

**Hadamar,
Faulbacher Straße 58**

„Wohnquartier in den Pfeiffersgärten“

- Baugrunduntersuchung -

Projekt- Nr. 2022 14646 a1

Auftraggeber: Depant Bauträger GmbH & Co. KG, Gießen

Gutachter: Dipl. - Geol. Karsten Langguth

Datum: 23.02.2023

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 AUFTRAG	1
2 UNTERLAGEN / MASSNAHMEN	2
3 SITUATION	2
4 BAUGRUNDVERHÄLTNISSE	3
4.1 Schichtenbeschreibung	3
4.2 Einstufungen der Bodenarten und charakteristische Bodenkennwerte	8
5 GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE	11
5.1 Allgemeines, Grundwasserstände, Schutzgebiete	11
5.2 Bemessungswasserstand	12
5.3 Bodendurchlässigkeit	12
5.4 Versickerungsvermögen	13
5.5 Betonaggressivität	14
6 BAUGRUNDBEURTEILUNG UND GRÜNDUNGSEMPFEHLUNG -	
WOHNUNGSBAU	15
6.1 Allgemeines, Grundlagen	15
6.2 Baugrundbeurteilung	15
6.3 Gründungsempfehlung	16
6.4 Erstellung Gründungspolster	22
6.5 Fußbodenkonstruktion	24
6.6 Abdichtung (gem. DIN 18533)	25
6.7 Qualitätssicherung und Verdichtungskontrollen	26
7 BAUGRUBE / WASSERHALTUNG	27
7.1 Bau- und Fundamentgruben	27
7.2 Wasserhaltung	28
8 GRÜNDUNGSEMPFEHLUNGEN - VERKEHRSFLÄCHEN	28
8.1 Unterbau	28
8.2 Oberbau	29
9 AUSFÜHRUNGSEMPFEHLUNGEN / BAUSTRASSEN	30
10 SCHLUSSBEMERKUNGEN	32

11	ANLAGEN	33
----	---------	----

TABELLENVERZEICHNIS

		Seite
Tabelle 1	Einstufung der Bodenarten nach ZTV E-StB, DIN 18196, DIN 18300, DIN 18301 und DIN 18319	8
Tabelle 2	Charakteristische Bodenkennwerte in Anlehnung an DIN 1055 T 2 und eigene Erfahrungswerte	9
Tabelle 3	Wasserstände Sondierungen	11

1 AUFTRAG

Die Depant Bauträger GmbH & Co. KG aus Gießen erteilte uns am 16.11.2022 den Auftrag, auf dem Gelände der geplanten Wohnbebauung in der Faulbacher Straße 58 in Hadamar Baugrunduntersuchungen durchzuführen und gutachterlich zu bewerten. Weiterhin ist das erbohrte Material in einem gesonderten Gutachten umwelt- und abfalltechnisch zu beurteilen.

Das Baugrundgutachten soll beinhalten:

- Auswertung und Darstellung der Baugrunderkundung sowie der Labor- und Feldversuche
- Dokumentation der Schichtenfolge im baugrundrelevanten Tiefenbereich nach DIN EN ISO 14688-1:2011-06 sowie DIN EN ISO 22476-2:2005
- geotechnische Klassifikation der Schichten nach DIN 18196, Bodenklassen nach DIN 18300, Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTV E-StB 17¹
- Angabe relevanter geotechnischer Bodenkennwerte; Einteilung in Homogenbereiche
- Aussagen zur Grundwassersituation aufgrund der Untersuchungsergebnisse; Festlegung eines Bemessungswasserstandes
- Beurteilung der Bodendurchlässigkeit und der Versickerung
- Aussagen zur Betonaggressivität
- Gründungsempfehlung für die geplante Bebauung unter Berücksichtigung der Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit, z. B. Setzungsverträglichkeit
- überschlägige Setzungs- und Grundbruchberechnungen
- Angabe einer zulässigen Bodenpressung / Bettungsziffer
- Empfehlung zur Herstellung der Fußbodenunterkonstruktion
- Empfehlungen zur Abdichtung
- Angaben zur Bodenverbesserung mit Material- und Verdichtungsanforderungen
- Ausführungsempfehlungen zu Bau- und Fundamentgruben und deren Sicherung (Böschungswinkel und ggf. Verbau)
- Empfehlungen zur ggf. erforderlichen Grundwasserhaltung
- Empfehlungen zum Aufbau der Verkehrsflächen

¹ Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau

2 UNTERLAGEN / MASSNAHMEN

Folgende Unterlagen bzw. Maßnahmen dienen zur Beurteilung der Baugrundsituation:

- [1] Topographische Karte, Blatt 5514 (Hadamar), M 1 : 25.000
- [2] Geologische Karte, Blatt 5514 (Hadamar), M 1 : 25.000
- [3] Liegenschaftsplan, M 1. 250, vom 28.09.2022; zur Verfügung gestellt durch den Auftraggeber
- [4] Freiflächenplan, M 1 : 250, vom 04.10.2022; zur Verfügung gestellt durch den Auftraggeber
- [5] Gutachten zu umwelt- und abfalltechnischen Bodenuntersuchungen in Hadamar, Faulbacher Straße, Geonorm GmbH, Projekt-Nr. 2022 14646 a3 vom 02.02.2023
- [6] Ergebnisse der Außenarbeiten vom 29.11. 2022 bis 03.01.2023:
 - 48 Rammkernsondierungen (RKS) bis max. 7,0 m unter Geländeoberkante (u. GOK)
 - 8 schwere Rammsondierungen (DPH) bis max. 8,0 m unter GOK
 - 2 Versickerungsversuche (VV) im Bohrloch
 - Nivellement der Sondieransatzpunkte
Festpunkt = Kanaldeckel auf dem Untersuchungsareal (siehe Anlage 1)
Festpunkthöhe = Festpunkt 1: 171,62 m NHN; Festpunkt 2: 171,40 m NHN
- [7] Ergebnisse der bodenmechanischen und feldtechnischen Untersuchungen

3 SITUATION

Das Untersuchungsgelände befindet sich am nordöstlichen Ortsrand von Hadamar am Rande eines Wohngebietes. Die Faulbacher Straße sowie die Straße „Höhenfelder Hof“ begrenzen das Areal nach Norden und nach Osten. In westlicher Richtung folgen Wohnbebauung und landwirtschaftliche Nutzflächen, wobei letztere auch die südliche Begrenzung bilden. Der nächste Vorfluter ist der Faulbach, welcher ca. 50 m südlich des Areals in westliche Richtung entwässert.

Das Untersuchungsareal befindet sich auf einem Sportplatz mit zwei Fußballfeldern mit Tribünen sowie zwei Bestandsgebäuden. Zur Errichtung der Sportanlagen wurde das natürlich nach Südwesten einfallende Gelände aufgefüllt und eingeebnet. Für die Auffüllung des Are-

als wurde hauptsächlich natürliches Bodenmaterial aus dem nördlich und östlich gelegenen Hang verwendet.

Es ist geplant, die Sportanlagen vollständig zurückzubauen und auf dem Areal mehrere zwei- bis dreigeschossige Wohnhäuser mit Dachgeschoss als Zwei-, Reihen- oder Mehrfamilienhaus zu errichten /4/. Weiterhin sollen Zufahrtswege und Parkplatzflächen sowie Grünflächen erstellt werden /4/. Angaben zu einer Unterkellerung der Wohnhäuser liegen bisher nicht vor. Über die in verschiedenen Abmessungen zu errichtenden Neubauten sowie deren Höheneinstellungen der Oberkante des Fertigfußbodens im Erdgeschoss (OK FFB EG) liegen bisher noch keine detaillierten Angaben vor.

4 BAUGRUNDVERHÄLTNISSE

Gemäß den Ergebnissen der Außenarbeiten und der geologischen Karte wird der gewachsene Untergrund im Untersuchungsgebiet von quartären Hanglehmen und Lößlehmen gebildet. Direkt darunter folgen die überwiegend tonigen Ablagerungen der Arenberger Schichten aus dem Tertiär in größerer Mächtigkeit. Als jüngste Ablagerungen wurden anthropogene Auffüllungen vor allem aus der Geländeanschüttung erbohrt.

4.1 Schichtenbeschreibung

Für die Zusammensetzung der einzelnen Schichten und deren Mächtigkeit verweisen wir auf die Sondierprofilardarstellungen in der Anlage 2. Gemäß der Geländeansprache können im Wesentlichen folgende Bodenhorizonte unterschieden werden:

Oberboden, aufgefüllt

Im Bereich der Sondierungen der RKS 25, 33, 35, 36, 42, 46 und 48 wurde ein aufgefüllter, ca. 0,1 – 0,4 m mächtiger Oberboden aus braun bis dunkelbraun gefärbtem, sandigem Schluff erbohrt. Darin wurden unterschiedliche Anteile in Kieskorngöße sowie an Ton beobachtet. Weiterhin können lokal anthropogene Bestandteile in Form von Beton- und Ziegelresten auftreten.

Oberflächenbefestigung

Einzig im Bereich der RKS 41 wurde eine Oberflächenbefestigung aus 0,08 m mächtigen Pflastersteinen mit zugehöriger Bettungsschicht angetroffen.

Auffüllung

Im Bereich der Sportfelder sowie direkt unterhalb des aufgefüllten Oberbodens bzw. direkt unterhalb der Oberflächenbefestigung aus Pflastersteinen wurden in allen Sondierungen bis 0,3 und max. 5,0 m u. GOK meist rot und braun / beige sowie grau und teils gelb gefärbte Auffüllungen erbohrt. Die Auffüllungen sind überwiegend bindig ausgebildet und können bodenmechanisch als schwach sandige bis sandige Ton-Schluff-Gemische mit teils geringen Anteilen in Kieskorngroße beschrieben werden. Zum Zeitpunkt der Außenarbeiten wiesen die bindigen Auffüllungsbestandteile eine meist steifplastische bis halbfeste, lokal auch aufgeweichte, weichplastische Konsistenz auf.

Rollige Auffüllungen wurden meist nur oberflächennah und bodenmechanisch als schwach schluffige bis schluffige Kies-Sand-Gemische erbohrt. Tonige Anteile treten darin nur untergeordnet auf. Die Lagerungsdichte der rolligen Auffüllungen wurden gemäß den Schlagzahlen der ausgeführten schweren Rammsondierungen der DPH 1, 2, 5 und 8 als sehr locker bis mitteldicht nachgewiesen.

Die Fußballfelder sind an der Oberfläche mit einem ca. 5 - 20 cm mächtigen, rot gefärbten Sand mit schluffigen Anteilen bedeckt. Zum Randbereich des Spielfeldes steigt die Mächtigkeit leicht an und es wurden auch Bestandteile in Feinkieskorngroße darin angetroffen. Als Material wurde vermutlich natürliche Vulkanasche verwendet.

Innerhalb der Auffüllungen treten vor allem Basaltreste und vermutlich natürliche Vulkanschlacken auf. Weiterhin wurden Quarze und gebrochener Kalkschotter beobachtet. Anthropogene Fremdbestandteile liegen vereinzelt in Form von Bauschuttresten (als Ziegel-, Beton- und Schwarzdeckenreste) vor. Weiterhin ist lokal mit pflanzlichen Resten / Wurzeln und Holzresten als anthropogene Fremdstoffen zu rechnen. Außer den Schwarzdeckenresten und den vermutlich natürlichen Vulkanschlacken wurden weitere sensorische Auffälligkeiten (z. B. Farbe, Geruch) nicht beobachtet.

Hanglehm

Direkt unterhalb der vorhandenen Auffüllungen wurden vor allem im westlichen und nördlichen Untersuchungsbereich (RKS 9, 11, 12, 14, 17-23, 28-30, 35-37, 39-46 und 48b) natürliche, bindige Bodenmaterialien erbohrt, die aufgrund ihrer Zusammensetzung und Färbung als Hanglehm interpretiert werden. Die erbohrte Mächtigkeit kann mit 0,3 bis mind. 2,9 m angegeben werden. Die natürlichen Hanglehme wurden als braun/beige, rotbraun, dunkel-

grau und teils oliv gefärbte Schluff-Ton-Gemische mit unterschiedlichen Anteilen in Sand- und Kieskorngroße erbohrt. Innerhalb der Hanglehme wurden Basalt- und Quarzreste beobachtet. Angetroffene Pflanzenreste deuten auf den Verlauf der ehemaligen Geländeoberkante hin. Zum Zeitpunkt der Außenarbeiten wiesen die bindigen Bodenmaterialien des Hanglehms eine meist steifplastische bis halbfeste, lokal auch aufgeweichte breiige bis weichplastische Konsistenz auf.

Lößlehm

Direkt unterhalb der vorhandenen Auffüllungen und teils des natürlichen Hanglehms wurden vor allem im südwestlichen Untersuchungsbereich (RKS 1-6, 8, 12, 14, 20, 21 und 43) natürliche, bindige Bodenmaterialien erbohrt, die aufgrund ihrer Zusammensetzung und Färbung als Lößlehm interpretiert werden. Die erbohrte Mächtigkeit kann mit 0,4 bis mind. 3,6 m angegeben werden. Die natürlichen Lößlehme sind meist hellbraun bis beige gefärbt und können bodenmechanisch meist als schwach (fein-)sandige, schwach tonige Schluffe angesprochen werden (siehe auch Anlage 3: Kornverteilung). Aufgrund der Verwitterung können die tonigen Anteile auch teils überwiegen. Einzelne oder geringe Anteile in Kieskorngroße sind auf die Ausfällung von Kalk (sog. Lößkindl) zurückzuführen. Zum Zeitpunkt der Außenarbeiten wiesen die bindigen Bodenmaterialien des Lößlehms eine überwiegend steifplastische bis halbfeste, teils weich- bis steifplastische Konsistenz auf.

Im *bodenmechanischen Labor* wurde mittels Ofentrocknung gem. DIN 18121 der natürliche Wassergehalt der Lößlehme an ausgewählten Proben mit 20,1 - 23,9 % bestimmt (siehe Anlage 3). Weiterhin wurden die Zustandsgrenzen an einer ausgewählten Probe nach DIN 18122, Teil 1, bestimmt. Die untersuchte Probe der RKS 14/9 ist gem. DIN 18196 demnach der Bodengruppe TL bis TM zuzuordnen.

Arenberger Schichten

Im überwiegenden Teil der Untersuchungsfläche wurden direkt unterhalb der vorhandenen Auffüllungen bzw. des natürlichen Hang- und Lößlehms bis zur jeweilig erreichten Sondierendtiefe von max. 7,0 m u. GOK die natürlichen Ablagerungen der Arenberger Schichten erbohrt. Die Ablagerungen der Arenberger Schichten sind meist auffallend rot gefärbt und tonreich.

Bodenmechanisch lassen sich die bindigen Schichten überwiegend als schwach schluffiger bis schluffiger Ton beschreiben. Anteile in Sandkorngroße können jedoch in geringen Anteile

len auftreten. Teils ist mit schluffreichen Lagen zu rechnen (siehe auch Anlage 3: Kornverteilung). Zum Zeitpunkt der Außenarbeiten wiesen die bindigen Bodenmaterialien eine meist steifplastische bis halbfeste, vereinzelt auch weich- bis steifplastische Konsistenz auf. Zur Tiefe hin ist mit in fester Konsistenz (Bodenklasse 6) vorliegenden Bodenmaterialien der Arenberger Schichten zu rechnen. Innerhalb der bindigen Lagen treten auch geringmächtige rollige Lagen aus Sand auf. Der Sand ist meist gut sortiert und weist unterschiedliche Anteile an Schluff und in Kieskorngroße auf. Die Färbung der Sandlagen ist meist gelblich, hellgrau oder weiß. Nach Auswertung der Sondierfortschrittsdiagramme ist erfahrungsgemäß für die natürlichen, rolligen Bodenmaterialien von einer mind. mitteldichten Lagerung auszugehen.

Im *bodenmechanischen Labor* wurde mittels Ofentrocknung gem. DIN 18121 der natürliche Wassergehalt der bindigen Ablagerungen der Arenberger Schichten an ausgewählten Proben mit 12,6 bis 22,6 % bestimmt (siehe Anlage 3). Weiterhin wurden die Zustandsgrenzen an zwei ausgewählten Proben nach DIN 18122, Teil 1, bestimmt. Die untersuchten Proben sind gem. DIN 18196 demnach der Bodengruppe TL und TA zuzuordnen.

Die natürlichen, bindigen Ablagerungen (Hang- und Lößlehm sowie Arenberger Schichten) lassen sich aufgrund ihrer plastischen Eigenschaften in die Bodengruppe der leicht- bis mittelplastischen Schluffe (UL, UM) und Tone (TL, TM) bzw. teils auch ausgeprägt plastischen Tone (TA) einordnen, was sie bei hohem Schluffanteil als sehr wasserempfindlich charakterisiert. Außerdem verfügt das Material dann über thixotrope Eigenschaften. Die hohe Wasserempfindlichkeit sowie das thixotrope Verhalten des Schluffes führen insbesondere bei dynamischen Beanspruchungen dazu, dass das Material durch Gefügezerstörung aus einem steifplastischen Zustand, quasi ohne signifikante Wassergehaltsänderung, in den weichplastischen oder sogar breiigen Zustand (= Bodenklasse 2) wechseln kann.

Aufgrund des Einbaus von vor Ort gewonnenem, natürlichem Bodenmaterials in die erstellte Anschüttung zum Geländeausgleich ist eine Unterscheidung von aufgefülltem und natürlichem Bodenmaterial nicht immer eindeutig und kann zu einer abweichenden Auffüllungsmächtigkeit führen. Ggf. ist eine punktuell ergänzende Untersuchung mittels Baggerschurf vorzunehmen.

Die punktuelle Untersuchung des Geländes mittels Ramm- und Rammkernsondierungen ergibt insgesamt ein repräsentatives Bild von der Untergrundsituation. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass sich in Bezug auf die Schichtenbeschreibung und die angegebenen Schichtgrenzen Abweichungen zwischen den einzelnen Aufschlußpunkten ergeben. Gemäß DIN 4020 sind Aufschlüsse in Boden und Fels als Stichprobe zu bewerten. Sie lassen für zwischenliegende Bereiche nur Wahrscheinlichkeitsaussagen zu.

Bezüglich des genauen Verlaufs der Schichtgrenzen, der Verbreitung und der Zusammensetzung der Bodentypen wird auf die Sondierprofil Darstellungen in der Anlage 2 verwiesen.

4.2 Einstufungen der Bodenarten und charakteristische Bodenkennwerte

Tabelle 1 **Einstufung der Bodenarten nach ZTV E-StB, DIN 18196, DIN 18300, DIN 18301 und DIN 18319**

Bodenmaterial	Lagerung bzw. Zustand	Homogen- bereich ⁽¹⁾	Frost- klasse ZTV E-StB	Boden- gruppe DIN 18196	Erdarbeiten DIN 18 300	Bohrarbeiten DIN 18301	Verdichtbar- keitsklassen ZTV A-StB
Oberboden, aufgefüllt	-	O	-	-	-	-	-
Auffüllungen							
Kies-Sand- Gemische, schwach schluffig bis schluffig	sehr locker bis mitteldicht	A1	F1 - F3	[GW], [SW]	3 ⁽³⁾	BN, BN 1, BN 2	V 1
Ton-Schluff- Gemische, schwach sandig bis sandig, teils schwach kiesig	weich bis halbfest	A2	F3	[UL], [UM], [TL], [TM]	3 ^{(2), (3)}	BB 2, BB 3	V 3
Hanglehm							
Schluff-Ton- Gemische, teils sandig und kiesig	breiig	B	F2, F3	UL, TL, UM, TM, SU*	2	BB 1	V 2, V 3
	weich				4	BB 2	
	steif				4	BB 2	
	halbfest				4	BB 3	
Lößlehm							
Schluff, schwach tonig bis tonig, schwach (fein-) sandig, lokal einzelne Kiese	weich steif halbfest	C	F2, F3	UL, TL- TM	4 ⁽²⁾	BB 2 BB 2 BB 3	V 3
Arenberger Schichten							
Ton, schwach schluffig bis schluffig, teils schluffreich	weich steif halbfest	D1	F3	TL, TM, TA, UM	4 ⁽²⁾	BB 2 BB 2 BB 3	V 3
Sand, schwach bis stark schluffig, teils schwach kiesig	mitteldicht	D2	F1, F2	SW, SU, SU*	3	BN, BN 1, BN 2	V 1, V 2

⁽¹⁾ Boden und Fels, der vor dem Lösen für einsetzbare Erdbaugeräte erfahrungsgemäß vergleichbare Eigenschaften und umweltrelevante Inhaltsstoffe aufweist. Zur genaueren Charakterisierung und Ermittlung von Eigenschaften und Kennwerten der Homogenbereiche sind gem. VOB 2012 (Erg. 2015) weitere bodenmechanische Untersuchungen (u.a. Siebungen, Wiegungen, Dichtebestimmungen, Bestimmung der Lagerungsdichte und Zustandsgrenzen, Scherversuche, Druckfestigkeitsbestimmungen) notwendig. Die Durchführung der dafür notwendigen Kernbohrungen und Baggerschürfe sowie die erforderlichen boden- und felsmechanischen Versuche sind mit der Geonorm GmbH abzustimmen.

⁽²⁾ In breiiger Zustandsform sind die bindigen Böden in die Bodenklasse 2 einzuordnen.

⁽³⁾ Erfahrungsgemäß können auch größere Gesteinsbruchstücke enthalten sein, welche je nach Anzahl und Dimension in die Bodenklasse 6 oder 7 einzustufen sind. Wir verweisen auf die diesbezüglichen Angaben in der DIN 18300. Es ist insbesondere im Bereich der Altbebauung (alte Fundamente etc.) sowie bei Vorhandensein unterirdischer Anlagen mit größeren Bestandteilen zu rechnen.

Tabelle 2 Charakteristische Bodenkennwerte in Anlehnung an DIN 1055 T 2 und eigene Erfahrungswerte

Bodenmaterial	Lagerung bzw. Zustand	Homogen- bereich ⁽¹⁾	Wichte γ_k/γ_k' ⁽²⁾ [kN/m ³]	Kohäsion c_k' ⁽³⁾ [kN/m ²]	undrännierte Scher- festigkeit c_u [kN/m ²]	Reibungs- winkel φ_k' ⁽⁴⁾ [Grad]	Steife- modul E_s [MN/m ²]
Oberboden, aufgefüllt	-	O	-	-	-	-	-
Auffüllungen							
Kies-Sand- Gemische, schwach schluf- fig bis schluffig	sehr locker bis mittel- dicht	A1	17-20 / 9- 12	0 – 2	0	30 – 32,5	-
Ton-Schluff- Gemische, schwach sandig bis sandig, teils schwach kiesig	weich bis halbfest	A2	19-21 / 9- 11	3 – 15	25 – 200	22,5 – 27,5	-
Hanglehm							
Schluff-Ton- Gemische, teils sandig und kiesig	breiig	B	18/8	1 – 3	10 – 25	20 – 22,5	2 – 6
	weich		19-20 / 9-10	3 – 6	25 – 60	22,5 – 27,5	5 – 9
	steif		19,5-20,5 / 9,5-10,5	5 – 10	50 – 100	22,5 – 27,5	8 – 11
	halbfest		20,5-21 / 10,5-11	8 – 18	100 – 200	22,5 – 27,5	10 – 14
Lößlehm							
Schluff, schwach tonig bis tonig, schwach (fein-) sandig, lokal einzelne Kiese	weich	C	20/10	3 – 5	25 – 55	27,5	6 – 8
	steif		20,5/10,5	5 – 8	55 – 100	27,5	8 – 10
	halbfest		21/11	8 – 12	100 – 200	27,5	10 – 12
Arenberger Schichten							
Ton, schwach schluffig bis schluffig, teils schluffreich	weich	D1	18-19/8-9	3 – 6	40 – 60	17,5 – 22,5	6 – 8
	steif		19-19,5 / 9-9,5	5 – 10	60 – 100	17,5 – 22,5	8 – 10
	halbfest		20-20,5 / 10-10,5	8 – 25	100 – 250	17,5 – 22,5	10 – 12

Fortsetzung Tabelle 2							
Bodenmaterial	Lagerung bzw. Zustand	Homogen- bereich ⁽¹⁾	Wichte γ_k/γ_k' ⁽²⁾ [kN/m ³]	Kohäsion c_k' ⁽³⁾ [kN/m ²]	undrännierte Scher- festigkeit c_u [kN/m ²]	Reibungs- winkel ϕ_k' ⁽⁴⁾ [Grad]	Steife- modul E_s [MN/m ²]
Sand, schwach bis stark schluf- fig, teils schwach kiesig	mitteldicht	D2	18-20 / 10-12	0 – 2	0	32,5	30 – 80

⁽¹⁾ (siehe Fußnote Tabelle 1)

⁽²⁾ γ_k/γ_k' = charakteristischer Wert für Wichte (erdfeucht) / Wichte unter Auftrieb

⁽³⁾ c_k' = charakteristischer Wert für die Kohäsion des konsolidierten bindigen Bodens

⁽⁴⁾ ϕ_k = charakteristischer Wert für den inneren Reibungswinkel des nicht bindigen und des konsolidierten bindigen Bodens

5 GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE

5.1 Allgemeines, Grundwasserstände, Schutzgebiete

Während den Außenarbeiten vom 29.11. 2022 bis 03.01.2023 wurde in nicht allen Aufschlüssen messbares Grundwasser angetroffen. Der nachfolgenden Tabelle 3 können die dokumentierten Wasserstände entnommen werden.

Tabelle 3 Wasserstände Sondierungen

Aufschlusspunkt	Wasser eingemessen in [m unter GOK]	Wasser eingemessen in [m NHN]	Datum
RKS 6	2,30 gestiegen auf 2,15	169,43 gestiegen auf 169,58	12.12.2022
RKS 7	2,00 gefallen auf 2,25	169,65 gefallen auf 169,40	12.12.2022
RKS 8	2,00	169,72	01.12.2022
RKS 9	1,68 gestiegen auf 1,43	170,04 gestiegen auf 170,29	08.12.2022
RKS 11	4,5	168,85	12.12.2022
RKS 13	2,60	169,12	14.12.2022
RKS 16	2,30	169,44	08.12.2022
RKS 18	4,8 gefallen auf 6,10	166,72 gefallen auf 165,42	16.12.2022
RKS 19	3,30 gestiegen auf 3,00	168,31 gestiegen auf 168,61	16.12.2022
RKS 23	3,50	168,27	05.12.2022
RKS 28	4,20	167,53	13.12.2022
RKS 30	2,10 gestiegen auf 1,95	169,67 gestiegen auf 169,82	13.12.2022
RKS 34	2,20 gestiegen auf 1,37	169,12 gestiegen auf 169,95	30.11.2022
RKS 48B	2,20	172,40	02.01.2023
DPH 2	2,80	168,94	19.12.2022

Weiterhin geben aufgeweichte bzw. nasse Auffüllungs- und natürliche Bodenmaterialien einen weiteren Hinweis auf zumindest zeitweise vorhandenes Schichtwasser. Bei den eingemessenen Wasserständen handelt es sich erfahrungsgemäß um Hangschichtwasser, welches sich innerhalb gut durchlässiger Schichten bewegt und sich auf weniger durchlässigen Bodenmaterialien aufstaut.

In niederschlagsreichen Witterungsperioden sowie insbesondere während des Winterhalbjahres ist mit dem vermehrten Auftreten von Schicht- und Stauwasser innerhalb der ange troffenen Auffüllungs- und natürlichen Bodenmaterialien zu rechnen.

Nach den Informationen des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG), Wiesbaden, liegt das Areal mit Abfrage vom 06.02.2023 in einem Trinkwasserschutzgebiet der Zone III.

5.2 Bemessungswasserstand

Für die Festlegung eines Bemessungswasserstandes sind langjährige Grundwasserbeobachtungen notwendig. Hierzu sind die Erfahrungen aus dem rückzubauenden bzw. benachbarten Bestand zu berücksichtigen. Weiterhin sind die Grundwassermessdaten der in der Nähe liegenden Grundwassermessstellen bei den zuständigen Behörden planungsseitig anzufordern - dort erfahrungsgemäß jedoch nicht vorhanden.

Nach den Untersuchungsergebnissen (siehe Tabelle 3) wurde messbares Schichtwasser vor allem auf einer Höhe von ca. 168,5 bis 169,8 m NHN angetroffen. Unter Berücksichtigung eines üblichen Aufschlags von 1,0 m auf diesen Schichtwasserbereich ist von einem **vorläufigen Bemessungswasserstand von max. 170,8 m NHN** auszugehen.

Es sind unbedingt die Erfahrungen aus dem rückzubauenden sowie benachbarten Bestand zu berücksichtigen.

5.3 Bodendurchlässigkeit

Anhand von zwei Versickerungsversuchen (VV in RKS 32 und 33; siehe Anlage 4) in Anlehnung an den open-end-test wurde die Durchlässigkeit der natürlichen bindigen Ablagerungen der Arenberger Schichten geprüft. Es wurden, unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktors von „2“ für die ungesättigten Böden im Feldversuch, Wasserdurchlässigkeiten von $k_f = 8,8 \times 10^{-8}$ und $1,24 \times 10^{-6}$ m/s ermittelt.

Weiterhin wurde die Durchlässigkeit an ausgewählten Proben der natürlichen, bindigen Lößlehme sowie an Bodenmaterialien der Arenberger Schichten mittels kombinierter Sieb- / Schlämmanalyse ermittelt. Dabei dienten die Untersuchungen auch der genauen Bestimmung der Kornzusammensetzung der untersuchten Bodenmaterialien. Nach den Versuchs-

ergebnissen können für die einzelnen Proben folgende Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte angegeben werden:

- | | |
|--|--|
| • Probe RKS 8/8 (2,4 – 3,2 m u. GOK)
(Lößlehm) | Schluff, schwach tonig, schwach sandig
$k_f = 6,8 \times 10^{-9} \text{ m/s}$, |
| • Probe RKS 8/10 (4,2 – 5,5 m u. GOK)
(Lößlehm) | Schluff, schwach tonig, schwach sandig
$k_f = 5 \times 10^{-9} \text{ m/s}$. |

Der nach DWA-A 138 anzusetzende Korrekturfaktor von 0,2 [-] für eine in der Sieblinienauswertung ermittelte Durchlässigkeit ist in den o. a. Werten bereits berücksichtigt. Aufgrund des hohen Anteils an Ton konnte in den ausgewählten Proben zu den Arenberger Schichten keine Durchlässigkeit berechnet werden und muss erfahrungsgemäß mit $k_f < 10^{-10} \text{ m/s}$ angenommen werden.

