

GEOTECHNISCHE UNTERSUCHUNGEN

Anlage 2

VORHABEN

Bebauungsplan „Am Schäferweg“
Gemarkung Opferbaum

LANDKREIS

Würzburg

**Im Auftrag von Herrn
Christoph Arnold**

Neubau einer Gewerbehalle

Am Stöckig

97241 Opferbaum

**Geotechnische Untersuchungen
Dezember 2024**

Ihr Auftrag vom:	14.11.2024
Ihre Zeichen:	Christoph Arnold

Kunden-Nr.:	0099
Projekt Nr.:	240351
Bericht-Nr.:	240351-1

Bericht vom:	23.01.2025
--------------	------------

isu umweltinstitut GmbH

Sanderstraße 23-25 ✧ 97070 Würzburg
Tel. 0931 13194 ✧ Fax 0931 14367
e-mail: info@isu-umweltinstitut.de

Notifizierte Untersuchungsstelle n. § 18 Bundes-Bodenschutzgesetz
Zulassungs-Nr.: AQS B6/045/04

INHALT

		Seite:
1	Allgemeines	3
2	Vorgang	4
3	Allgemeine geologische und hydrogeologische Situation	4
4	Durchgeführte Geländearbeiten	5
5	Befunde	6
6	Bodenkennwerte - Homogenbereiche	7
7	Hinweise und Empfehlungen	8
8	Bewertung abfalltechnische Untersuchung	11
9	Anlagen	12
Anlage 1:	Lageplan - Untersuchungspunkte	
Anlage 2:	Aufschlussdokumentation Bohrprofile graphisch, Schichtenverzeichnisse	
Anlage 3:	Laborergebnisse – Konsistenzgrenzen + Wassergehalt	
Anlage 4:	Laborergebnis – Versickerungsfähigkeit / Durchlässigkeitsbeiwert	
Anlage 5:	Tabelle - Zuordnungswerte LVGBT	

Abkürzungsverzeichnis:

Ac	Spitzenquerschnitt Rammsonde
DPL	Dynamic Probing Light (leichte Rammsonde)
DPM	Dynamic Probing Medium (mittelschwere Rammsonde)
DPH	Dynamic Probing Heavy (schwere Rammsonde)
FSS	Frostschuttschicht
m	Meter
m ü.NN	Meter über Normalnull
RKS	Rammkernsondierung
u. GOK	unter Geländeoberkante
KP	Konsistenzgrenzenprobe
LVGBT	Leitfaden zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen
MP	Mischprobe
EP	Einzelprobe
n.b.	nicht bestimmt

1 Allgemeines

Auftraggeber: Herr Christoph Arnold
 Am Wiesenweg 5
 97262 Hausen bei Würzburg

Auftragserteilung: Frau Kirstin Schömig
 am 21.11.2024
 per E-Mail

**Auftragsgegenstand: Baugrunduntersuchung
 für die Errichtung einer
 Gewerbehalle**

Auftragsgrundlage: Angebot Nr. A240141 vom 20.11.2024

2 Vorgang

Die Firma Holzbau Arnold GmbH & Co. KG plant die Errichtung einer Gewerbehalle im nördlichen Teil des Baugrundstücks Am Stöckig, 97241 Opferbaum.

Als Fundament ist, soweit aus den vorliegenden Unterlagen ersichtlich, eine tragende Bodenplatte vorgesehen.

Angaben über die geplante Höheneinstellung des Gebäudes liegen uns nicht vor.

Die isu GmbH erhielt den Auftrag eine Baugrunduntersuchung durchzuführen.

3 Allgemeine geologische und hydrogeologische Situation

Das am südlichen Ortsrand liegende, bisher landwirtschaftlich genutzte Grundstück, befindet sich im Bereich großflächig verbreiteter Lößlehmauflagen. Die Lößschichten sind dabei bis zu mehreren Metern mächtig ausgeprägt. Darunter folgen in der Regel zunächst Verwitterungslehmschichten dann die Gesteine des Unteren Keupers (kmM). Dabei handelt es sich überwiegend um Ton-/Mergelstein mit Dolomit(mergel)steinbänken, Quarzbreccien und Gipsstein.

In den Gesteinsschichten des Unteren Keuper sind lokal einzelne Grundwasservorkommen festzustellen, v. a. im Werksandstein und im Grenzdolomit. Es liegen jedoch keine verlässlichen Messdaten von Grundwassermessstellen oder Ergebnissen aus Bohrungen vor, welche genaue Höhenangaben des obersten Grundwasserspiegels ermöglichen.

Frostzone

Gemäß der Frostzonenkarte Deutschland (2001)

Frosteindringtiefe: mittlere Frostgefährdung, mittlere Eindringtiefen, ≥ 90 cm

Erdbebenzone

„Opferbaum (PLZ: 97241) in Bayern gehört, bezogen auf die Koordinaten der Ortsmitte, zu keiner Erdbebenzone.“

Abfrage GFZ Potsdam am 12.12.2024.

Hochwasser

Nicht betroffen.

4 Durchgeführte Geländearbeiten

Geländearbeiten

ausgeführt am 05.12.2024.

Rammkernsondierungen

Angaben in m

RKS 1	RKS 2	RKS 3	RKS 4
3,0	3,0	3,0	3,0

RKS 5	RKS 6	RKS 7
3,0	3,0	3,0

Gesamt:

21,0 m

Rammsondierungen

Angaben in m

DPM – 30 kg

DPM 1	DPM 2	DPM 3	DPM 4
3,0	3,0	3,0	3,0

DPM 5	DPM 6	DPM 7
3,0	3,0	3,0

Gesamt:

21,0 m

Probenahme:

Es wurden aus jeder Rammkernsondierung gestörte Bodenproben entnommen, aus welchen zwei Mischproben gebildet wurden. Diese wurden zum einen hinsichtlich der bodenmechanischen Eigenschaften (Konsistenzgrenzen) und zum anderen hinsichtlich der möglichen Entsorgungs-/ Verwertungswege (LVGBT) untersucht. In der folgenden Tabelle sind Probenahmetiefen und Analytik der jeweiligen RKS bzw. Mischproben (MP) dargestellt.

Aufschluss	Probenahmetiefe für LVGBT in Metern	Probenahmetiefe für Konsistenzgrenzen in Meter
RKS 1	MP1; 0,25 – 2,0	KP1; 0,5 – 1,0
RKS 2	MP1; 0,3 – 2,0	KP1; 0,5 – 1,0
RKS 3	MP1; 0,25 – 2,0	KP1; 0,5 – 1,0
RKS 4	MP1; 0,25 – 2,0	KP1; 0,5 – 1,0
RKS 5	MP2; 0,25 – 2,0	KP2; 0,5 – 1,0
RKS 6	MP2; 0,3 – 2,0	KP2; 0,5 – 1,0
RKS 7	MP2; 0,3 – 2,0	KP2; 0,5 – 1,0

Lage der Ansatzpunkte:
Aufschlussdokumentation:

Anlage 1
Anlage 2
Schichtenverzeichnisse, Aufschlussprofile,
Bodenklassen* und
Bodengruppen nach DIN 18196.

*) Nach wie vor werden die Bodenklassen nach DIN 18300²⁰¹² in der Praxis verwendet, demzufolge werden sie auch in diesem Gutachten noch verwendet.

5 Befunde

Morphologie	Das Gelände fällt leicht nach Südosten – Osten ein. Der maximale Höhenunterschied, der zwischen den Bohrpunkten gemessen wurde beträgt 0,91 m.
Oberboden	Es liegt ein 0,25 m – 0,3 m mächtiger Oberboden / Pflug-horizont vor.
Auffüllung	In keiner der sieben durchgeführten Aufschlüsse wurden Hinweise zu aufgefülltem oder umgelagerten Bodenma-terial festgestellt.
Natürlicher Boden	Die Sondierungen erfassten bis in eine Tiefe von 3,0 m u. GOK natürlich vorkommenden Lößlehm. Der fein-sandige, zum Teil tonige – stark tonige, Schluff weist eine weiche bis max. steife Konsistenz auf.
Lagerungsdichte / Konsistenz	Zur Ermittlung der Lagerungsdichte wurden 7 mittel-schwere Rammsondierungen durchgeführt (DPM 1-7, siehe Anlage 2). Die Schlagzahlen belegen eine überwiegend weiche Konsistenz des Lößlehms. Lediglich bei DPM 3 und 4 liegen die Schlagzahlen ab ca. 2,8 bzw. 2,4 m u. GOK im Bereich von steifer Konsistenz. Die im Erdlabor analysierten Proben KP1 und KP2, welche jeweils aus dem Tiefenintervall von 0,5 – 1,0 m u. GOK stammen, weisen beide eine Konsistenzzahl I_c von knapp über 1,0 auf was gem. DIN 18022 Teil 1 ei-ner halbfesten Konsistenz entspricht. (vgl. Anlage_3)
Wasser	Freies Grund- oder Stauwasser wurde in keiner Bohrung festgestellt. Aufgrund der örtlichen Bodenverhältnisse muss dennoch mit Staunässe gerechnet werden.
Versickerung	Im Bereich des geplanten Neubaus wurde eine unge-störte Bodenprobe im Stechzylinder in einer Tiefe von ca. 0,6 m entnommen und der Durchlässigkeitsbeiwert gem. DIN 18130 T1 im Standrohrgerät im Labor be-stimmt. Der Versuch erbrachte einen k_f -Wert von $9,03E^{-06}$ m/s. Der anstehende Boden ist gem. dem ermit-telten k_f -Wert als <u>schwach durchlässig</u> einzustufen. (vgl. Anlage_4)
Wiederverwendung	Ausgehobenes Material ist konstruktiv, d.h. ohne Aufbe-ereitung unter Bauteilen mit Lastabtrag nicht wieder zu

	verwenden. Das Material ist anderweitig verwendbar, soweit Setzungen hinnehmbar sind.
Tragfähigkeit	Der vorgefundene Lößlehm liegt gem. den Schlagzahlen der Rammsondierungen mit einer weichplastischen Konsistenz vor. Die im Labor untersuchten Mischproben ergaben hingegen eine halbfeste Konsistenz, was erfahrungsgemäß und hinsichtlich der im Feld gewonnenen Erkenntnisse als nicht realistisch interpretiert wird. Grundsätzlich sind die Eigenschaften von Lößböden (v.a. mit einem hohen Tongehalt) stark von den Witterungsverhältnissen abhängig, sodass sich durch Schrumpfung bzw. Aufquellen des Bodens Setzungen ergeben können. Unter Berücksichtigung der vorliegenden Aspekte wird die Tragfähigkeit als gering bis max. mittel festgelegt. Um eine sichere Gründung zu gewährleisten ist eine Bodenverbesserung notwendig.

6 Bodenkennwerte – Homogenbereiche

Bodenschicht	Bodenklasse n. DIN 18300 *	Bodengruppe n. DIN 18196	Wichte γ kN/m ³	Wichte γ' kN/m ³	Reibungs- winkel φ	Kohäsion c' kN/m ²	Steifemodul E_s MN/m ²	Frostklasse n. ZTVE-StB
Schluff, tonig, schwach feinsandig, weich	4	UM / TM	19,0	9,0	22,5°	0 - 2	2,5 - 5	F 3
Schluff, tonig, schwach feinsandig, steif	4	UM /TM	19,5	9,5	22,5°	5	4 - 8	F 3
Schluff, tonig, schwach feinsandig, halbfest	4	UM/ TM	20,5	10,5	22,5	10	5 - 10	F 3

*) Angaben gemäß DIN 18300, VOB Fassung 2012

Homogenbereiche DIN 18300

In der nachfolgenden Tabelle werden Kennwerte der bautechnisch relevanten Homogenbereiche aufgelistet. Insofern Eingriffe in den Untergrund erfolgen, sind die Homogenbereiche getrennt auszubauen und zu separieren.

