllter, geböschter Arbeitsräume sind in der Regel die Kennwerte des Verfüllmaterials maßgebend. Im Einzelnen werden für verdichtet eingebautes Material folgende Ansätze vorgeschlagen:

- Schottergemische (auch Siebschutt): $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ $\varphi = 35^\circ$
- Kiesgemische: $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ $\varphi = 32,5^\circ$
- Bindige Böden (auch Aushubmaterial): $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ $\varphi = 25^\circ$

Nach DIN 4149 (2005-04) "Bauten in deutschen Erdbebengebieten" und der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen liegt Leinfelden-Echterdingen in der Erdbebenzone 1. Für einen rechnerischen Nachweis der Erdbebensicherheit kann nach Tabelle 2 der genannten Norm ein Bemessungswert der Bodenbeschleunigung von $\alpha_g = 0,4 \text{ m/s}^2$ angesetzt werden. Gemäß Abschnitt 5.2 sind die Untergrundverhältnisse (Baugrundklasse/ Untergrundklasse) als **B-R** zu beschreiben. Somit ergeben sich nach den Tabellen 4 und 5 der Norm folgende Werte:

Tabelle 9:

Parameter zur Beschreibung des elastischen horizontalen Antwortspektrums:				
Untergrundverhältnisse	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
B-R	1,25	0,05	0,25	2,0
Parameter zur Beschreibung des elastischen vertikalen Antwortspektrums:				
B-R	1,25	0,05	0,20	2,0

Die in Abschnitt 6 des Gutachtens genannte zulässige Bodenpressung kann bei einem Nachweis für kurzfristig wirkende Erdbebenkräfte um den Faktor 1,5 erhöht werden. Sämtliche konstruktiven Anforderungen der genannten Norm sind auch bei Gebäuden ohne entsprechenden Stand sicherheitsnachweis zu beachten.

13. Schlussbemerkungen

Die Untergrundverhältnisse wurden anhand von acht Rammkernsondierungen und drei Kleinbohrungen vom Ingenieurbüro Voigtmann, Winnenden (2001) beschrieben und beurteilt. Die im Gutachten enthaltenen Angaben beziehen sich auf diese Untersuchungsstellen. Abweichungen von den im vorliegenden Gutachten enthaltenen Angaben können nicht ausgeschlossen werden.

Das Gutachten wurde anhand der uns vorliegenden Pläne und Informationen ausgearbeitet. Nach Vorliegen einer konkreten Planung und weiteren Untersuchungen muss das vorliegende Gutachten durch uns überarbeitet werden.

Die im Gutachten enthaltenen Angaben beziehen sich auf das untersuchte Grundstück, eine Übertragung auf benachbarte Grundstücke ist nicht möglich.

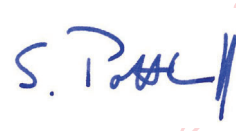
Für die Beantwortung von Fragen, die im Zuge der weiteren Planung und Ausführung auftreten, stehen wir gerne zur Verfügung.

In Zweifelsfällen sollten wir verständigt werden.

Tübingen, den 20.12.2019



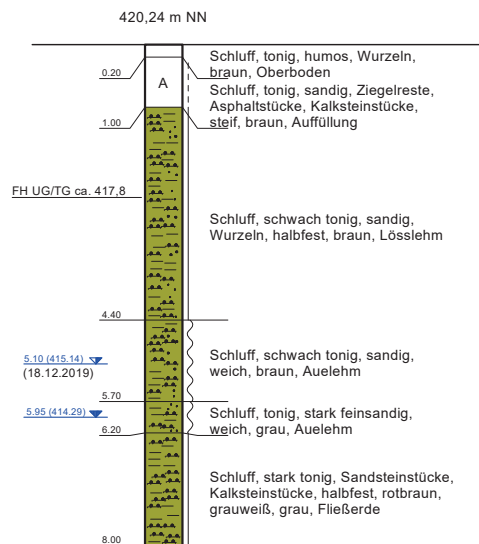
Dr. S. Abdolalipour
M.Sc. Geol.



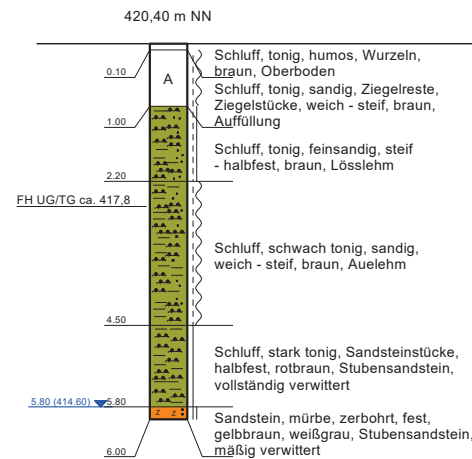
Digital unterschrieben von Steffen
Potthoff
DN: cn=Steffen Potthoff, o=Angewandte
Geowissenschaften, ou,
email=steffen.potthoff@bfageo.de, c=DE
Datum: 2019.12.20 19:21:15 +01'00'

S. Potthoff
Dipl.-Geol.

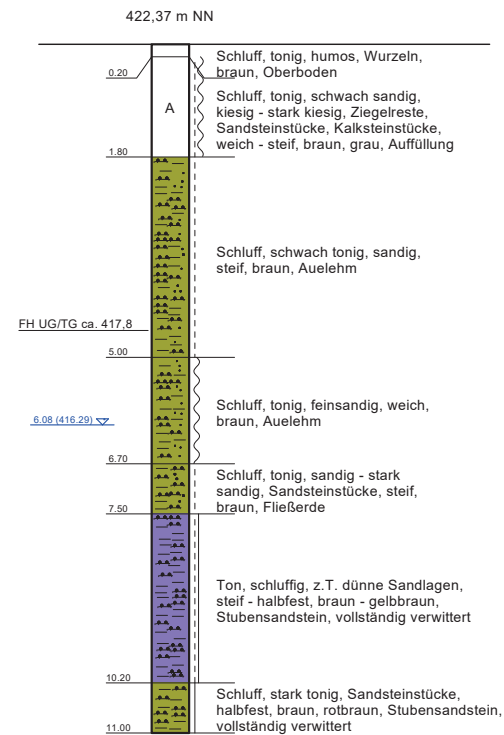
RKS 1 (2"-Pegel)