Für die erkundeten natürlichen Hanglehme ist gemäß der DIN 18130-1 in Abhängigkeit der sandigen Anteile erfahrungsgemäß mit Durchlässigkeitsbeiwerten von $k_f = 10^{-7}$ bis 10^{-9} m/s zu rechnen.

Die erbohrten, natürlichen Bodenmaterialien sind nach der ermittelten bzw. angenommenen Wasserdurchlässigkeit nach DIN 18130-1 als untergeordnet durchlässig (sandige Zwischenlagen der Arenberger Schichten) und ganz überwiegend als schwach bis sehr schwach durchlässig (Arenberger Schichten) und als sehr schwach durchlässig (Hang- und Lößlehme) zu bezeichnen.

5.4 Versickerungsvermögen

Nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. vom April 2005 wird eine entwässerungstechnische Versickerung in Lockergesteinen bei Durchlässigkeitsbeiwerten von $k_f = 1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ bis $1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ als sinnvoll angesehen. Bei k_f -Werten $< 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ besagt o.g. Regelwerk, dass eine Entwässerung ausschließlich durch Versickerung mit zeitweiliger Speicherung nicht gewährleistet ist, sodass eine ergänzende Ableitungsmöglichkeit vorgesehen werden muss (z. B. Drosselabfluss oder Überlauf an ein örtliches Kanalnetz). Bei Durchlässigkeitsbeiwerten von $k_f \leq 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ stauen Versickerungsanlagen lange ein. Dann können anaerobe Ver-

hältnisse in der ungesättigten Zone auftreten, die das Rückhaltevermögen ungünstig beeinflussen.

Aufgrund des hohen Feinkornanteils (Ton, Schluff) in den erkundeten natürlichen Bodenmaterialien von Hang- und Lößlehm sowie den Ablagerungen der Arenberger Schichten und der damit verbundenen geringen bis sehr geringen Wasserdurchlässigkeit der Materialien wird von einer Versickerung in diese Schichten abgeraten.

Unabhängig von unseren Empfehlungen sind unbedingt die zuständigen Fachbehörden bezüglich der zulässigen Rahmenbedingungen bei der Versickerung von Niederschlagswasser zu befragen bzw. die Planung im Vorfeld des eigentlichen Genehmigungsverfahrens mit diesen abzustimmen.

5.5 Betonaggressivität

Vom Grundwasser wurden insgesamt zwei Proben zur Untersuchung auf Betonaggressivität nach DIN 4030 ins Labor gegeben. Nach den Untersuchungsergebnissen (siehe Anlage 5) weist das untersuchte Grundwasser keine einstufigsrelevant erhöhten Parameter auf und ist damit als nicht betonangreifend (keine Expositionsklasse) einzuordnen.

6 BAUGRUNDBEURTEILUNG UND GRÜNDUNGSEMPFEHLUNG - WOHNUNGSBAU

6.1 Allgemeines, Grundlagen

Gemäß der aktuellen Ausgabe der DIN EN 1998-1/NA:2011-01 gehört Hadamar zu keiner Erdbebenzone.

Wie schon in Kapitel 3 erwähnt, liegen über die Höheneinstellungen der Oberkanten des Fertigfußbodens (OK FFB) im geplanten Erdgeschoss der Neubauten keine Angaben vor. Für die Gründungsempfehlung wird seitens der Geonorm GmbH vorläufig von einer Höheneinstellung der OK FFB im Erdgeschoss auf Höhe des hangtiefsten Bohransatzpunktes des jeweiligen Neubaus ausgegangen.

6.2 Baugrundbeurteilung

Bei einer frostfreien, mind. 0,8 m tiefen Gründung der Neubauten unter der angenommenen OK FFB im Erdgeschoss werden nach den Ergebnissen der Außenarbeiten die Gründungssohlen überwiegend innerhalb der vorhandenen Auffüllungen liegen. Einzig in den nordwestlichen, nördlichen und östlichen Randbereichen (RKS 11, 16, 31, 35, 36, 41, 42 und 44 bis 48) wird die angenommene Gründungssohle innerhalb der natürlichen Bodenmaterialien der Hanglehme und Arenberger Schichten liegen.

Die Restmächtigkeit an Auffüllung unterhalb der angenommenen Aushubsohle kann mit bis zu 4,2 m angegeben werden (z. B. bei RKS 2).

Generell gilt, sofern keine Nachweise über Verdichtungskontrollen zum Auffüllungseinbau vorliegen, dass anthropogene Auffüllungen grundsätzlich hinsichtlich ihrer Verdichtbarkeit und Zusammensetzung nur schwer zu beurteilen sind. Das Auftreten von ungeeigneten, größeren Komponenten in der Auffüllung (z. B. Betonbrocken, Bauwerksreste), die im Rahmen der Erkundung durch Rammkernsondierungen nicht erfasst werden können, ist nicht auszuschließen. Weiterhin wurden vorwiegend bindige, nicht verdichtungsfähige Auffüllungsmaterialien sowie mit allen schweren Rammsondierungen (DPH 1 bis 8) nur lose aufgeschüttete Bereiche in der Auffüllung nachgewiesen (Schlagzahl pro 10 cm Eindringtiefe $n_{10} \leq 3$). Eine Gründung auf den vorhandenen Auffüllungen ohne Zusatzmaßnahmen kann somit

nicht empfohlen werden. Die Auffüllungsmaterialien können jedoch nach bau- und umwelttechnischer Prüfung für einen Wiedereinbau, überwiegend unter Beimischung von Bindemittel, genutzt werden.

Bei natürlichen, bindigen Bodenmaterialien (Hang- und Lößlehm, Arenberger Schichten) ist generell die Konsistenz für die Eignung als Baugrund entscheidend. Hierbei sind eine mindestens steifplastische Konsistenz als eingeschränkt (in Abhängigkeit der Lasten und Fundamentdimensionen) und weichplastische Schichten als nicht tragfähig einzustufen. Eine gute Tragfähigkeit weisen bindige, in halbfester und fester Konsistenz vorliegende Bodenmaterialien auf.

Bei den natürlichen, rolligen Bodenmaterialien der Arenberger Schichten ist bei der als mind. mitteldicht beurteilten Lagerung eine gute Tragfähigkeit vorhanden.

6.3 Gründungsempfehlung

Lastangaben für die geplanten Neubauten liegen uns nicht vor.

Generell gilt, dass die Lastabtragung aller Gebäudeteile, um langfristige gebäudeschädigende Setzungsunterschiede zu minimieren, über Bodenschichten mit vergleichbarem Setzungsverhalten erfolgen sollte. Weiterhin ist der teils vorhandene, aufgefüllte Oberboden vollständig aus dem Neubaubereich zu entfernen.

Die angenommenen Gründungssohlen der Neubauten liegen überwiegend in nicht tragfähig beurteilten Auffüllungen und teils in tragfähigen, natürlichen Bodenmaterialien der Hanglehme und der Arenberger Schichten. Um ein gleichmäßiges Tragverhalten der Auffüllungen und Böden mit vergleichbarem Setzungsverhalten zu erreichen wird empfohlen, die vorhandenen Auffüllungen unterhalb der Neubauten im Lastausbreitungswinkel von 45° vollständig zu verbessern. Die so verbesserten Auffüllungen können als Gründungspolster genutzt werden. Bei hoher Auffüllungsmächtigkeit ist ggf. die Gründung über tieferreichende Systeme der Baugrundverbesserung (z. B. Schotterstopf- oder CSV-Säulen) vorzusehen.

Die entsprechenden Gründungsempfehlungen sind im angefügten Lageplan farblich markiert. Bei einer Auffüllungsmächtigkeit von < 1 m kann in Abhängigkeit der Gebäudelasten die Gründung direkt auf den natürlichen Bodenmaterialien erfolgen (nordöstlicher Untersuchungsbereich). Bei einer Mächtigkeit der Auffüllung zwischen 1 bis ca. 3 m wird vorläufig empfohlen, eine herkömmliche Lastabtragung über ein Gründungspolster vorzunehmen. Im

Bereich hoher Auffüllungsmächtigkeiten von > 3 m (südwestlicher Bereich) ist alternativ die Ausführung einer tiefreichenden Bodenverbesserung zu prüfen.

Die vorläufigen Berechnungen wurden nach EC 7 für den kennzeichnenden Punkt einer Rechtecklast und unter Zugrundelegung der erbohrten Bodenprofile durchgeführt. Die Berechnung des Grundbruches erfolgte gemäß DIN 4017:2006. Die Grundbruchsicherheit, bezogen auf EC 7, ist für die oben angegebenen Fundamentabmessungen und Einbindetiefen sowie durch das System der bewehrten Fundamentplatte gewährleistet.

6.3.1 herkömmliche Flachgründung

Die Gründung der Neubauten kann in Abhängigkeit der Gebäudelasten direkt auf den natürlichen, bindigen und mind. steifplastischen Bodenmaterialien von Hang- und Lößlehmen sowie den Arenberger Schichten erfolgen. Vorhandene Auffüllungen und natürliche, aufgeweichte Bodenmaterialien sind vollständig aus der Gründungssohle zu entfernen und durch einen Bodenaustausch zu ersetzen. Der erforderliche Bodenaustausch kann gegen Magerbeton oder gut verdichtbares Mineralgemisch, z. B. rolliger Aushub oder Liefermaterial, erfolgen. Bei Verwendung von Mineralgemischen ist der Lastausbreitungswinkel von 45° ab Unterkante Fundament einzuhalten. Wir empfehlen, die Gründungssohle durch einen Gutachter prüfen zu lassen.

Bei einer Gründung auf den natürlichen, bindigen und mind. steifplastischen Bodenmaterialien von Hang- und Lößlehmen sowie den Arenberger Schichten sollte vorläufig folgender, maximal aufnehmbare Sohldruck nicht überschritten werden:

a) $\sigma_{zul} \leq 120 \text{ kN/m}^2$ für **Streifenfundamente** (entspricht $\sigma_{R,d} \leq 170 \text{ kN/m}^2$)

Fundamentbreite = $0,4 \text{ m} \leq b \leq 0,8 \text{ m}$,

Fundamenteinbindetiefe frostfrei, mind. 0,8 m

b) $\sigma_{zul} \leq 170 \text{ kN/m}^2$ für **Einzelfundamente** (entspricht $\sigma_{R,d} \leq 241 \text{ kN/m}^2$)

Seitenverhältnis $a/b \leq 1,0$ mit Seitenlängen von $1,4 \text{ m} \leq b \leq 1,9 \text{ m}$,

Fundamenteinbindetiefe frostfrei, mind. 0,8 m

Überschlägige Setzungsberechnungen ergaben, dass bei dieser vorgeschlagenen Gründungsvariante und den dabei zugelassenen maximalen Bodenpressungen bei Ausnutzung

der Fundamentdimensionen mit Setzungen in einer Größenordnung von $\leq 2,5$ cm zu rechnen ist. Setzungsdifferenzen, aufgrund von Unterschieden im Bodenaufbau und in den Fundamentabmessungen sowie -auslastungen, können erfahrungsgemäß in der Größenordnung von ca. 1,5 cm liegen. Erfahrungsgemäß sind ca. 30 - 40 % der Gesamtsetzungen nach Beendigung der Rohbauphase abgeklungen. Bei Bedarf sind zur Setzungsreduzierung Gründungspolster einzuplanen.

Es wird unbedingt empfohlen, nach Vorlage von Gebäudelasten und geplanten Höheneinstellungen der OK FFB im Erdgeschoss die angegebenen Bodenpressungen und Setzungen durch die Geonorm überprüfen zu lassen.

6.3.2 Gründungspolster

Die Gründungssohle der meisten Neubauten wird im Niveau der vorhandenen Auffüllungen liegen. Nach dem Ergebnis der Außenarbeiten sind diese jedoch ohne zusätzliche Maßnahmen als nicht ausreichend tragfähig zu bewerten. Daher wird empfohlen, die vorhandenen Auffüllungen in kompletter Schichtstärke auszuheben und anschließend unter Zugabe von Bindemittel verbessert kontrolliert einzubauen und diese als Gründungspolster zu nutzen. Empfehlungen zur Erstellung des Gründungspolsters sind dem Kap. 6.4 zu entnehmen.

Bei einer Gründung über ein exemplarisch angenommen mind. 1,0 m mächtiges Gründungspolster aus kontrolliert nachverdichteten Auffüllungen sollte vorläufig folgender, maximal aufnehmbare Sohldruck nicht überschritten werden:

c) $\sigma_{zul} \leq 180 \text{ kN/m}^2$ für **Streifenfundamente** (entspricht $\sigma_{R,d} \leq 255 \text{ kN/m}^2$)

Fundamentbreite = $0,4 \text{ m} \leq b \leq 1,0 \text{ m}$,

Fundamenteinbindetiefe frostfrei, mind. 0,8 m

d) $\sigma_{zul} \leq 240 \text{ kN/m}^2$ für **Einzelfundamente** (entspricht $\sigma_{R,d} \leq 340 \text{ kN/m}^2$)

Seitenverhältnis $a/b \leq 1,0$ mit Seitenlängen von $1,0 \text{ m} \leq b \leq 2,0 \text{ m}$,

Fundamenteinbindetiefe frostfrei, mind. 0,8 m

Überschlägige Setzungsberechnungen ergaben, dass bei dieser vorgeschlagenen Gründungsvariante und den dabei zugelassenen maximalen Bodenpressungen bei Ausnutzung der Fundamentdimensionen mit Setzungen in einer Größenordnung von $\leq 2,5$ cm zu rechnen ist. Setzungsdifferenzen aufgrund von Unterschieden im Bodenaufbau und in den Fun-

damentabmessungen sowie -auslastungen können in der Größenordnung von ca. 1,5 cm liegen. Erfahrungsgemäß sind ca. 50 - 70 % der Gesamtsetzungen nach Beendigung der Rohbauphase abgeklungen.

Erfolgt die Gründung auf den verbesserten Auffüllungen über eine **Fundamentplatte**, können in Abhängigkeit der Polsterstärke vorläufig folgende, exemplarische Bettungsziffern angegeben werden (Ersatzstreifenbreite 1,0 m):

0,5 m Polster	$k_s = 7,7 \text{ MN/m}^3$,
1,0 m Polster	$k_s = 9,0 \text{ MN/m}^3$,
2,0 m Polster	$k_s = 11,4 \text{ MN/m}^3$.

Sollten höhere Bodenpressungen notwendig werden oder nur geringere Setzungen zulässig sein, so ist die Mächtigkeit des Gründungspolsters zu erhöhen oder eine tiefreichende Bodenverbesserung gemäß Kap. 6.3.3 vorzusehen.

Es wird unbedingt empfohlen, nach Vorlage von Gebäudelasten und geplanten Höheneinstellungen der OK FFB im Erdgeschoss die erforderliche Polsterstärke und Setzungen durch die Geonorm überprüfen zu lassen.

Bei nicht vollständiger Nachverdichtung der vorhandenen Auffüllungen direkt unterhalb der geplanten Neubauten besteht generell ein Restrisiko für Setzungsschäden.

6.3.3 tiefreichende Bodenverbesserung

Im südlichen und südwestlichen Untersuchungsbereich liegen Auffüllungsmächtigkeiten von ca. 3 bis zu 5 m unter GOK vor.

Die Überbrückung der nicht tragfähigen Auffüllungen kann alternativ zum klassischen Gründungspolster (siehe Kap. 6.4) auch mittels tiefreichender Bodenverbesserungssysteme erfolgen. Dabei ist zu empfehlen, einen Voraushub bis auf die geplante Gründungsebene auszuführen, ab dieser Ebene die Bodenverbesserung vorzunehmen und danach die Schottertragschicht in erforderlicher Schichtstärke einzubauen.

Nachfolgend sind geeignete Bodenverbesserungssysteme vorgeschlagen:

1. Variante: Beton- bzw. Schotterstopfsäulen

Bei diesem Verfahren wird ein Tiefenrüttler in den zu verbessernden Untergrund (Auffüllungen und setzungsempfindliche, nicht ausreichend tragfähige bindige Böden) bis auf die tragfähigen Schichten (mindestens steifplastische bis halbfeste bindige Böden, hier: Arenberger Schichten) niedergebracht und anschließend unter schrittweisem Einbringen und Verdichten („Stopfen“) von Schotter/Kies wieder gezogen. Beim Vorgang des Wiederversenkens erfolgt eine Belastung des Säulenmaterials durch den aktivierbaren Teil des Gewichtes der Tragraupe. Das Schüttgut (Schotter/Kies) kann durch Zuschlagsstoffe wie Zement an mögliche Anforderungen (Erhöhung der Tragfähigkeit) angepasst werden. Bei der Ausführung kann auf die kleinräumig wechselnden Untergrundverhältnisse mit unterschiedlichen Säulenlängen reagiert werden, was zu einer Vergleichmäßigung des Baugrundes führt. Des Weiteren hat die Lage des Grundwasserspiegels keinen Einfluss auf die Ausführbarkeit des Verfahrens. Die Säulen müssen mind. 0,5 m bis 1,0 m in die tragfähige Schicht einbinden. Je nach Untergrund können durch das Verdrängungsprinzip Geländehebungen im cm bis dm – Bereich auftreten, die im Nachgang entfernt bzw. planiert werden müssen. Auf einem derart verbesserten Baugrund werden Fundamente sowie Bodenplatten wie bei einer herkömmlichen Flachgründung ausgeführt. Erfahrungsgemäß ist eine lastverteilende Schottertragschicht von 0,3 bis 0,5 m unter den Fundamenten und der Bodenplatte erforderlich. Die Tragfähigkeit einer einzelnen Rüttelstopfsäule richtet sich dabei nach den bodenmechanischen Kennwerten (siehe Tabelle 2) und wird von den Spezialtiefbaufirmen berechnet. Erfahrungsgemäß kann je Schotterstopfsäule ($\varnothing$ ca. 0,4 m) eine Last von $\sigma_{zul} = 200 - 300 \text{ kN}$ (bzw. bei vermörtelten Stopfsäulen $\sigma_{zul} = 400 - 600 \text{ kN}$) aufgenommen werden, so dass dem Statiker zur Vorbemessung der Stützen- und Streifenfundamente eine Bodenpressung von $\sigma_{zul} = 220$ bis 250 kN/m^2 für Schottersäule und $\sigma_{zul} = 350$ bis 450 kN/m^2 für vermörtelte Säulen angegeben werden kann. Die auftretenden Setzungen, nach Abschluss der Rohbauphase, liegen erfahrungsgemäß bei $< 2,0 \text{ cm}$. Der Achsabstand der einzelnen Säulen untereinander muss, je nach Säulenmaterial (Schotter oder Beton), ca. 1,0 bis 1,5 m betragen. Die aufliegenden Fundamente müssen einen Mindestüberstand von 0,3 m von der Säulenachse aufweisen. Für eine flächige Lastabtragung, wie z. B. Fußböden, werden Säulen in einem Raster von i.d.R. 1,5 bis 2,8 m hergestellt.

Die exakte Anzahl, Durchmesser und Länge der Säulen sowie deren Positionen sind mit einer Spezialtiefbaufirma auf Grundlage der Last- und Fundamentpläne festzulegen. Die Angabe eines Bettungsmoduls erfolgt dann ebenfalls durch die Spezialtiefbaufirma.

2. Variante: CSV- / STS-Säulen

Beim CSV- / STS-Verfahren wird ein Gemisch aus Sand und hydraulischem Bindemittel (Kalk und / oder Zement; CSV) bzw. eine Zementemulsion (STS) drehend im Verdrängungsverfahren in den zu verbessernden Boden eingebracht. Sowohl beim Einfahren des Gestänges in den Untergrund als auch beim Ziehen wird Mörtelmaterial in das Bohrloch gefördert. Dieser verpresste Trockenmörtel bindet unter Inanspruchnahme der Erdfeuchte bzw. des anstehenden Grundwassers ab und es entsteht eine verfestigte Säule. Beim STS-Verfahren handelt es sich um ein Vollverdrängungsverfahren, wobei der anstehende Boden durch ein unter Druck eingebrachtes, meist zähflüssiges, homogenes Stabilisierungsmaterial, welches hydraulisch abbindet, verdrängt wird. Durch die seitliche Verdrängung erfolgt zusätzlich eine seitliche Verdichtung. Den STS-Säulen kann aufgrund der Homogenität und der kontrolliert hergestellten Zusammensetzung eine einheitliche, prüfbare Druckfestigkeit zugeordnet werden. Die Maschinen zur Herstellung sind in der Regel kleiner (Baggergröße) und sind auch für kleinere Projekte oder beengte Verhältnisse geeignet.

Die Tragfähigkeit der CSV-/ STS-Säulen richtet sich nach den bodenmechanischen Kennwerten (siehe Tabelle 2) und wird von Spezialtiefbauunternehmen berechnet. Die Säulen haben einen Durchmesser von < 30 cm. Erfahrungsgemäß können ca. 60 – 90 kN Lastabtragung pro Säule angesetzt werden, sodass dem Statiker zur Vorbemessung der Stützen- und Streifenfundamente eine Bodenpressung von $\sigma_{zul} = 200$ bis 250 kN/m² angegeben werden kann.

Für die Verfahren spricht ebenfalls die gute Anpassungsfähigkeit an wechselnde Baugrundverhältnisse. Durch die Herstellung der Säulen entsteht nur geringer Aushub, Erschütterungen treten nicht auf. Vor Herstellung des gesamten Säulenrasters werden Probesäulen hergestellt, die nach mind. 7 Tagen durch Probelastungen geprüft werden. Die exakte Anzahl, Durchmesser und Länge der Säulen, deren Positionen und die geotechnischen Parameter (Setzungen, Lastaufnahme, etc.) sind mit einer Spezialtiefbaufirma auf Grundlage der Last- und Fundamentpläne festzulegen. Zur Ausführbarkeit dieser Systeme sind chemische Analysen des Bodens und/oder Grundwassers erforderlich, welche in Abstimmung mit den ausführenden Spezialtiefbauunternehmen festzulegen und auszuführen sind.

Hinweis

Bei allen empfohlenen Bodenverbesserungsverfahren ist mit Bauwerkssetzungen von erfahrungsgemäß $< 2,0$ cm zu rechnen. Im Hinblick auf die erforderliche Einbindung von Beton- oder Schotterstopfsäulen und den nachzuweisenden tragfähigen Schichten unterhalb der Säulenaufstandsfläche sind für diese Gründungsformen weitere, tieferreichende Aufschlüsse erforderlich (Empfehlung: 4 schwere Rammsondierungen bis auf ca. 10 m unter GOK für Beton- oder Schotterstopfsäulen).

6.4 Erstellung Gründungspolster

Nachfolgend werden Empfehlungen zur kontrollierten Nachverdichtung der vorhandenen Auffüllungen und zur Erstellung des Gründungspolsters gegeben:

Vorbereitung

- Vorhandener Oberboden sowie Oberflächenbefestigungen sind zu entfernen.
- Die Auffüllungen sind immer vollständig und unter Berücksichtigung des Lastausbreitungswinkels von 45° , auszukoffern. Die Auffüllungen können bei bekannter Schichtstärke auch durch eine in situ-Verbesserung der untersten Polsterlage hergestellt werden (siehe Ausführungsempfehlungen).
- Der Aufbau des Gründungspolsters kann anschließend lagenweise (0,3 m vor der Verdichtung) und im Lastausbreitungswinkel von 45° bis zur Unterkante des Fundaments sowie der Fußbodenkonstruktion erfolgen.
- Ggf. ist die Gründungssohle abgetreptt herzustellen.

Aufbau des Gründungspolsters

- Als Voraussetzung für ein ausreichend tragfähiges Erdplanum und einen erfolgreichen Einbau der Bodenmaterialien ist, aufgrund der Wasserempfindlichkeit der vorhandenen Auffüllungs- und Bodenmaterialien, für das gesamte Gelände eine wirksame Schicht- und Tagwasserhaltung einzuplanen.
- Um Auflockerungen zu vermeiden, muss der Aushub mit einem Glattlöffel (Baggerlöffel mit Schneide) erfolgen.
- Die freigelegte Gründungssohle ist sofort nach dem Freilegen mit dem Polsteraufbau zu bedecken.

- Die vorhandenen bindigen und gemischtkörnigen Böden der Auffüllungen können unter Zugabe von Bindemittel lagenweise wieder eingebaut werden (siehe unten).
- Generell und um Fehlmassen auszugleichen können folgende Materialien für den Aufbau des Gründungspolsters genutzt werden:
 - a) vorhandene Auffüllungen, solange sie bautechnisch geeignet und den behördlichen, umwelttechnischen Vorgaben entsprechen
 - b) grobkörnige und gemischtkörnige Böden der Gruppen GW, GI, GU, SW, SU
 - c) fein- und gemischtkörnige Böden mit Bindemittel (z. B. Kalk-Zement) verbessern. Bei einer Bindemittelzugabe ist erfahrungsgemäß von 2 – 4 Gew.-% in Abhängigkeit der bindigen Anteile und des Wassergehalts des Bodens auszugehen (entspricht ca. 35 – 70 kg/m³). Die erforderliche Zugabemenge muss im Vorfeld durch entsprechende bodenmechanische Versuche (u. a. Wassergehaltsbestimmungen) festgelegt werden. Es ist darauf hinzuweisen, dass eine Gewährleistung der Bindemittelhersteller für den Abbindevorgang nur ab einer Temperatur von mind. + 5°C gegeben wird. Bei langanhaltender Trockenperiode kann ein zusätzliches Wässern für den Abbindevorgang erforderlich werden.

Für das Einmischen von Bindemittel sind geeignete Geräte, wie z. B. eine Bodenfräse oder ein Schaufelseparator / Mischlöffel, vorzusehen. Bei den angebotenen Auffüllungen mit häufig hohen Tongehalten ist erfahrungsgemäß ein zweimaliges Einmischen des Bindemittels für eine ausreichende Homogenisierung einzuplanen.

Aufgrund der angrenzenden Bebauung ist auf eine mögliche Staubentwicklung beim Streuen und Einmischen des Bindemittels hinzuweisen.
 - d) Felsbruch (z. B. 0/150)
 - e) u.U. Recyclingbaustoffe (0/32 - 0/80), solange sie bauphysikalisch geeignet und abfall- sowie umwelttechnisch den behördlichen Vorschriften entsprechen.
- Nicht verdichtbare Bestandteile, wie größere Bauschuttkomponenten bzw. größere Gerölle, die ein Maß von 0,2 m Durchmesser überschreiten, sind vor dem Einbau zu zerkleinern oder auszusortieren. Bautechnisch ungeeignete Bestandteile und Fremdstoffe, wie z. B. Wurzel- und Holzreste, sind auszusortieren.
- Um ein unterschiedliches Tragverhalten zu vermeiden, ist bei unterschiedlichen Schüttmaterialien eine auf die Fläche und die Höhe gesehene gleichmäßige Verteilung der Erdstoffe anzustreben.

- Das Anschüttungsmaterial ist lagenweise (max. 0,3 m vor der Verdichtung) aufzubauen und intensiv zu verdichten. Zur Verdichtung ist ein geeignetes Verdichtungsgerät zu verwenden.
- Generell wird empfohlen, die Verdichtungsleistung beim Einbau mit einem Verdichtungsgerät mit integrierter Verdichtungsanzeige flächenhaft zu kontrollieren und zu dokumentieren.
- Das Einbaumaterial ist im Bereich der Neubauten (Gründungspolster) so zu verdichten, dass auf der Oberkante des Polsters ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ mit einem Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$ erreicht wird. Für die Berechnung der zulässigen Bodenpressung wird für das Gründungspolster vorläufig eine Steifeiziffer $E_s = 30 \text{ MN/m}^2$ angesetzt. Bei Bedarf kann z. B. durch eine erhöhte Bindemittelzugabe die Festigkeit und damit auch die Steifeiziffer erhöht werden.

Die Verdichtung und Tragfähigkeit ist mittels statischen Lastplattendruckversuchen gemäß DIN 18134 nachzuweisen.

Eine ausreichende Tragfähigkeit des Gründungspolsters kann grundsätzlich nur bei fachgerechter Ausführung der Baumaßnahme erreicht werden. Um die fachgerechte Ausführung und die Einhaltung der angegebenen Setzungsbeträge zu gewährleisten, sind unbedingt eine Fremdüberwachung der Erdarbeiten sowie eine Verdichtungskontrolle durch ein unabhängiges Fachbüro erforderlich.

6.5 Fußbodenkonstruktion

Nach den Ergebnissen der Außenarbeiten liegt das angenommene Planum der Fußbodenkonstruktion der nicht unterkellerten Neubauten meist in den vorhandenen Auffüllungen und teils in den natürlichen Bodenmaterialien (Hanglehm, Arenberger Schichten).

Auf dem Erd- / Auffüllungsplanum ist ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ bei einem Verhältniswert von $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5$ nachzuweisen (Mindestanforderungen an das Erd-/ Auffüllungsplanum gemäß ZTV E-StB und RStO 12²).

Die Anforderungen werden auf den meist bindigen Auffüllungs- und natürlichen Bodenmaterialien erfahrungsgemäß nicht erreicht. Sofern die Werte nicht erbracht werden, ist eine Un-

² Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen

terbauverstärkung aus z. B. einem Mineralgemisch (0/32 – 0/56) oder eine Verbesserung mit Bindemittel, z. B. Kalkzement, von je mind. 0,3 m einzuplanen. Alternativ können z. B. entnommene, rollige Auffüllungsmaterialien aus dem Fundamentbereich der Baugruben nach einer bautechnischen Eignungsprüfung als Unterbauverstärkung genutzt werden. Zur Festlegung der erforderlichen Schichtstärke (in Abhängigkeit der auftretenden Lasten) wird unbedingt die Anlage von Probefeldern empfohlen.

Bei nicht vollständiger Nachverdichtung der vorhandenen Auffüllungen direkt unterhalb des geplanten Neubaus besteht generell ein Restrisiko für Setzungsschäden. Es wird daher empfohlen, die gesamte Auffüllung unter dem Fußboden zu verbessern.

Sofern die Anforderungen an das Planum erfüllt werden, ist anschließend bis zur Unterkante der Fußbodenkonstruktion eine mindestens 0,3 m mächtige, kapillarbrechende Schottertragschicht aus Mineralgemisch einzubauen und zu verdichten. Auf der Oberkante der kapillarbrechenden Schicht ist ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$, bei einem Verhältniswert von $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$ mittels Lastplattendruckversuchen gemäß DIN 18134 nachzuweisen. Zur Festlegung der erforderlichen Schichtstärke wird unbedingt die Anlage von Probefeldern empfohlen.