Schicht	Erd1		Erd2	
Ortsübliche Benennung	Oberboden		Lößlehm	
Organischer Anteil	n.b.		< 1 Gew.-%	
Bodengruppe n. DIN 18196	OU		UL, UM, TL, TM	
Bodenklassen n. DIN 18300 _{VOB2012}	1		4	
Korngrößenverteilung	n.b.		n.b.	
Eigenschaft / Kennwert	von	bis	von	bis
Massenanteil Steine, %	0	n.b.	0	< 1
Massenanteil Blöcke, %	0	n.b.	0	n.b.
Dichte, g/cm ³	n.b.	n.b.	ca. 1,6	ca. 2,2
Undränierete Scherfestig- keit c_u , kN/m ²	n.b.	n.b.	20	100
Wassergehalt, %	n.b.	n.b.	n.b.	17,1
Konsistenzzahl I_c	n.b.	n.b.	0,5	> 1,0
Plastizitätszahl, I_p	n.b.	n.b.	12	40
Lagerungsdichte	n.b.	n.b.	weich	halbfest

Abkürzungen: n.b. = nicht bestimmt

Die gemachten Angaben erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

7 Hinweise und Empfehlungen zur Ausführung

- Es liegen uns keine genauen Angaben zur geplanten Gründung vor. Es wird eine Gründung mit tragender Bodenplatte empfohlen, da durch die flächige Lastverteilung sich ergebende Setzungen ausgleichen lassen.
- Für eine Verbesserung/Stabilisierung des Bodens sind zwei Varianten möglich. Einerseits kann ein Bodenaustausch, andererseits eine Bodenverbesserung mit Kalk-Zement-Mischbinder erfolgen. Erfahrungsgemäß ist für großflächige Baumaßnahmen in Bereichen von anstehenden Lößdecken eine Bodenverbesserung durch Mischbinderzugabe besser geeignet. Bei einem Bodenaustauschverfahren wird bis zu einer bestimmten Tiefe der Boden ausgehoben und durch verdichtbare Baustoffe ersetzt, wobei das ausgetauschte Material als Gründungspolster fungiert.
- Variante Bodenaustausch:

Für die Herstellung eines Gründungspolsters ist ein Bodenaustausch notwendig. Der Oberboden ist abzuschleifen, ca. 0,3 m. Das Schotterpolster ist ausschließlich aus qualifiziertem Schotter-/ Mineralgemisch herzustellen: Körnung 0/56 oder Vergleichbares. Die Polsterstärke sollte mindestens 0,6 m betragen und ist in Lagen von maximal 0,2 m Stärke aufzubringen und zu verdichten. Sollte auf

Gründungsniveau noch auffällig weicher Untergrund angetroffen werden, wird dringend empfohlen Rohfels (Schroppen) in den Untergrund einzuwalzen oder mit dem Baggerlöffel einzudrücken. Das Einbringen der Schroppen hat ohne Vibration zu erfolgen, da sonst Kapillarwasser nach oben gezogen wird, dies beeinflusst die Eigenschaften und Tragfähigkeit des Untergrunds negativ.

Außerhalb von Wasserschutzgebieten kann für das Polster auch Recyclingmaterial verwendet werden. Auf dem Baugrundstück ist eine Grundwasserüberdeckung von mehr als 1,5 m gegeben wodurch gemäß Ersatzbaustoffverordnung der Einbau von RC-1 und RC-2 Material zulässig ist. Das RC-Material muss geprüft und zertifiziert sein. Vorzugsweise sollte Beton-RC verwendet werden.

Bei einer Bauweise ohne Untergeschoss auf frostempfindlichen Boden (F3) muss die Frostsicherheit gewährleistet sein. Frosteinwirkung $\geq 0,9$ m u. GOK → ggfls. Frostschrünze.

Seitlicher Überstand des Gründungspolster $\geq 0,6$ m. Der Überstand muss je nach Polsterstärke dementsprechend angepasst werden.
Lastausbreitungswinkel = 45° .

- Variante Bodenverbesserung mit Kalk-Zement Mischbinder:

Der Oberboden ist vollständig abzuschleifen, ca. 0,3 m.

Für eine qualifizierte Bodenverbesserung wird das Einbringen von Kalk-Zementmischbinder im Verhältnis von 60/40 vorgeschlagen. Die anstehenden Lehmschichten sind mind. 0,4 m tief mit dem Bindemittel zu durchmischen und sind im Baumischverfahren einzubringen. Die Bindemittelmenge richtet sich nach dem Wassergehalt des Bodens zum Zeitpunkt der Verbesserungsmaßnahme. Für eine qualifizierte Bodenverbesserung sind bei 3 - 6 Masse% bezogen auf die Trockendichte des Bodens unter Berücksichtigung von 0,4 m Einbringtiefe ca. 20 – 35 kg/m² Bindemittel notwendig.

Wird im Zuge der Verbesserungsmaßnahme ein zu geringer oder zu hoher Wassergehalt des anstehenden Bodens festgestellt ist entweder Wasser zuzugeben oder die Bindemittelmenge zu erhöhen.

Auf die verbesserte Bodenschicht ist zusätzlich ein Bettungspolster, Mindeststärke 0,20 m, aus qualifiziertem Schotter-/ Mineralgemisch herzustellen. Das Material kann bei einer Polsterstärke von 0,20 m als eine Lage aufgebracht und verdichtet werden.

- Die Wassereinwirkung auf die Bodenplatte ist auf die Einwirkung durch Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser beschränkt. Es kann daher die Abdichtung nach Wassereinwirkungsklasse W1.1-E angewendet werden, sofern unter der Bodenplatte eine mind. 0,15 m starke Schüttung mit einer Durchlässigkeit von $k_f > 10^{-4}$ m/s vorhanden ist. Dies ist bei beiden Varianten durch die Herstellung des Bettungspolsters mit qualifiziertem Material gegeben.
Unter Berücksichtigung der Wassereinwirkungsklasse W1.1-E ist eine Bauwerksabdichtung entsprechend DIN 18533-1 Abschn. 8.5 Tab 4 (Zeile 1-4) vorzusehen.

▪ Mindestanforderungen an das Gründungspolster:

Verformungsmodul $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$

alternativ: $E_{vd} \geq 40 \text{ MN/m}^2$ (Prüfung durch dyn. Lastplattendruckversuch).

Das Verformungsmodul ist mit mindestens 5 dynamischen Lastplattendruckversuchen zu prüfen

- Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands: 200 kN/m^2 bei einer Einbindetiefe des Fundaments bis $1,0 \text{ m}$
- Bettungsmodul k_s : 15 MN/m^3 (auf der geprüften OK Gründungspolster)

▪ Die erforderliche Schichtstärke der Bodenplatte ist nach den Trag- und Fahrlasten zu dimensionieren.

▪ Hinweise:

- Bindige Böden/Bodenarten wie Schluff und Ton verändern ihre Eigenschaften bei Einfluss von Wasser nachteilig. Daher ist das freigelegte Rohplanum schnellstmöglich zu überdecken, um Beeinträchtigungen durch Niederschlag zu verhindern.
- Sollten im Zuge der Erdarbeiten Untergrundverhältnisse hingegen der Angaben des Gutachtens vorgefunden werden, ist unbedingt der Gutachter zu informieren.
- Erfahrungsgemäß ist es, insbesondere bei der Verwendung von RC-Material, empfehlenswert auf dem Erdplanum zunächst ein Testfeld (ca. $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$) des Gründungspolsters anzulegen, welches anschließend mittels Lastplattendruckversuch geprüft wird.

8 Bewertung abfalltechnische Untersuchung

Das untersuchte Bodenmaterial stammt von der "grünen Wiese", es hat bisher nur eine landwirtschaftliche Nutzung als Ackerfläche stattgefunden. Zur Bestätigung der Unbedenklichkeit wurden das ggfls. anfallende Bodenmaterial mittels der 7 Rammkernsondierungen erkundet. Es wurden zwei Mischproben entnommen (siehe Punkt 4) und gem. dem Bayerischen Verfüll-Leitfaden (LVGBT) im Labor untersucht.

Die Laboranalysen bestätigen den Vor-Ort-Befund. In beiden untersuchten Proben liegen keine erhöhten Schadstoffgehalte vor, die Zuordnungswerte für Z 0 werden jeweils eingehalten. Eine Tabelle der Laborergebnisse sowie die Originalbefunde sind dem Anhang_5 zu entnehmen.

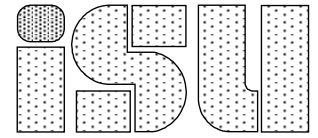
Insofern Aushubmaterial anfällt wäre eine Verwertung als Bodenauftrag auf landwirtschaftlichen Flächen zu priorisieren.

Nach DIN 4022 gilt: „Aufschlüsse in Boden und Fels sind als Stichproben zu bewerten. Sie lassen für zwischenliegende Bereiche nur Wahrscheinlichkeitsaussagen zu, so dass ein Baugrundrisiko verbleibt“.

Abweichungen von den im Gutachten enthaltenen Angaben können aufgrund der Heterogenität des Untergrunds nicht ausgeschlossen werden. Werden andere als die hier beschriebenen Bodenverhältnisse angetroffen, ist der Bodengutachter umgehend zu verständigen.

A handwritten signature in blue ink, reading 'C. Angene'.

Christoph Angene, B.Sc.

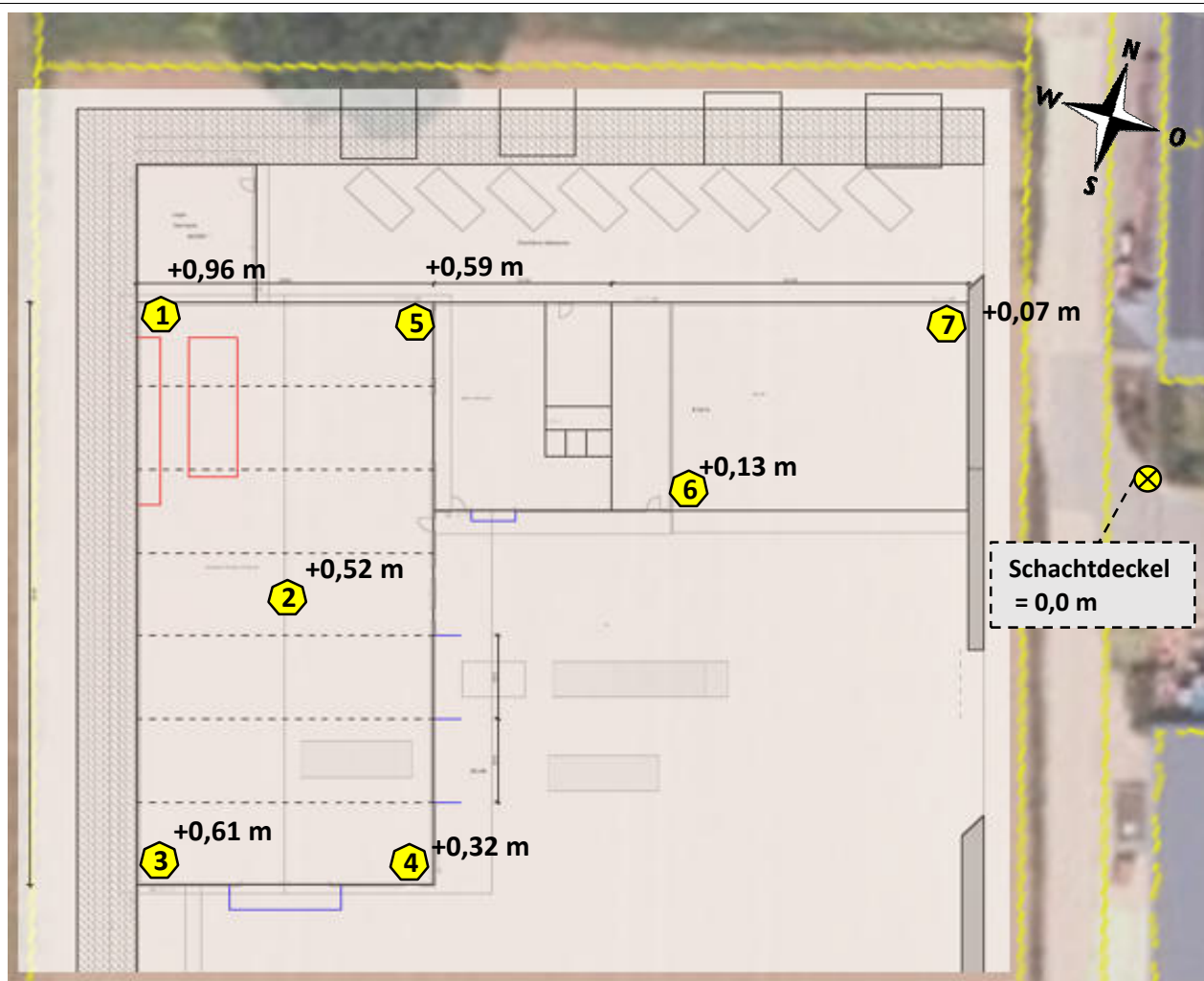


9 Anlagen

Projekt	BV Neubau einer Gewerbehalle in 97241 Opferbaum, Am Stöckig, Fl.-Nr. 914
Auftraggeber	Holzbau Arnold GmbH & Co.KG, Am Wiesenweg 5, 97262 Hausen bei Würzburg