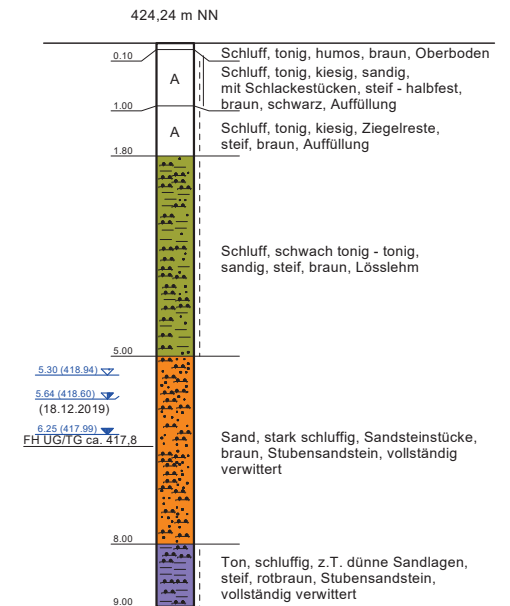
RKS 5

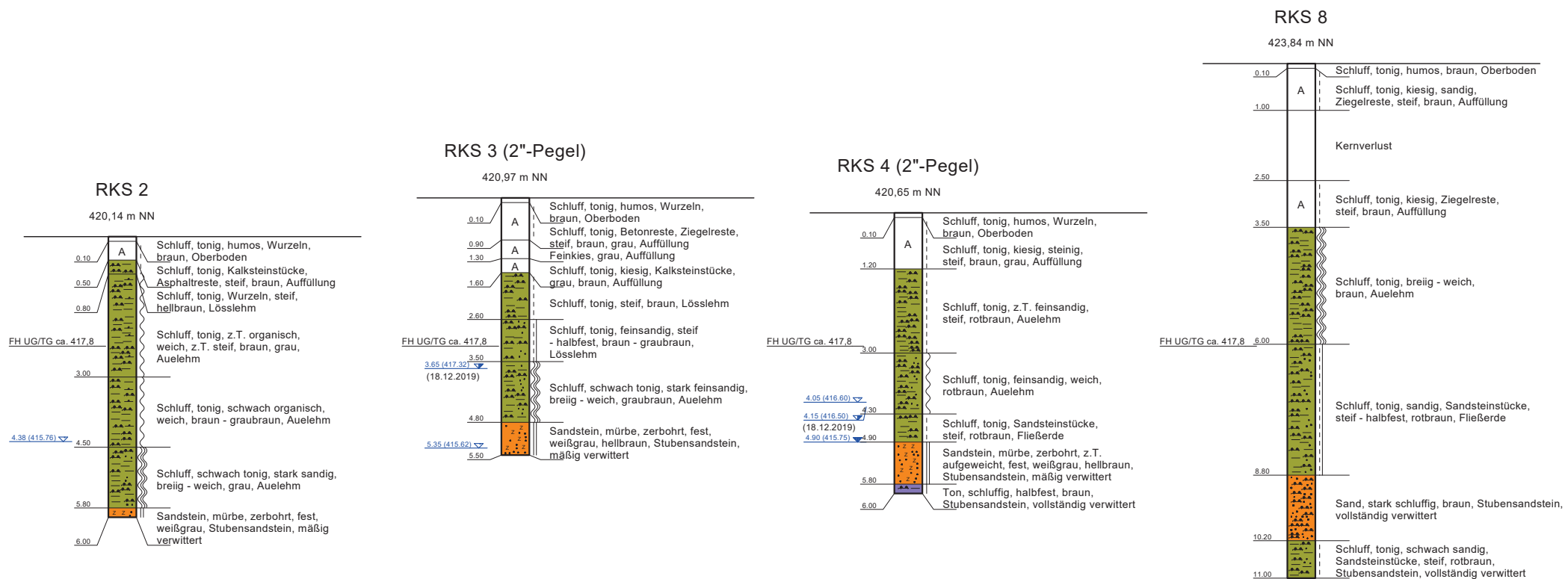


RKS 6



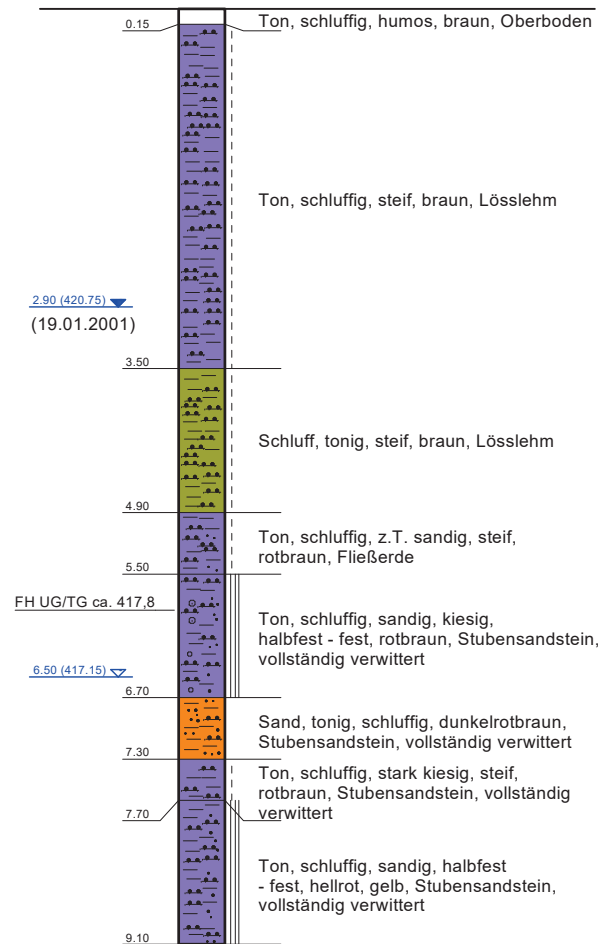
RKS 7 (2"-Pegel)