Bei einer tiefreichenden Bodenverbesserung kann die Bodenplatte auf das in einem Raster verbesserte Planum aufgelegt werden. Der Ansatz eines Bettungsmoduls ist u.a. abhängig vom gewählten Raster. Die Angabe eines Bettungsmoduls erfolgt daher durch die Spezialtiefbaufirma.

6.6 Abdichtung (gem. DIN 18533)

Der vorläufige Bemessungswasserstand wurde auf 170,80 m NHN festgelegt (siehe Kapitel 5.2). Des Weiteren wird nach DIN 18533 der angetroffene Baugrund von wenig wasser-durchlässigen Bodenmaterialien ($k_f < 1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$) aufgebaut.

Beträgt der Abstand zwischen Abdichtungsebene und dem Bemessungswasserstand mehr als 0,5 m, kann die Abdichtung für in das Gelände einbindende Bauteile gemäß DIN 18533 nach der **Wassereinwirkungsklasse W1.2-E** bzw. **W2-E** erfolgen.

Dies bedeutet, dass entweder:

- a) ein Aufstauen von Niederschlagswasser (auch für vorübergehende Ereignisse) durch eine auf Dauer funktionsfähige Dränage gemäß DIN 4095 zuverlässig verhindert (= Wassereinwirkungsklasse W1.2-E) oder
- b) gegen eine mäßige bzw. hohe Einwirkung von drückendem Wasser (z. B. Schwarz-Abdichtung bzw. gem. WU-Richtlinie) abgedichtet werden muss (= Wassereinwirkungsklasse W2-E).

Bei einer Abdichtung nach **W2-E** gilt, dass bei Einbindetiefen von $\leq 3,0$ m nach der **Wassereinwirkungsklasse W2.1-E** gegen die mäßige Einwirkung von drückendem Wasser abzudichten ist. Ohne Dränung ist gemäß DIN 18533 die Oberkante des geplanten Geländes als Bemessungswasserstand anzusetzen.

Eine sachgerechte Dränung nach DIN 4095 erfordert filterfeste Dränschichten, Spül- und Kontrollvorrichtungen und eine rückstausichere Ableitung des anfallenden Wassers in eine zuverlässige Vorflut.

Der Umfang der erforderlichen Abdichtung für nicht unterkellerte Gebäude ist in Abhängigkeit der Höheneinstellung und der Ausführung der angrenzenden Freiflächen (z. B. Versiegelung, Gefälle) sowie den Erfahrungen aus dem rückzubauenden Bestand planungsseitig festzulegen.

6.7 Qualitätssicherung und Verdichtungskontrollen

Zur Qualitätssicherung ist es erforderlich, neben der Eigenüberwachung (gemäß ZTV E-StB) durch den ausführenden Unternehmer, die Verdichtung des Planums bzw. die Verdichtungsleistung beim Aufbau des Gründungspolsters bzw. dem Einbau der Tragschichten mittels Lastplattendruckversuchen als Fremdüberwachung prüfen zu lassen. Es wird eine Überprüfung der Mindesttragfähigkeit der einzelnen Aufbauschichten gemäß der entsprechenden Regelwerke empfohlen.

Es sollten auf der Oberkante des Gründungspolsters, der Unterbauverstärkung sowie der Oberkante der Tragschicht vorläufig je mind. 2 statische Lastplattendruckversuche je Neubau (insgesamt 20 Neubauten entspricht insg. 40 Versuche) ausgeführt werden.

7 BAUGRUBE / WASSERHALTUNG

7.1 Bau- und Fundamentgruben

In Abhängigkeit von der Geländeneigung können Baugruben mit einer Tiefe bis zu 1,25 m nach DIN 4124 oberhalb des Grundwassers senkrecht geschachtet werden. Nachbrechende Grubenwände und damit verbundene Mehrmassen sind dabei einzuplanen. Bei größeren Einbindetiefen kann im Bauzustand (Lastfall 2 / BS-T) oberhalb des Grundwassers und weiteren, in der DIN 4124 definierten Randbedingungen unter folgenden, maximal zulässigen Winkeln geböscht werden:

Auffüllung, generell.....	$\beta \leq 45^\circ$
bindiger Boden, weichplastisch	$\beta \leq 45^\circ$
bindiger Boden, mind. steifplastisch	$\beta \leq 60^\circ$
rolliger Boden (Sand, Kies).....	$\beta \leq 45^\circ$

Die Standsicherheit von Böschungen ist nach DIN EN 1997-1, DIN 1054 bzw. DIN 4084 nachzuweisen, wenn u. a. die Standsicherheit von vorhandenen Leitungen, anderen baulichen Anlagen oder Verkehrsflächen gefährdet werden kann sowie eine Böschung von mehr als 5,0 m Höhe erstellt wird. Daraus ergeben sich erfahrungsgemäß flachere Böschungswinkel oder erforderliche Sicherungsmaßnahmen. Diese und weitere in der DIN 4124 definierte Randbedingungen sind unbedingt zu beachten.

Insbesondere für die Neubauten im südwestlichen und nordöstlichen Untersuchungsbereich (RKS 1, 2 und 48) ist aufgrund der Nähe zu den geplanten Böschungen die Erfordernis von Standsicherheitsberechnungen / Böschungsbruchnachweisen und Sicherungsmaßnahmen zu prüfen. Erfahrungsgemäß werden zur Bemessung der Sicherungsmaßnahmen weitere Aufschlüsse, z. B. Baggerschürfe, notwendig. Es ist dabei die Qualität der anstehenden Bodenmaterialien (u. a. Angaben zur Schichtung, Zusammensetzung und Konsistenz) zu überprüfen.

Während der Bauphase sind die Baugrubenböschungen zum Schutz gegen Niederschlag mit einer Folie abzudecken. Dauerhafte Böschungen sind in einem Winkel von maximal 30° anzulegen und zeitnah mit Bewuchs zu versehen. Eine erforderliche Sicherung entstehender

Geländeversprünge kann z. B. mit einer entsprechend dimensionierten Gebäuderückwand oder Betonwinkелеlementen erfolgen.

7.2 Wasserhaltung

Im Hinblick auf die festgestellten Boden- und Grundwasserverhältnisse werden bei den angenommenen Aushubtiefen und den gemessenen Wasserständen grundwasserhaltende Maßnahmen nicht erforderlich sein. Anfallendes (örtlich auftretendes) Schicht- sowie Tagwasser ist während der Bauzeit mittels offener Wasserhaltung über Drainagegräben, Pumpensümpfe und Schmutzwasserpumpen filterstabil zu fassen und kontrolliert abzuleiten. In Abhängigkeit der Witterung sowie Jahreszeit ist zeitweise mit dem vermehrten Auftreten von Schicht- und Tagwasser zu rechnen. Speziell während anhaltender Niederschläge können verstärkt Sicker- und Oberflächenwasserzutritte erfolgen.

Aufgrund der großen Wasserempfindlichkeit der bindigen Bodenmaterialien (Auffüllungen, Hang- und Lößlehme sowie Arenberger Schichten) ist im Hinblick auf die Bearbeitbarkeit und die Tragfähigkeit des Erdplanums ein Zulaufen von Oberflächenwasser bauseits unbedingt zu verhindern. Es ist daher besonders auf eine sorgfältige Tagwasserhaltung zu achten, um die Zustandsform des Bodens nicht zu verschlechtern.

8 GRÜNDUNGSEMPFEHLUNGEN - VERKEHRSFLÄCHEN

8.1 Unterbau

Für Verkehrsflächen ist für den weiteren Aufbau auf dem Erd- /Auffüllungsplanum eine Mindesttragfähigkeit erforderlich. Gemäß ZTVE-StB und RStO 12³ ist auf dem Planum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ bei einem Verhältniswert von $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5$ nachzuweisen (Mindestanforderungen an das Erd- bzw. Auffüllungsplanum).

Bei einer sich an der derzeitigen Geländeoberkante orientierenden Höheneinstellung werden die Unterkanten der Verkehrsflächen überwiegend im Niveau der vorhandenen Auffüllungen liegen. Generell werden auf den vorhandenen Auffüllungen sowie natürlichen, bindigen Bö-

³ Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen

den die zuvor genannten Mindestanforderungen erfahrungsgemäß nicht erreicht. Es wird daher eine Unterbauverstärkung aus z. B. Schotter (0/32 – 0/80) von mind. 0,3 m (je nach Konsistenz) oder einer Bindemittelverbesserung, z. B. durch das Einmischen von Kalk-Zement, empfohlen. Zur Ermittlung der erforderlichen Schichtstärken sind Probefelder anzulegen.

Der Aufbau der Unterbauverstärkung ist dynamisch zu verdichten. Das Verformungsmodul ist mittels Lastplattendruckversuchen gemäß DIN 18134 nachzuweisen.

8.2 Oberbau

Unter der Voraussetzung, dass das Erd- / Auffüllungsplanum eine ausreichende Tragfähigkeit ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ mit $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5$) aufweist, wird empfohlen, den Aufbau entsprechend der Belastungsklassenzuordnung nach RStO vorzunehmen. Der vorgesehene Aufbau ist planungsseitig im Hinblick auf die Ergebnisse der Baugrunderkundung zu überprüfen.

Die RStO 12 gibt für die Dicke des frostsicheren Oberbaus in Abhängigkeit der Belastungsklassen folgende Richtwerte an (Tabelle 6 der RStO, angenommen F3):

50 cm (Belastungsklasse Bk0,3 (früher Bauklasse VI))

60 cm (Belastungsklasse Bk3,2 bis Bk1,0 (früher Bauklassen III / IV / V))

Durch die Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse wie Frosteinwirkungszone, Lage der Gradienten, Lage der Trasse, Wasserverhältnisse und Ausführung der Randbereiche (Tabelle 7 der RStO) ergeben sich Mehr- oder Minderdicken, die seitens des Planers auf der Grundlage örtlicher Kenntnisse festzulegen sind.

Aus der untersuchten Bodensituation und der uns vorliegenden Informationen ergeben sich zusätzlich folgende Randbedingungen:

- Frosteinwirkungszone I $\pm 0,00 \text{ m}$
- ungünstige Wasserverhältnisse, da Schicht- oder Grundwasser zeitweise oder dauernd höher als 1,5 m unter Planum $+ 0,05 \text{ m}$

Nach den vorgenannten Randbedingungen sind die o.g. Richtwerte für die Dicke des frostsicheren Oberbaus am Untersuchungsstandort um 5 cm zu erhöhen.

Die Anforderungen an Verdichtungsgrad und Verformungsmodul des Oberbaus und des Untergrundes bzw. Unterbaus sind in den genannten einschlägigen technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien enthalten und richten sich ebenfalls nach den Belastungsklassen. Außerdem sind die Bauweise (Frostschuttschicht, Kies- oder Schottertragschicht, hydraulisch gebundene Tragschicht oder Bodenverfestigung) sowie insbesondere die Art der geplanten Fahrbahndecke (Bitumendecke, Betondecke, Pflasterdecke usw.) zu berücksichtigen.

Grundsätzlich sind Tragschichten und Frostschuttschichten aus frostsicherem Material der Körnung 0/32 bis 0/45 aufzubauen und lagenweise mit einem dynamisch wirkenden Verdichtungsgerät zu verdichten. Die gemäß RStO 12 bzw. ZTVE StB geforderten Verformungsmoduln auf Oberkante Tragschicht (i.d.R. min. $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$, Verhältnisswert $\leq 2,3$) sind mittels Lastplattendruckversuchen gemäß DIN 18134 nachzuweisen.

Alternativ ist gemäß RStO 12 auch ein **vollgebundener Asphaltüberbau** möglich. Die Mindestschichtstärken sind den Belastungsklassen entsprechend der RStO, Tafel 4 zu entnehmen. Für den Unterbau gelten weiterhin die zuvor genannten Angaben.

Aufgrund der verbleibenden Mächtigkeit an unverbesserter Auffüllung direkt unterhalb des Verkehrsflächenaufbaus besteht generell ein Restrisiko für Setzungsschäden. Um das Risiko zu minimieren wird unbedingt empfohlen, das freigelegte Auffüllungsplanum mit einem Verdichtungsgerät mit integrierter Verdichtungsanzeige nachzuverdichten und zu prüfen. Nachgewiesene deutliche Schwächezonen sind durch einen Schottereinbau in ausreichender Schichtstärke zu beseitigen. Bei nicht vollständig kontrolliert nachverdichteter Auffüllung ist ein späteres Nacharbeiten der Verkehrsflächen einzuplanen.

9 AUSFÜHRUNGSEMPFEHLUNGEN / BAUSTRASSEN

Die Wasserempfindlichkeit von feinkornreichen Auffüllungs- und Bodenmaterialien führt bei Regenwasserzufuhr grundsätzlich zu Aufweichungen. Das Befahren des bindigen Auffüllungs- und Erdplanums mit schwerem Gerät (z. B. bei Baustraßen) und eine damit einhergehende dynamische Beanspruchung werden folglich zusätzlich zu einer Aufweichung des Bodens führen. Zur Erstellung eines befahrbaren Arbeitsplanums in den feinkornreichen Materialien ist daher eine mind. 0,3 m mächtige Schottertragschicht auf 0,4 m verbessertem

Boden oder eine mind. 0,5 m mächtige Schottertragschicht auf einem Geotextil (GRK 3) vorzusehen. Bei ungünstiger Witterung ist ggf. ein mehrmaliges Nacharbeiten einzuplanen. Grundsätzlich wird empfohlen, freigelegte Flächen im Lehm unverzüglich mit einer Schotter- oder Betonschicht bzw. mittels einer Bodenverbesserung durch Kalk-Zementzumischung vor Witterungseinflüssen zu schützen.

Der Baugrund im Untersuchungsbereich wird von tonreichen Böden aufgebaut, die bei Austrocknung zu starken Schrumpfungen neigen. Setzungsvorgänge können dabei nicht ausgeschlossen werden. Im Hinblick auf den späteren Wasserhaushalt im Untergrund wird daher empfohlen, Büsche und Bäume in einem ausreichend großen Abstand zu den geplanten Neubauten zu pflanzen.

10 SCHLUSSBEMERKUNGEN

Die geplante Baumaßnahme ist gemäß DIN 1054 / DIN 4020 aufgrund der bisherigen Erkundungsergebnisse in Verbindung mit den Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit des Bauwerks (u.a. erfahrungsgemäß Streifenlasten > 100 kN/m bzw. Einzellasten > 250 kN) in die Geotechnische Kategorie GK 2 einzuordnen. Das vorliegende Gutachten ist daher nach DIN 4020 formal als Geotechnischer Entwurfsbericht einzustufen. Im Hinblick auf die seit Juli 2012 geltende europäische Grundbaunormung ergeben sich hieraus weitere Planungspflichten sowie Kontrollpflichten für die Bauausführung (siehe auch DIN EN 1997-1:2009-09 (EC 7-1), Kapitel 2.8 und 4).

Nach Vorlage weiterer Planungsdetails bzw. Überprüfung der angenommenen Höheneinstellungen und Lastannahmen (u. a. Vorgaben ans Setzungsverhalten, Einbindetiefen von Fundamenten) ist die Verbindlichkeit der in dem vorliegenden Entwurfsbericht ausgearbeiteten Empfehlungen zu prüfen. Für ergänzende Gründungsempfehlungen, z. B. für eine Tiefergründung oder zur Sicherung von Böschungen, sind ergänzende Erkundungen / Untersuchungen (z. B. schwere Rammsondierungen, Baggerschürfe) auszuführen, welche dann insgesamt in einem weiteren Geotechnischen Bericht (Endplanung) zusammengefasst werden müssen. Für die Bauphase ergeben sich Kontrollpflichten, z. B. in Form von Verdichtungskontrollen und Baugrundabnahmen.

Das Gutachten ist nur in seiner Gesamtheit gültig. Die Weitergabe des Gutachtens darf nur ungekürzt vorgenommen werden. Gegenüber Dritten besteht Haftungsausschluss.

Geonorm GmbH

Gießen, den 23.02.2023



Markus Riegels

Dipl. - Geologe, Geschäftsführer



Karsten Langguth

Dipl. - Geologe

11 ANLAGEN

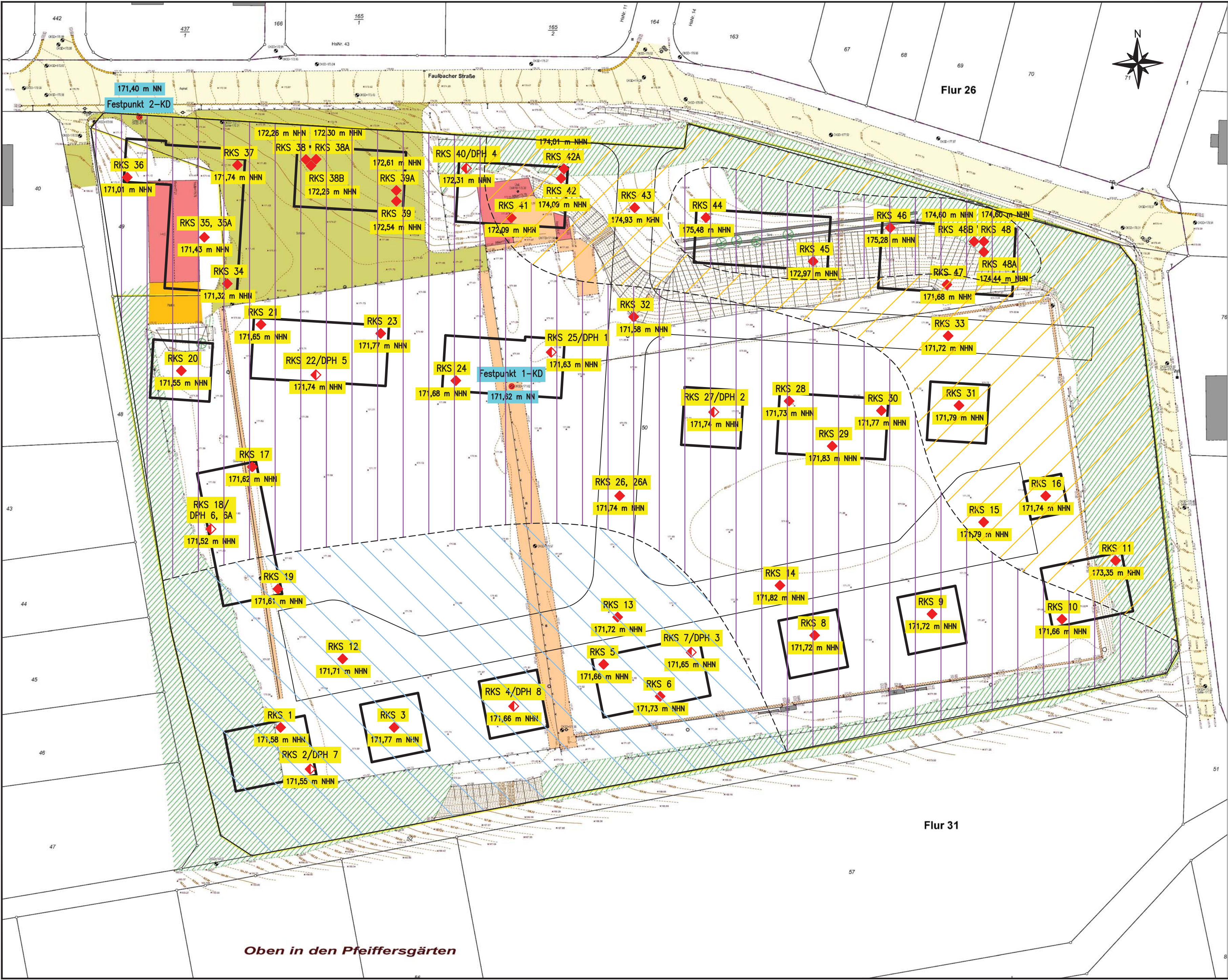
Anlage 1 Lageplan, M 1 : 500, mit Eintragung der Aufschlusspositionen

Anlage 2 Zeichnerische Darstellung der Sondierprofile nach DIN EN ISO 14688-1:2011-06
und der Sondierdiagramme der Rammsondierungen gemäß DIN EN ISO 22476-
2:2005

Anlage 3 Protokolle der bodenmechanischen Untersuchungen (Kornverteilung, Wasserge-
halt, Zustandsgrenzen)

Anlage 4 Protokolle der feldmechanische Untersuchungen (Versickerungsversuche)

Anlage 5 Laborberichte zu den Grundwasseruntersuchungen



- LEGENDE
- ◆ Rammkernsondierung mit Höhenwert
 - ◆ Rammkernsondierung und schwere Rammsondierung mit Höhenwert

Auffüllung

	< 1 m
	1 bis 3 m
	> 3 m

Geonorm

Ursulum 18 35396 Gießen Tel. 0641/94360-0 Fax 94360-40

Lageplan mit Eintragung
der Bohrpunkte

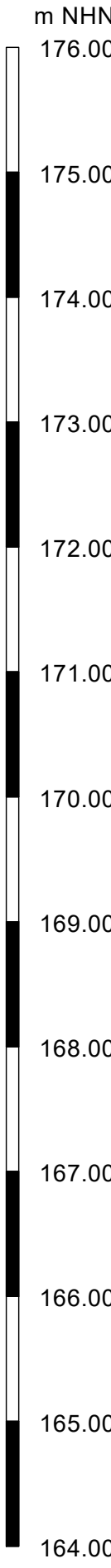
Projekt: Hadamar, Faulbacher Straße
(Wohnen in den Pfeiffersgärten)

Projekt-Nr.: 2022 14646 a 1

gezeichnet: 07.12.2022 van Duijn

geprüft:

Maßstab: 1 : 500 Anlage 1



Legende DPH (gilt nur für rollige Böden)

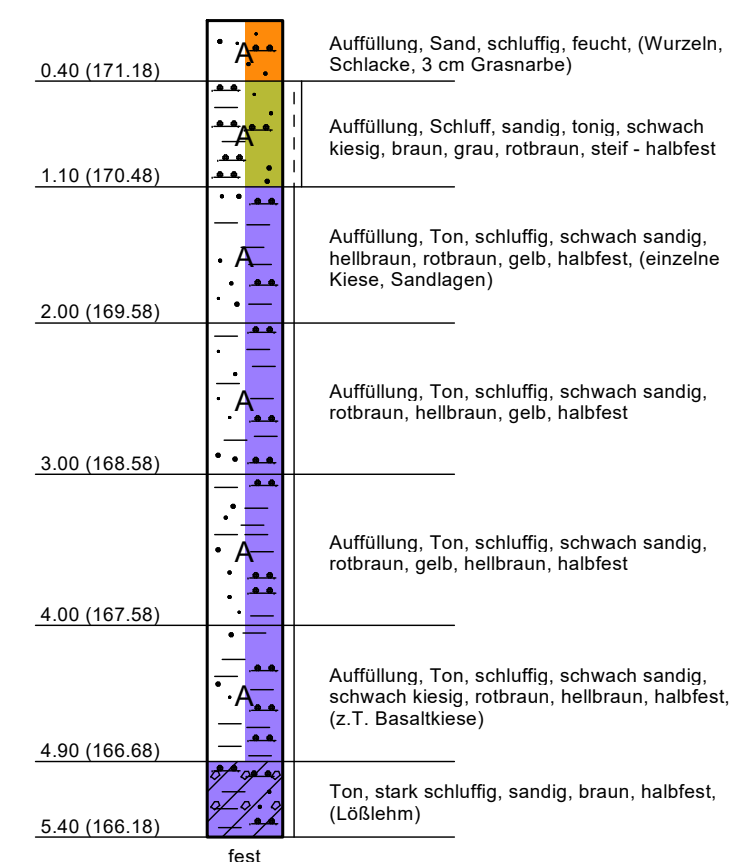
- sehr locker gelagert
- locker gelagert
- mitteldicht gelagert
- dicht gelagert
- sehr dicht gelagert

Legende

- halbfest
- steif - halbfest
- steif
- nass
- Auffüllung
- Kies
- Sand
- Schluff
- Ton

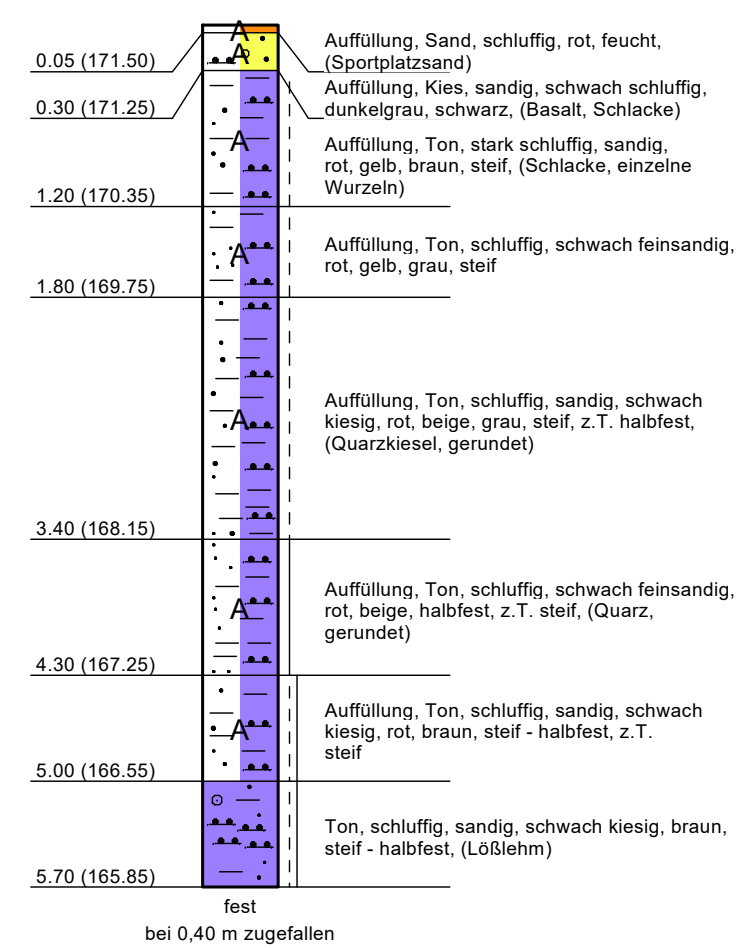
RKS 1

171,58 m NHN



RKS 2

171,55 m NHN

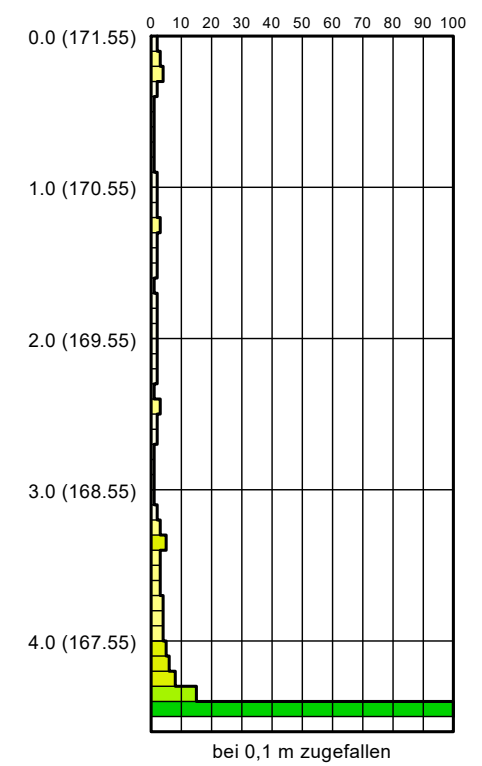


DPH 7

zu RKS 2

171,55 m NHN

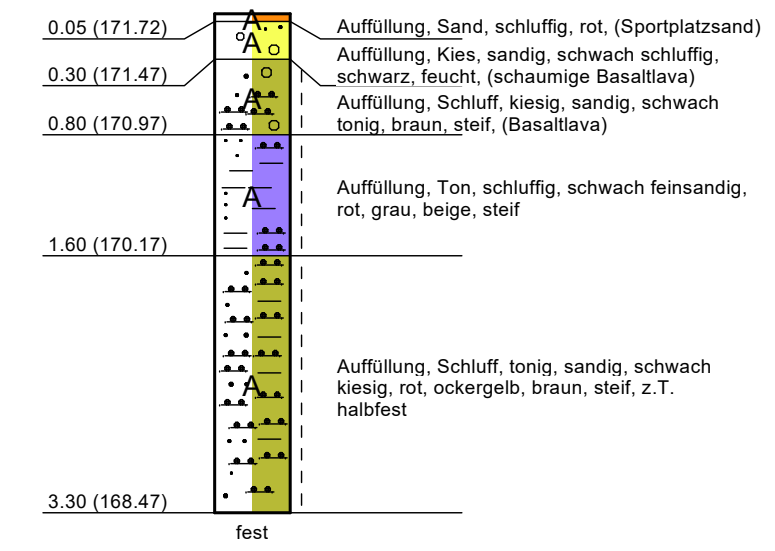
Schlagzahlen je 10 cm



Tiefe [m]	N ₁₀	Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	2	2.40	1
0.20	3	2.50	3
0.30	4	2.60	2
0.40	2	2.70	2
0.50	1	2.80	1
0.60	1	2.90	1
0.70	1	3.00	1
0.80	1	3.10	1
0.90	1	3.20	2
1.00	2	3.30	3
1.10	2	3.40	5
1.20	2	3.50	3
1.30	3	3.60	3
1.40	2	3.70	3
1.50	2	3.80	4
1.60	2	3.90	4
1.70	1	4.00	4
1.80	2	4.10	5
1.90	2	4.20	6
2.00	2	4.30	8
2.10	2	4.40	15
2.20	2	4.50	100
2.30	2		