Anlage	1
Datum	20.01.2025
Projekt-Nr.	240351
Bearbeiter	Angene

Lageplan

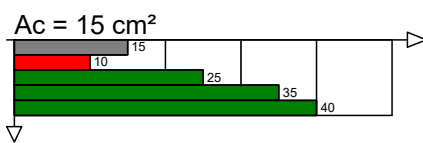


1 RKS: Rammkernsondierung

Boden- und Felsarten

	Mudde, F, organische Beimengungen, o		Feinsand, fS, feinsandig, fs
	Sand, S, sandig, s		Schluff, U, schluffig, u
	Ton, T, tonig, t		

Rammdiagramm



Farben

	locker
	mitteldicht
	dicht

Tiefe (m)

Bodenklasse nach DIN 18300 (veraltet)

1	Oberboden (Mutterboden)	2	Fließende Bodenarten
3	Leicht lösbare Bodenarten	4	Mittelschwer lösbare Bodenarten
5	Schwer lösbare Bodenarten	6	Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten
7	Schwer lösbarer Fels		

Bodengruppe nach DIN 18196

GE	enggestufte Kiese	GW	weitgestufte Kiese
GI	Intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische	SE	enggestufte Sande
SW	weitgestufte Sand-Kies-Gemische	SI	Intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische
GU	Kies-Schluff-Gemische, 5 bis 15% ≤ 0,06 mm	GU*	Kies-Schluff-Gemische, 15 bis 40% ≤ 0,06 mm
GT	Kies-Ton-Gemische, 5 bis 15% ≤ 0,06 mm	GT*	Kies-Ton-Gemische, 15 bis 40% ≤ 0,06 mm
SU	Sand-Schluff-Gemische, 5 bis 15% ≤ 0,06 mm	SU*	Sand-Schluff-Gemische, 15 bis 40% ≤ 0,06 mm
ST	Sand-Ton-Gemische, 5 bis 15% ≤ 0,06 mm	ST*	Sand-Ton-Gemische, 15 bis 40% ≤ 0,06 mm
UL	leicht plastische Schluffe	UM	mittelpastische Schluffe
UA	ausgeprägt zusammendrückbarer Schluff	TL	leicht plastische Tone
TM	mittelpastische Tone	TA	ausgeprägt plastische Tone
OU	Schluffe mit organischen Beimengungen	OT	Tone mit organischen Beimengungen
OH	grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art	OK	grob- bis gemischtkörnige Böden mit kalkigen, kieseligen Bildungen
HN	nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus)	HZ	zersetzte Torfe
F	Schlämme (Faulschlamm, Mudde, Gytja, Dy, Sapropel)	[I]	Auffüllung aus natürlichen Böden
A	Auffüllung aus Fremdstoffen		



Umweltinstitut
Sanderstr. 23-25
97070 Würzburg

Legende und Zeichenerklärung
nach DIN 4023

Anlage 2

Projekt: BV Gewerbehalle in 97241
Opferbaum

Auftraggeber: Holzbau Arnold GmbH & Co.KG

Bearb.: Angene

Datum: 20.01.2025

Konsistenz



breiig



weich



steif



halbfest



fest

Proben

A1  1,00

Probe Nr 1, entnommen mit einem
Verfahren der Entnahmekategorie A
aus 1,00 m Tiefe

C1  1,00

Probe Nr 1, entnommen mit einem
Verfahren der Entnahmekategorie C
aus 1,00 m Tiefe

B1  1,00

Probe Nr 1, entnommen mit einem
Verfahren der Entnahmekategorie B
aus 1,00 m Tiefe

W1  1,00

Wasserprobe Nr 1 aus 1,00 m Tiefe



Umweltinstitut
Sanderstr. 23-25
97070 Würzburg

Zeichnerische Darstellung von
Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage 2

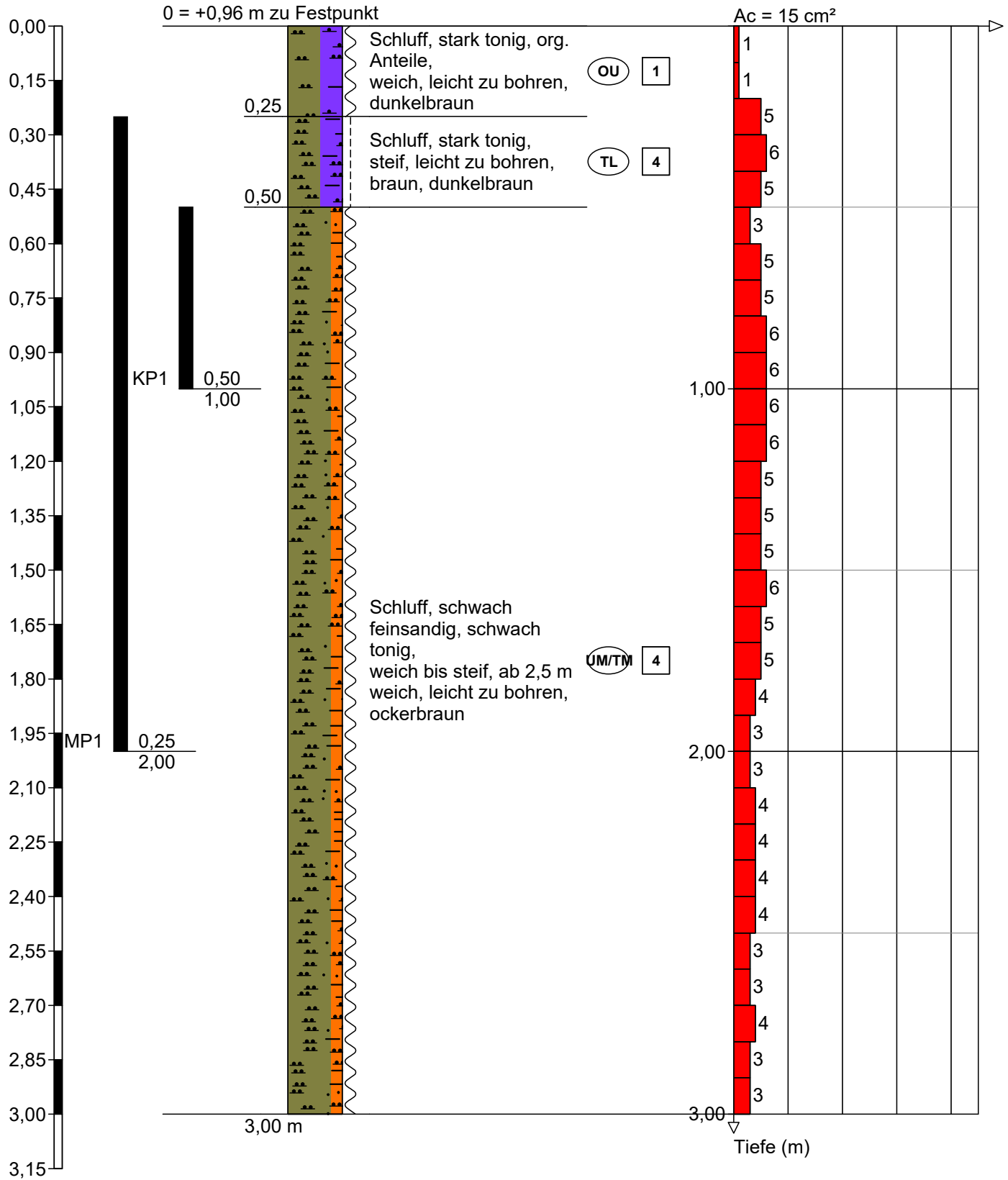
Projekt: BV Gewerbehalle in 97241
Opferbaum

Auftraggeber: Holzbau Arnold GmbH & Co.KG

Bearb.: Angene

Datum: 05.12.2024

RKS 1 + DPM 1



		Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Anlage Bericht: Az.:		
Bauvorhaben: BV Gewerbehalle in 97241 Opferbaum								
Bohrung Nr RKS 1 + DPM 1 /Blatt 1						Datum: 05.12.2024		
1	2				3	4	5	6
Bis m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk-gehalt				
0,25	a) Schluff, stark tonig, org. Anteile							
	b)							
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun					
	f)	g)	h) OU	i)				
0,50	a) Schluff, stark tonig							
	b)							
	c) steif	d) leicht zu bohren	e) braun, dunkelbraun					
	f)	g)	h) TL	i)				
3,00	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig					A A	KP1 MP1	1,00 2,00
	b)							
	c) weich bis steif, ab 2,5 m weich	d) leicht zu bohren	e) ockerbraun					
	f)	g)	h) UM/TM	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.



Umweltinstitut
Sanderstr. 23-25
97070 Würzburg

Zeichnerische Darstellung von
Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage 2

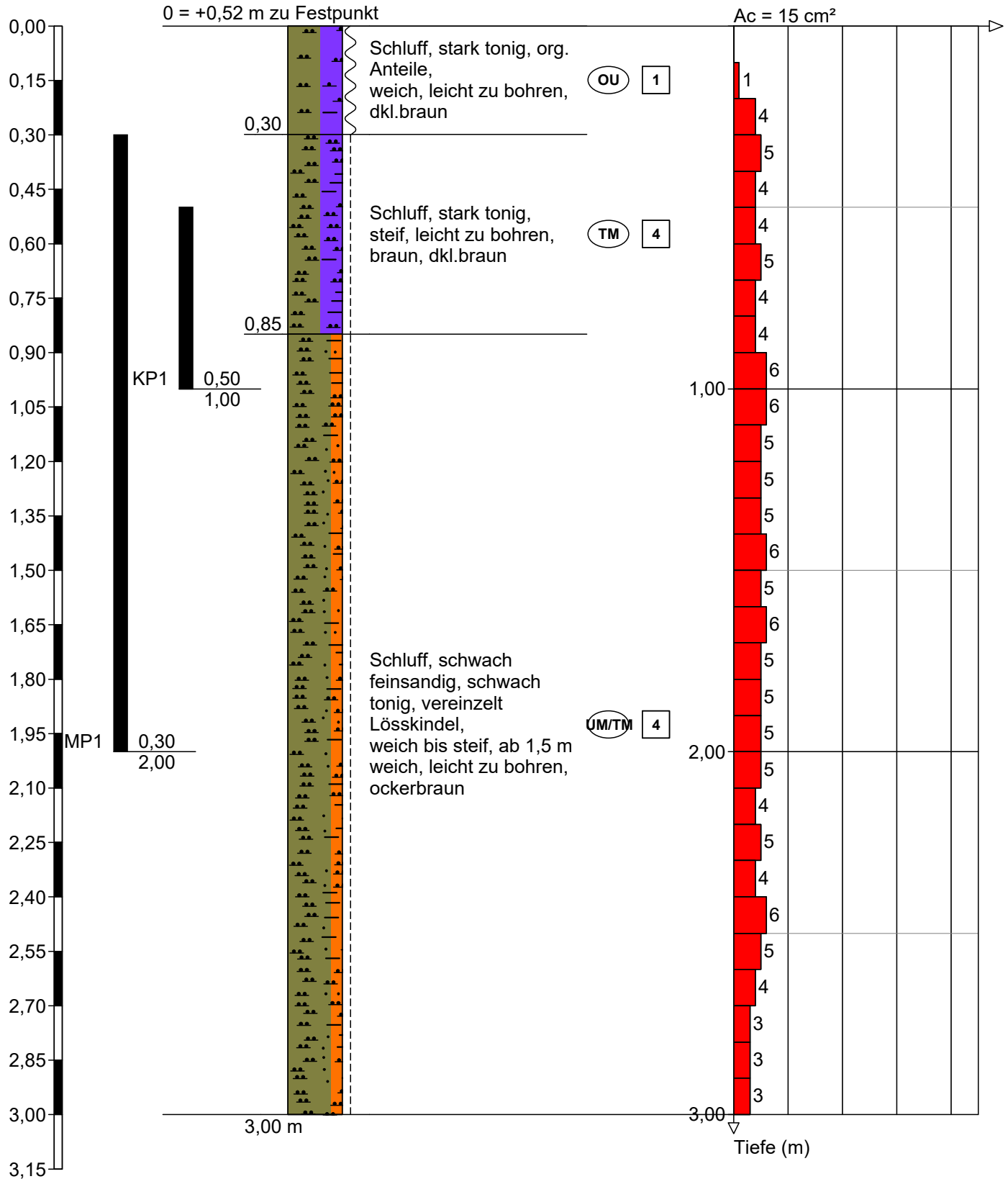
Projekt: BV Gewerbehalle in 97241
Opferbaum