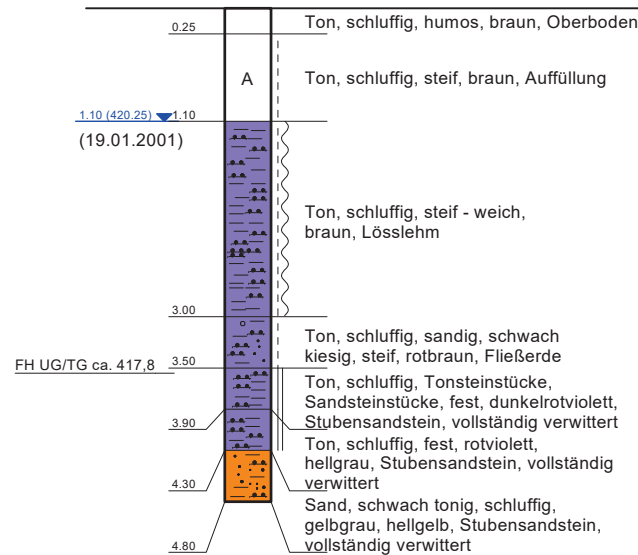
KB 1

423,65 m NN



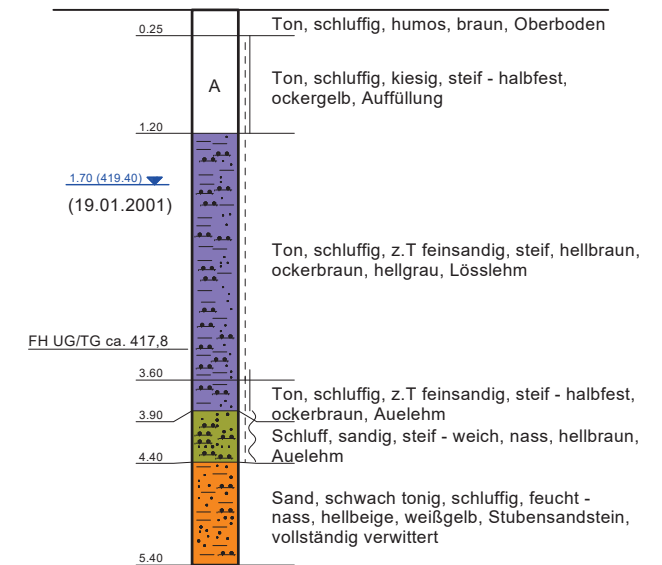
KB 2

421,35 m NN

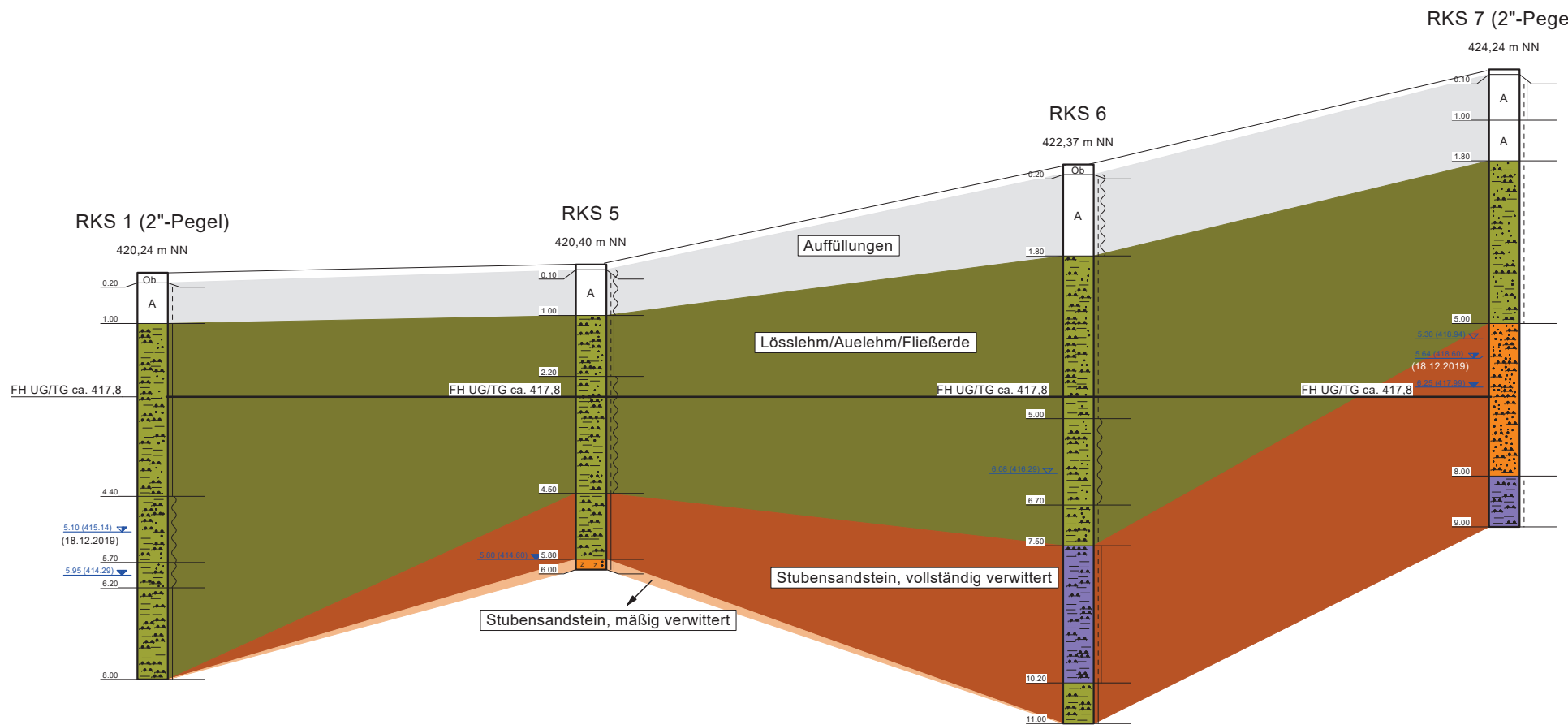


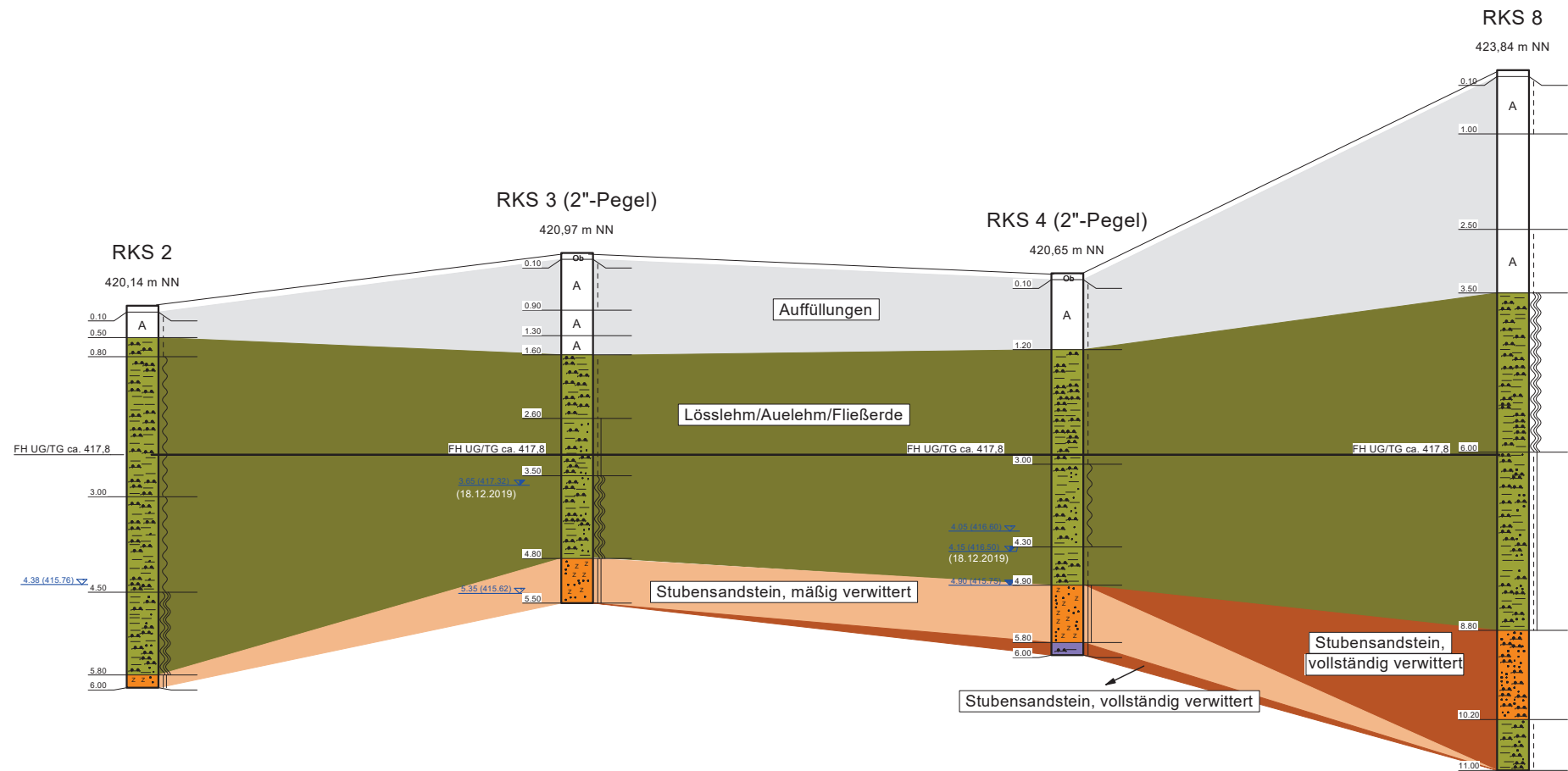
KB 3

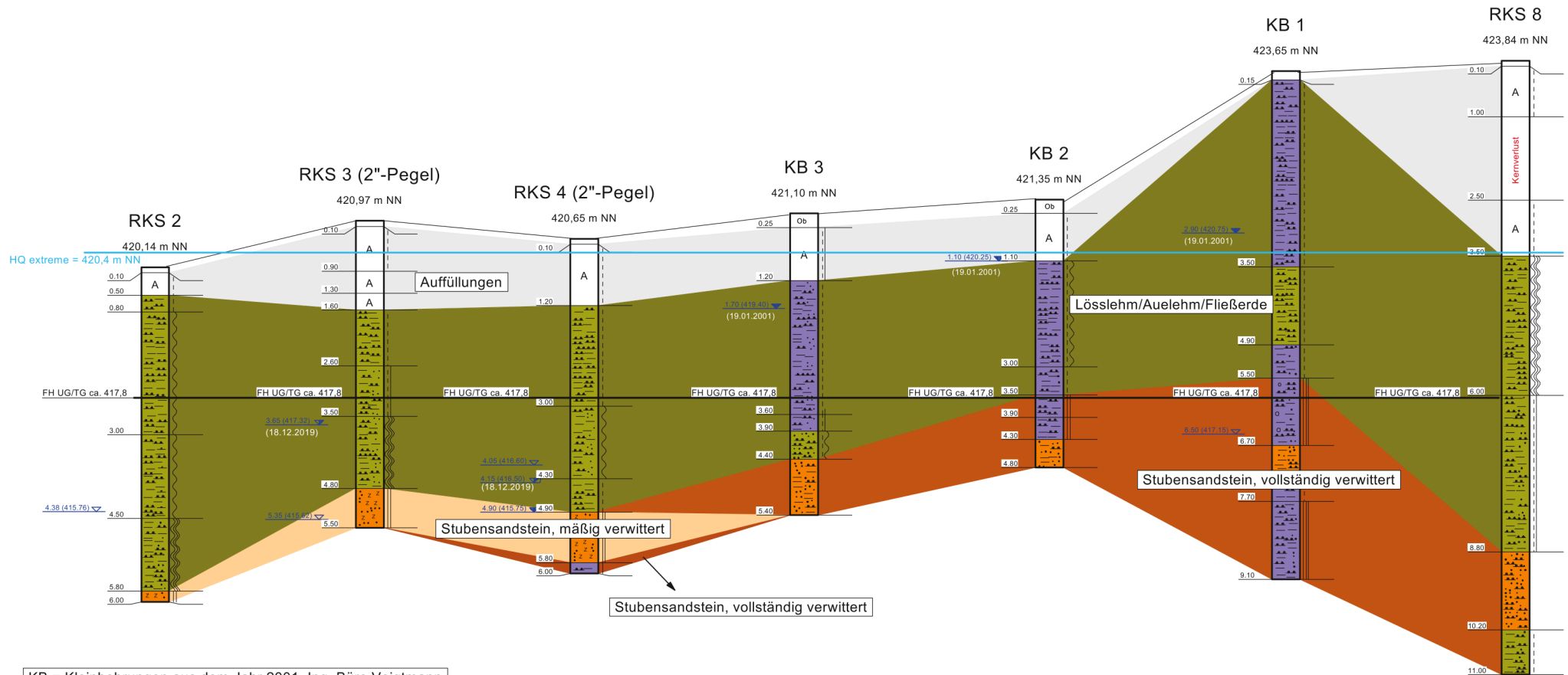
421,10 m NN



vereinfachte und umgezeichnete Profile vom Ing. Büro Voigtmann, 2001







KB = Kleinbohrungen aus dem Jahr 2001, Ing. Büro Voigtmann

Anlage 4
zum Gutachten
vom 20.12.2019

Datenblatt der Hochwasserrisikoabfrage