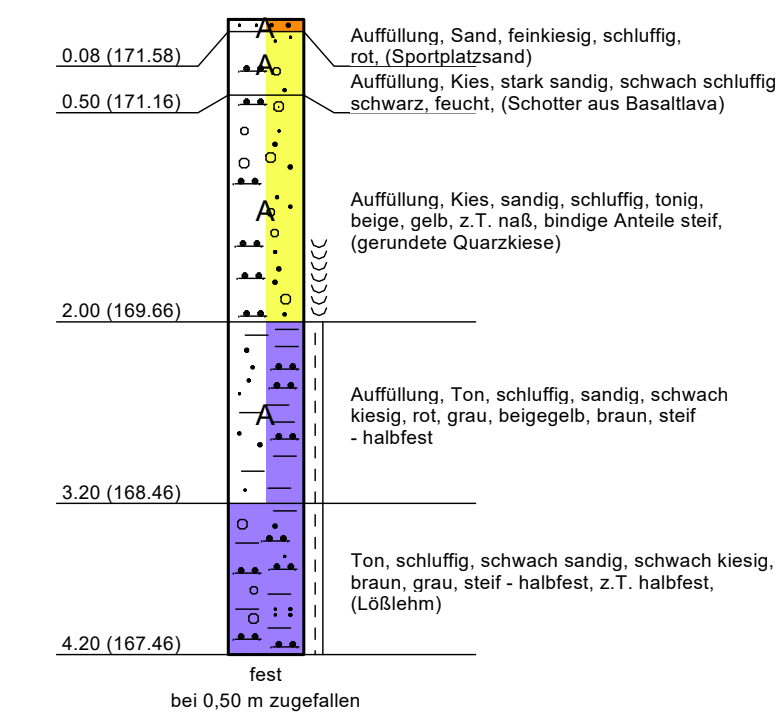
RKS 3

171,77 m NHN



RKS 4

171,66 m NHN

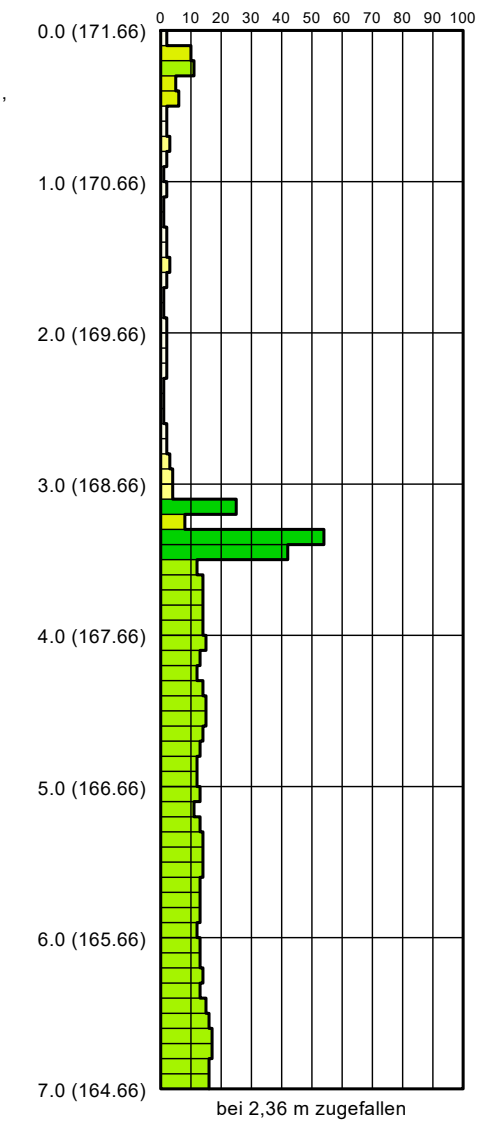


DPH 8

zu RKS 4

171,66 m NHN

Schlagzahlen je 10 cm



Tiefe [m]	N ₁₀	Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	2	3.60	12
0.20	10	3.70	14
0.30	11	3.80	14
0.40	5	3.90	14
0.50	6	4.00	14
0.60	2	4.10	15
0.70	2	4.20	13
0.80	3	4.30	12
0.90	2	4.40	14
1.00	1	4.50	15
1.10	2	4.60	15
1.20	1	4.70	14
1.30	1	4.80	13
1.40	2	4.90	12
1.50	2	5.00	12
1.60	3	5.10	13
1.70	2	5.20	11
1.80	1	5.30	13
1.90	1	5.40	14
2.00	2	5.50	14
2.10	2	5.60	14
2.20	2	5.70	13
2.30	2	5.80	13
2.40	1	5.90	13
2.50	1	6.00	12
2.60	1	6.10	13
2.70	2	6.20	13
2.80	2	6.30	14
2.90	3	6.40	13
3.00	4	6.50	15
3.10	4	6.60	16
3.20	25	6.70	17
3.30	8	6.80	17
3.40	54	6.90	16
3.50	42	7.00	16

Geonorm

Ursulum 18
35396 Gießen
Tel.: 0641/94360-0
Fax: 0641/94360-40

Projekt: Hadamar,
Faulbacher Straße
(Wohnen in den Pfeiffersgärten)

Projekt-Nr.: 2022 14646 a 1

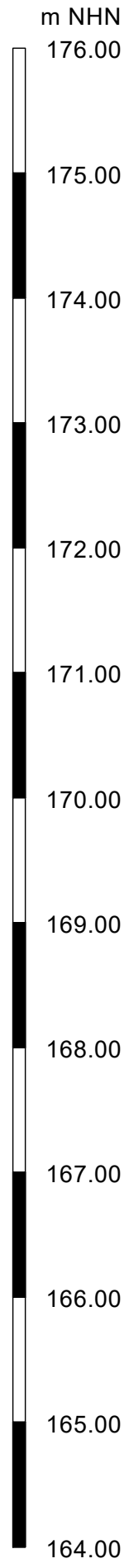
gezeichnet: 07.12.2022 van Duijn

geprüft:

Sp-Nr.: 14646a1-1

Anlage 2

Maßstab 1 : 50



Legende

2.45 (20.05.2020) GW - Ende Bohrarbeiten

2.45 (20.05.2020) GW - angetroffen

Legende DPH (gilt nur für rollige Böden)

sehr locker gelagert

locker gelagert

mitteldicht gelagert

dicht gelagert

sehr dicht gelagert

Legende

halbfest

steif - halbfest

steif

weich - steif

Auffüllung

Kies

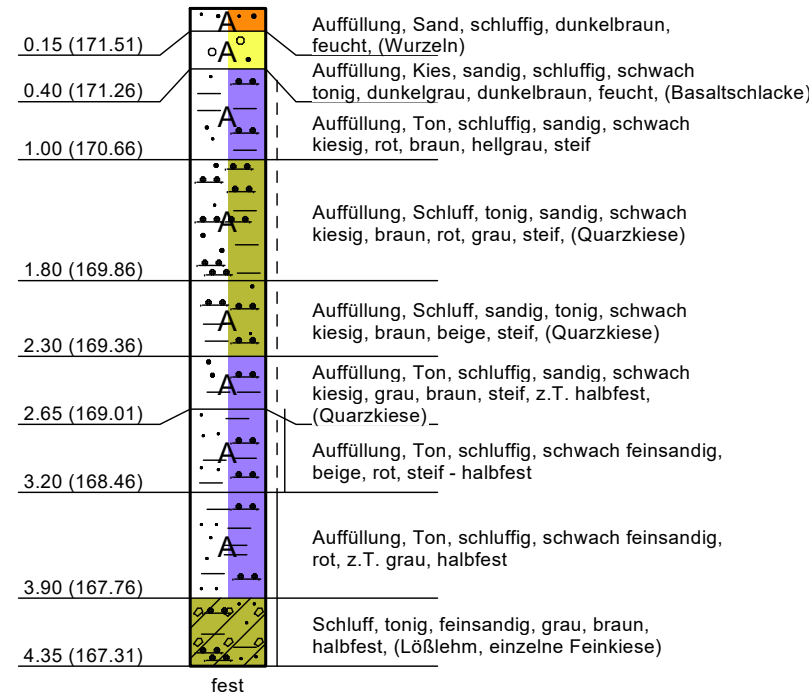
Sand

Schluff

Ton

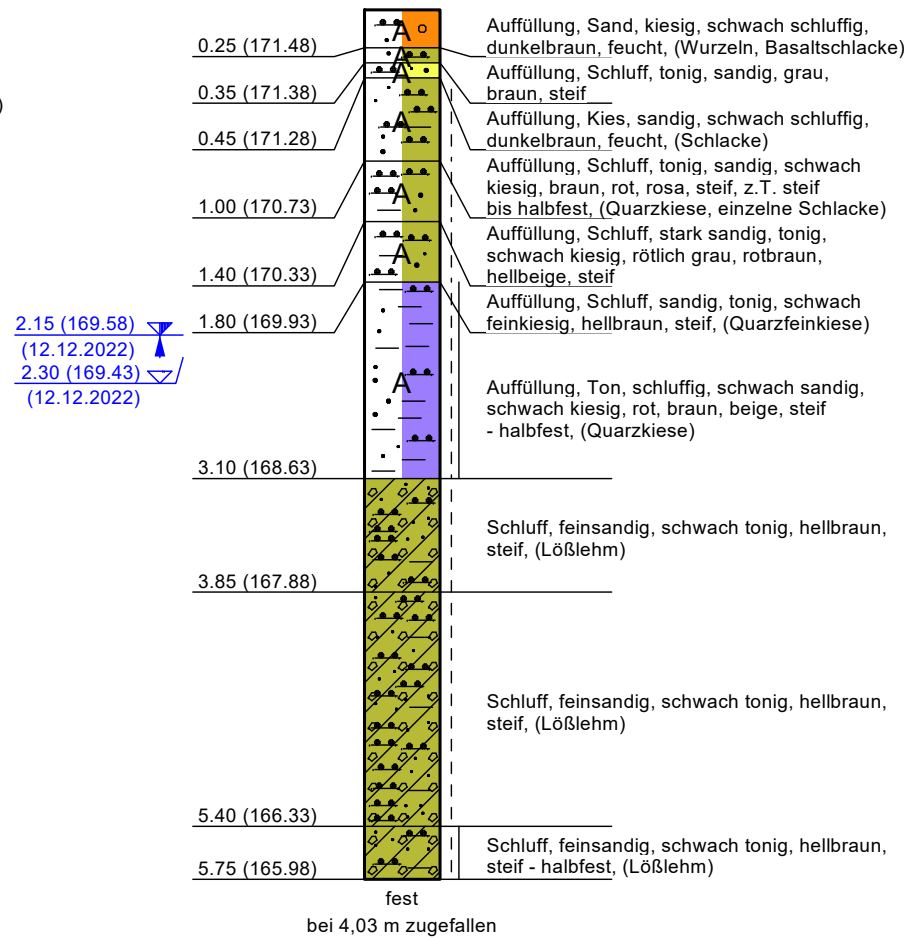
RKS 5

171,66 m NHN



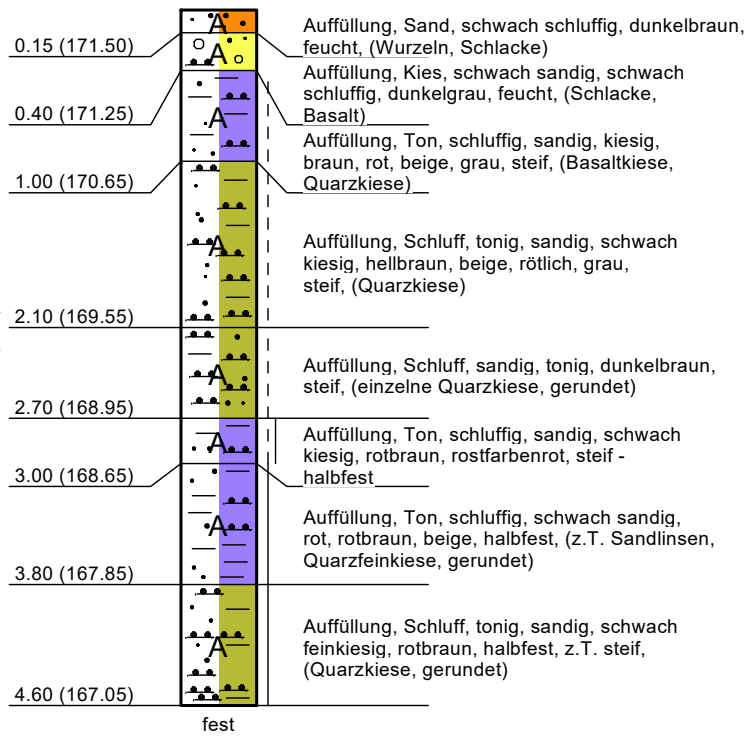
RKS 6

171,73 m NHN



RKS 7

171,65 m NHN

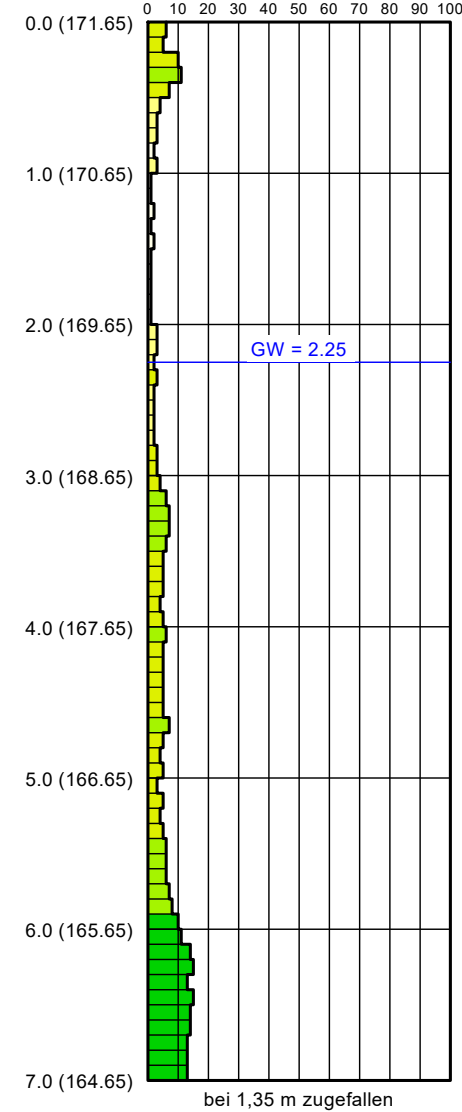


DPH 3

zu RKS 7

171,65 m NHN

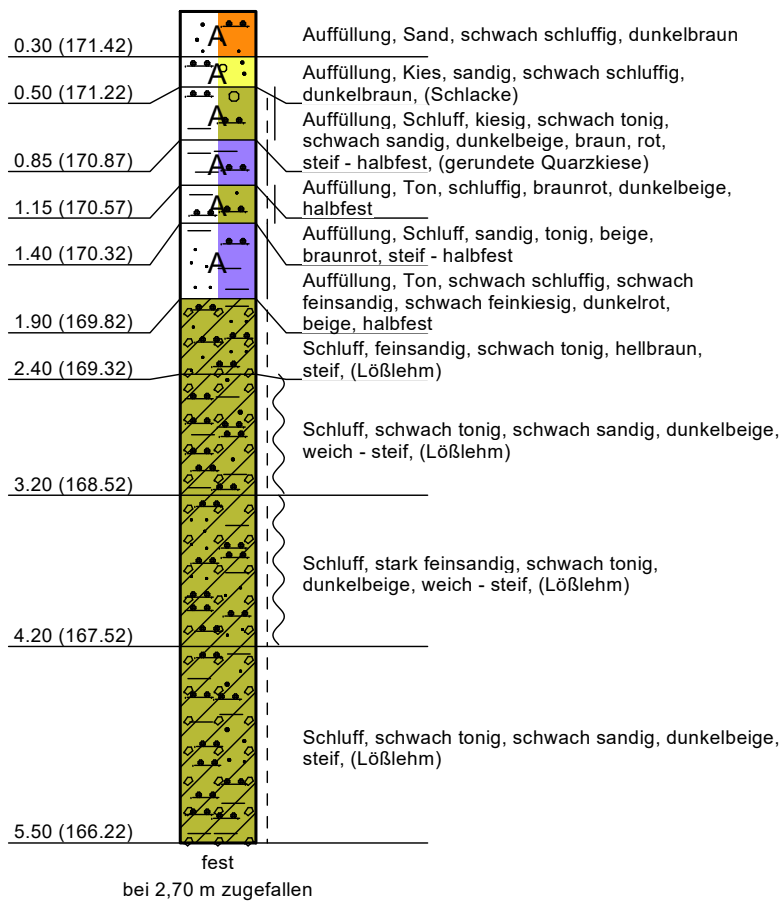
Schlagzahlen je 10 cm



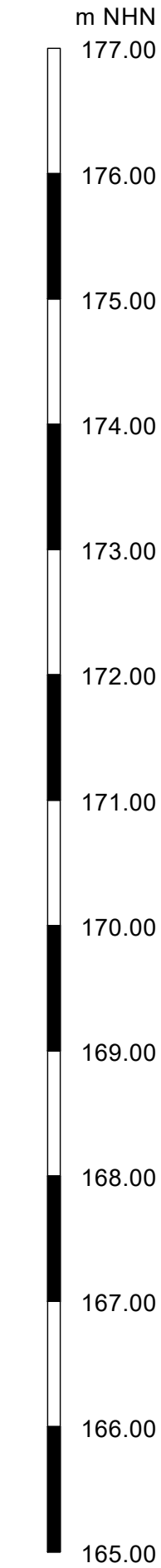
Tiefe [m]	N ₁₀	Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	6	3.60	5
0.20	5	3.70	5
0.30	10	3.80	5
0.40	11	3.90	4
0.50	7	4.00	5
0.60	4	4.10	6
0.70	3	4.20	5
0.80	3	4.30	5
0.90	2	4.40	5
1.00	3	4.50	5
1.10	1	4.60	5
1.20	1	4.70	7
1.30	2	4.80	5
1.40	1	4.90	4
1.50	2	5.00	5
1.60	1	5.10	3
1.70	1	5.20	5
1.80	1	5.30	4
1.90	1	5.40	5
2.00	1	5.50	6
2.10	3	5.60	6
2.20	3	5.70	6
2.30	2	5.80	7
2.40	3	5.90	8
2.50	2	6.00	10
2.60	2	6.10	11
2.70	2	6.20	14
2.80	2	6.30	15
2.90	3	6.40	13
3.00	3	6.50	15
3.10	4	6.60	14
3.20	6	6.70	14
3.30	7	6.80	13
3.40	7	6.90	13
3.50	6	7.00	13

RKS 8

171,72 m NHN

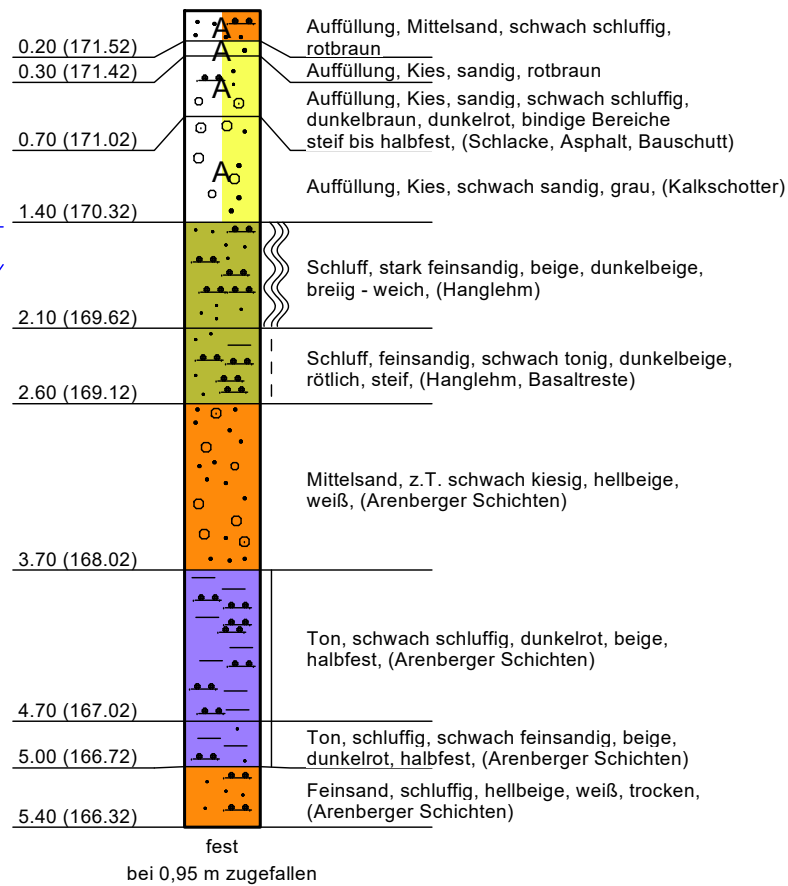


 Ursulum 18 35396 Gießen Tel.: 0641/94360-0 Fax: 0641/94360-40	Projekt: Hadamar, Faulbacher Straße (Wohnen in den Pfeiffersgärten)	gezeichnet: 07.12.2022	van Duijn
	Projekt-Nr.: 2022 14646 a 1	geprüft:	
		Maßstab 1 : 50	
		Sp-Nr.: 14646a1-2	Anlage 2



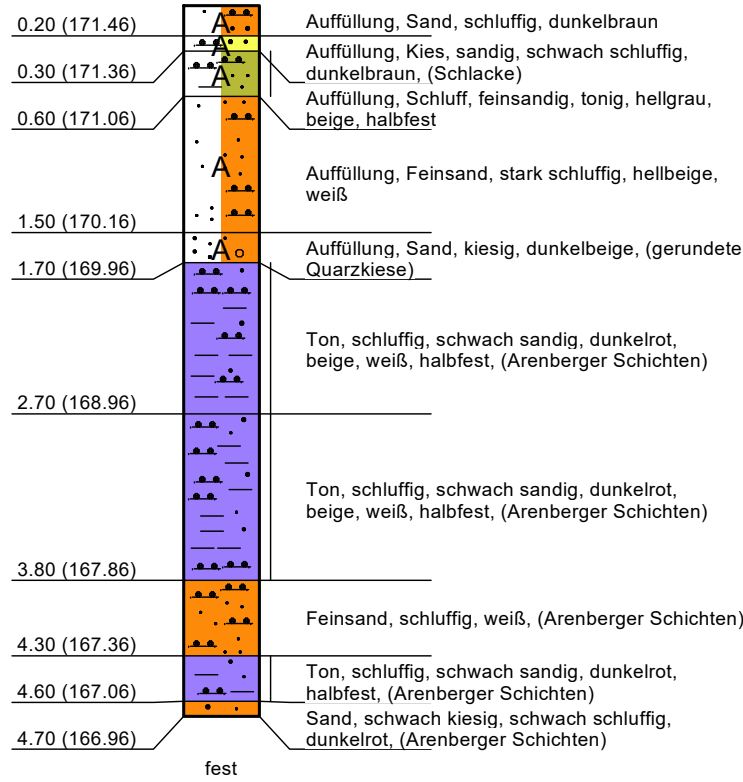
RKS 9

171,72 m NHN



RKS 10

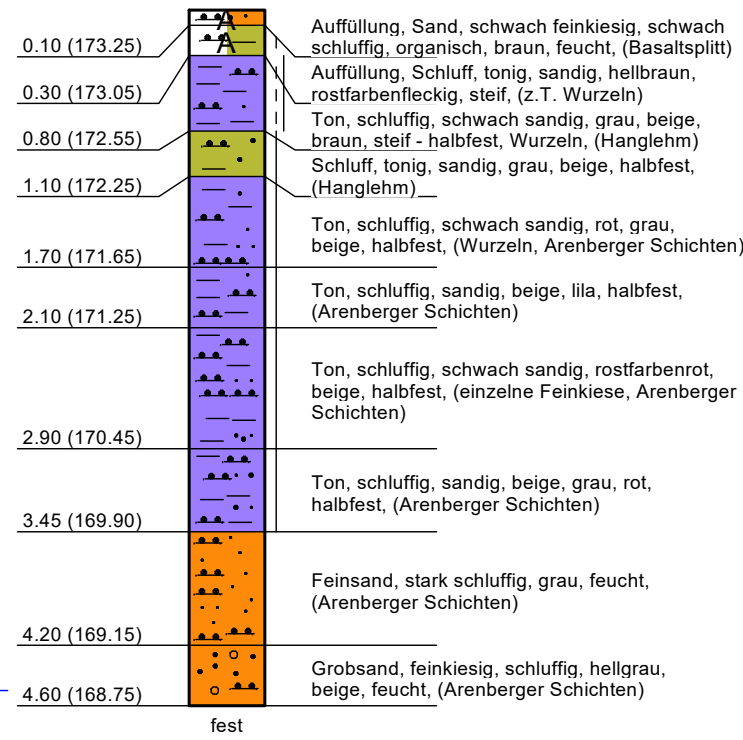
171,66 m NHN



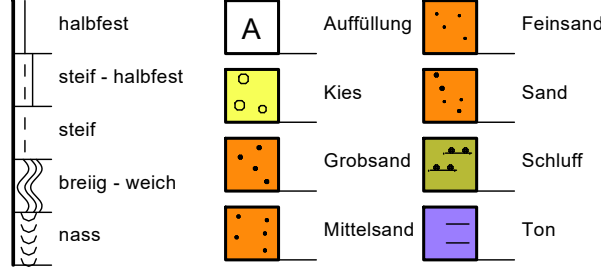
4.50 (168.85) (12.12.2022) GW - angetroffen

RKS 11

173,35 m NHN

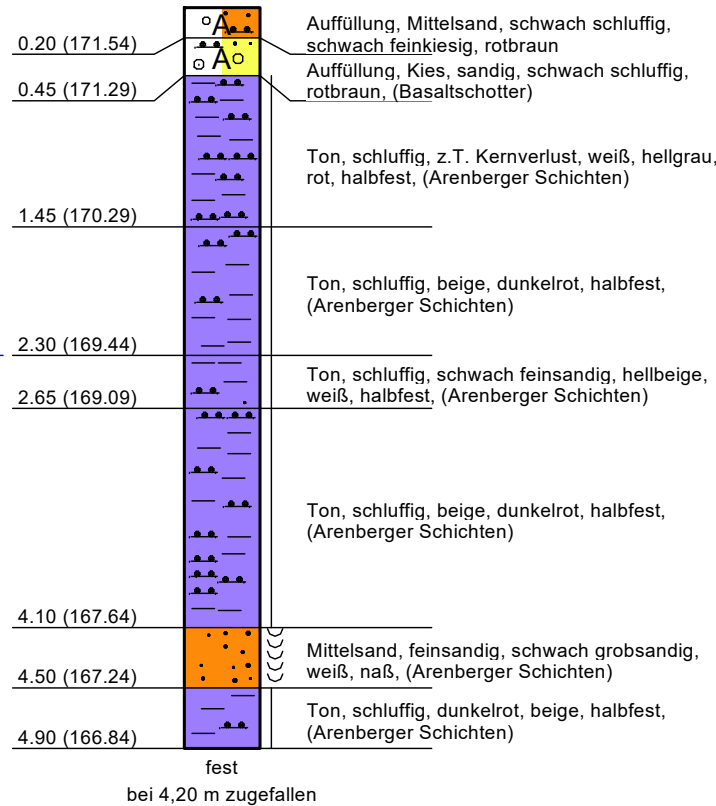


Legende



RKS 16

171,74 m NHN



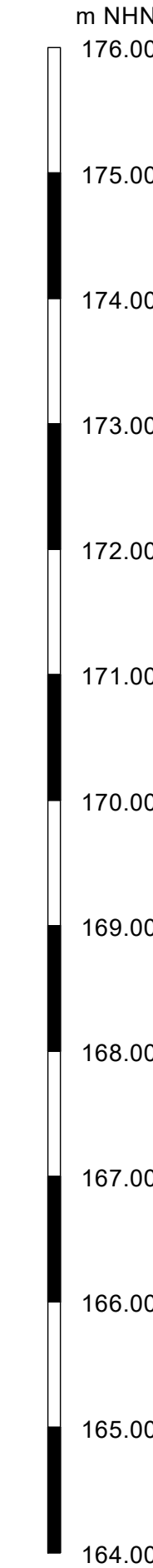
2.30 (169.44) (08.12.2022) GW - angetroffen



Ursulum 18
35396 Gießen
Tel.: 0641/94360-0
Fax: 0641/94360-40

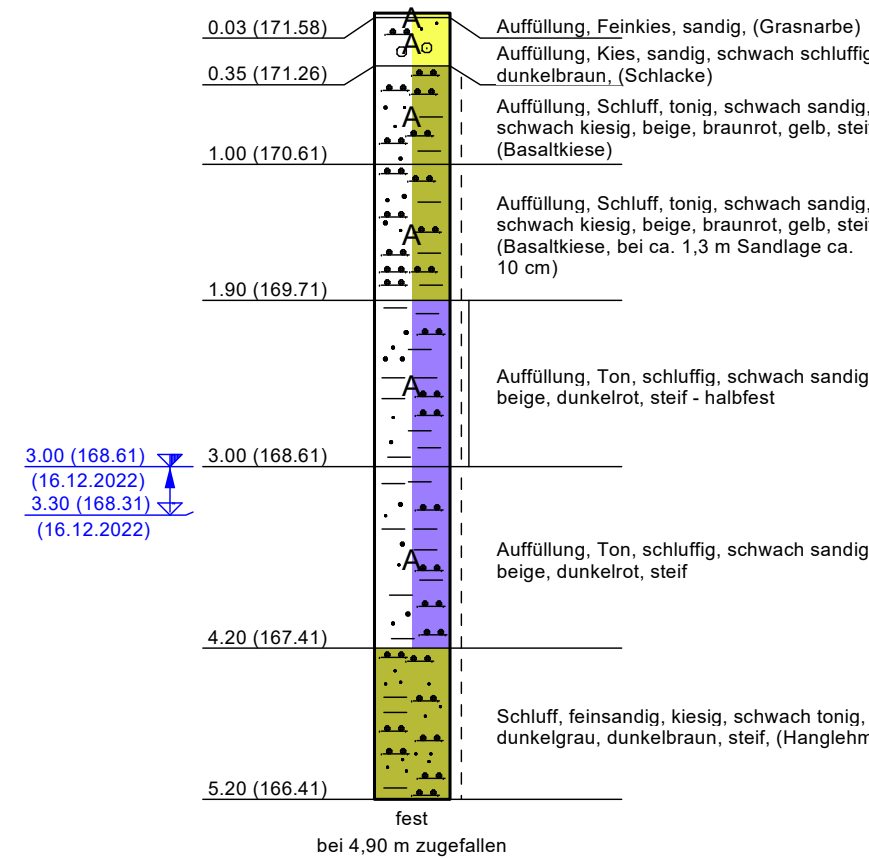
Projekt: Hadamar,
Faulbacher Straße
(Wohnen in den Pfeiffersgärten)
Projekt-Nr.: 2022 14646 a 1

gezeichnet:	07.12.2022	van Duijn
geprüft:		
Sp-Nr.: 14646a1-3	Maßstab 1 : 50 Anlage 2	