Auftraggeber: Holzbau Arnold GmbH & Co.KG

Bearb.: Angene

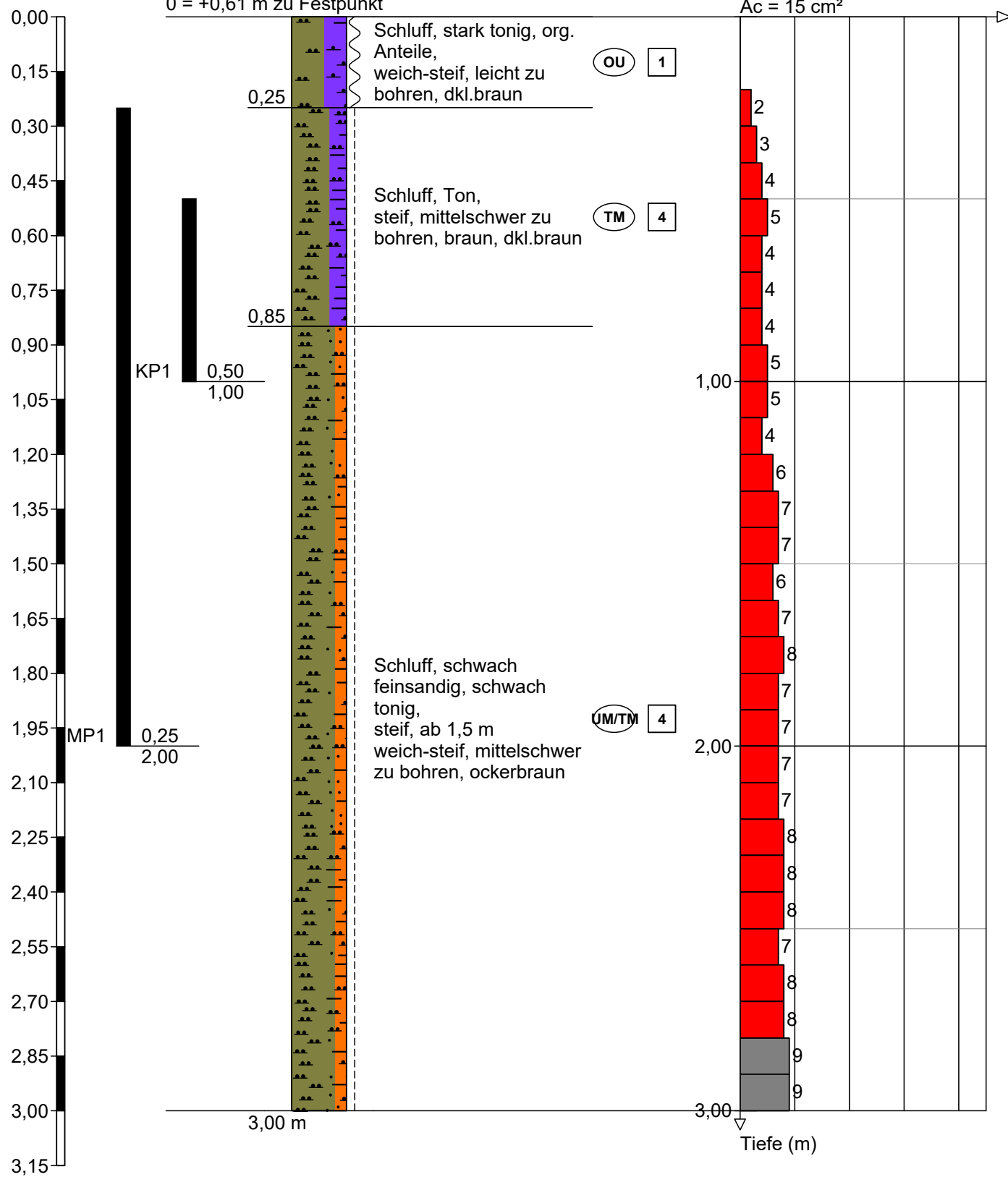
Datum: 05.12.2024

RKS 2 + DPM 2



		Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Anlage Bericht: Az.:		
Bauvorhaben: BV Gewerbehalle in 97241 Opferbaum								
Bohrung Nr RKS 2 + DPM 2 /Blatt 1						Datum: 05.12.2024		
1	2				3	4	5	6
Bis m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk-gehalt				
0,30	a) Schluff, stark tonig, org. Anteile							
	b)							
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) dkl.braun					
	f)	g)	h) OU	i)				
0,85	a) Schluff, stark tonig							
	b)							
	c) steif	d) leicht zu bohren	e) braun, dkl.braun					
	f)	g)	h) TM	i)				
3,00	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig, vereinzelt Lösskindel					A A	KP1 MP1	1,00 2,00
	b)							
	c) weich bis steif, ab 1,5 m weich	d) leicht zu bohren	e) ockerbraun					
	f)	g)	h) UM/TM	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.



		Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Anlage Bericht: Az.:		
Bauvorhaben: BV Gewerbehalle in 97241 Opferbaum								
Bohrung Nr RKS 3 + DPM 3 /Blatt 1						Datum: 05.12.2024		
1	2				3	4	5	6
Bis m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk-gehalt				
0,25	a) Schluff, stark tonig, org. Anteile							
	b)							
	c) weich-steif	d) leicht zu bohren	e) dkl.braun					
	f)	g)	h) OU	i)				
0,85	a) Schluff, Ton							
	b)							
	c) steif	d) mittelschwer zu bohren	e) braun, dkl.braun					
	f)	g)	h) TM	i)				
3,00	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig					A A	KP1 MP1	1,00 2,00
	b)							
	c) steif, ab 1,5 m weich-steif	d) mittelschwer zu bohren	e) ockerbraun					
	f)	g)	h) UM/TM	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.



Umweltinstitut
Sanderstr. 23-25
97070 Würzburg

Zeichnerische Darstellung von
Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage 2

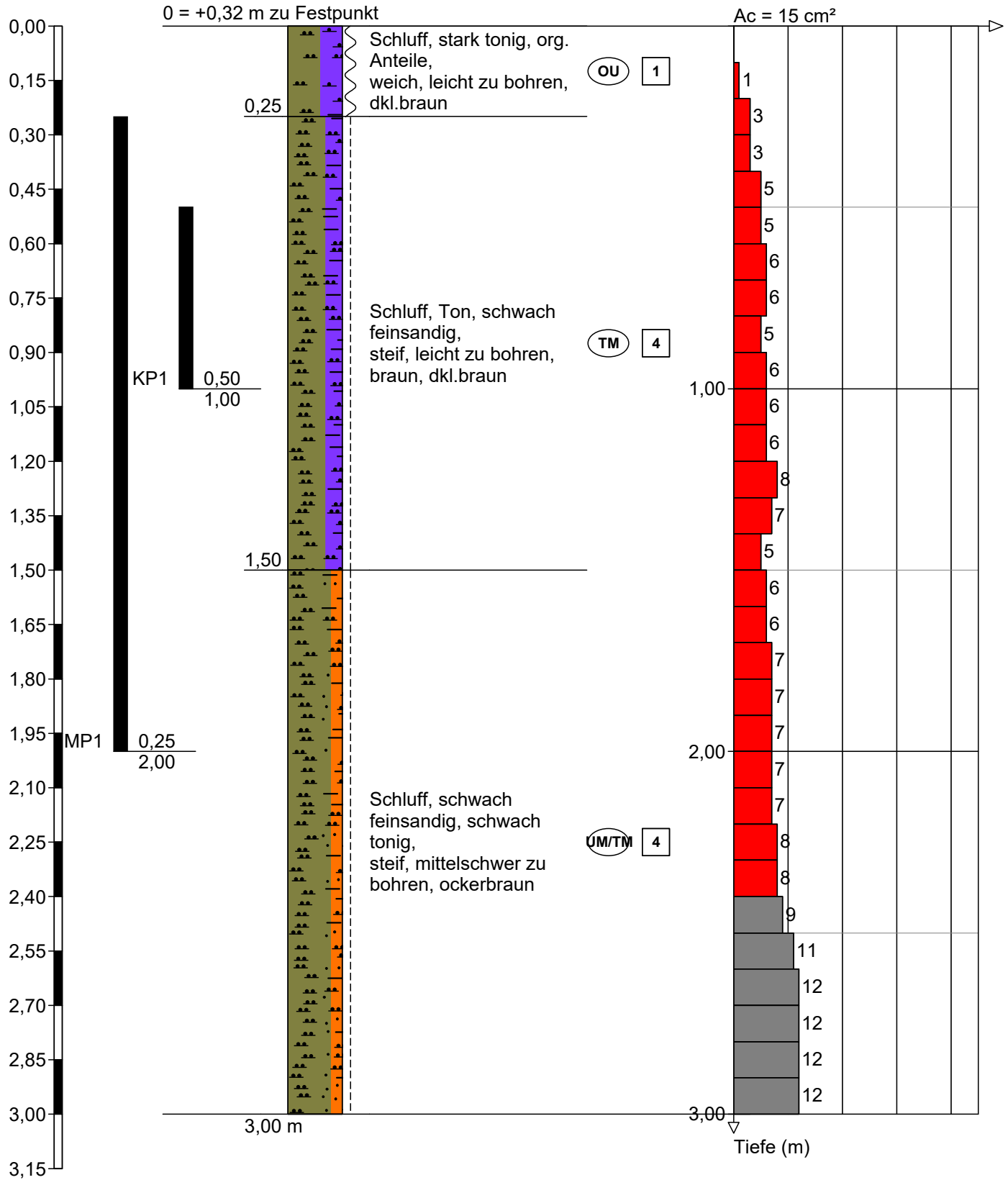
Projekt: BV Gewerbehalle in 97241
Opferbaum