Hochwasserrisikomanagement-Abfrage

Im Folgenden erhalten Sie das Ergebnis zu Ihrer Abfrage an der von Ihnen gewählten Koordinate.

Weitere ausführliche Informationen zum Thema Hochwasserrisiko-Management in Baden-Württemberg sind unter www.hochwasserbw.de zu finden.

gedruckt am 12.12.2019

Information zu Überflutungsflächen und -tiefen

Koordinate:

Ostwert	509656
Nordwert	5393370

	UF	UT [m]	WSP [müNN]
10-jährliches Hochwasser (HQ₁₀)	X	-	-
50-jährliches Hochwasser (HQ₅₀)	X	-	-
100-jährliches Hochwasser (HQ₁₀₀)	X	-	-
Extrem Hochwasser (HQ_{EXTREM})	✓	0,2 m	420,4 m

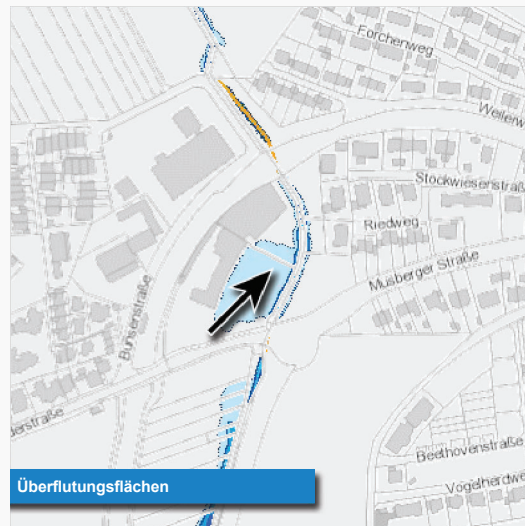
UF: Überflutungsflächen, UT: Überflutungstiefen, WSP: Wasserspiegellagen
 Hinweis: Die angegebenen Werte sind auf Dezimeter kaufmännisch gerundet.
 Überflutungstiefen kleiner 10cm werden auf 10cm gerundet. Es ist zu beachten, dass Werte in Gebäuden mit Unsicherheiten behaftet sind.
 Das Höhenbezugssystem für alle Höhenangaben ist DHHN2016.