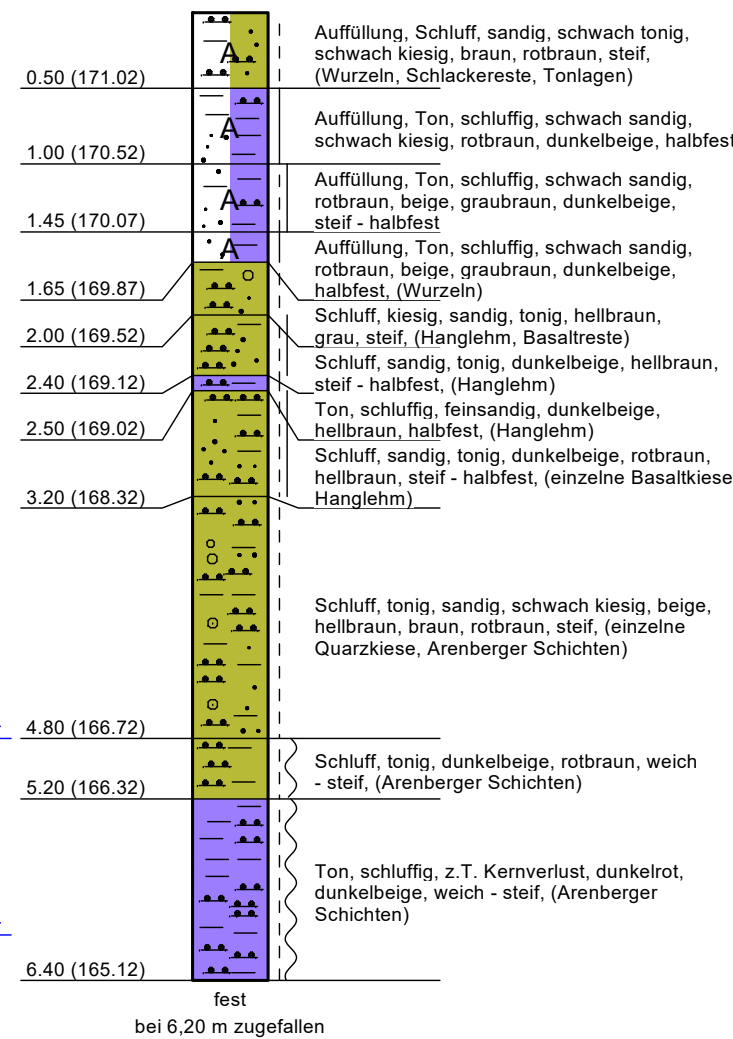
RKS 19

171,61 m NHN



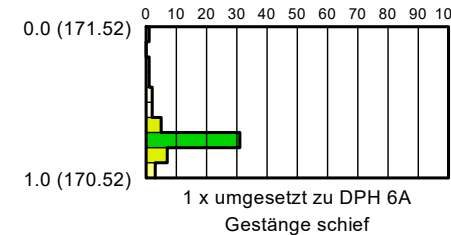
RKS 18

171,52 m NHN



DPH 6

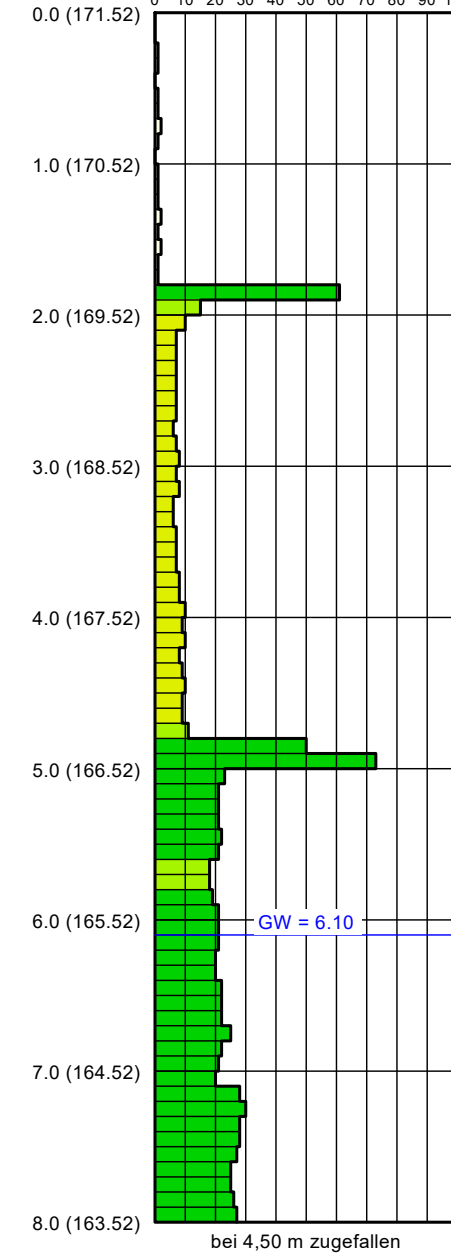
zu RKS 18
171,52 m NHN
Schlagzahlen je 10 cm



Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	1
0.20	0
0.30	1
0.40	1
0.50	2
0.60	2
0.70	5
0.80	31
0.90	7
1.00	3

DPH 6A

171,52 m NHN
Schlagzahlen je 10 cm



Tiefe [m]	N ₁₀	Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	0	4.10	9
0.20	0	4.20	10
0.30	1	4.30	8
0.40	1	4.40	9
0.50	0	4.50	10
0.60	1	4.60	9
0.70	1	4.70	9
0.80	2	4.80	11
0.90	1	4.90	50
1.00	0	5.00	73
1.10	1	5.10	23
1.20	1	5.20	21
1.30	1	5.30	21
1.40	2	5.40	21
1.50	1	5.50	22
1.60	2	5.60	21
1.70	1	5.70	18
1.80	1	5.80	18
1.90	61	5.90	19
2.00	15	6.00	21
2.10	10	6.10	21
2.20	7	6.20	21
2.30	7	6.30	20
2.40	7	6.40	20
2.50	7	6.50	22
2.60	7	6.60	22
2.70	7	6.70	22
2.80	6	6.80	25
2.90	7	6.90	22
3.00	8	7.00	21
3.10	7	7.10	20
3.20	8	7.20	28
3.30	6	7.30	30
3.40	6	7.40	28
3.50	7	7.50	28
3.60	7	7.60	27
3.70	7	7.70	25
3.80	8	7.80	25
3.90	8	7.90	26
4.00	10	8.00	27

Legende

2.45 (20.05.2020) GW - Ende Bohrarbeiten
2.45 (20.05.2020) GW - angetroffen

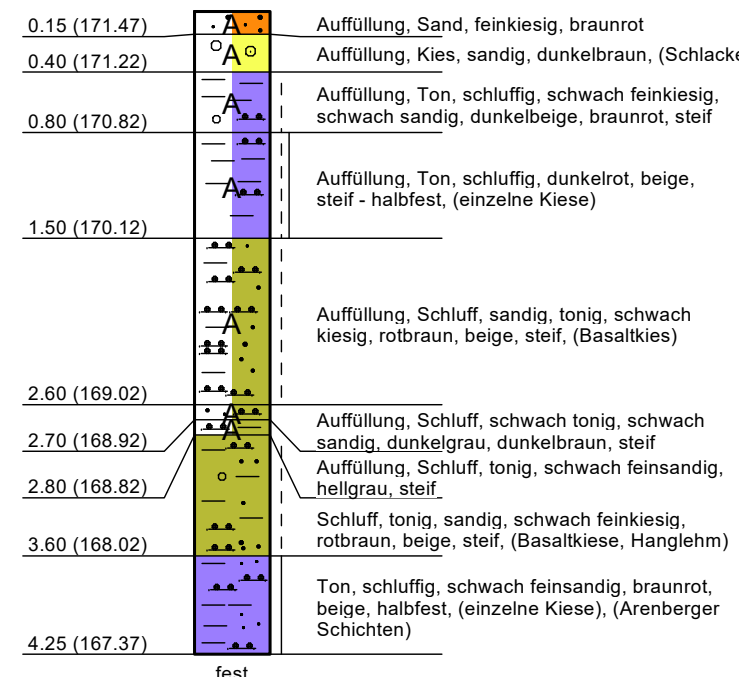
Legende DPH (gilt nur für rollige Böden)
sehr locker gelagert
locker gelagert
mitteldicht gelagert
dicht gelagert
sehr dicht gelagert

Legende

halbfest
steif - halbfest
steif
weich - steif
Auffüllung
Feinkies
Kies
Sand
Schluff
Ton

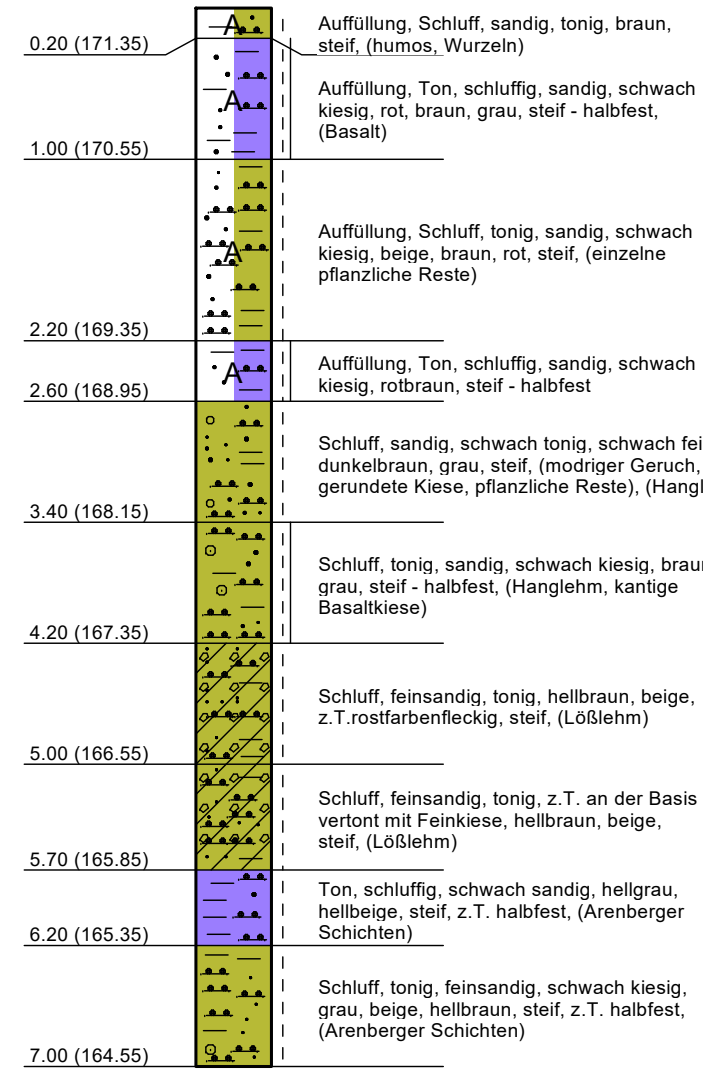
RKS 17

171,62 m NHN



RKS 20

171,55 m NHN



gezeichnet: 07.12.2022

van Duijn

geprüft:

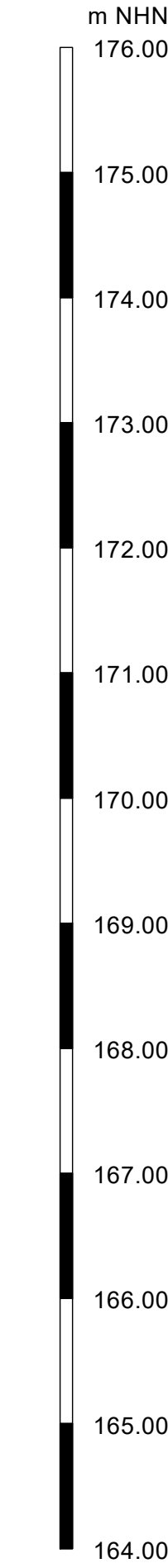
Maßstab 1 : 50

Sp-Nr.: 14646a1-4

Anlage 2

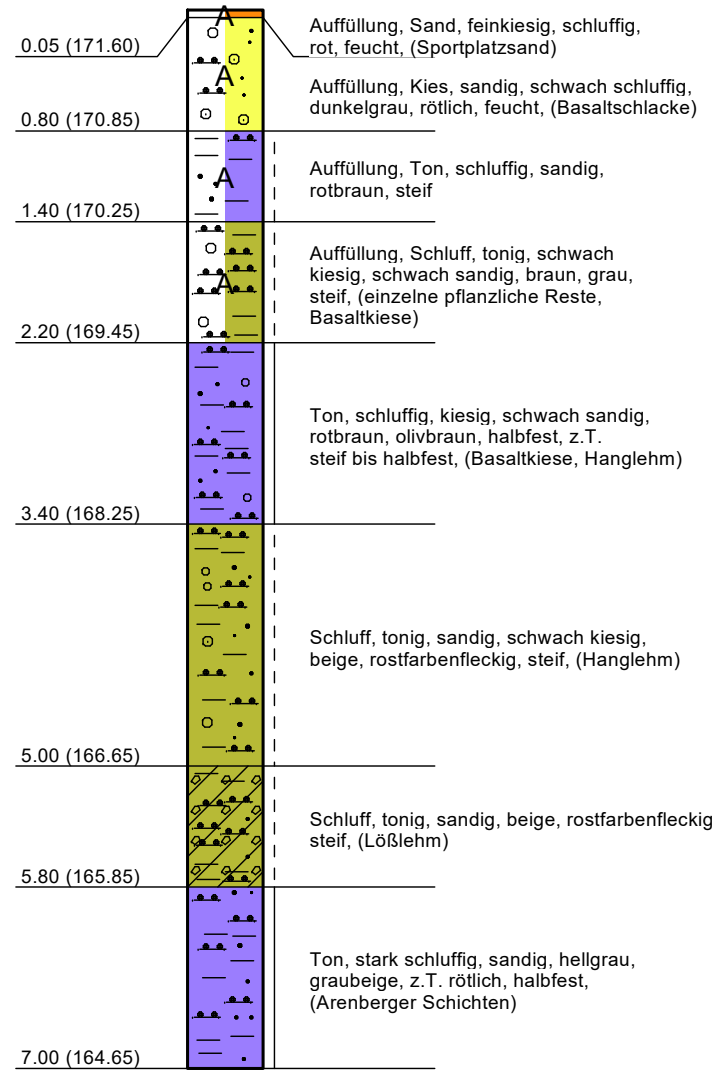
Projekt: Hadamar, Faulbacher Straße (Wohnen in den Pfeiffersgärten)
Projekt-Nr.: 2022 14646 a 1

Ursulum 18
35396 Gießen
Tel.: 0641/94360-0
Fax: 0641/94360-40



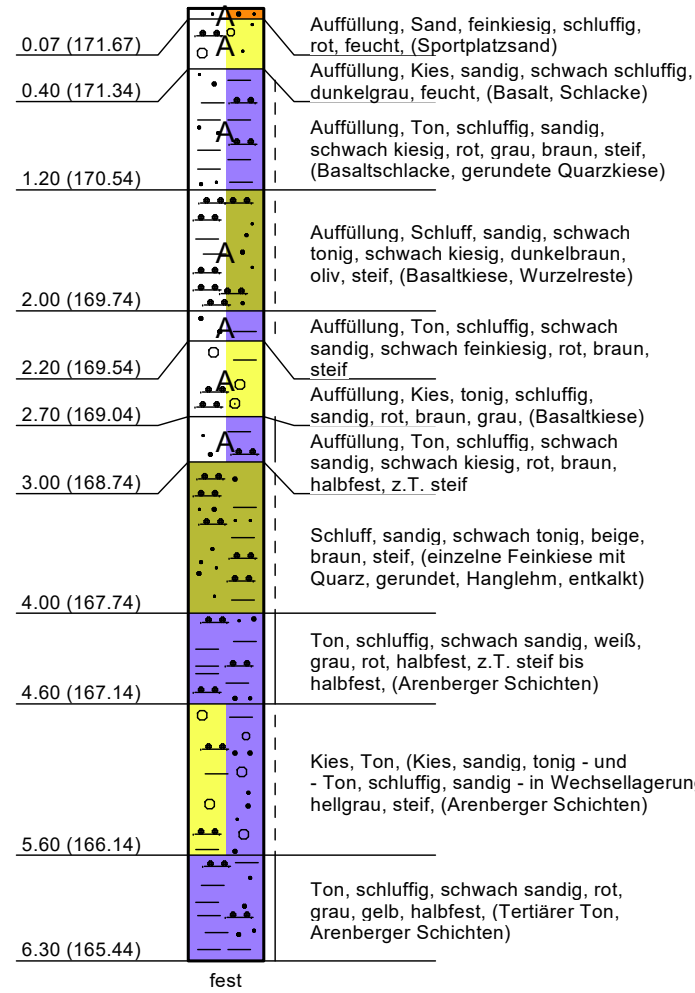
RKS 21

171,65 m NHN



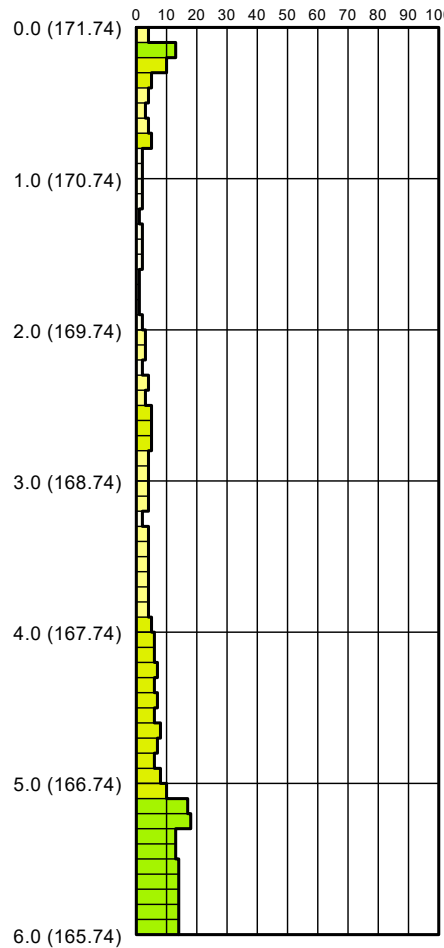
RKS 22

171,74 m NHN



DPH 5

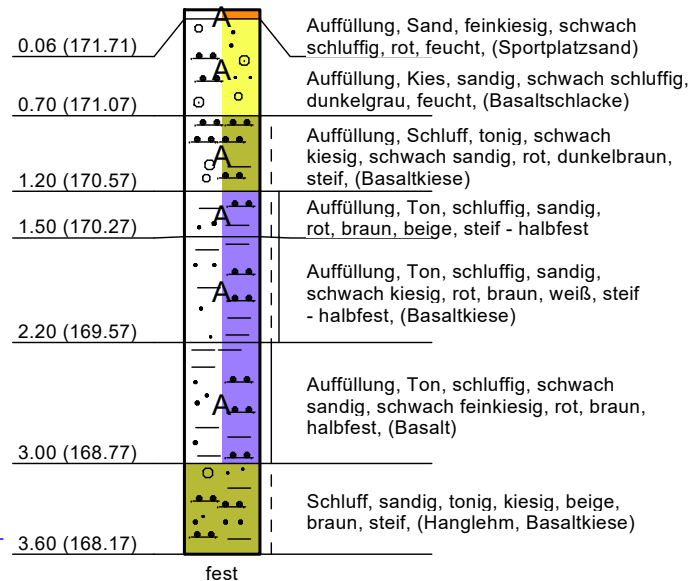
zu RKS 22
171,74 m NHN
Schlagzahlen je 10 cm



Tiefe [m]	N ₁₀	Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	4	3.10	4
0.20	13	3.20	4
0.30	10	3.30	2
0.40	5	3.40	4
0.50	4	3.50	4
0.60	3	3.60	4
0.70	4	3.70	4
0.80	5	3.80	4
0.90	2	3.90	4
1.00	2	4.00	5
1.10	2	4.10	6
1.20	2	4.20	6
1.30	1	4.30	7
1.40	2	4.40	6
1.50	2	4.50	7
1.60	2	4.60	6
1.70	1	4.70	8
1.80	1	4.80	7
1.90	1	4.90	6
2.00	2	5.00	8
2.10	3	5.10	10
2.20	3	5.20	17
2.30	2	5.30	18
2.40	4	5.40	13
2.50	3	5.50	13
2.60	5	5.60	14
2.70	5	5.70	14
2.80	5	5.80	14
2.90	4	5.90	14
3.00	4	6.00	14

RKS 23

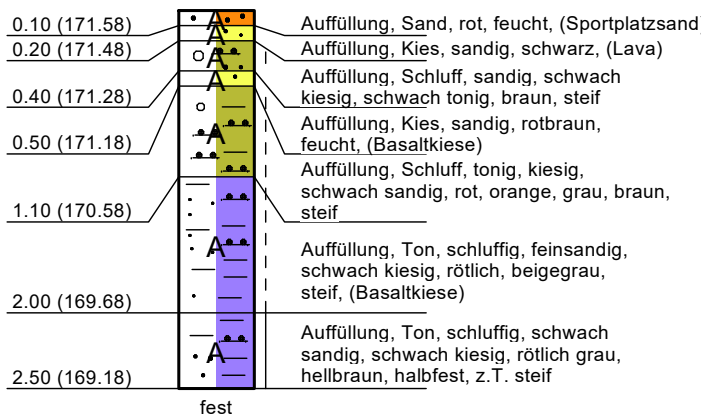
171,77 m NHN



3.50 (168.27) zu RKS 25
(05.12.2022)

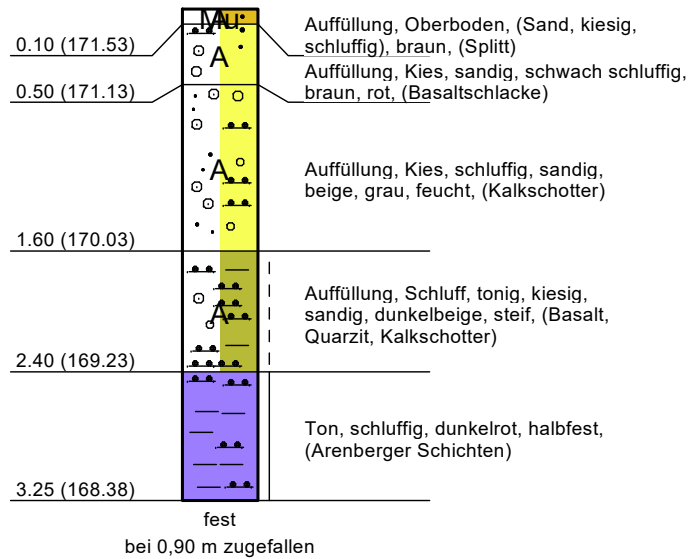
RKS 24

171,68 m NHN



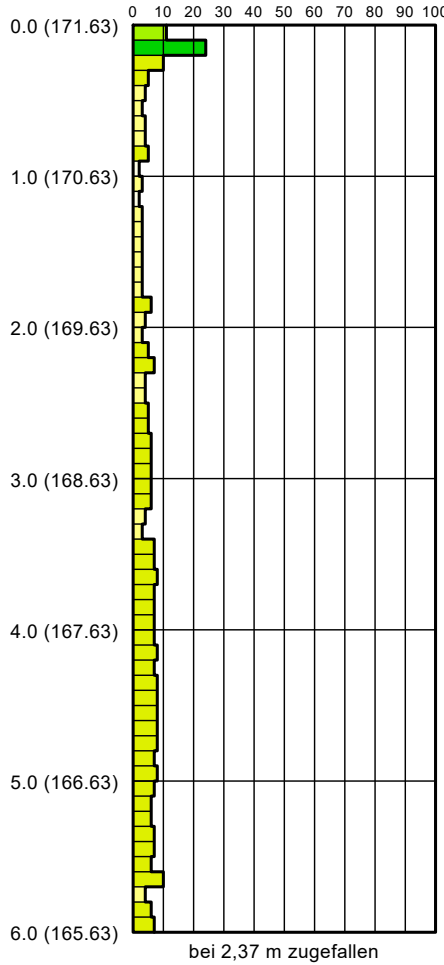
RKS 25

171,63 m NHN



DPH 1

zu RKS 25
171,63 m NHN
Schlagzahlen je 10 cm



Tiefe [m]	N ₁₀	Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	11	3.10	6
0.20	24	3.20	6
0.30	10	3.30	4
0.40	5	3.40	3
0.50	4	3.50	7
0.60	3	3.60	7
0.70	4	3.70	8
0.80	4	3.80	7
0.90	5	3.90	7
1.00	2	4.00	7
1.10	3	4.10	7
1.20	2	4.20	8
1.30	3	4.30	7
1.40	3	4.40	8
1.50	3	4.50	8
1.60	3	4.60	8
1.70	3	4.70	8
1.80	3	4.80	8
1.90	6	4.90	7
2.00	4	5.00	8
2.10	3	5.10	7
2.20	5	5.20	6
2.30	7	5.30	6
2.40	4	5.40	7
2.50	4	5.50	7
2.60	5	5.60	6
2.70	5	5.70	10
2.80	6	5.80	4
2.90	6	5.90	6
3.00	6	6.00	7

Legende

2.45 GW - Ende Bohrarbeiten
(20.05.2020)

Legende DPH (gilt nur für rollige Böden)
sehr locker gelagert
locker gelagert
mitteldicht gelagert
dicht gelagert
sehr dicht gelagert

Legende

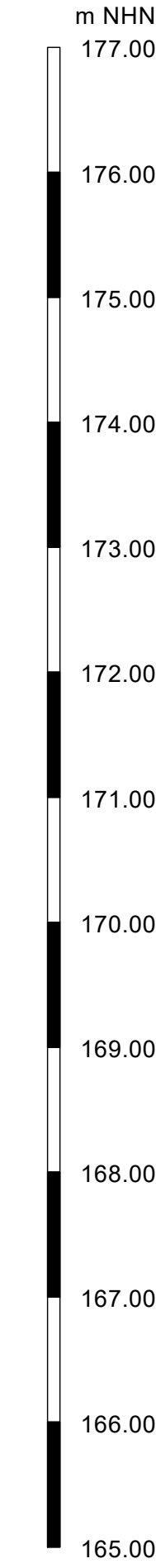
halbfest
steif - halbfest
steif
A Auffüllung
Mu Oberboden
Kies
Sand
Schluff
Ton



Ursulum 18
35396 Gießen
Tel.: 0641/94360-0
Fax: 0641/94360-40

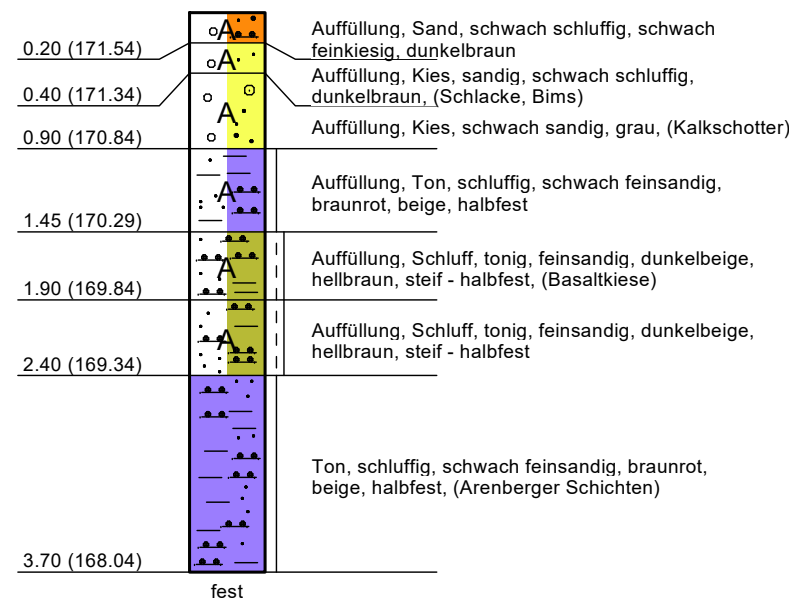
Projekt: Hadamar,
Faulbacher Straße
(Wohnen in den Pfeiffersgärten)
Projekt-Nr.: 2022 14646 a 1

gezeichnet: 07.12.2022 van Duijn
geprüft:
Sp-Nr.: 14646a1-5
Maßstab 1 : 50
Anlage 2



RKS 27

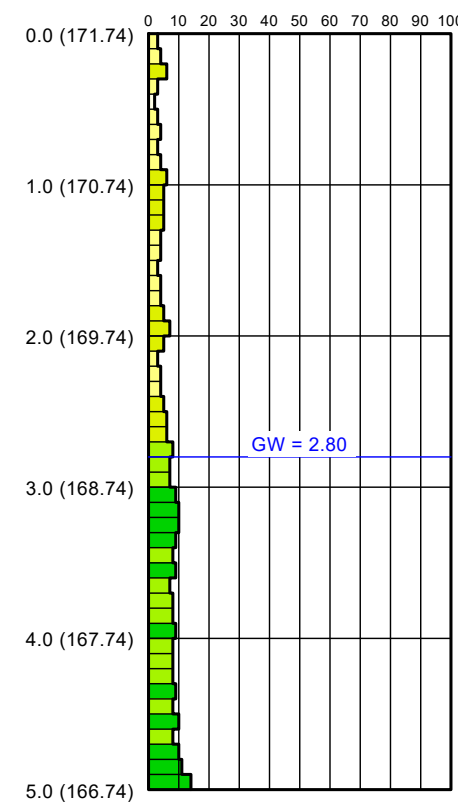
171,74 m NHN



DPH 2
zu RKS 27

171,74 m NHN

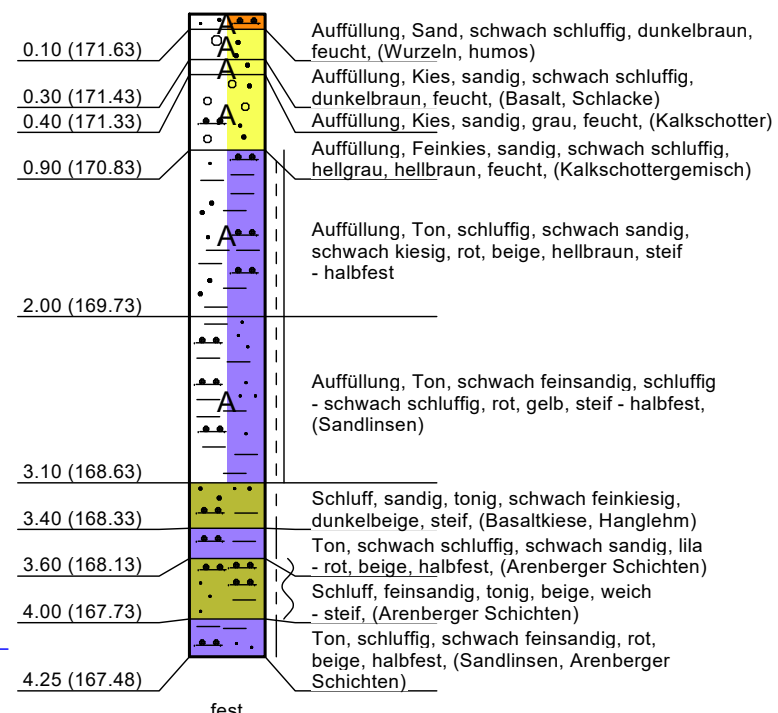
Schlagzahlen je 10 cm



Tiefe [m]	N ₁₀	Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	3	2.60	6
0.20	4	2.70	6
0.30	6	2.80	8
0.40	3	2.90	7
0.50	2	3.00	7
0.60	3	3.10	9
0.70	4	3.20	10
0.80	3	3.30	10
0.90	4	3.40	9
1.00	6	3.50	8
1.10	5	3.60	9
1.20	5	3.70	7
1.30	5	3.80	8
1.40	4	3.90	8
1.50	4	4.00	9
1.60	3	4.10	8
1.70	4	4.20	8
1.80	4	4.30	8
1.90	5	4.40	9
2.00	7	4.50	8
2.10	5	4.60	10
2.20	3	4.70	8
2.30	4	4.80	10
2.40	4	4.90	11
2.50	5	5.00	14