Auftraggeber: Holzbau Arnold GmbH & Co.KG

Bearb.: Angene

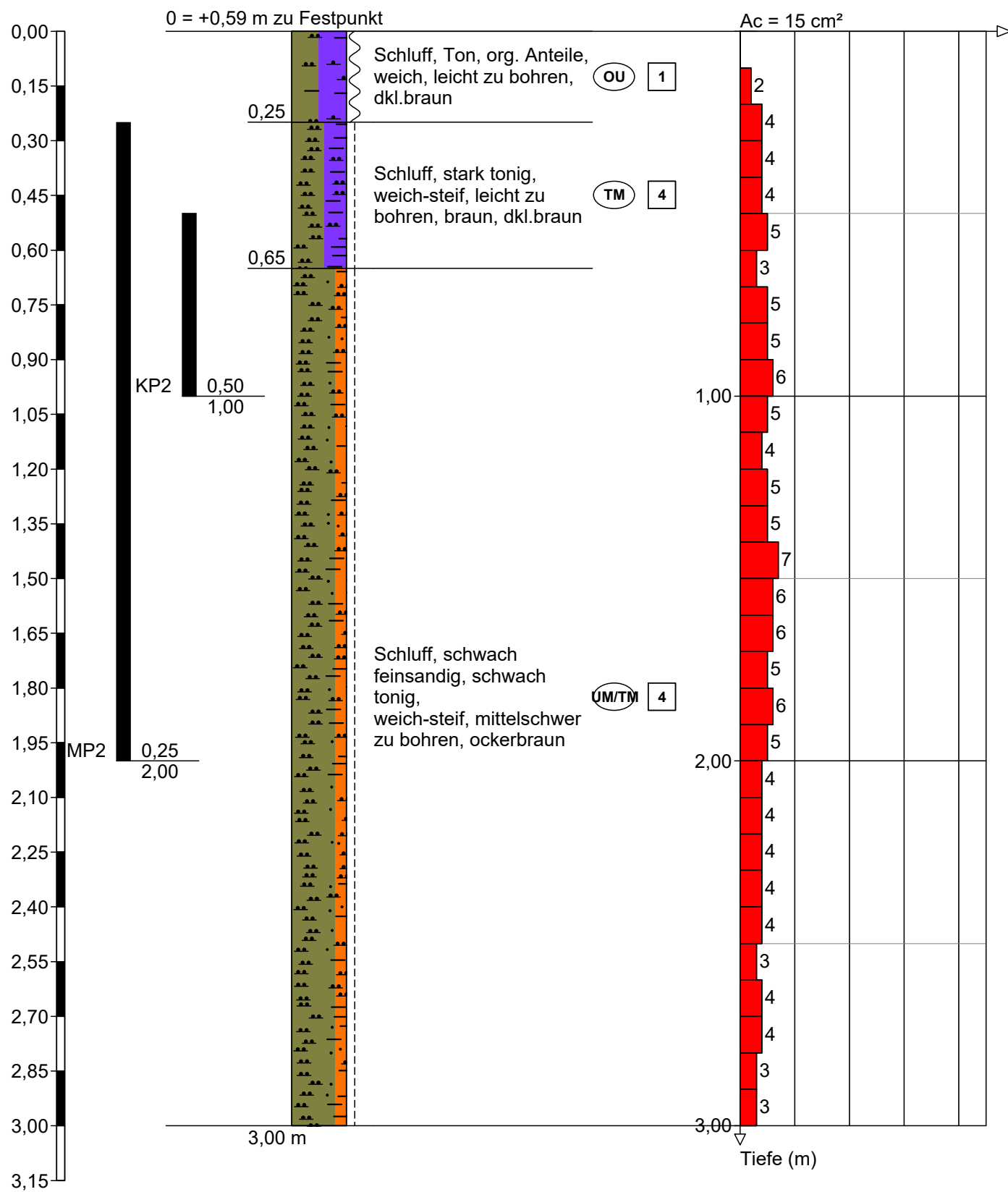
Datum: 05.12.2024

RKS 4 + DPM 4



		Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Anlage Bericht: Az.:		
Bauvorhaben: BV Gewerbehalle in 97241 Opferbaum								
Bohrung Nr RKS 4 + DPM 4 /Blatt 1						Datum: 05.12.2024		
1	2				3	4	5	6
Bis m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk-gehalt				
0,25	a) Schluff, stark tonig, org. Anteile							
	b)							
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) dkl.braun					
	f)	g)	h) OU	i)				
1,50	a) Schluff, Ton, schwach feinsandig					A	KP1	1,00
	b)							
	c) steif	d) leicht zu bohren	e) braun, dkl.braun					
	f)	g)	h) TM	i)				
3,00	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig					A	MP1	2,00
	b)							
	c) steif	d) mittelschwer zu bohren	e) ockerbraun					
	f)	g)	h) UM/TM	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.



		Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Anlage Bericht: Az.:		
Bauvorhaben: BV Gewerbehalle in 97241 Opferbaum								
Bohrung Nr RKS 5 + DPM 5 /Blatt 1						Datum: 05.12.2024		
1	2				3	4	5	6
Bis m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk-gehalt				
0,25	a) Schluff, Ton, org. Anteile							
	b)							
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) dkl.braun					
	f)	g)	h) OU	i)				
0,65	a) Schluff, stark tonig							
	b)							
	c) weich-steif	d) leicht zu bohren	e) braun, dkl.braun					
	f)	g)	h) TM	i)				
3,00	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig					A A	KP2 MP2	1,00 2,00
	b)							
	c) weich-steif	d) mittelschwer zu bohren	e) ockerbraun					
	f)	g)	h) UM/TM	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.



Umweltinstitut
Sanderstr. 23-25
97070 Würzburg

Zeichnerische Darstellung von
Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage 2

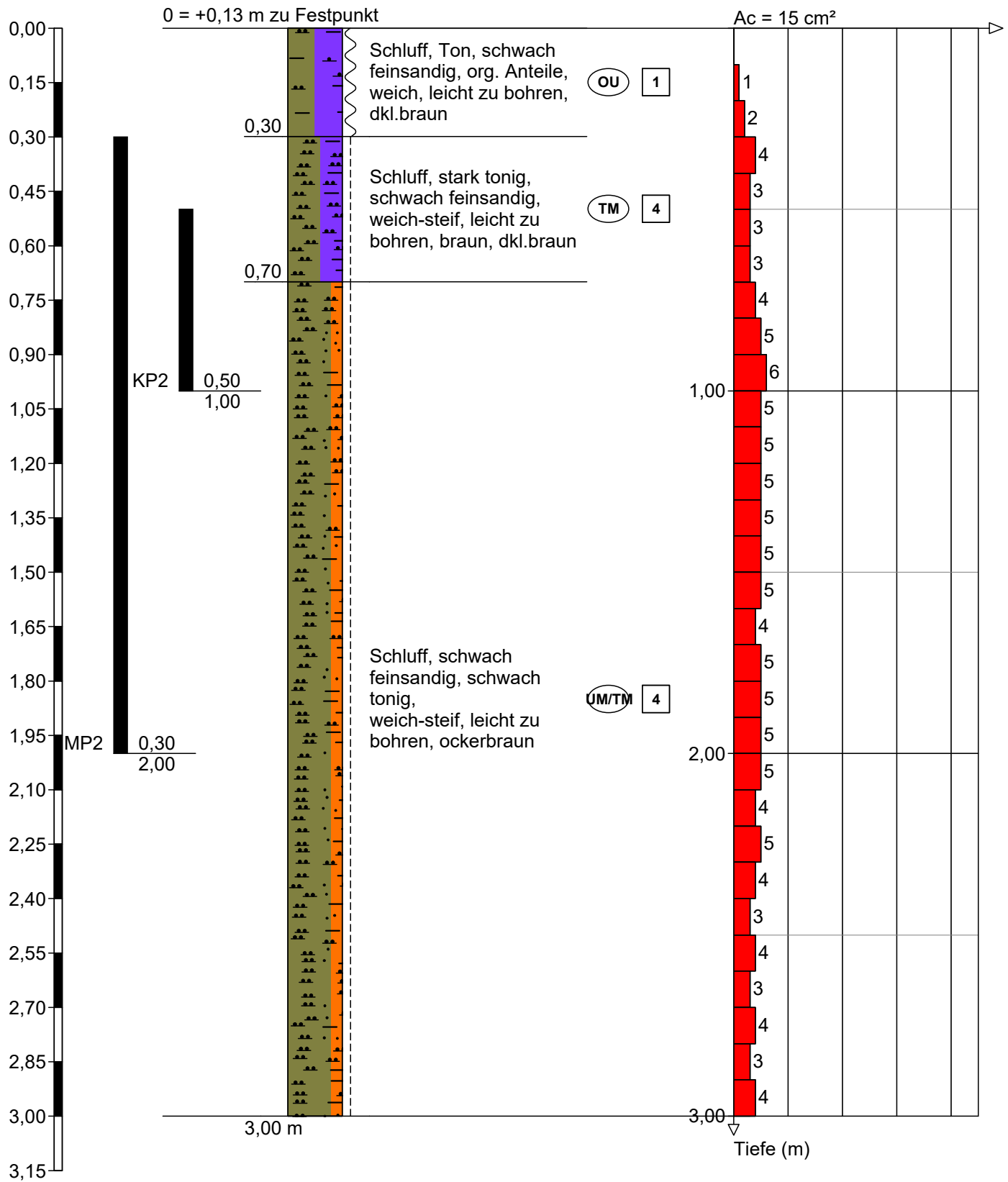
Projekt: BV Gewerbehalle in 97241
Opferbaum

Auftraggeber: Holzbau Arnold GmbH & Co.KG

Bearb.: Angene

Datum: 05.12.2024

RKS 6 + DPM 6



		Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Anlage Bericht: Az.:		
Bauvorhaben: BV Gewerbehalle in 97241 Opferbaum								
Bohrung Nr RKS 6 + DPM 6 /Blatt 1						Datum: 05.12.2024		
1	2				3	4	5	6
Bis m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk-gehalt				
0,30	a) Schluff, Ton, schwach feinsandig, org. Anteile							
	b)							
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) dkl.braun					
	f)	g)	h) OU	i)				
0,70	a) Schluff, stark tonig, schwach feinsandig							
	b)							
	c) weich-steif	d) leicht zu bohren	e) braun, dkl.braun					
	f)	g)	h) TM	i)				
3,00	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig					A A	KP2 MP2	1,00 2,00
	b)							
	c) weich-steif	d) leicht zu bohren	e) ockerbraun					
	f)	g)	h) UM/TM	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.



Umweltinstitut
Sanderstr. 23-25
97070 Würzburg

Zeichnerische Darstellung von
Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage 2

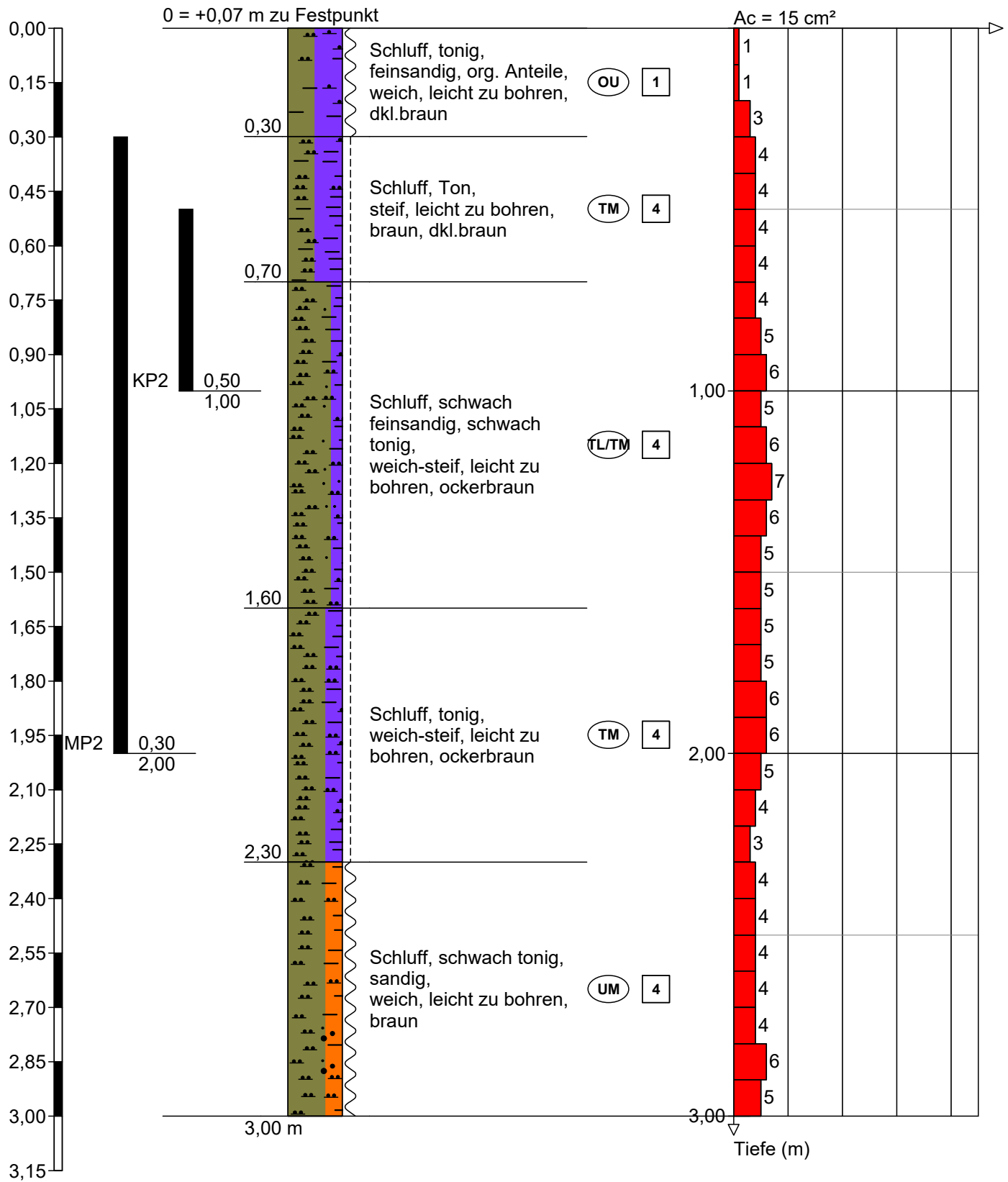
Projekt: BV Gewerbehalle in 97241
Opferbaum