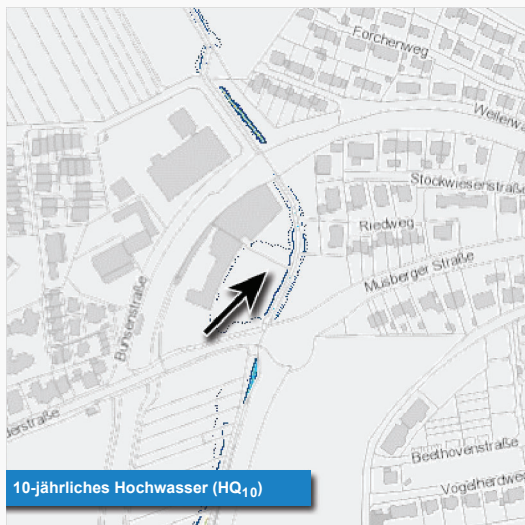
mögliche Änderung /
Fortschreibung



HWGK in Bearbeitung



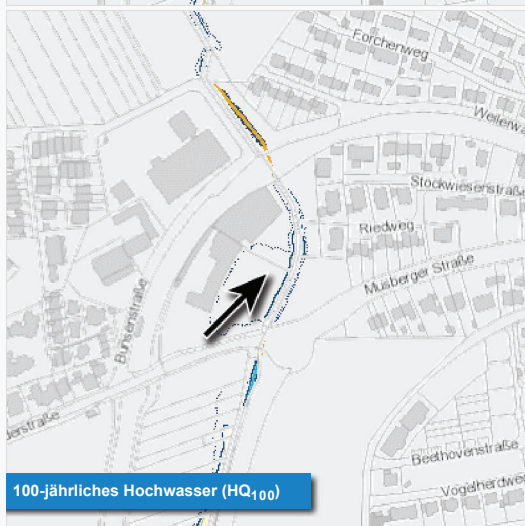
Überflutungsflächen



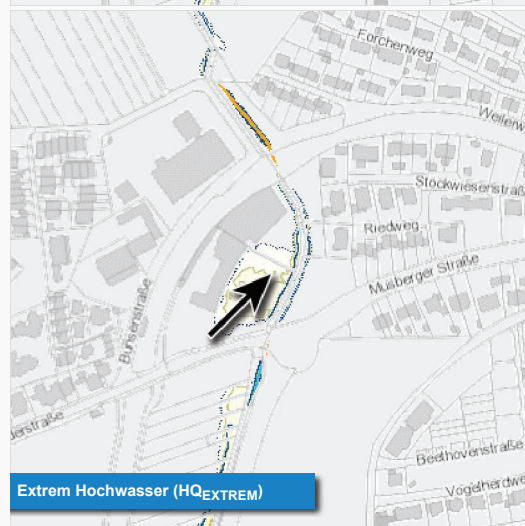
10-jährliches Hochwasser (HQ₁₀)



50-jährliches Hochwasser (HQ₅₀)



100-jährliches Hochwasser (HQ₁₀₀)



Extrem Hochwasser (HQ_{EXTREM})

Geländeinformation

der Hochwassergefahrenkarte

420,2 müNN

Hinweise:

- Digitales Geländemodell der Hochwassergefahrenkarte (HWGK-DGM). Es wurden alle hydraulisch relevanten Strukturen (z. B. terrestrisch vermessene Querprofile, Dämme und Durchlässe) in das DGM des Landes Baden-Württemberg eingearbeitet.
- Die angegebenen Werte sind auf Dezimeter kaufmännisch gerundet. Es ist zu beachten, dass Werte innerhalb von Gebäuden mit Unsicherheiten behaftet sind.
- Das Höhenbezugssystem für alle Höhenangaben ist DHHN2016



▼ Dokumente

Zu der markierten Koordinate konnten folgende Dokumente gefunden werden:

Endfassung

Überflutungsflächen-Karte M10.000

- [HWGK_UF_M100_104076.pdf](#)

Überflutungstiefen-Karte HQ100 M10.000

- [HWGK_UT100_M100_104076.pdf](#)

Hochwasserrisikokarte (HWRK)

Hochwasserrisikobewertungskarte (HWRBK)

Hochwasserrisikosteckbrief (HWRSt)

- [HWRK_GMD_8116078_Leinfelden_Echterdingen.pdf](#)

Maßnahmenbericht – Allgemeine Beschreibung der Maßnahmen und des Vorgehens

- [HWRM_Massnahmenbericht_Allgemeine_Beschreibung_2018-12-11.pdf](#)

Maßnahmenbericht – Anhang I: Maßnahmen auf Ebene des Landes Baden-Württemberg

- [HWRM_Massnahmenbericht_Anhang1.pdf](#)

Maßnahmenbericht – Anhang II: Maßnahmen nicht kommunaler Akteure

- [HWRM_Massnahmenbericht_Anhang2_GMD_8116078_Leinfelden_Echterdingen.pdf](#)

Maßnahmenbericht – Anhang III: Verbale Risikobeschreibung und -bewertung

Der Anhang III setzt sich aus der verbalen Risikobeschreibung und -bewertung, den Maßnahmen der Kommune und dem zugehörigen Stand des Hochwasserrisikosteckbriefs für ein Gemeindegebiet zusammen.

- [HWRM_Massnahmenbericht_Anhang3A_Verbale_Risikobeschreibung_GMD_8116078_Leinfelden_Echterdingen.pdf](#)

Maßnahmenbericht – Anhang III: Maßnahmen der Kommunen

- [HWRM_Massnahmenbericht_Anhang3B_Massnahmen_GMD_8116078_Leinfelden_Echterdingen.pdf](#)

Maßnahmenbericht – Anhang III: Hochwasserrisikosteckbriefe

Hinweis: Der hier aufgeführte Hochwasserrisikosteckbrief entspricht dem Stand der verbalen Risikobeschreibung- und Bewertung für das jeweilige Gemeindegebiet. Zum Teil wurde bereits eine aktuellere Version erarbeitet, die oben unter Hochwasserrisikosteckbrief (HWRSt) bereits bereitgestellt ist.