RKS 28

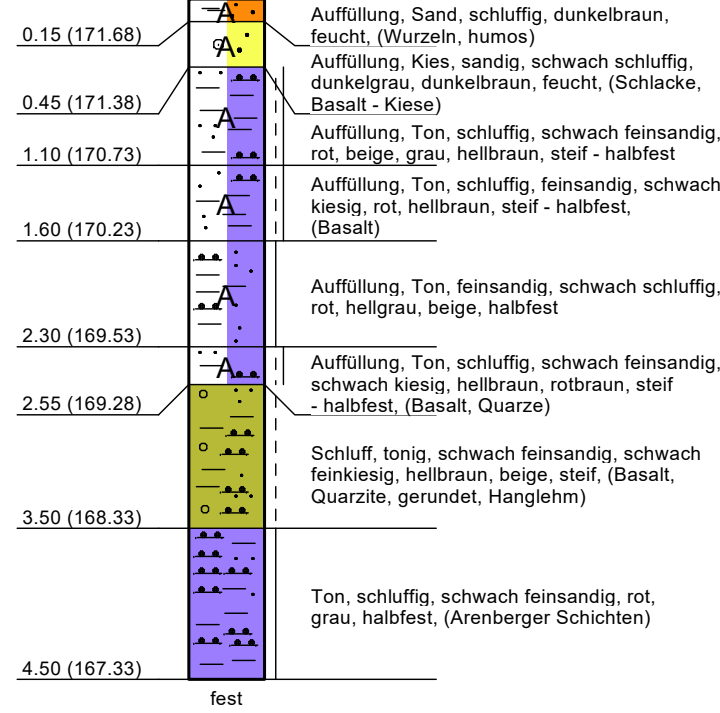
171,73 m NHN



4.20 (167.53)
(13.12.2022)

RKS 29

171,83 m NHN



Legende

2.45 (20.05.2020) GW - Ende Bohrarbeiten
2.45 (20.05.2020) GW - angetroffen

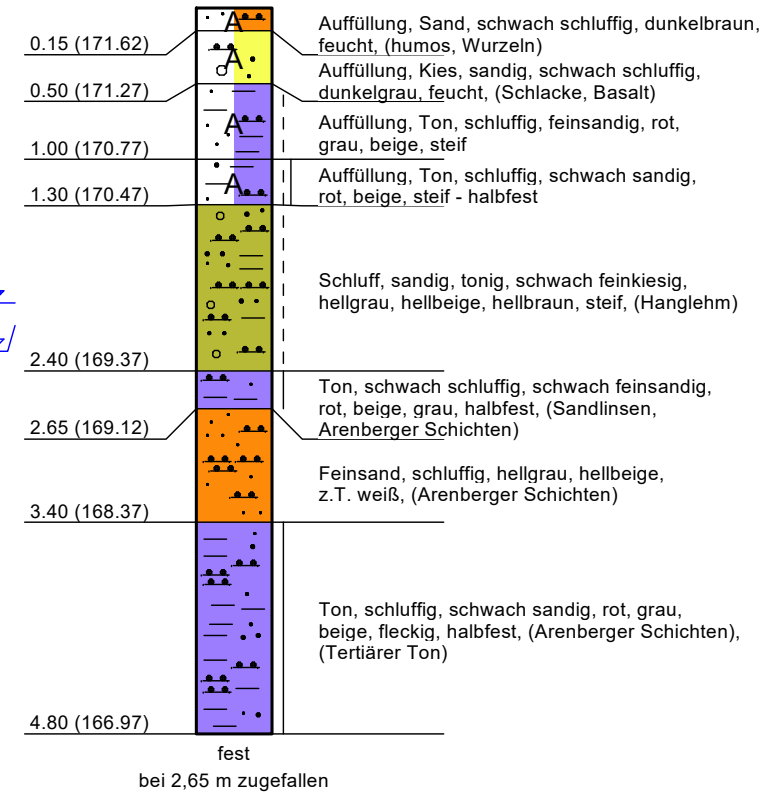
Legende DPH (gilt nur für rollige Böden)
sehr locker gelagert
locker gelagert
mitteldicht gelagert
dicht gelagert
sehr dicht gelagert

Legende

halbfest
steif - halbfest
steif
weich - steif
A Auffüllung
Feinkies
Kies
Feinsand
Sand
Schluff
Ton

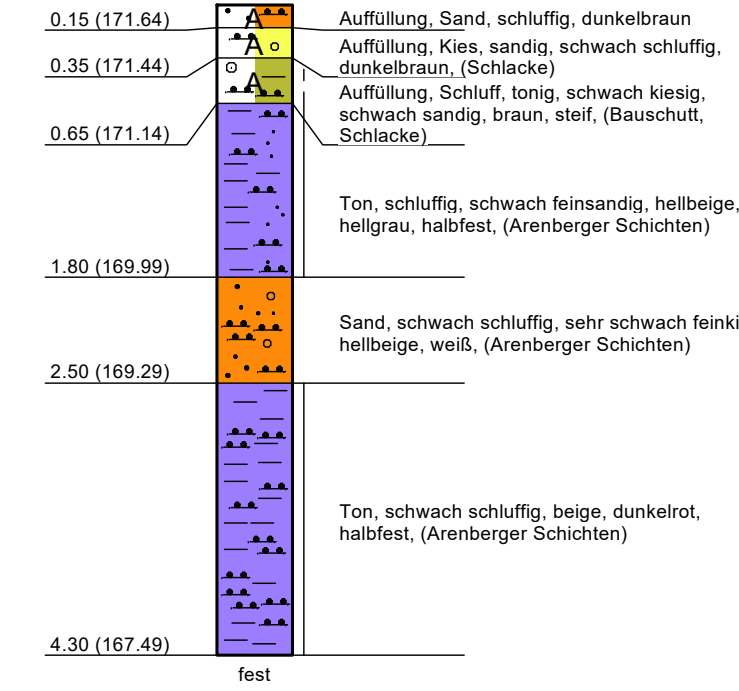
RKS 30

171,77 m NHN



RKS 31

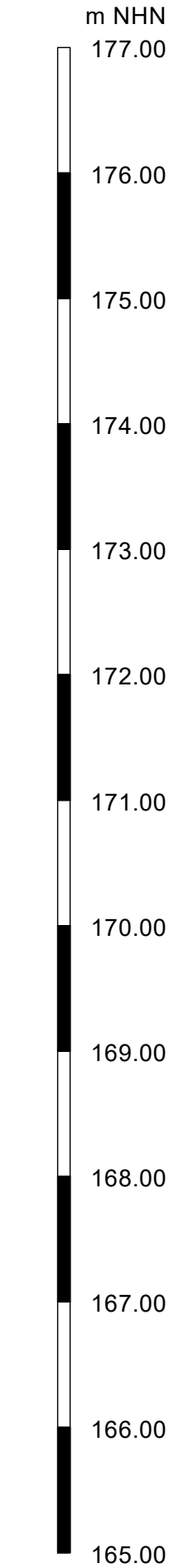
171,79 m NHN



Ursulum 18
35396 Gießen
Tel.: 0641/94360-0
Fax: 0641/94360-40

Projekt: Hadamar,
Faulbacher Straße
(Wohnen in den Pfeiffersgärten)
Projekt-Nr.: 2022 14646 a 1

gezeichnet: 07.12.2022 van Duijn
geprüft:
Sp-Nr.: 14646a1-6
Anlage 2
Maßstab 1 : 50



Legende

2.45
(20.05.2020)

2.45
(20.05.2020)

GW - Ende Bohrarbeiten

GW - angetroffen

Legende

halbfest

steif - halbfest

steif

weich

A

Mu

o

Auffüllung

Oberboden

Kies

Sand

Schluff

Ton

RKS 36

171,01 m NHN

Depth (m)	Soil Description
0.40 (170.61)	Auffüllung, Oberboden, (Schluff, feinsandig, schwach tonig), braun, steif, (Betonbruch)
0.80 (170.21)	Auffüllung, Schluff, feinsandig, schwach tonig, braun, steif
1.70 (169.31)	Schluff, feinsandig, schwach tonig, hellbraun, halbfest, (Hanglehm)

fest auf Basalt

RKS 37

171,74 m NHN

Depth (m)	Soil Description
0.20 (171.54)	Auffüllung, Sand, feinkiesig, z.T. kiesig, grau, dunkelgrau
0.50 (171.24)	Auffüllung, Schluff, feinsandig, schwach tonig, hellbraun, braun, halbfest, (Basalt)
0.80 (170.94)	Auffüllung, Schluff, feinsandig, braun, halbfest
1.20 (170.54)	Auffüllung, Schluff, feinsandig, schwach tonig, dunkelbeige, steif - halbfest
1.90 (169.84)	Auffüllung, Schluff, tonig, feinsandig, dunkelbeige, grau, dunkeloliv, steif
2.30 (169.44)	Schluff, tonig, feinsandig, schwach kiesig, grau, dunkeloliv, braun, hellgrau, weiß, steif, z.T. steif bis halbfest, (Hanglehm, z.T. zerbohrte Basaltgerölle)
3.00 (168.74)	Ton, schluffig, schwach feinsandig - feinsandig, hellbeige, rosa, hellgrau, weiß, rot, halbfest, (Arenberger Schichten)
3.50 (168.24)	Ton, schluffig, feinsandig, z.T. feinkiesig, rot, weiß, halbfest, (Arenberger Schichten)

fest

RKS 35

171,43 m NHN

Depth (m)	Soil Description
0.20 (171.23)	Auffüllung, Oberboden, (Schluff, sandig, schwach tonig, schwach kiesig), dunkelbraun, steif
0.75 (170.68)	Auffüllung, Schluff, sandig, kiesig, schwach tonig, braun, steif, (Betonbruch)
2.00 (169.43)	Schluff, sandig, tonig, schwach kiesig, braun, steif, (Hanglehm)
2.15 (169.28)	Schluff, sandig, tonig, schwach kiesig, dunkelbeige, steif, (Basaltkies, Hanglehm)

fest
1 x umgesetzt zu RKS 35A

RKS 35A

171,43 m NHN

Depth (m)	Soil Description
0.30 (171.13)	Auffüllung, Oberboden, (Schluff, sandig, schwach tonig, schwach kiesig), braun, steif
0.80 (170.63)	Auffüllung, Schluff, tonig, sandig, dunkelbeige, braunrot, steif - halbfest
1.50 (169.93)	Schluff, sandig, schwach tonig, schwach kiesig, hellbraun, steif, (Hanglehm)
2.10 (169.33)	Schluff, tonig, sandig, schwach kiesig, dunkelbeige, (Hanglehm, Basaltkiese)

fest
bei 0,90 m zugefallen

RKS 34

171,32 m NHN

Depth (m)	Soil Description
0.30 (171.02)	Auffüllung, Kies, sandig, schwach schluffig, grau, braun, (ca. 10 cm oben Wurzeln)
1.00 (170.32)	Auffüllung, Ton, schluffig, schwach feinsandig, rosa, beige, rotbraun, steif, (einzelne Feinkiese)
1.60 (169.72)	Auffüllung, Schluff, feinsandig, schwach tonig, dunkelgrau, grau, weich, z.T. weich bis steif, (Ziegel, Wurzeln, pflanzliche Reste)
2.30 (169.02)	Auffüllung, Schluff, tonig, feinsandig, graubraun, steif, (einzelne Kiese, Basaltgerölle)
2.75 (168.57)	Ton, schluffig, feinsandig, schwach kiesig, grau, braun, weiß, steif, z.T. halbfest, (Arenberger Schichten)

fest

File: F:\Projekt2022\14646a1\14646a1_CAD---Lageplan und Bohrprofile\14646a1_7.bop

Geonorm

Ursulum 18
35396 Gießen
Tel.: 0641/94360-0
Fax: 0641/94360-40

Projekt: Hadamar,
Faulbacher Straße
(Wohnen in den Pfeiffersgärten)

Projekt-Nr.: 2022 14646 a 1

gezeichnet: 07.12.2022

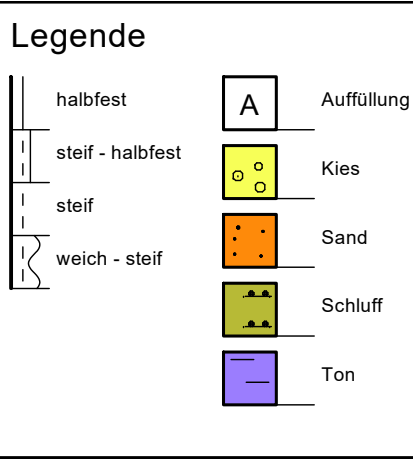
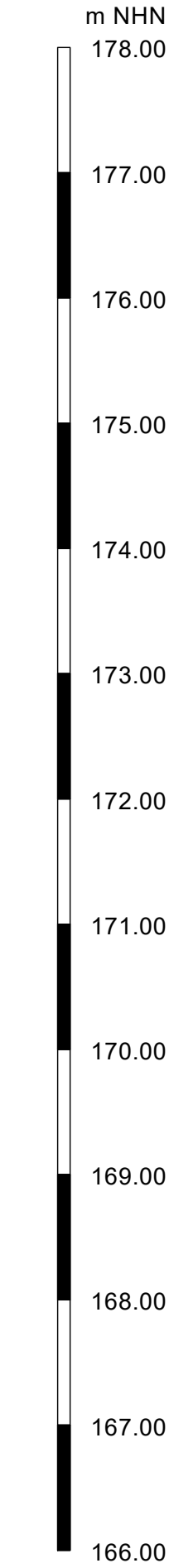
geprüft:

Sp-Nr.: 14646a1-7

van Duijn

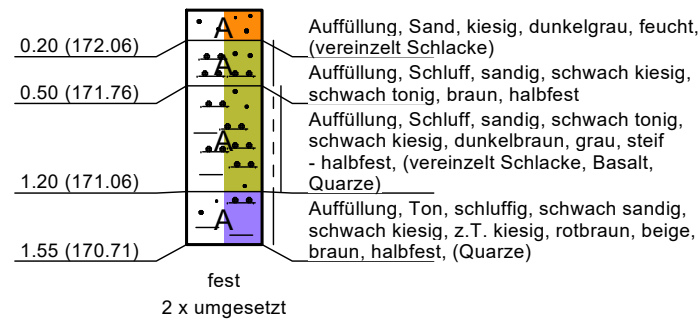
Anlage 2

Maßstab 1 : 50



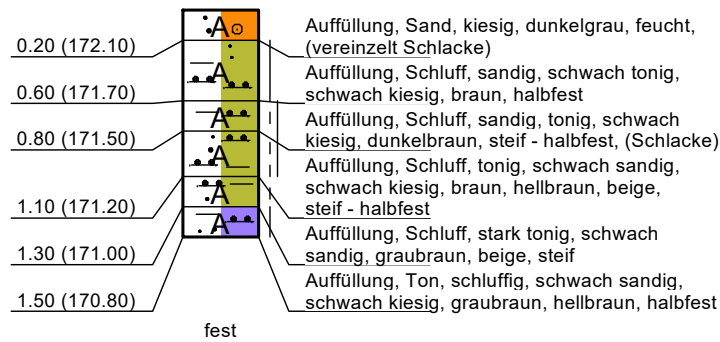
RKS 38

172,26 m NHN



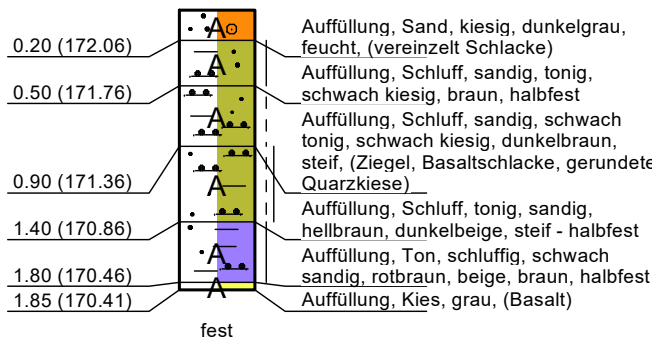
RKS 38A

172,30 m NHN



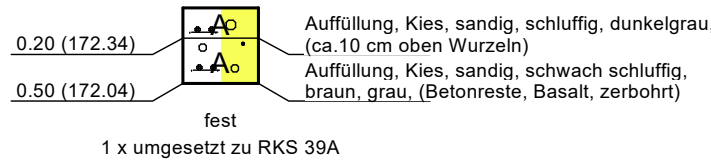
RKS 38B

172,26 m NHN



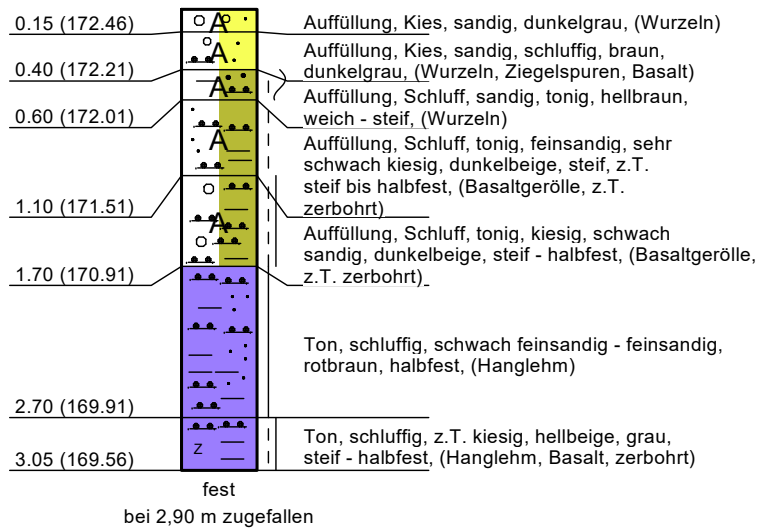
RKS 39

172,54 m NHN

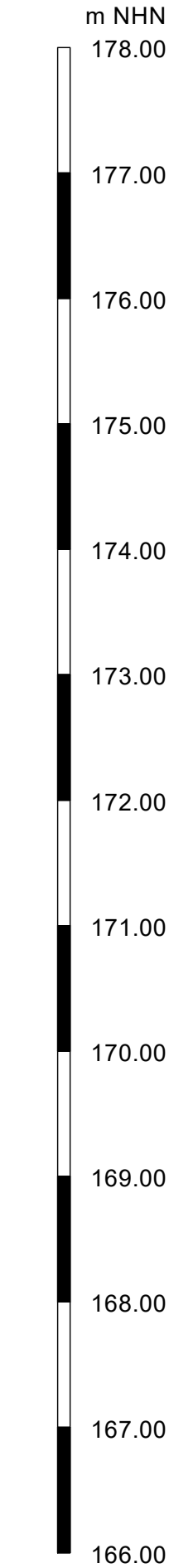


RKS 39A

172,61 m NHN

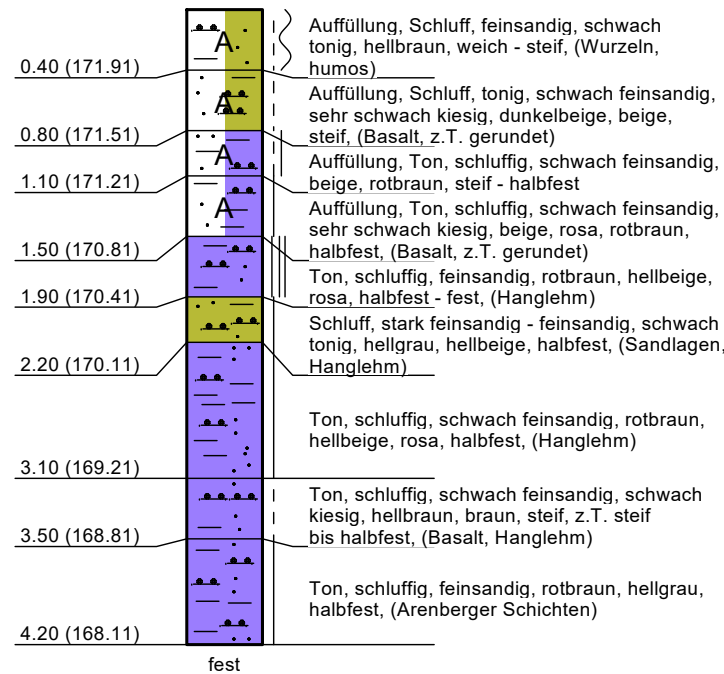


 Ursulum 18 35396 Gießen Tel.: 0641/94360-0 Fax: 0641/94360-40	Projekt: Hadamar, Faulbacher Straße (Wohnen in den Pfeiffersgärten) Projekt-Nr.: 2022 14646 a 1	gezeichnet:	07.12.2022	van Duijn
		geprüft:		
		Maßstab 1 : 50		
		Sp-Nr.: 14646a1-8	Anlage 2	



RKS 40

172,31 m NHN

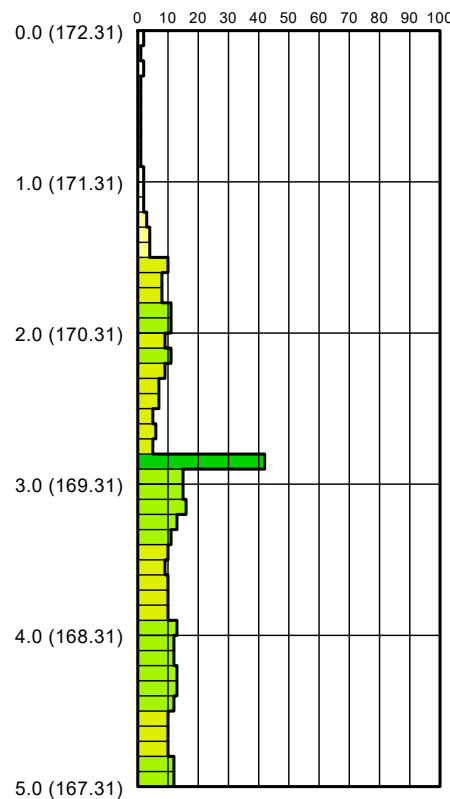


DPH 4

zu RKS 40

172,31 m NHN

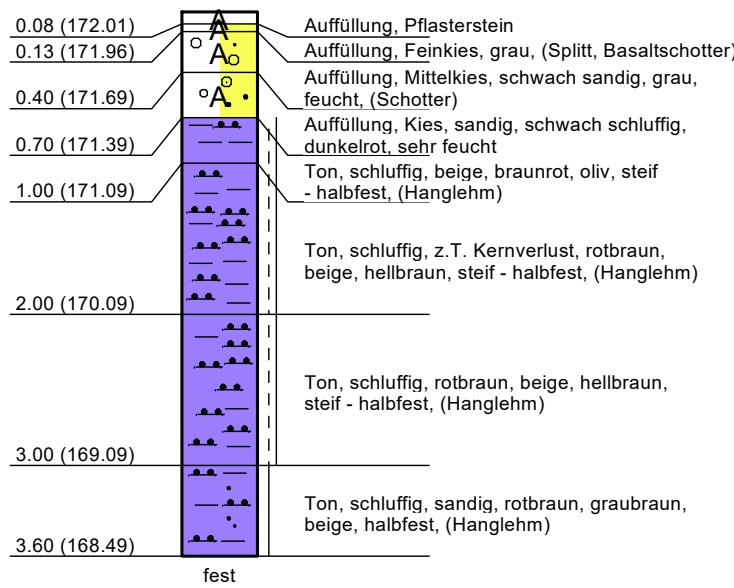
Schlagzahlen je 10 cm



Tiefe [m]	N ₁₀	Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	2	2.60	5
0.20	1	2.70	6
0.30	2	2.80	5
0.40	1	2.90	42
0.50	1	3.00	15
0.60	1	3.10	15
0.80	1	3.20	13
0.90	1	3.30	11
1.00	2	3.40	10
1.10	2	3.50	9
1.20	2	3.60	10
1.30	3	3.70	10
1.40	4	3.80	10
1.50	4	3.90	10
1.60	10	4.00	13
1.70	8	4.10	12
1.80	8	4.20	13
1.90	11	4.30	13
2.00	11	4.40	12
2.10	9	4.50	10
2.20	11	4.60	10
2.30	9	4.70	10
2.40	7	4.80	10
2.50	7	4.90	12
		5.00	12

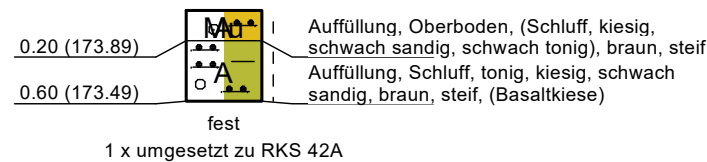
RKS 41

172,09 m NHN



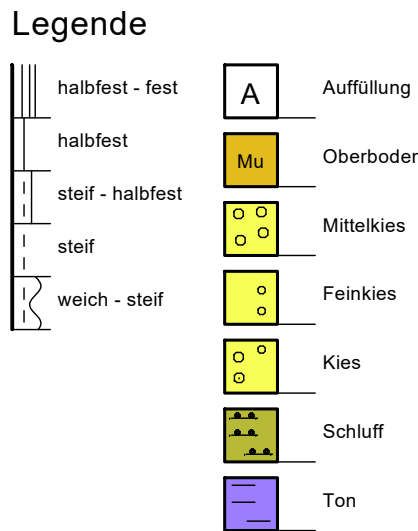
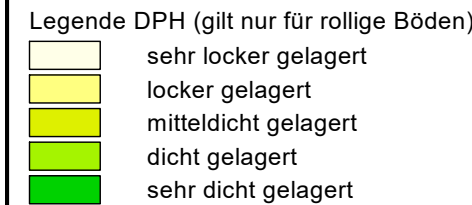
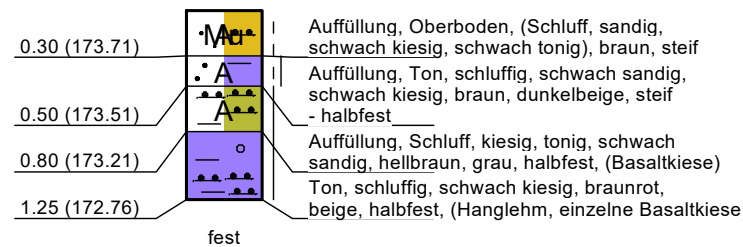
RKS 42