Auftraggeber: Holzbau Arnold GmbH & Co.KG

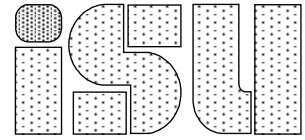
Bearb.: Angene

Datum: 05.12.2024

RKS 7 + DPM 7



		Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Anlage Bericht: Az.:		
Bauvorhaben: BV Gewerbehalle in 97241 Opferbaum								
Bohrung Nr RKS 7 + DPM 7 /Blatt 1						Datum: 05.12.2024		
1	2				3	4	5	6
Bis m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾					Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk-gehalt				
0,30	a) Schluff, tonig, feinsandig, org. Anteile							
	b)							
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) dkl.braun					
	f)	g)	h) OU	i)				
0,70	a) Schluff, Ton							
	b)							
	c) steif	d) leicht zu bohren	e) braun, dkl.braun					
	f)	g)	h) TM	i)				
1,60	a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig					A	KP2	1,00
	b)							
	c) weich-steif	d) leicht zu bohren	e) ockerbraun					
	f)	g)	h) TL/TM	i)				
2,30	a) Schluff, tonig					A	MP2	2,00
	b)							
	c) weich-steif	d) leicht zu bohren	e) ockerbraun					
	f)	g)	h) TM	i)				
3,00	a) Schluff, schwach tonig, sandig							
	b)							
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) braun					
	f)	g)	h) UM	i)				
1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.								





GSG Geologie-Service GmbH
Am Sand 9
97080 Würzburg

Aktenzeichen
Anlage: 2.1
Blatt 1
Projekt: ISU L240852 ISU 0099/240351
Probe: 240852-KP1

Zustandsgrenzen

Bestimmung nach DIN 18122 Bl. 1

Fließ- und Ausrollgrenze

Ausgeführt am: 13.12.2024

durch: Lk

Ausgewertet am: 19.12.2024

durch: Lk

Entnahmestelle: 240852-KP1

Tiefe unter GOK: ?

Entnahmearart: gestört

Probenbeschreibung:

Bodenmat., tonig

Entnahme am: 06.12.2024 Von: ISU

	Fließgrenze				Ausrollgrenze		
Behälter	B6	AV	B1		A1	A2	A3
Anzahl der Schläge [N]	16	25	31				
Feuchte Probe + Behälter [g]	269,94	273,90	269,15		37,35	37,05	35,72
Trockene Probe + Behälter [g]	263,22	267,24	262,73		36,58	36,28	34,95
Behälter [g]	244,57	248,18	243,95		32,28	31,99	30,68
Wassergehalt [%]	36,03	34,94	34,19		17,91	17,95	18,03
Faktor A	0,9474	1,0000	1,0264				
Fließgrenze w _L	34,14	34,94	35,09				

Wassergehalt Schrumpfgrenze (rechnerisch): 13,8 %

Überkorn > 0,4 = 0,80 %

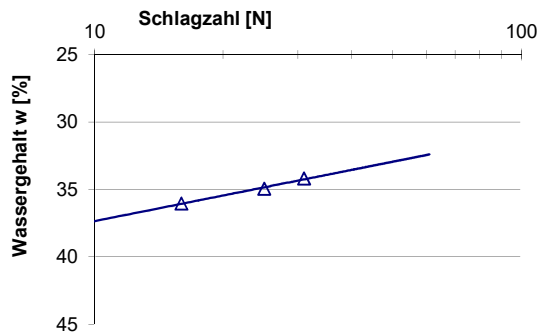
natürlicher Wassergehalt = 17,10 %

Wassergehalt < 0,4 w_F = 17,24 %

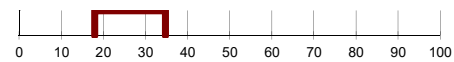
Fließgrenze w_L = 34,72 %

Ausrollgrenze w_p = 17,96 %

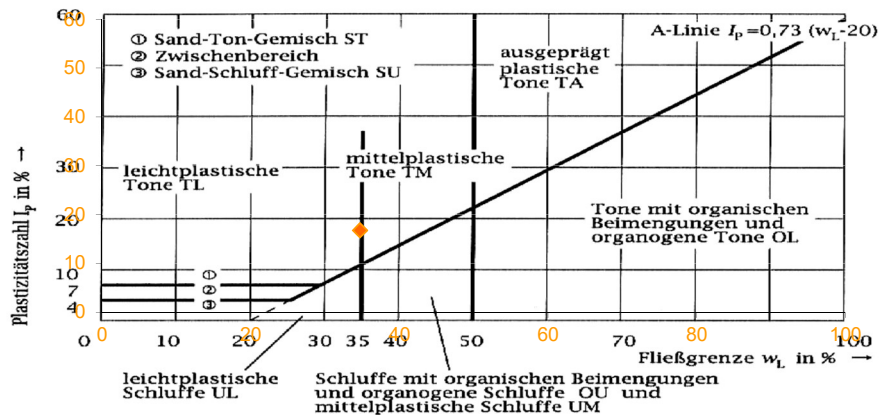
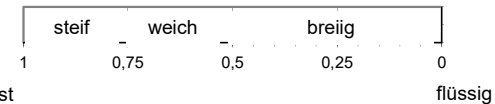
Plastizitätszahl I_p = 16,76 %



Bildsamkeitsbereich



Konsistenzzahl I_c: 1,04





GSG Geologie-Service GmbH
Am Sand 9
97080 Würzburg

Aktenzeichen
Anlage: 2.2
Blatt 1
Projekt: ISU L240852 ISU 0099/240351
Probe: 240852-KP2

Zustandsgrenzen

Bestimmung nach DIN 18122 Bl. 1

Fließ- und Ausrollgrenze

Ausgeführt am: 13.12.2024

durch: Lk

Ausgewertet am: 19.12.2024

durch: Lk

Entnahmestelle: 240852-KP2

Tiefe unter GOK: ?

Entnahmemart: gestört

Probenbeschreibung:

Bodenmat., tonig

Entnahme am: 06.12.2024 Von: ISU

	Fließgrenze				Ausrollgrenze		
Behälter	BT	AM	C2	C1	F1	F2	F3
Anzahl der Schläge [N]	15	24	26	38			
Feuchte Probe + Behälter [g]	270,97	272,40	186,13	180,76	39,41	41,25	41,16
Trockene Probe + Behälter [g]	263,33	264,94	178,64	173,50	38,61	40,44	40,35
Behälter [g]	245,48	246,77	160,25	155,30	34,34	36,15	36,09
Wassergehalt [%]	42,80	41,06	40,73	39,89	18,74	18,88	19,01
Faktor A	0,9401	0,9951	1,0048	1,0520			
Fließgrenze w _L	40,24	40,85	40,92	41,96			

Wassergehalt Schrumpfgrenze (rechnerisch): 13,3 %

Überkorn > 0,4 = 0,68 %

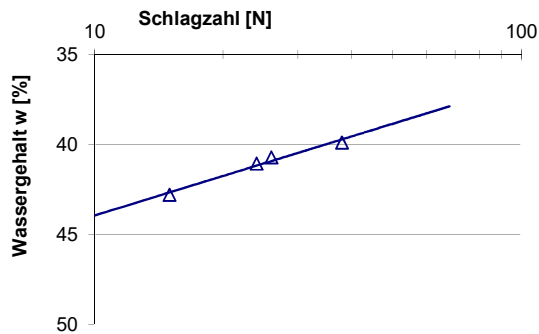
natürlicher Wassergehalt = 17,19 %

Wassergehalt < 0,4 w_F = 17,31 %

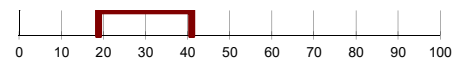
Fließgrenze w_L = 40,99 %

Ausrollgrenze w_p = 18,88 %

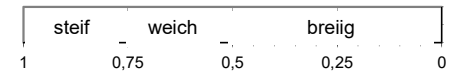
Plastizitätszahl I_p = 22,12 %



Bildsamkeitsbereich

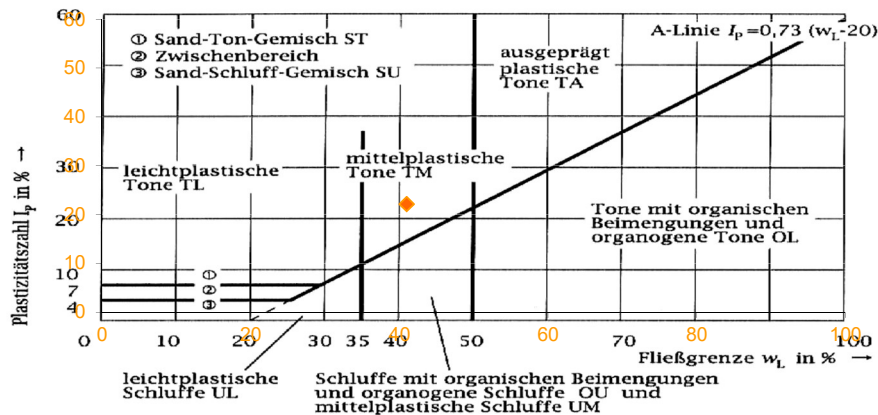


Konsistenzzahl I_c: 1,07



halbfest

flüssig





GSG Geologie-Service GmbH
Am Sand 9

97080 Würzburg
Laborprüfbericht

Aktenzeichen
ISU L240852

Anlage: 1

Blatt: 1

Projekt: ISU 0099/240351

Natürlicher Wassergehalt

Bestimmung nach DIN 18121

Wassergehaltsbestimmung durch Ofentrocknung:

Entnahmestellen: 240852-KP1 / -KP2

Tiefe unter GOK: ?