- [HWRM_Massnahmenbericht_Anhang3C_Steckbrief_GMD_8116078_Leinfelden_Echterdingen.pdf](#)

Blattschnittübersichten

- [HWGK_413_1_499_1_Aich_Blattschnitt_KartenTyp_1a_T2.pdf](#)
- [HWGK_413_1_499_1_Aich_Blattschnitt_KartenTyp_1b.pdf](#)

sonstige Dokumente

Weiterführende Informationen:

- [Hochwassergefahrenkarten: Beschreibung der Vorgehensweise zur Erstellung von Hochwassergefahrenkarten in Baden-Württemberg](#)
- [Hochwassergefahrenkarten: Beschreibung der Vorgehensweise zur Erstellung von Hochwassergefahrenkarten in Baden-Württemberg - Anlage](#)
- [HWRM-Maßnahmenkatalog](#)
- [HWRM Optionales Titelblatt für Anhang III](#)
- [HWRM Optionale Rückseite für Anhang III](#)
- [Lesehilfe HWGK](#)
- [Hochwasserrisikomanagementpläne](#)
- [Kommune - Rückmeldebogen](#)
- [Kommune - Checkliste](#)
- [Kommune - FAQ](#)

Hochwasserrisikomanagement-Abfrage

Im Folgenden erhalten Sie das Ergebnis zu Ihrer Abfrage an der von Ihnen gewählten Koordinate.

Weitere ausführliche Informationen zum Thema Hochwasserrisiko-Management in Baden-Württemberg sind unter www.hochwasserbw.de zu finden.

gedruckt am 12.12.2019

Information zu Überflutungsflächen und -tiefen

Koordinate:

Ostwert	509591		
Nordwert	5393338		
	UF	UT [m]	WSP [müNN]
10-jährliches Hochwasser (HQ ₁₀)	X	-	-
50-jährliches Hochwasser (HQ ₅₀)	X	-	-
100-jährliches Hochwasser (HQ ₁₀₀)	X	-	-
Extrem Hochwasser (HQ _{EXTREM})	X	-	-

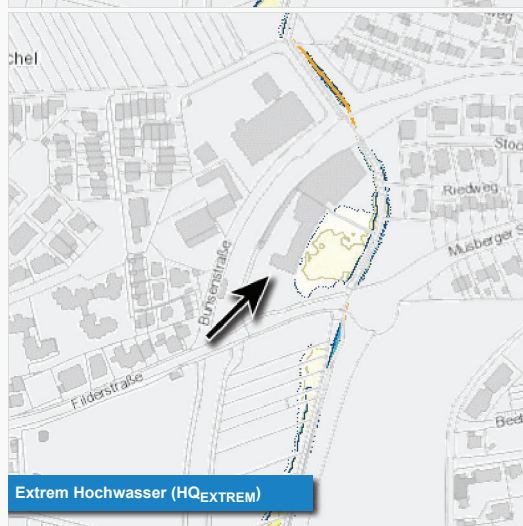
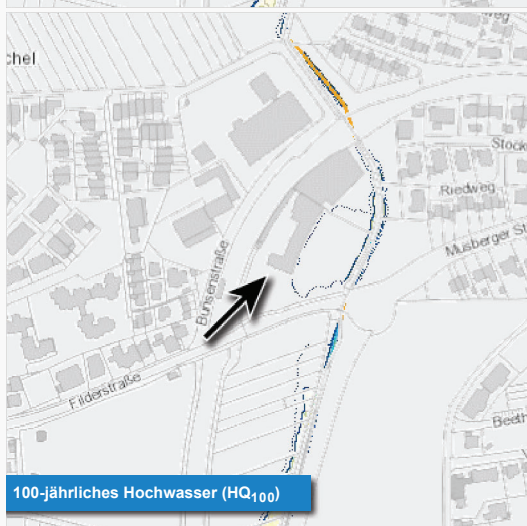
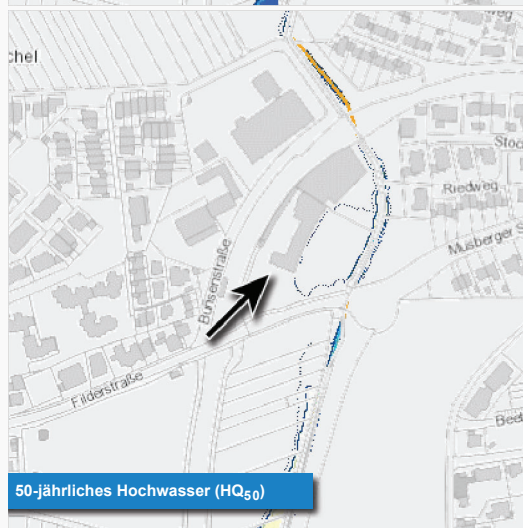
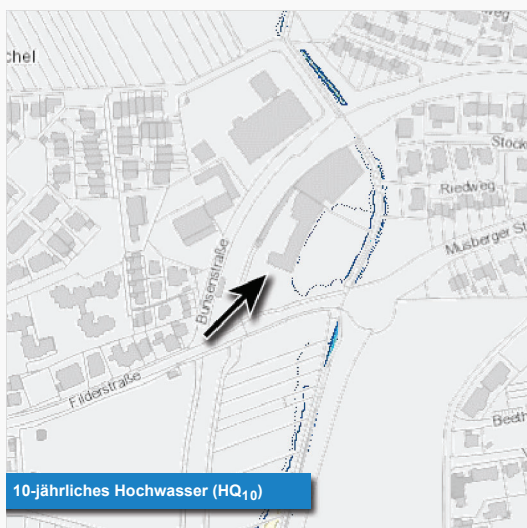
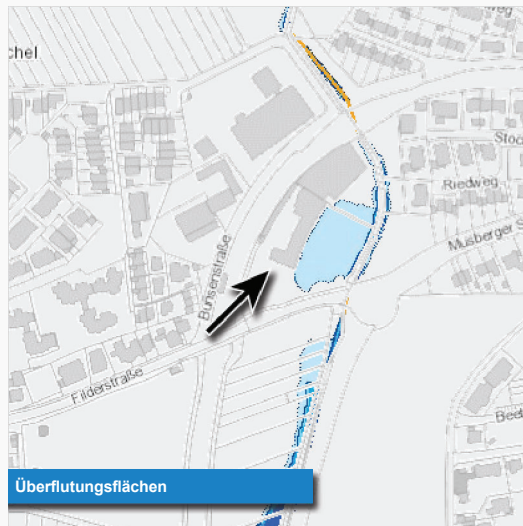
UF: Überflutungsflächen, UT: Überflutungstiefen, WSP: Wasserspiegellagen
 Hinweis: Die angegebenen Werte sind auf Dezimeter kaufmännisch gerundet.
 Überflutungstiefen kleiner 10cm werden auf 10cm gerundet. Es ist zu beachten, dass
 Werte in Gebäuden mit Unsicherheiten behaftet sind.
 Das Höhenbezugssystem für alle Höhenangaben ist DHHN2016.