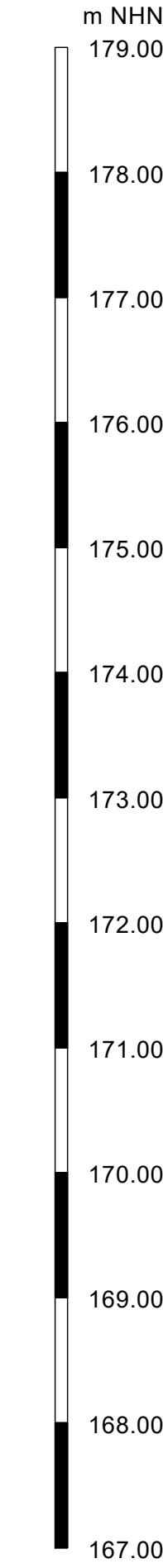
174,09 m NHN



RKS 42A

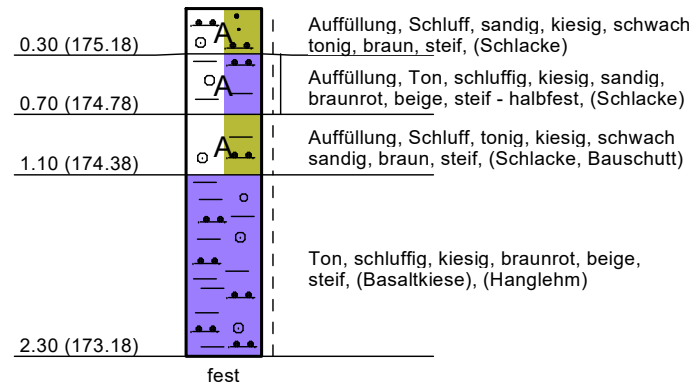
174,01 m NHN





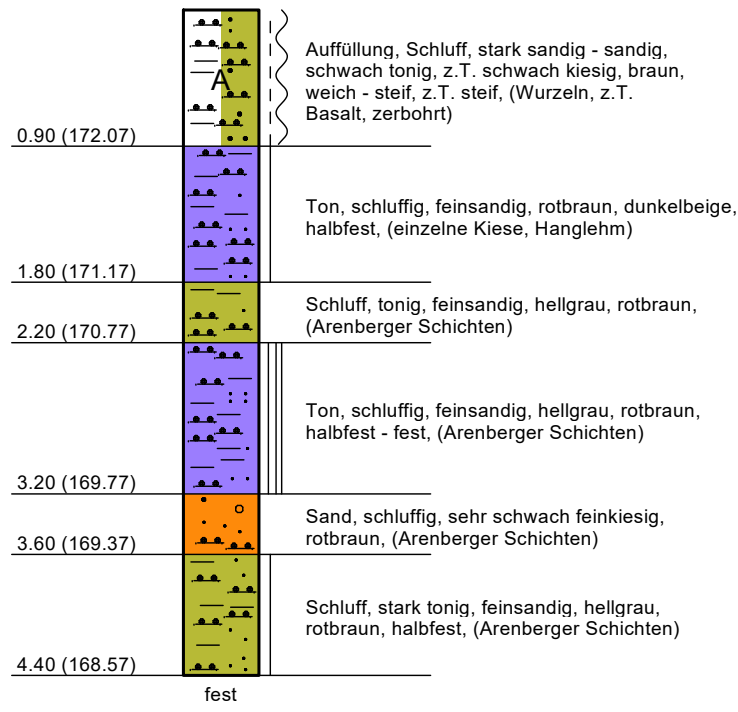
RKS 44

175,48 m NHN



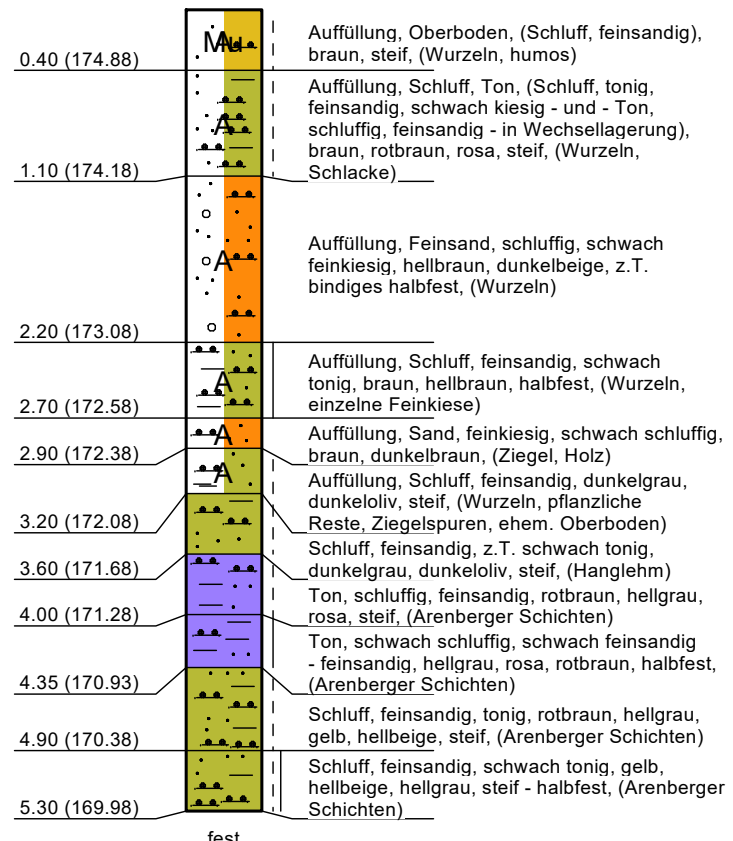
RKS 45

172,97 m NHN



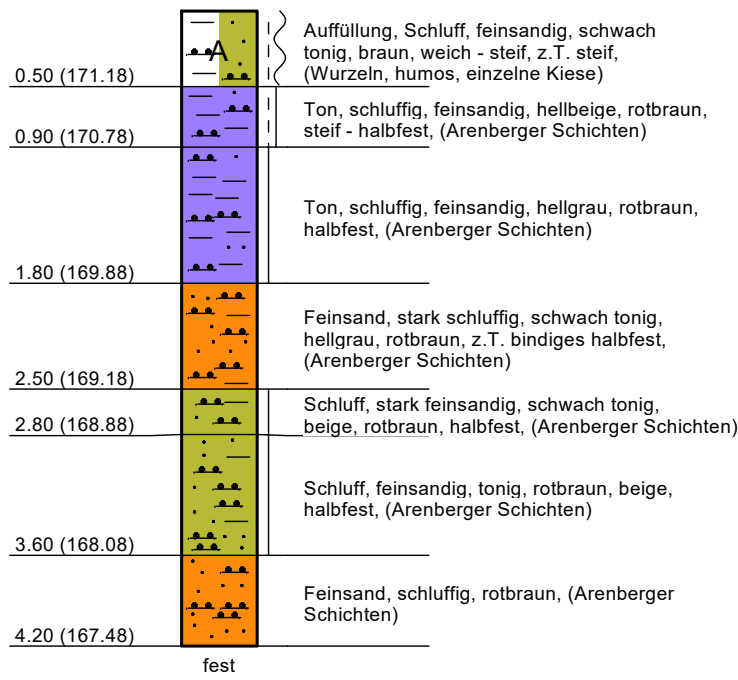
RKS 46

175,28 m NHN



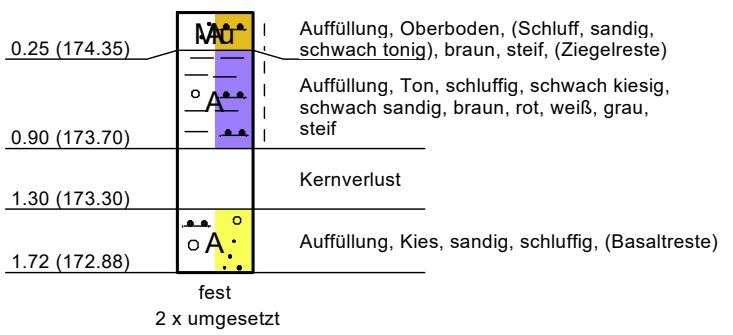
RKS 47

171,68 m NHN



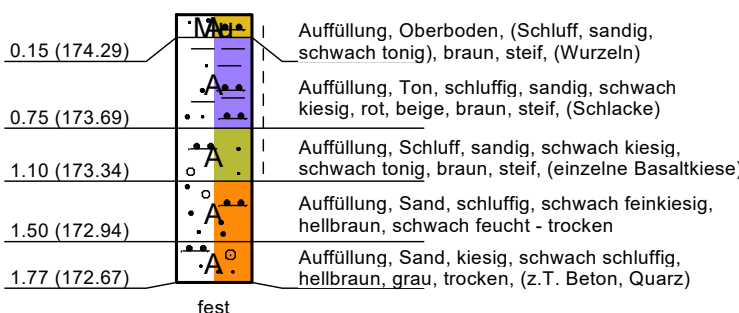
RKS 48

174,60 m NHN



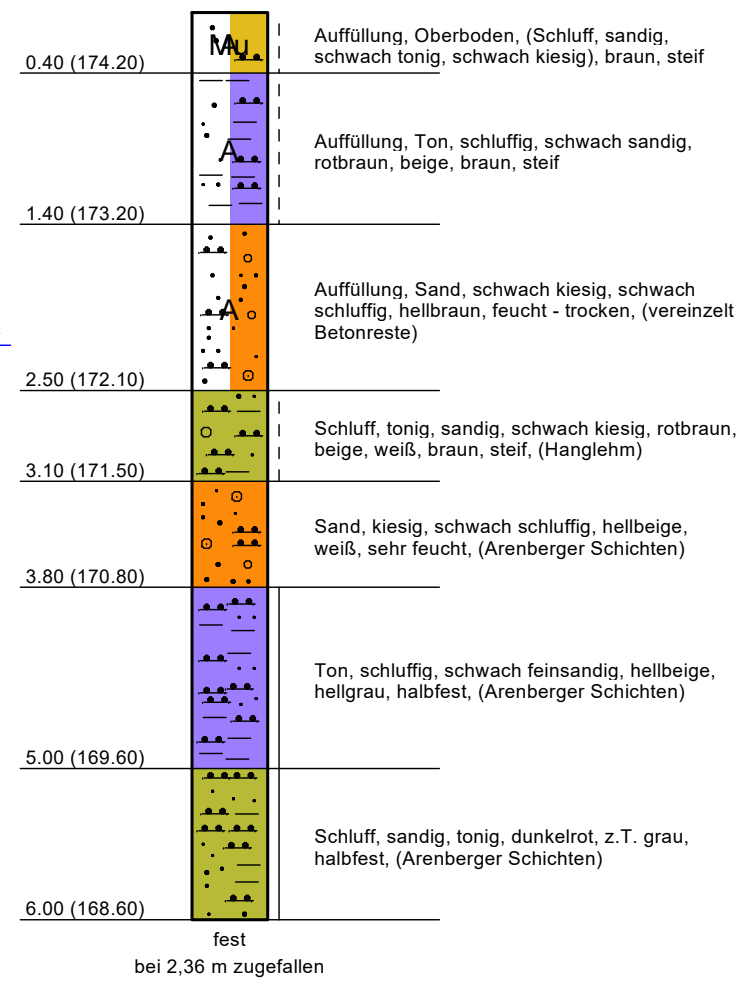
RKS 48A

174,44 m NHN



RKS 48B

174,60 m NHN



2.20 (172.40) GW - angetroffen
(02.01.2023)

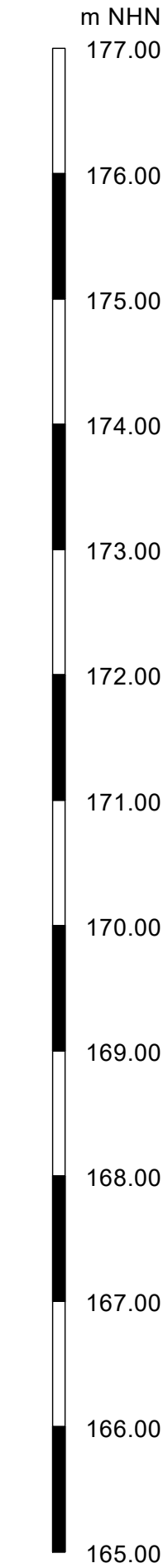
Legende

2.45 GW - angetroffen
(20.05.2020)

Legende

halbfest - fest	A	Auffüllung	Sand
halbfest	Mu	Oberboden	Schluff
steif - halbfest	o o	Kies	Ton
steif	o o	Feinsand	
weich - steif	o o		

 Ursulum 18 35396 Gießen Tel.: 0641/94360-0 Fax: 0641/94360-40	Projekt: Hadamar, Faulbacher Straße (Wohnen in den Pfeiffersgärten) Projekt-Nr.: 2022 14646 a 1	gezeichnet:	07.12.2022	van Duijn
		geprüft:		
		Maßstab 1 : 50		
Sp-Nr.: 14646a1-10		Anlage 2		



Verkehrsfläche

Legende

2.45
(20.05.2020)

2.45
(20.05.2020)

GW - Ende Bohrarbeiten

GW - angetroffen

halbfest

steif - halbfest

steif

weich - steif

weich

A

Kies

Sand

Schluff

Ton

Auffüllung

RKS 12

171,71 m NHN

0.15 (171.56) Auffüllung, Sand, kiesig, rotbraun, feucht, (ehem. Aschenplatz)

0.40 (171.31) Auffüllung, Sand, stark kiesig, dunkelbraun, (Schlacke)

0.70 (171.01) Auffüllung, Kies, sandig, schluffig, braun, grau, (Basaltkies)

1.10 (170.61) Auffüllung, Schluff, sandig, tonig, schwach kiesig, braunrot, grau, braun, steif

Auffüllung, Ton, schluffig, feinsandig, beige, hellbraun, rotbraun, dunkelbeige, weich

3.40 (168.31) Auffüllung, Schluff, tonig, schwach feinsandig, hellbraun, weich - steif, z.T. steif

3.90 (167.81) Schluff, tonig, schwach feinsandig, dunkelbraun, dunkelbeige, steif - halbfest, (Hanglehm)

4.10 (167.61) Schluff, tonig, feinsandig, dunkelbraun, rotbraun, steif, (Hanglehm)

4.55 (167.16) Schluff, feinsandig, tonig, dunkelbeige, steif, (Lößlehm)

5.70 (166.01) Ton, schluffig, schwach feinsandig, rotbraun, z.T. dunkelbeige, halbfest, (Arenberger Schichten)

6.10 (165.61) bei 0,20 m zugefallen

RKS 13

171,72 m NHN

0.20 (171.52) Auffüllung, Sand, schwach schluffig, braun, graubraun, feucht

0.30 (171.42) Auffüllung, Kies, stark sandig, schwach schluffig, braun, feucht, (Basaltschlacke)

0.50 (171.22) Auffüllung, Schluff, sandig, tonig, schwach kiesig, braun, graubraun, rotbraun, steif - halbfest

1.10 (170.62) Auffüllung, Ton, schluffig, feinsandig, schwach kiesig, beige, hellbraun, rotbraun, weiß, steif - halbfest

1.30 (170.42) Auffüllung, Sand, stark schluffig, schwach kiesig, beige, dunkelbeige

1.50 (170.22) Auffüllung, Schluff, feinsandig, tonig, dunkelbraun, braun, steif

Auffüllung, Schluff, tonig, feinsandig, z.T. stark kiesig, hellbraun, graubraun, dunkelbeige, steif - halbfest

1.90 (169.82) Auffüllung, Ton, schwach schluffig, schwach feinsandig, beige, rotbraun, steif - halbfest, (einzelne Kiese)

2.80 (168.92) fest auf Basalt

2.60 (169.12)
(14.12.20229)

RKS 14

171,82 m NHN

0.20 (171.62) Auffüllung, Sand, schwach schluffig, braun, feucht

0.30 (171.52) Auffüllung, Kies, sandig, schwach schluffig, braun, feucht, (Schlacke)

0.50 (171.32) Auffüllung, Schluff, stark sandig, schwach kiesig, schwach tonig, braun, graubraun, rotbraun, (einzelne Schlacke)

0.60 (171.22) Auffüllung, Kies, stark sandig, braun, feucht, (Schlacke)

Auffüllung, Ton, schwach schluffig, schwach feinsandig, schwach feinkiesig, beige, dunkelbeige, steif - halbfest

0.80 (171.02) Auffüllung, Ton, schwach schluffig, schwach feinsandig, rot, steif - halbfest

1.20 (170.62) Auffüllung, Ton, schluffig, sandig, schwach feinkiesig, beige, braunrot, halbfest

1.70 (170.12) Schluff, tonig, schwach feinsandig, dunkelbeige, hellbraun, steif - halbfest, (einzelne Basaltkiese, Hanglehm)

2.60 (169.22) Schluff, tonig, feinsandig, dunkelbeige, hellbraun, weich - steif, (Lößlehm)

3.50 (168.32) Schluff, tonig, feinsandig, dunkelbeige, steif, (Lößlehm)

5.00 (166.82)

RKS 15

171,79 m NHN

0.20 (171.59) Auffüllung, Sand, schwach schluffig, braun, feucht

0.30 (171.49) Auffüllung, Sand, kiesig, schwach schluffig, (Schlacke)

Auffüllung, Ton, schluffig, sandig, schwach kiesig, braun, rotbraun, graubraun, halbfest, (einzelne Schlacke)

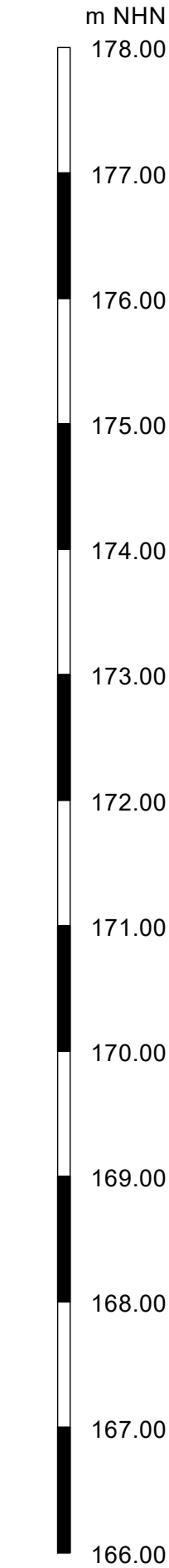
0.75 (171.04) Ton, schluffig, schwach feinsandig, braun, rotbraun, beige, steif - halbfest, (Arenberger Schichten)

0.90 (170.89) Ton, schwach schluffig, schwach feinsandig, halbfest, (Arenberger Schichten)

1.68 (170.11) fest auf Basalt

Datei: F:\Projekt\2022\14646a1\14646a1_CAD---Lageplan und Bohrprofile\14646a1_11.bop

Geonorm Ursulum 18 35396 Gießen Tel.: 0641/94360-0 Fax: 0641/94360-40	Projekt: Hadamar, Faulbacher Straße (Wohnen in den Pfeiffersgärten) Projekt-Nr.: 2022 14646 a 1	gezeichnet:	07.12.2022	van Duijn
		geprüft:		
		Maßstab 1 : 50		
		Sp-Nr.:14646a1-11	Anlage 2	



Verkehrsfläche

Legende

2.45 GW - Ende Bohrarbeiten
(20.05.2020)

2.45 GW - angetroffen
(20.05.2020)

Legende

halbfest

steif - halbfest

steif

A Auffüllung

Mu Oberboden

o Kies

Feinsand

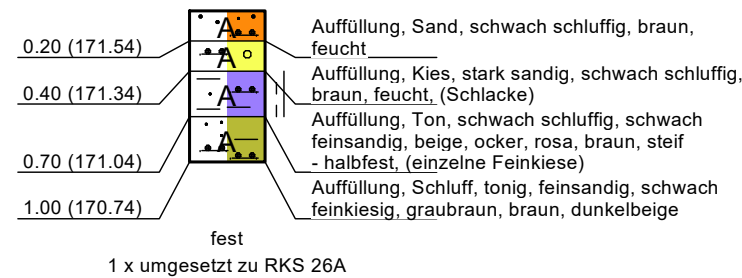
Sand

Schluff

Ton

RKS 26

171,74 m NHN



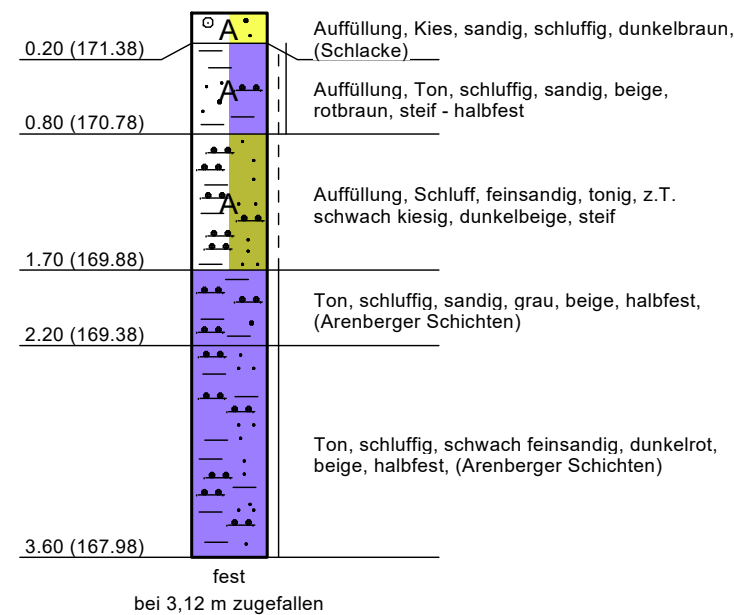
RKS 26A

171,74 m NHN



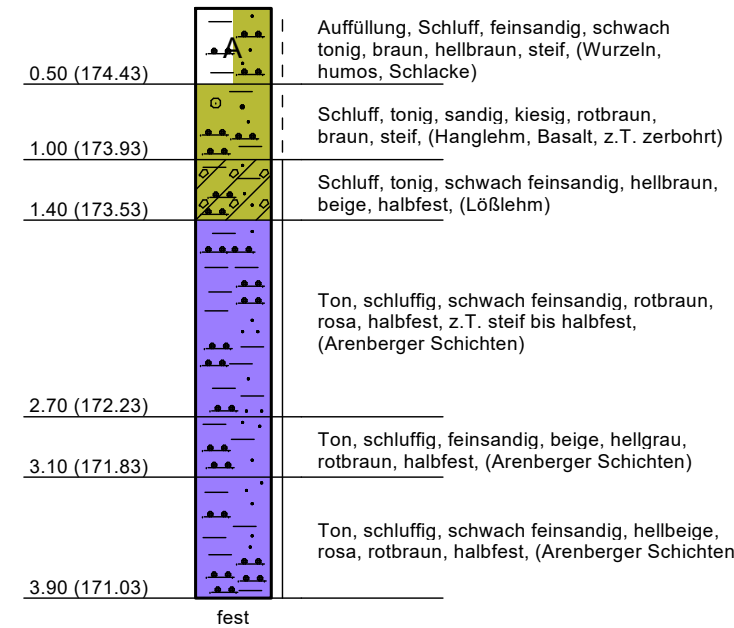
RKS 32

171,58 m NHN



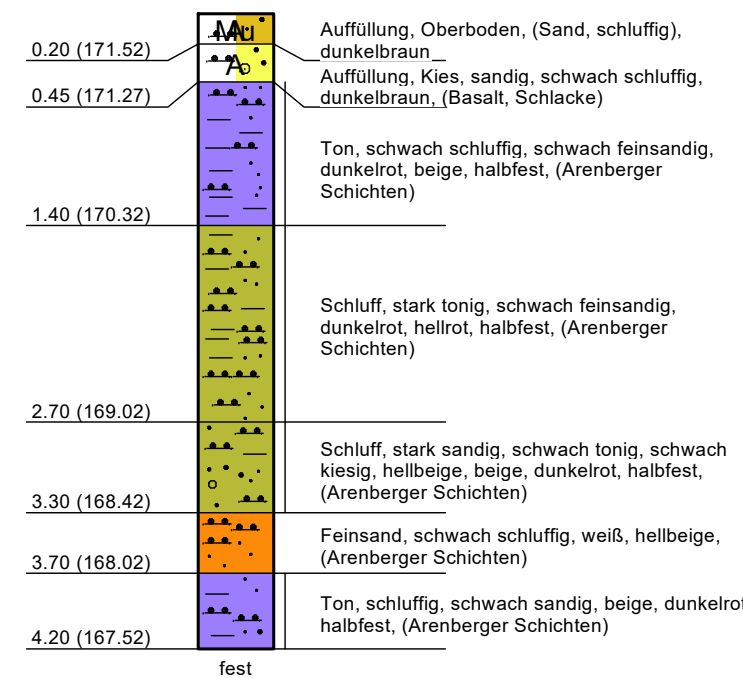
RKS 43

174,93 m NHN



RKS 33

171,72 m NHN



 Ursulum 18 35396 Gießen Tel.: 0641/94360-0 Fax: 0641/94360-40	Projekt: Hadamar, Faulbacher Straße (Wohnen in den Pfeiffersgärten) Projekt-Nr.: 2022 14646 a 1	gezeichnet:	07.12.2022	van Duijn
		geprüft:		
				Maßstab 1 : 50
		Sp-Nr.:14646a1-12		Anlage 2

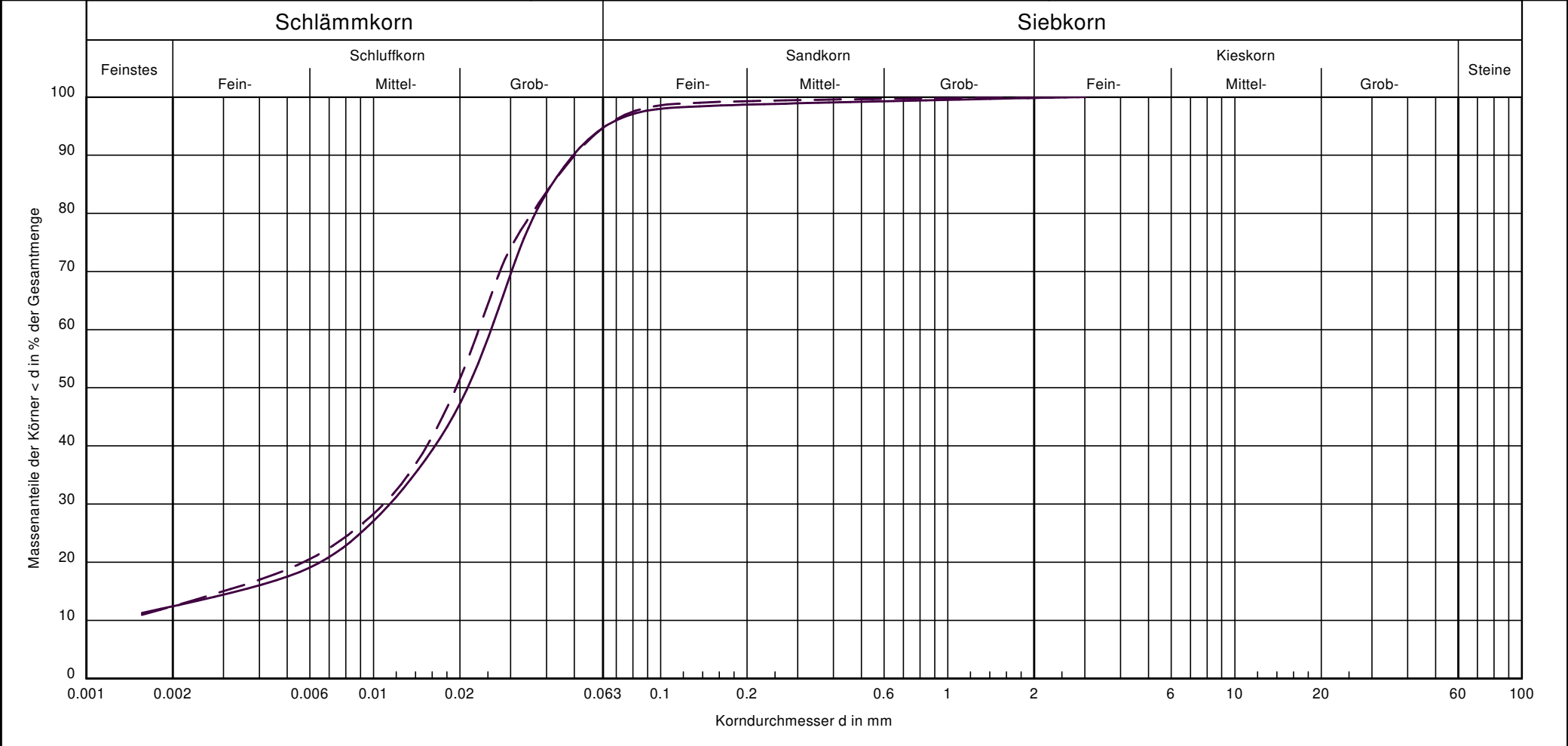
Geonorm GmbH
Ursulum 18
35396 Gießen
Tel.: 0641 - 943600

Bearbeiter: JT

Datum: 19.01.2023

Körnungslinie
Hadamar, Faulbacher Straße
-Wohnquartier Pfeiffersgärten-

Prüfungsnummer: 2022 14646 a 1
Probe entnommen am: 01.+12.12.2022
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: kombinierte Sieb- / Schlämmanalyse



Bezeichnung:	—————	-----	Bemerkungen:	Bericht: 13.02.2023 Anlage: 3
Bodenart:	U, t', s'	U, t', s'		
Tiefe:	2,4 - 3,2 m	4,2 - 5,5 m		
k [m/s]:	$3,4 \cdot 10^{-8}$ USBR	$2,5 \cdot 10^{-8}$ USBR		
Entnahmestelle:	RKS 8/8	RKS 8/10		
U/Cc:	-/-	-/-		
T/U/S/G [%]:	12.4/82.3/5.1/0.2	12.4/82.3/5.3/ -		

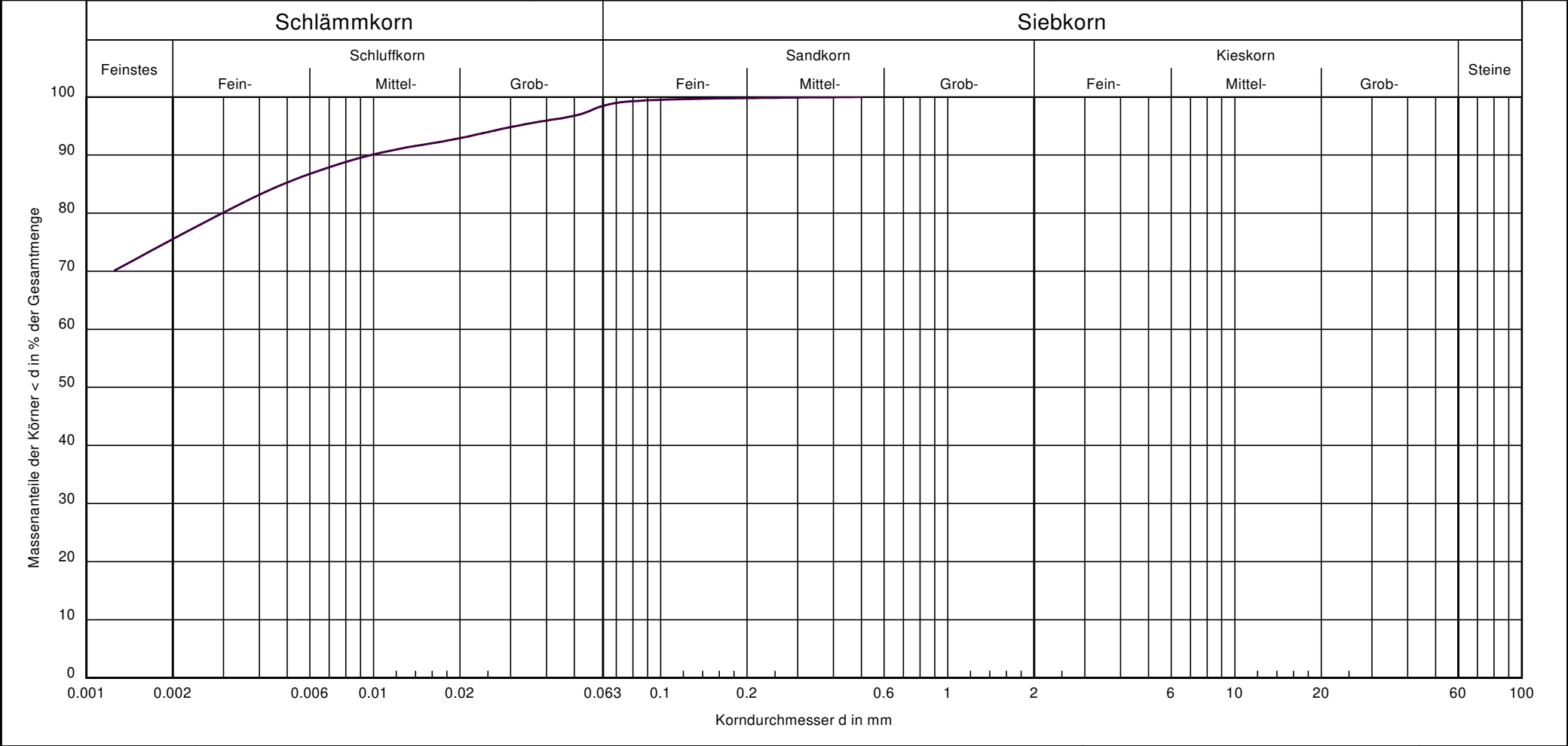
Geonorm GmbH
Ursulum 18
35396 Gießen
Tel.: 0641 - 943600