Entnahmeart: gestört / ungestört im Stechzylinder

Probenbeschreibung: Bodenmaterial

Ausgeführt am: 13.12.2024 durch: Lk

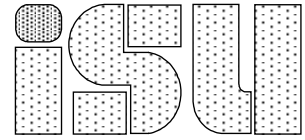
Ausgewertet am: 19.12.2024 durch: Lk/Mm

Entnahme am:
05./06.12.2024

Von:
ISU

Entnahmebedingung:

Bezeichnung der Probe/Schale	240852-KP1 / C3	240852-KP2 / BH	240852-3 v.V. / BL	240852-3 n.V. / BL
Übliche Benennung/Bemerkung	Bodenmaterial, tonig	Bodenmaterial, tonig	Bodenmaterial, tonig	Bodenmaterial, tonig
Überkorn > 10cm	-	-	-	-
Feuchte Probe + Behälter [g]	296,81	368,36	281,10	298,75
Trockene Probe + Behälter [g]	274,62	348,19	274,51	286,94
Behälter [g]	167,01	251,04	247,53	247,53
Wasser [g]	22,19	20,17	6,59	11,81
Trockene Probe [g]	107,61	97,15	26,98	39,41
Wassergehalt [%]	17,10	17,19	19,63	23,06





GSG Geologie-Service GmbH
Am Sand 9, 97080 Würzburg

Aktenzeichen: Anlage: 3 Blatt: 1
Projekt: ISU L240852
Probe: -3

Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes

Bestimmung nach DIN 18130 T1 im Standrohrgerät

Ausgeführt:	Mm	am:	10.12.2024	Gepr.:	Tonig-schluffiges Bodenmaterial	
Ausgewertet:	Mm	am:	20.12.2024		Entnommen:	05.12.2024 von: ISU
Einbauart:	ungestört				Zylinder + naturfeuchte Probe (g):	2.198,13
Durchströmte Probenlänge	l=		11,96 [cm]	Zylinder + aufgesättigte Probe (g):	2.228,81	
Probendurchmesser	d=		9,52 [cm]	Zylinder mz (g) :	597,28	
Probenquerschnittsfläche	A=		71,18 [cm²]	natürlicher Wassergehalt (%) :	19,63	
Standrohrquerschnitt	f=		0,50 [cm²]	aufgesättigter Wassergehalt (%) :	23,06	
Standrohrdurchmesser	df=		0,80 [cm]	Versuchstemperatur (°C) :	20,4	
Aufsättigungszeit:	72 h			Bemerkung:	-	

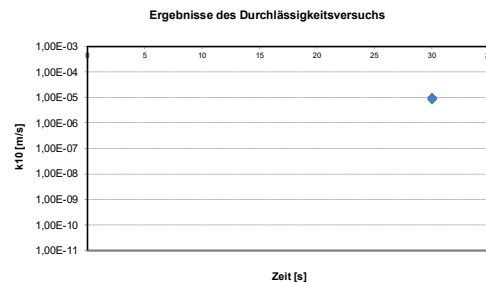
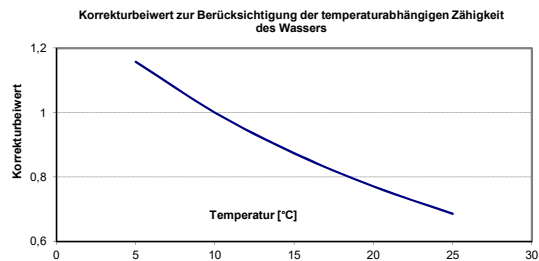
Berechnung des Durchlässigkeitsbeiwertes k_{10} bei 10°C für veränderliche hydraulische Gradienten:

$$k_{10} = \frac{f \cdot l \cdot a}{A \cdot 100 \cdot t} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$$

h_1 = Druckhöhe bei Versuchsbeginn in cm Wassersäule

h_2 = Druckhöhe zur Zeit t in cm Wassersäule

mit a = Korrekturbeiwert zur Berücksichtigung der temperaturabhängigen Zähigkeit des Wassers



Korrekturbeiwert $a =$ 0,764

sehr stark durchlässig	$> 10^{-2}$ m/s
stark durchlässig	10^{-2} bis 10^{-4} m/s
durchlässig	10^{-4} bis 10^{-6} m/s
schwach durchlässig	10^{-6} bis 10^{-8} m/s
s. schwach durchlässig	$< 10^{-8}$ m/s

Datum / Uhrzeit	Zeit dt [s]	h_1 [cm]	h_2 [cm]	Hydr. Gradient		Wasserdurchlässigkeit k_{10} [m/s]
				$i_A = h_1/l_0$	$i_E = h_2/l_0$	
13.12.24 12:30	30	100,0	62,4	8,3612	5,2174	1,01E-05
16.12.24 08:00	30	100,0	66,2	8,3612	5,5351	8,87E-06
16.12.24 23:00	30	100,0	66,8	8,3612	5,5853	8,68E-06
17.12.24 21:00	30	100,0	66,5	8,3612	5,5602	8,77E-06
18.12.24 17:00	30	100,0	66,6	8,3612	5,5686	8,74E-06

Mittelwert: **9,04E-06 m/s**

Untersuchungsergebnisse und Zuordnungswerte
Anlage: 5

Parameter	Einheit	Probe 240862 -1	Probe 240862 -2	Homogenität
Feststoff				
Fraktion < 2mm	%	67	67	
Trockensubstanz	%	80,5	82,7	
TOC	%	-	-	

EOX	mg/kg _{TS}	< 1	< 1	
Kohlenwasserstoffe	mg/kg _{TS}	< 50	< 50	

Benzo(a)pyren	mg/kg _{TS}	< 0,05	< 0,05	
Summe-PAK	mg/kg _{TS}	n.b.	n.b.	

Summe PCB ³⁾	mg/kg _{TS}	n.b.	0,01	
-------------------------	---------------------	------	------	--

Arsen	mg/kg _{TS}	9,2	11	
Blei	mg/kg _{TS}	13	15	
Cadmium	mg/kg _{TS}	< 0,2	< 0,2	
Chrom gesamt	mg/kg _{TS}	38	46	
Kupfer	mg/kg _{TS}	13	15	
Nickel	mg/kg _{TS}	29	33	
Quecksilber	mg/kg _{TS}	< 0,05	< 0,05	
Zink	mg/kg _{TS}	46,3	53,6	

Cyanide gesamt	mg/kg _{TS}	< 0,3	< 0,3	
----------------	---------------------	-------	-------	--

Eluat				
pH-Wert ¹⁾		8,1	8,2	
Elektr. Leitfähigkeit ¹⁾	µS/cm	110	120	
Chlorid	mg/l	< 2	< 2	
Sulfat	mg/l	3,3	15	

Cyanid gesamt	µg/l	< 5	< 5	
Phenol-Index ⁴⁾	µg/l	< 10	< 10	

Arsen	µg/l	< 5	< 5	
Blei	µg/l	< 1	1	
Cadmium	µg/l	< 0,5	< 0,5	
Chrom (ges.)	µg/l	3	1	
Kupfer	µg/l	< 5	< 5	
Nickel	µg/l	< 5	< 5	
Quecksilber ⁶⁾	µg/l	< 0,2	< 0,2	
Zink	µg/l	< 50	< 50	

Zuordnungswerte LVGBT			
Z 0 ¹⁾²⁾	Z 1.1	Z 1.2	Z 2

Sand	Lehm/ Schluff	Ton
------	------------------	-----

1	3	10	15
100	300	500	1000

<0,3	<0,3	<1	<1
3	5	15	20

0,05	0,1	0,5	1
------	-----	-----	---

20	30	50	150
40	70 ⁴⁾	100 ⁴⁾	140
0,4	1 ⁴⁾	1,5 ⁴⁾	2
30	60	100	120
20	40	60	80
15	50 ⁴⁾	70 ⁴⁾	100
0,1	0,5	1	1
60	150 ⁴⁾	200 ⁴⁾	300

1	10	30	100
---	----	----	-----

Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
-----	-------	-------	-----

6,5-9	6,5-9	6-12	5,5-12
500	500/2000 ²⁾	1000/2500 ²⁾	1500/3000 ²⁾

250	250	250	250
250	250	250/300 ²⁾	250/600 ²⁾

10	10	50	100 ³⁾
10	10	50	100

10	10	40	60
20	25	100	200
2,0	2,0	5,0	10
15	30/50 ²⁾⁵⁾	75	150
50	50	150	300
40	50	150	200
0,2	0,20/0,50 ²⁾	1,0	2,0
100	100	300	600

Anmerkungen

Anlage: 1

Feststoff

- 1) Ist bei Trockenverfüllungen eine Zuordnung zu einer der in Anhang 2 Nr. 4 BBodSchV genannten Bodenarten möglich, gelten die entsprechenden Kategorien. Ist eine Zuordnung nicht möglich (z.B. Verfüllung mit Material unterschiedlicher Herkunftsorte) gilt die Kategorie Lehm und Schluff.
- 2) Für Nassverfüllungen gelten hilfsweise die Z-0-Werte wie für Sand aus Spalte 1, bzw. abhängig von der zu verfüllenden Bodenart maximal bis Spalte 2, also wie für Lehm und Schluff
- 3) Die Summe ist nur aus den Konzentrationen der 6 in der DIN 12766-2 genannten PCB-Indikator-Kongeneren (PCB-28, -52, -101, -138, -153, -180) zu ermitteln. Es erfolgt keine Multiplikation mit dem Faktor 5.
- 4) Bei pH-Werten < 6,0 gelten für Cd, Ni, und Zn und bei pH-Werten < 5,0 für Pb jeweils die Werte der nächst niedrigeren Kategorie

Eluat

- 1) Abweichungen von den Bereichen der Zuordnungswerte für den pH-Wert oder die Überschreitung der el. Leitfähigkeit im Eluat stellen allein kein Ausschlusskriterium dar, die Ursache ist im Einzelfall zu prüfen und zu dokumentieren.
- 2) Im Rahmen der erlaubten Verfüllung mit Bauschutt (vgl. Abschnitt A-5) ist eine Überschreitung der Zuordnungswerte für Sulfat, die elektrische Leitfähigkeit, Chrom (gesamt) und Quecksilber bis zu den jeweils höheren Werten zulässig. Für die genannten Parameter dürfen die erhöhten Werte auch gleichzeitig bei allen diesen Parameter auftreten. Die höheren Werte beziehen sich ausschließlich auf das erlaubte Bauschuttkontingent (max. ein Drittel der jährlichen Verfüllmenge) und haben keine Gültigkeit für das restliche Verfüllkontingent. Für dieses gelten die Zuordnungswerte für Boden. Im Rahmen des erlaubten Bauschuttkontingents darf auch Boden mit den für Bauschutt gültigen Zuordnungswerten verfüllt werden. Bei Untersuchung von Bodenaushub- und Bauschuttgemenge im Rahmen der Fremdüberwachung gelten die für die erlaubte Verfüllung zulässigen höheren Werte.
- 3) Verwertung für Z 2 > 100 µg/l ist zulässig, wenn Z 2 Cyanid (leicht freisetzbar < 50 µg/l
- 4) Bei Überschreitungen ist die Ursache zu prüfen. Höhere Gehalte, die auf Huminstoffe zurückzuführen sind, stellen kein Ausschlusskriterium dar.
- 5) Bei Überschreitung des Z 1.1-Wertes für Chrom (ges.) von 30 µg/l ist der Anteil an Cr(VI) (Chromat) zu bestimmen. Der Cr (VI)-Gehalt darf für eine Z 1.1-Einstufung 8 µg/l nicht überschreiten. Diese Regel gilt bis zu einem maximalen Chrom (ges.)-Wert von 50 µg/l. Überschreitet das Material den Cr (VI)-Wert von 8 µg/l, ist das Material als Z 1.2 einzustufen. Für Material der Klasse Z 1.2 und Z 2 ist eine Bewertung des Cr (VI)-Eluatwertes nicht vorgesehen und nicht einstufigsrelevant, es genügt die Bestimmung von Chrom (ges.).
- 6) Bezogen auf anorganisches Quecksilber. Organisches Quecksilber (Methyl-Hg) darf nicht enthalten sein (Nachweis).