mögliche Änderung /
Fortschreibung



HWGK in Bearbeitung



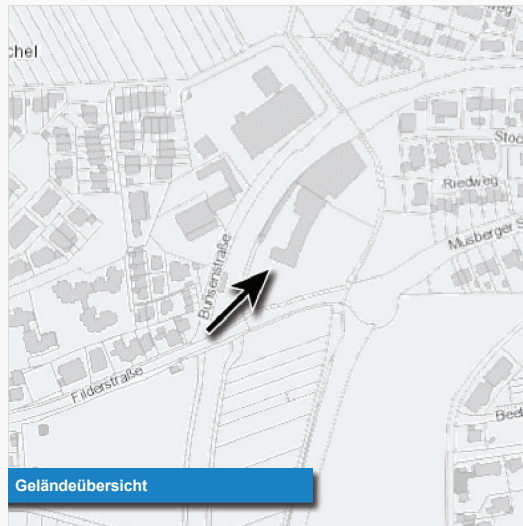
Geländeinformation

der Hochwassergefahrenkarte

421,5 müNN

Hinweise:

- Digitales Geländemodell der Hochwassergefahrenkarte (HWGK-DGM). Es wurden alle hydraulisch relevanten Strukturen (z. B. terrestrisch vermessene Querprofile, Dämme und Durchlässe) in das DGM des Landes Baden-Württemberg eingearbeitet.
- Die angegebenen Werte sind auf Dezimeter kaufmännisch gerundet. Es ist zu beachten, dass Werte innerhalb von Gebäuden mit Unsicherheiten behaftet sind.
- Das Höhenbezugssystem für alle Höhenangaben ist DHHN2016



▼ Dokumente

Zu der markierten Koordinate konnten folgende Dokumente gefunden werden:

Endfassung

Überflutungsflächen-Karte M10.000

- [HWGK_UF_M100_104076.pdf](#)

Überflutungstiefen-Karte HQ100 M10.000

- [HWGK_UT100_M100_104076.pdf](#)

Hochwasserrisikokarte (HWRK)

Hochwasserrisikobewertungskarte (HWRBK)

Hochwasserrisikosteckbrief (HWRSt)

- [HWRK_GMD_8116078_Leinfelden_Echterdingen.pdf](#)

Maßnahmenbericht – Allgemeine Beschreibung der Maßnahmen und des Vorgehens

- [HWRM_Massnahmenbericht_Allgemeine_Beschreibung_2018-12-11.pdf](#)

Maßnahmenbericht – Anhang I: Maßnahmen auf Ebene des Landes Baden-Württemberg

- [HWRM_Massnahmenbericht_Anhang1.pdf](#)

Maßnahmenbericht – Anhang II: Maßnahmen nicht kommunaler Akteure

- [HWRM_Massnahmenbericht_Anhang2_GMD_8116078_Leinfelden_Echterdingen.pdf](#)

Maßnahmenbericht – Anhang III: Verbale Risikobeschreibung und -bewertung

Der Anhang III setzt sich aus der verbalen Risikobeschreibung und -bewertung, den Maßnahmen der Kommune und dem zugehörigen Stand des Hochwasserrisikosteckbriefs für ein Gemeindegebiet zusammen.

- [HWRM_Massnahmenbericht_Anhang3A_Verbale_Risikobeschreibung_GMD_8116078_Leinfelden_Echterdingen.pdf](#)

Maßnahmenbericht – Anhang III: Maßnahmen der Kommunen

- [HWRM_Massnahmenbericht_Anhang3B_Massnahmen_GMD_8116078_Leinfelden_Echterdingen.pdf](#)

Maßnahmenbericht – Anhang III: Hochwasserrisikosteckbriefe

Hinweis: Der hier aufgeführte Hochwasserrisikosteckbrief entspricht dem Stand der verbalen Risikobeschreibung- und Bewertung für das jeweilige Gemeindegebiet. Zum Teil wurde bereits eine aktuellere Version erarbeitet, die oben unter Hochwasserrisikosteckbrief (HWRSt) bereits bereitgestellt ist.

- [HWRM_Massnahmenbericht_Anhang3C_Steckbrief_GMD_8116078_Leinfelden_Echterdingen.pdf](#)

Blattschnittübersichten

- [HWGK_413_1_499_1_Aich_Blattschnitt_KartenTyp_1a_T2.pdf](#)
- [HWGK_413_1_499_1_Aich_Blattschnitt_KartenTyp_1b.pdf](#)

sonstige Dokumente

Weiterführende Informationen:

- [Hochwassergefahrenkarten: Beschreibung der Vorgehensweise zur Erstellung von Hochwassergefahrenkarten in Baden-Württemberg](#)
- [Hochwassergefahrenkarten: Beschreibung der Vorgehensweise zur Erstellung von Hochwassergefahrenkarten in Baden-Württemberg - Anlage](#)
- [HWRM-Maßnahmenkatalog](#)
- [HWRM Optionales Titelblatt für Anhang III](#)
- [HWRM Optionale Rückseite für Anhang III](#)
- [Lesehilfe HWGK](#)
- [Hochwasserrisikomanagementpläne](#)
- [Kommune - Rückmeldebogen](#)
- [Kommune - Checkliste](#)
- [Kommune - FAQ](#)