Bearbeiter: JT

Datum: 19.01.2023

Körnungslinie
Hadamar, Faulbacher Straße
-Wohnquartier Pfeiffersgärten-

Prüfungsnummer: 2022 14646 a 1
Probe entnommen am: 08.12.2022
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: kombinierte Sieb- / Schlämmanalyse



Bezeichnung:		Bemerkungen:	Bericht: 13.02.2023 Anlage: 3
Bodenart:	T, u		
Tiefe:	1,45 - 2,30 m		
k [m/s]:	-		
Entnahmestelle:	RKS 16/4		
U/Cc:	-/-		
T/U/S/G [%]:	75.5/23.0/1.5/-		

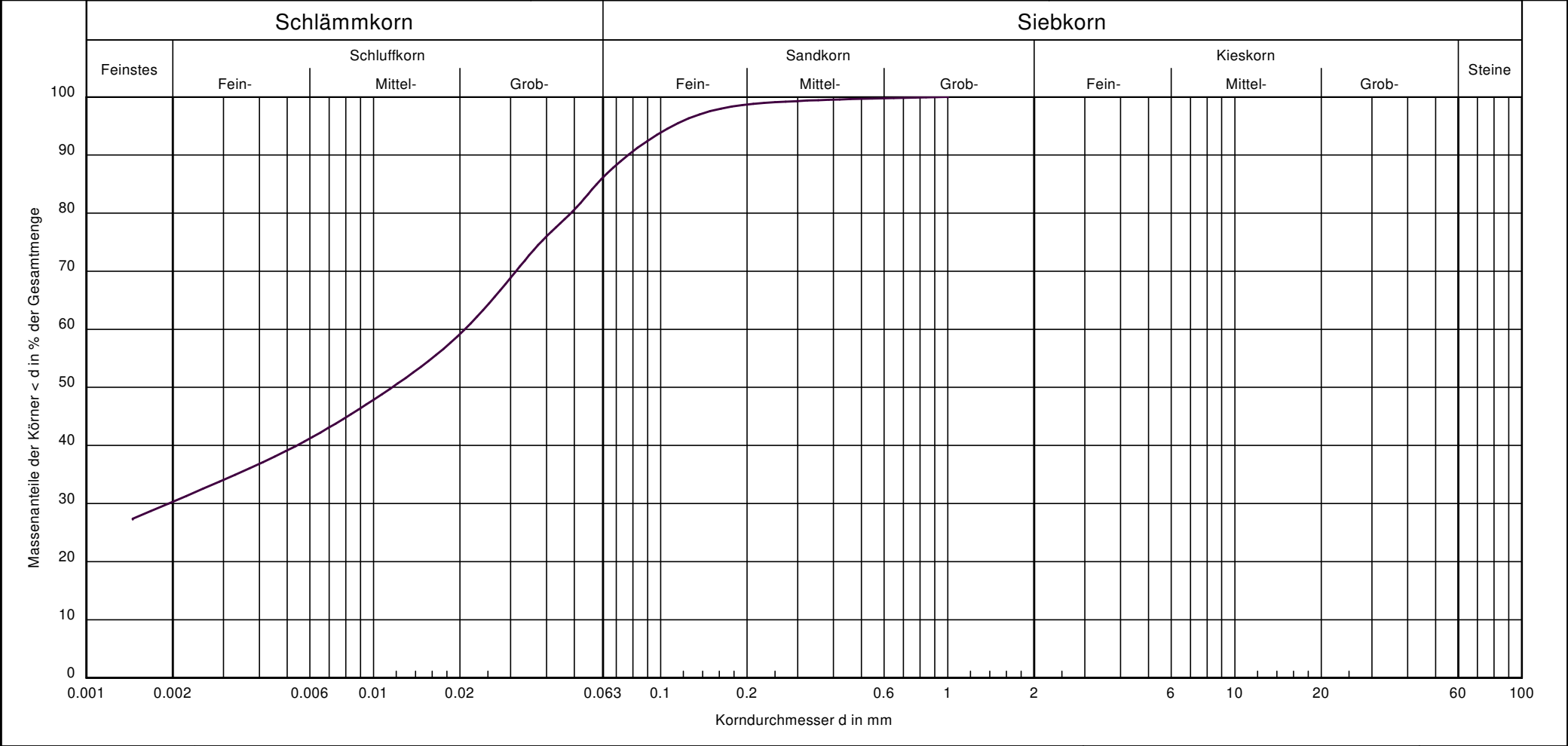
Geonorm GmbH
Ursulum 18
35396 Gießen
Tel.: 0641 - 943600

Bearbeiter: JT

Datum: 19.01.2023

Körnungslinie
Hadamar, Faulbacher Straße
-Wohnquartier Pfeiffersgärten-

Prüfungsnummer: 2022 14646 a 1
Probe entnommen am: 14.12.2022
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: kombinierte Sieb- / Schlämmanalyse



Bezeichnung:		Bemerkungen:	Bericht: 13.02.2023 Anlage: 3
Bodenart:	U, t, fs'		
Tiefe:	1,4 - 2,7 m		
k [m/s]:	-		
Entnahmestelle:	RKS 33/4		
U/Cc:	-/-		
T/U/S/G [%]:	30.3/55.8/13.9/ -		

Bestimmung des Wassergehalts durch Ofentrocknung (DIN 18121 Teil1)


Projekt: Hadamar, Faulbacher Straße - Wohnquartier

Entnahme am: 01+12.12.2022

Projekt-Nr.: 2022 14646 a 1

durch: Da

Bearbeiter: JT

Datum: 19.01.2023

Probenbezeichnung	RKS 6/8	RKS 8/8	RKS 8/10				
Entnahmetiefe unter GOK	3,1 - 3,9	2,4 - 3,2	4,2 - 5,5				m
Behälter Nr.	724	700	319				
Feuchte Probe+Behälter (1)	141,48	327,34	360,96				g
Trockene Probe+Behälter (2)	126,13	284,39	318,86				g
Behälter (3)	49,61	104,92	130,68				g
Wasser (4) = (1 - 2)	15,35	42,95	42,10				g
Trockene Probe (5) = (2 - 3)	76,52	179,47	188,18				g
Wassergehalt % = (4/5 x 100)	20,1	23,9	22,4				%
Konsistenz nach Feldansprache	steif	weich bis steif	steif				

Probenbezeichnung							
Entnahmetiefe unter GOK							m
Behälter Nr.							
Feuchte Probe+Behälter (1)							g
Trockene Probe+Behälter (2)							g
Behälter (3)							g
Wasser (4) = (1 - 2)							g
Trockene Probe (5) = (2 - 3)							g
Wassergehalt % = (4/5 x 100)							%
Konsistenz nach Feldansprache							

Bestimmung des Wassergehalts durch Ofentrocknung (DIN 18121 Teil1)



Projekt: Hadamar, Faulbacher Straße - Wohnquartier

Entnahme am: 08.12.2022

Projekt-Nr.: 2022 14646 a 1

durch: ST

Bearbeiter: JT

Datum: 19.01.2023

Probenbezeichnung	RKS 16/4						
Entnahmetiefe unter GOK	1,45 - 2,3						m
Behälter Nr.	701						
Feuchte Probe+Behälter (1)	346,51						g
Trockene Probe+Behälter (2)	313,69						g
Behälter (3)	104,62						g
Wasser (4) = (1 - 2)	32,82						g
Trockene Probe (5) = (2 - 3)	209,07						g
Wassergehalt % = (4/5 x 100)	15,7						%
Konsistenz nach Feldansprache	halbfest						

Probenbezeichnung							
Entnahmetiefe unter GOK							m
Behälter Nr.							
Feuchte Probe+Behälter (1)							g
Trockene Probe+Behälter (2)							g
Behälter (3)							g
Wasser (4) = (1 - 2)							g
Trockene Probe (5) = (2 - 3)							g
Wassergehalt % = (4/5 x 100)							%
Konsistenz nach Feldansprache							

Bestimmung des Wassergehalts durch Ofentrocknung (DIN 18121 Teil1)



Projekt: Hadamar, Faulbacher Straße - Wohnquartier

Entnahme am: 14.12.2022

Projekt-Nr.: 2022 14646 a 1

durch: Da

Bearbeiter: JT

Datum: 19.01.2023

Probenbezeichnung	RKS 14/9	RKS 33/4					
Entnahmetiefe unter GOK	2,6 - 3,5	1,4 - 2,7					m
Behälter Nr.	703	314					
Feuchte Probe+Behälter (1)	316,88	460,23					g
Trockene Probe+Behälter (2)	277,64	423,01					g
Behälter (3)	104,00	127,36					g
Wasser (4) = (1 - 2)	39,24	37,22					g
Trockene Probe (5) = (2 - 3)	173,64	295,65					g
Wassergehalt % = (4/5 x 100)	22,6	12,6					%
Konsistenz nach Feldansprache	weich bis steif	halbfest					

Probenbezeichnung							
Entnahmetiefe unter GOK							m
Behälter Nr.							
Feuchte Probe+Behälter (1)							g
Trockene Probe+Behälter (2)							g
Behälter (3)							g
Wasser (4) = (1 - 2)							g
Trockene Probe (5) = (2 - 3)							g
Wassergehalt % = (4/5 x 100)							%
Konsistenz nach Feldansprache							

Anlage: 3

zu: _____

Bestimmung der Zustandsgrenzen

(Fließgrenze, Ausrollgrenze) nach DIN 18122, Teil 1

Prüfungs-Nr.: 202214646a1 Bauvorhaben: Hadamar,
Faulbacher Straße - Wohnquartier

Ausgef. durch: JT Datum: 16.01.2023

Entnahmestelle: RKS 14/9

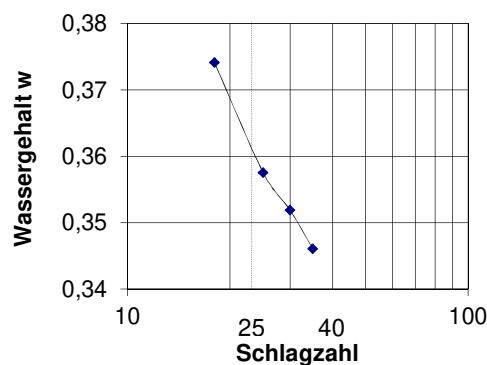
Tiefe: 2,6 - 3,5 m

Bodenart: Schluff, tonig, feinsandig

Art d. Entnahme: gestört

Entnahme am: 14.12.22 durch: Wi

	Fließgrenze				Ausrollgrenze		
Behälter Nr.	721	N1	734	501	607	723	614
Zahl der Schläge (Mittel aus 3 Versuchen)	18	25	30	35			
Feuchte Probe + Behälter $m + m_B$ [g]	64,91	62,45	67,13	86,16	84,24	63,78	84,95
Trock. Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]	61,06	58,27	63,03	81,81	81,76	62,17	83,38
Behälter m_B [g]	50,77	46,58	51,38	69,24	68,24	53,44	74,75
Wasser $(m + m_B) - (m_d + m_B) = m_w$ [g]	3,85	4,18	4,10	4,35	2,48	1,61	1,57
Trockene Probe m_d [g]	10,29	11,69	11,65	12,57	13,52	8,73	8,63
Wassergehalt $w = m_w/m_d$	0,374	0,358	0,352	0,346	0,183	0,184	0,182
Fließgrenze (rechn.) w_L [%]	0,357	0,358	0,361	0,363			

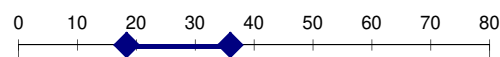


Wassergehalt w [%] = 22,6

Fließgrenze w_L [%] = 36,0

Ausrollgrenze w_P [%] = 18,3

Plastizitätsbereich (w_L bis w_P)

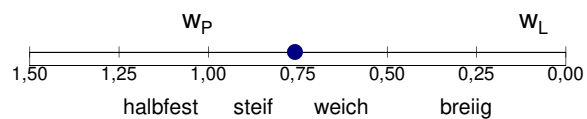


Plastizitätszahl I_P [%] = $w_L - w_P =$ 17,6

Konsistenzzahl $I_C = (w_L - w)/I_P =$ 0,76

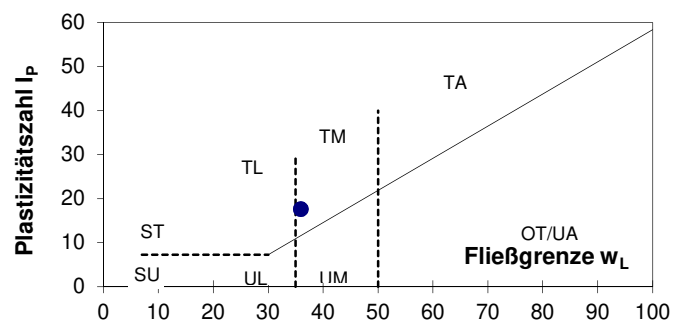
Schrumpfgrenze W_S [%] = $w_L - 1,25 \times I_P =$ 13,9

Zustandsform



Bemerkungen:
verwendeter Exponent zur Fließgrenzen-
ermittlung = 0,14

geprüft:



Anlage: 3

zu: _____

Bestimmung der Zustandsgrenzen

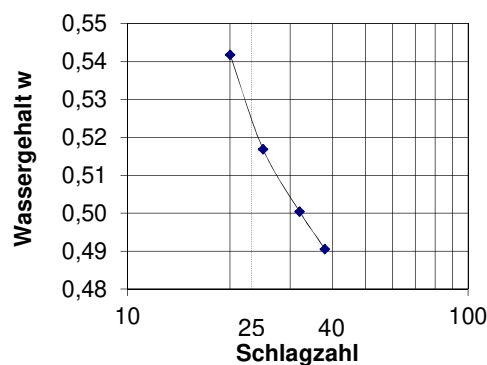
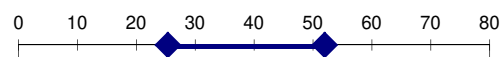
(Fließgrenze, Ausrollgrenze) nach DIN 18122, Teil 1

Prüfungs-Nr.: 202214646a1 Bauvorhaben: Hadamar,
Faulbacher Straße - Wohnquartier

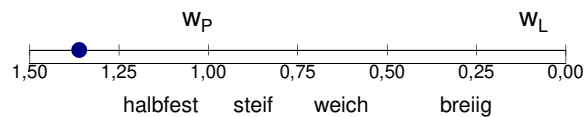
Ausgef. durch: JT Datum: 16.01.2023

Entnahmestelle: RKS 16/4Tiefe: 1,45 - 2,30 mBodenart: Ton, schluffigArt d. Entnahme: gestörtEntnahme am: 08.12.22 durch: Wi

	Fließgrenze				Ausrollgrenze		
Behälter Nr.	325	731	606	323	612	605	D1
Zahl der Schläge (Mittel aus 3 Versuchen)	20	25	32	38			
Feuchte Probe + Behälter $m + m_B$ [g]	69,57	64,90	76,65	76,51	88,65	81,31	82,52
Trock. Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]	64,84	60,01	71,06	71,06	85,90	79,13	80,33
Behälter m_B [g]	56,11	50,55	59,89	59,95	75,04	70,65	71,57
Wasser $(m + m_B) - (m_d + m_B) = m_w$ [g]	4,73	4,89	5,59	5,45	2,75	2,18	2,19
Trockene Probe m_d [g]	8,73	9,46	11,17	11,11	10,86	8,48	8,76
Wassergehalt $w = m_w/m_d$	0,542	0,517	0,500	0,491	0,253	0,257	0,250
Fließgrenze (rechn.) w_L [%]	0,525	0,517	0,518	0,520			

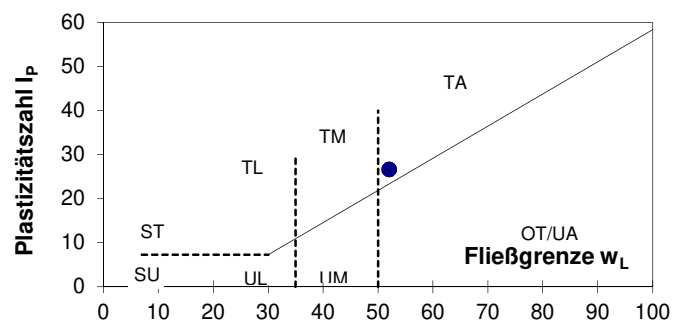
Wassergehalt w [%] = 15,7Fließgrenze w_L [%] = 52,0Ausrollgrenze w_P [%] = 25,3Plastizitätsbereich (w_L bis w_P)Plastizitätszahl I_P [%] = $w_L - w_P =$ 26,7Konsistenzzahl $I_C = (w_L - w)/I_P =$ 1,36Schrumpfgrenze W_S [%] = $w_L - 1,25 \times I_P =$ 18,7

Zustandsform



Bemerkungen:
 verwendeter Exponent zur Fließgrenzen-
 ermittlung = 0,14

geprüft:



Anlage: 3

zu: _____

Bestimmung der Zustandsgrenzen

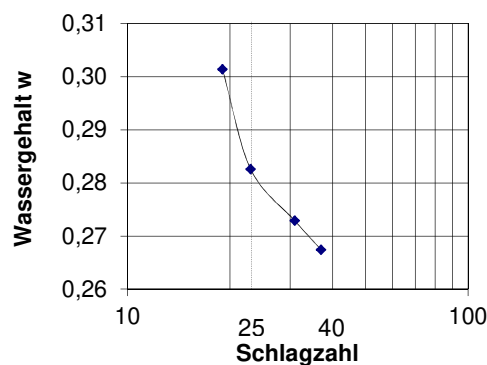
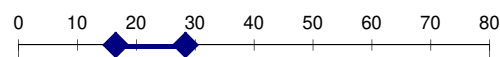
(Fließgrenze, Ausrollgrenze) nach DIN 18122, Teil 1

Prüfungs-Nr.: 202214646a1 Bauvorhaben: Hadamar,
Faulbacher Straße - Wohnquartier

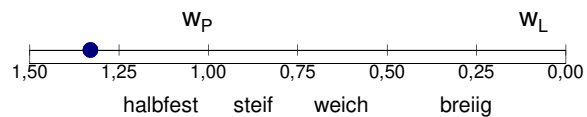
Ausgef. durch: JT Datum: 16.01.2023

Entnahmestelle: RKS 33/4Tiefe: 1,4 - 2,7 mBodenart: Schluff, st. tonig, schw. feins.Art d. Entnahme: gestörtEntnahme am: 14.12.22 durch: Wi

	Fließgrenze				Ausrollgrenze		
Behälter Nr.	9	732	730	324	617	13	615
Zahl der Schläge (Mittel aus 3 Versuchen)	19	23	31	37			
Feuchte Probe + Behälter $m + m_B$ [g]	63,23	69,34	68,06	74,85	93,58	58,39	83,63
Trock. Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]	59,67	65,59	64,84	71,74	90,77	56,97	82,22
Behälter m_B [g]	47,86	52,32	53,04	60,11	73,79	48,60	73,40
Wasser $(m + m_B) - (m_d + m_B) = m_w$ [g]	3,56	3,75	3,22	3,11	2,81	1,42	1,41
Trockene Probe m_d [g]	11,81	13,27	11,80	11,63	16,98	8,37	8,82
Wassergehalt $w = m_w/m_d$	0,301	0,283	0,273	0,267	0,165	0,170	0,160
Fließgrenze (rechn.) w_L [%]	0,290	0,279	0,281	0,282			

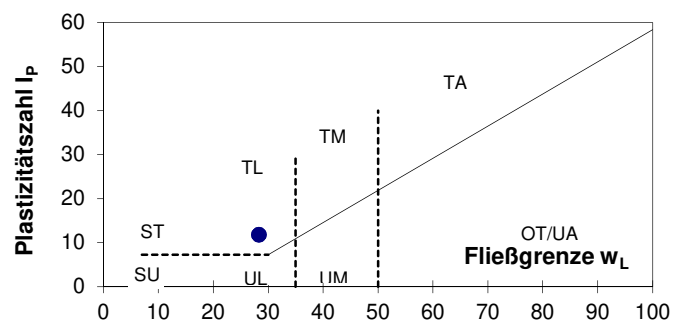
Wassergehalt w [%] = 12,6Fließgrenze w_L [%] = 28,3Ausrollgrenze w_P [%] = 16,5Plastizitätsbereich (w_L bis w_P)Plastizitätszahl I_P [%] = $w_L - w_P =$ 11,8Konsistenzzahl $I_C = (w_L - w)/I_P =$ 1,33Schrumpfgrenze W_S [%] = $w_L - 1,25 \times I_P =$ 13,5

Zustandsform



Bemerkungen:
 verwendeter Exponent zur Fließgrenzen-
 ermittlung = 0,14

geprüft:



A19F				Versickerungsversuch			 Gesellschaft für Angewandte Geowissenschaften mbH	
Projekt:	Hadamar, Faulbacher Straße - Wohnquartier				Datum:			30.01.2023
Projekt-Nr.:	2022 14646a1							
Meßstelle:	RKS 32 / VV							
ROK	0,60 m.ü. GOK							
GOK	171,58 m.ü. NN							
GW-Spiegel	3,60 m.u. ROK							
Bohrlochsohle	1,46 m.u. GOK							
Versickerung								
Zeit t [s]	Wasserstand unter ROK [m]							
0	0,000							
300	0,003							
600	0,008							
1200	0,020							
1800	0,030							
2400	0,040							
r_i [m]	Δt [s]	h_1 [m]	Δh [m]	H [m]	Q [m ³ /s]	K [m/s]		
0,01725	300	3,60	0,003	3,5985	9,3E-09	2,7E-08		
0,01725	300	3,597	0,005	3,5945	1,6E-08	4,6E-08		
0,01725	600	3,592	0,012	3,586	1,9E-08	5,5E-08		
0,01725	600	3,58	0,01	3,575	1,6E-08	4,6E-08		
0,01725	600	3,57	0,01	3,565	1,6E-08	4,6E-08		
Mittelwert =						4,4E-08		
Berechnungsformeln: $H = h_1 - (\Delta h / 2)$ [m] $Q = (r^2 \times \pi \times \Delta h) / \Delta t$ [m ³ /s] $K = Q / (5,5 \times r_i \times H)$ [m/s]								

Versuch durchgeführt von: BG, 20.12.2022
 Name (Kürzel), Datum

A19F		Versickerungsversuch		 Gesellschaft für Angewandte Geowissenschaften mbH		
Projekt:	Hadamar, Faulbacher Straße - Wohnquartier			Datum:	30.01.2023	
Projekt-Nr.:	2022 14646a1					
Meßstelle:	RKS 33 / VV					
ROK	0,53 m.ü. GOK					
GOK	171,72 m.ü. NN					
GW-Spiegel	4,20 m.u. ROK					
Bohrlochsohle	1,52 m.u. GOK					
Versickerung						
Zeit t [s]	Wasserstand unter ROK [m]					
0	0,000					
60	0,020					
120	0,055					
300	0,100					
600	0,150					
1200	0,250					
2400	0,330					
r_i [m]	Δt [s]	h₁ [m]	Δh [m]	H [m]	Q [m³/s]	K [m/s]
0,01725	60	4,20	0,02	4,190	3,1E-07	7,8E-07
0,01725	60	4,18	0,035	4,1625	5,5E-07	1,4E-06
0,01725	180	4,145	0,045	4,1225	2,3E-07	6,0E-07
0,01725	300	4,10	0,05	4,075	1,6E-07	4,0E-07
0,01725	600	4,05	0,10	4,000	1,6E-07	4,1E-07
0,01725	1200	3,95	0,08	3,910	6,2E-08	1,7E-07
Mittelwert =						6,2E-07
Berechnungsformeln: $H = h_1 - (\Delta h / 2) \text{ [m]}$ $Q = (r^2 \times \pi \times \Delta h) / \Delta t \text{ [m}^3\text{/s]}$ $K = Q / (5,5 \times r_i \times H) \text{ [m/s]}$						

Versuch durchgeführt von: BG, 20.12.2022
 Name (Kürzel), Datum

Anlage 5

Dr. Graner & Partner GmbH, Im Steingrund 2, 63303 Dreieich

Geonorm GmbH
Ursulum 18

35396 Gießen

Niederlassung Rhein-Main

Ihre Ansprechpartner

Dr. Richard Spall
+49 (0) 6103 485698-17
r.spall@labor-graner.de

Sascha Bersée
+49 (0) 6103 485698-60
s.bersee@labor-graner.de

Dreieich, 06.12.2022

Prüfbericht 2272019

Auftraggeber:	Geonorm GmbH
Projektleiter:	Herr Langguth
Auftragsnummer:	vom 30.11.2022
Auftraggeberprojekt:	202214646a1 Hadamar, Wohnen in den Pfeiffersgärten
Probenahmedatum:	30.11.2022
Probenahmeort:	Hadamar
Probenahme durch:	Auftraggeber
Probengefäße:	Glasflasche
Eingang am:	02.12.2022
Zeitraum der Prüfung:	02.12.2022 - 06.12.2022

Akkreditiertes Prüflabor nach DIN EN ISO 17025: 2018-03 · D-PL-18601-01-00

Arzneimittel, Lebensmittel, Kosmetika, Bedarfsgegenstände, Wasser, Boden, Luft, Medizinprodukte, Analytik, Entwicklung, Qualitätskontrolle, Beratung, Sachverständigengutachten, amtliche Gegenproben, Mikrobiologie, Arzneimittelzulassung, Abgrenzungsfragen AMG/LFGB

Amtsgericht München Nr. 84402, Geschäftsführer: Alexander Hartmann
Bankverbindung: Genossenschaftsbank Aubing eG (BLZ 701 694 64) Kto.-Nr. 69922
IBAN: DE30 7016 9464 0000 0699 22, BIC: GENODEFIM07
Ust-ID DE 129 4000 66

E-Mail: info@labor-graner.de
Website: www.labor-graner.de



Probenbezeichnung:	WP 1			
Probenahmedatum:	30.11.2022			
Labornummer:	2272019-001			
Material:	Wasser			
	Gehalt	Einheit	BG	Verfahren
pH-Wert	7,1			DIN EN ISO 10523: 2012-04
Sulfat	3,3	mg/l	2	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07
Kalklösende Kohlensäure	1,8	mg/l CO ₂	0,5	DIN 38409-7: 2005-12
Ammonium	2,8	mg/l	0,05	DIN 38406-5: 1983-10
Magnesium	18	mg/l	0,1	DIN EN ISO 11885: 2009-09

Ergänzung zu Prüfbericht 2272019

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand. Parameterspezifische Messunsicherheiten sowie Informationen zu deren Berechnung sind auf Anfrage verfügbar. Die aktuelle Liste der flexibel akkreditierten Prüfverfahren kann auf unserer Website eingesehen werden (<https://labor-graner.de/qualitaetssicherung.html>).

Unsachgemäße Probengefäße können zu Verfälschungen der Messwerte führen. Eine auszugsweise Vervielfältigung des Prüfberichtes ist nur mit unserer schriftlichen Genehmigung erlaubt.

BG:	Bestimmungsgrenze
KbE:	Koloniebildende Einheiten
n.a.:	nicht analysierbar
n.b.:	nicht berechenbar
n.n.:	nicht nachweisbar
u.d.B.:	unter der Bestimmungsgrenze
HS:	Headspace
fl./fl.-Extr.	flüssig-flüssig-Extraktion
*	Fremdvergabe



Sascha Bersée,

Dr. Graner & Partner GmbH, Im Steingrund 2, 63303 Dreieich

Geonorm GmbH
Ursulum 18

35396 Gießen

Niederlassung Rhein-Main

Ihre Ansprechpartner

Dr. Richard Spall
+49 (0) 6103 485698-17
r.spall@labor-graner.de

Sascha Bersée
+49 (0) 6103 485698-60
s.bersee@labor-graner.de

Dreieich, 08.12.2022

Prüfbericht 2272628

Auftraggeber:	Geonorm GmbH
Projektleiter:	Herr Langguth
Auftragsnummer:	vom 05.12.2022
Auftraggeberprojekt:	202214646a1 Hadamar, Pfeiffersgärten
Probenahmedatum:	01.12.2022
Probenahmeort:	Hadamar
Probenahme durch:	Auftraggeber
Probengefäße:	Glasflasche
Eingang am:	06.12.2022
Zeitraum der Prüfung:	06.12.2022 - 08.12.2022

Akkreditiertes Prüflabor nach DIN EN ISO 17025: 2018-03 · D-PL-18601-01-00

Arzneimittel, Lebensmittel, Kosmetika, Bedarfsgegenstände, Wasser, Boden, Luft, Medizinprodukte, Analytik, Entwicklung, Qualitätskontrolle, Beratung, Sachverständigengutachten, amtliche Gegenproben, Mikrobiologie, Arzneimittelzulassung, Abgrenzungsfragen AMG/LFGB

Amtsgericht München Nr. 84402, Geschäftsführer: Alexander Hartmann
Bankverbindung: Genossenschaftsbank Aubing eG (BLZ 701 694 64) Kto.-Nr. 69922
IBAN: DE30 7016 9464 0000 0699 22, BIC: GENODEFIM07
Ust-ID DE 129 4000 66

E-Mail: info@labor-graner.de
Website: www.labor-graner.de



Probenbezeichnung:	WP 2 (aus RKS 8)			
Probenahmedatum:	01.12.2022			
Labornummer:	2272628-001			
Material:	Wasser			
	Gehalt	Einheit	BG	Verfahren
pH-Wert	7,4			DIN EN ISO 10523: 2012-04
Sulfat	71	mg/l	2	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07
Kalklösende Kohlensäure	u.d.B.	mg/l CO ₂	0,5	DIN 38409-7: 2005-12
Ammonium	0,070	mg/l	0,05	DIN 38406-5: 1983-10
Magnesium	24	mg/l	0,1	DIN EN ISO 11885: 2009-09

Ergänzung zu Prüfbericht 2272628

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand. Parameterspezifische Messunsicherheiten sowie Informationen zu deren Berechnung sind auf Anfrage verfügbar. Die aktuelle Liste der flexibel akkreditierten Prüfverfahren kann auf unserer Website eingesehen werden (<https://labor-graner.de/qualitaetssicherung.html>).

Unsachgemäße Probengefäße können zu Verfälschungen der Messwerte führen. Eine auszugsweise Vervielfältigung des Prüfberichtes ist nur mit unserer schriftlichen Genehmigung erlaubt.

BG:	Bestimmungsgrenze
KbE:	Koloniebildende Einheiten
n.a.:	nicht analysierbar
n.b.:	nicht berechenbar
n.n.:	nicht nachweisbar
u.d.B.:	unter der Bestimmungsgrenze
HS:	Headspace
fl./fl.-Extr.	flüssig-flüssig-Extraktion
*	Fremdvergabe



Sascha Bersée,