Allgemein

< / n.b. Der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

52 Gehalt überschreitet den Zuordnungswert "Z 2"



Überprüfung der "Schadstoff-Homogenität" bei Reduzierung der Probenanzahl (gem. Lfu-Merkblatt "Beprobung von Boden und Bauschutt, Nov. 2017).

bei Belastungen $\leq$ Z 1.2

Eine Einstufung als homogen liegt für Schadstoffbelastungen bis Z 1.2 vor, wenn alle einstufigsrelevanten Werte innerhalb einer Zuordnungsklasse liegen (zum Beispiel alle Werte > Z 1.1 und $\leq$ Z 1.2) und die weiteren Voraussetzungen nach Lfu-Deponie-Info 3 eingehalten werden. Unabhängig von der Homogenität ist bei Schadstoffbelastungen bis Z 1.2 eine Einstufung auf Grund der Ergebnisse der Untersuchung nach Lfu-Deponie Info 3 möglich, selbst wenn die Untersuchungsergebnisse in verschiedenen Zuordnungsklassen liegen (zum Beispiel ein Wert Z 0, ein Wert Z 1.2). Der Abfall ist dabei nach dem Höchstwert einzustufen. Dem Abfallerzeuger bleibt es unbenommen, das Haufwerk vollständig nach LAGA PN 98 zu untersuchen, um eine Schadstoffbewertung nach LAGA-Methodensammlung 3.0 vornehmen zu können

bei Belastungen > Z 1.2

Höher belastete Haufwerke > Z 1.2 sind dann homogen, wenn die Analysenwerte bei keinem Parameter um über 100 %, beim pH-Wert um mehr als eine pH-Einheit oder beim AT4 - falls notwendig - um mehr als 50 % voneinander abweichen (vergleiche hierzu Lfu-Deponie-Info 3). Eine vollständige Untersuchung aller Proben gemäß Tabelle 2 der LAGA PN 98, das heißt die zusätzliche Untersuchung der restlichen Proben, ist somit notwendig. Auf weitere Untersuchungen kann verzichtet werden, wenn keiner der gemessenen "Inhomogenitäts-Werte" 50 % des Grenzwertes überschreitet.

AGROLAB Labor GmbH

Dr.-Pauling-Str. 3, 84079 Bruckberg, Germany
Fax: +49 (08765) 93996-28
www.agrolab.de



AGROLAB Labor GmbH Bruckberg, Dr.-Pauling-Str. 3, 84079
Bruckberg

Kundennr.: 27060260

ISU Umweltinstitut GmbH
Sanderstr. 23-25
97070 Würzburg

PRÜFBERICHT 3643509 0099 / 240351

Datum: 16.12.2024

Auftrag	3643509 Bodenmaterial/Baggergut
Auftraggeber	27060260 ISU Umweltinstitut GmbH
Probenahmedatum	05.12.2024
Probeneingang	09.12.2024
Probenehmer	Auftraggeber

Sehr geehrte Damen und Herren,

anbei übersenden wir Ihnen die Ergebnisse der Untersuchungen, mit denen Sie unser Labor beauftragt haben.

Dieser Prüfbericht mit der Auftragsnummer 3643509 und der Prüfberichtsversion 1 enthält die Probennummer(n)
784627-784628.

Mit freundlichen Grüßen

AGROLAB Labor GmbH Bruckberg, Sebastian Waldinger, Tel. 0876593996-700

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert.

Seite 1 von 5

**PRÜFBERICHT 3643509 0099 / 240351****Datum: 16.12.2024****Proben Informationen**

Probennummer	Probenbezeichnung	Probenahmedatum	Probenehmer
784627	240862-1	05.12.2024 00:00	Auftraggeber
784628	240862-2	05.12.2024 00:00	Auftraggeber

Feststoff

Parameter	Einheit	784627 240862-1	784628 240862-2	Substanz
Analyse in der Fraktion < 2mm		++ ²⁾	++ ²⁾	TS
Fraktion < 2 mm (Wägung)	%	67	67	TS
Masse Laborprobe	kg	4,00 ¹⁾	1,00 ¹⁾	OS
Trockensubstanz	%	80,5 ¹⁾	82,7 ¹⁾	OS
Cyanide ges.	mg/kg	<0,3 ⁴⁾	<0,3 ⁴⁾	TS
EOX	mg/kg	<1,0 ⁴⁾	<1,0 ⁴⁾	TS
Königswasseraufschluß ⁸⁾		++ ²⁾	++ ²⁾	TS
Arsen (As)	mg/kg	9,2	11	TS
Blei (Pb)	mg/kg	13	15	TS
Cadmium (Cd)	mg/kg	<0,2 ⁴⁾	<0,2 ⁴⁾	TS
Chrom (Cr)	mg/kg	38	46	TS
Kupfer (Cu)	mg/kg	13	15	TS
Nickel (Ni)	mg/kg	29	33	TS
Quecksilber (Hg)	mg/kg	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾	TS
Zink (Zn)	mg/kg	46,3	53,6	TS
Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC) ⁵⁾	mg/kg	<50 ⁴⁾	<50 ⁴⁾	TS
Kohlenwasserstoffe C10-C40 ⁵⁾	mg/kg	<50 ⁴⁾	<50 ⁴⁾	TS
Naphthalin	mg/kg	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾	TS
Acenaphthylen	mg/kg	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾	TS
Acenaphthen	mg/kg	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾	TS
Fluoren	mg/kg	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾	TS
Phenanthren	mg/kg	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾	TS
Anthracen	mg/kg	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾	TS
Fluoranthren	mg/kg	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾	TS
Pyren	mg/kg	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾	TS
Benzo(a)anthracen	mg/kg	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾	TS
Chrysen	mg/kg	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾	TS
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾	TS
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾	TS
Benzo(a)pyren	mg/kg	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾	TS
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾	TS
Benzo(ghi)perylene	mg/kg	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾	TS
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg	<0,05 ⁴⁾	<0,05 ⁴⁾	TS
PAK-Summe (nach EPA)	mg/kg	n.b.⁴⁾	n.b.⁴⁾	TS
PCB (28) ⁷⁾	mg/kg	<0,005 ⁴⁾	<0,005 ⁴⁾	TS
PCB (52) ⁷⁾	mg/kg	<0,005 ⁴⁾	<0,005 ⁴⁾	TS
PCB (101) ⁷⁾	mg/kg	<0,005 ⁴⁾	<0,005 ⁴⁾	TS
PCB (118) ⁷⁾	mg/kg	<0,005 ⁴⁾	<0,005 ⁴⁾	TS
PCB (138) ⁷⁾	mg/kg	<0,005 ⁴⁾	0,005	TS
PCB (153) ⁷⁾	mg/kg	<0,005 ⁴⁾	<0,005 ⁴⁾	TS
PCB (180) ⁷⁾	mg/kg	<0,005 ⁴⁾	<0,005 ⁴⁾	TS

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert.

**PRÜFBERICHT 3643509 0099 / 240351****Datum: 16.12.2024****Proben Informationen**

Probennummer	Probenbezeichnung	Probenahmedatum	Probenehmer
784627	240862-1	05.12.2024 00:00	Auftraggeber
784628	240862-2	05.12.2024 00:00	Auftraggeber

Parameter	Einheit	784627 240862-1	784628 240862-2	Substanz
PCB-Summe	mg/kg	n.b. ⁴⁾	0,01 ³⁾	TS
PCB-Summe (6 Kongenere)	mg/kg	n.b. ⁴⁾	0,01 ³⁾	TS

Eluat

Parameter	Einheit	784627 240862-1	784628 240862-2	Substanz
Eluaterstellung		++ ^{1),2)}	++ ^{1),2)}	OS
Temperatur Eluat ¹²⁾	°C	20,5 ¹⁾	20,5 ¹⁾	OS
pH-Wert ¹⁰⁾		8,1 ¹⁾	8,2 ¹⁾	OS
elektrische Leitfähigkeit ¹⁴⁾	µS/cm	110 ¹⁾	120 ¹⁾	OS
Chlorid (Cl) ⁶⁾	mg/l	<2,0 ^{1),4)}	<2,0 ^{1),4)}	OS
Sulfat (SO ₄) ⁶⁾	mg/l	3,3 ¹⁾	15 ¹⁾	OS
Phenolindex	mg/l	<0,01 ^{1),4)}	<0,01 ^{1),4)}	OS
Cyanide ges. ⁹⁾	mg/l	<0,005 ^{1),4)}	<0,005 ^{1),4)}	OS
Arsen (As) ¹³⁾	mg/l	<0,005 ^{1),4)}	<0,005 ^{1),4)}	OS
Blei (Pb) ¹³⁾	mg/l	<0,001 ^{1),4)}	0,001 ¹⁾	OS
Cadmium (Cd) ¹³⁾	mg/l	<0,0005 ^{1),4)}	<0,0005 ^{1),4)}	OS
Chrom (Cr) ¹³⁾	mg/l	0,003 ¹⁾	0,001 ¹⁾	OS
Kupfer (Cu) ¹³⁾	mg/l	<0,005 ^{1),4)}	<0,005 ^{1),4)}	OS
Nickel (Ni) ¹³⁾	mg/l	<0,005 ^{1),4)}	<0,005 ^{1),4)}	OS
Quecksilber (Hg) ¹¹⁾	mg/l	<0,0002 ^{1),4)}	<0,0002 ^{1),4)}	OS
Zink (Zn) ¹³⁾	mg/l	<0,05 ^{1),4)}	<0,05 ^{1),4)}	OS

¹⁾ Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz (TS), bei den mit ¹⁾ gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz (OS).

²⁾ "++" Bedeutet, dass die notwendige Behandlung im Labor durchgeführt wurde.

³⁾ Einzelwerte, die die Nachweis- oder Bestimmungsgrenze unterschreiten, wurden nicht berücksichtigt.

⁴⁾ Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

⁵⁾ Für die Messung nach DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2019-09 wurde das Probenmaterial mittels Schütteln extrahiert und über eine Florisilsäule aufgereinigt.

⁶⁾ Für die Messung nach DIN ISO 15923-1 : 2014-07 wurde das erstellte Eluat/Perkolat bis zur weiteren Bearbeitung im Dunkeln gekühlt aufbewahrt.

⁷⁾ Für die Messung nach DIN EN 15308 : 2016-12 wurde mittels Schütteln extrahiert und über mit Schwefelsäure aktiviertem Silicagel aufgereinigt.

⁸⁾ Der Aufschluss nach DIN EN 13657 : 2003-01 erfolgt mittels Königswasser in einer Mikrowelle bei 1600W, 175°C, einer Rampe von 20 Minuten und einer Haltezeit von 20 Minuten. Die Abtrennung ggfs. vorhandener fester Rückstände erfolgt im Anschluss mittels Filtration.

⁹⁾ Für die Messung nach DIN EN ISO 14403-2 : 2012-10 wurde das erstellte Eluat/Perkolat mittels 4 molarer Natronlauge stabilisiert.

¹⁰⁾ Für die Messung nach DIN EN ISO 10523 : 2012-04 wurde das erstellte Eluat/Perkolat bis zur weiteren Bearbeitung im Dunkeln gekühlt aufbewahrt.

¹¹⁾ Für die Messung nach DIN EN ISO 12846 : 2012-08 wurde das erstellte Eluat/Perkolat mittels 30%iger Salzsäure stabilisiert.

¹²⁾ Für die Messung nach DIN EN 38404-4 : 1976-12 wurde das erstellte Eluat/Perkolat nicht stabilisiert.

¹³⁾ Für die Messung nach DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01 wurde das erstellte Eluat/Perkolat mittels konzentrierter Salpetersäure stabilisiert.

¹⁴⁾ Für die Messung nach DIN EN 27888 : 1993-11 wurde das erstellte Eluat/Perkolat bis zur Messung im Dunkeln gekühlt aufbewahrt.

Die Berechnung der Messunsicherheiten in der folgenden Tabelle basiert auf dem GUM (Guide to the expression of uncertainty in measurement, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP und OIML, 2008) und dem Nordtest Report (Handbook for calculation of measurement uncertainty in environmental laboratories (TR 537 (ed. 4) 2017). Es handelt sich also um einen sehr zuverlässigen Wert mit einem Vertrauensniveau von 95% (Konfidenzintervall). Abweichungen hiervon sind als Eintrag in der Spalte "Abweichende Bestimmungsmethode"

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert.

PRÜFBERICHT 3643509 0099 / 240351

Datum: 16.12.2024

gekennzeichnet.

Messunsicherheit	Abweichende Bestimmungsmethode	Parameter
22%		Chrom (Cr) ¹³ [mg/l]
33%		Kupfer (Cu) • Nickel (Ni)
20%		Temperatur Eluat ¹²
53%		Blei (Pb) [mg/kg]
6,64%		elektrische Leitfähigkeit ¹⁴
15%		Sulfat (SO ₄) ⁶
5%	Estimation	Masse Laborprobe
47%		Chrom (Cr) [mg/kg]
6%		Trockensubstanz
5,83%		pH-Wert ¹⁰
40%		Zink (Zn)
13%		Blei (Pb) ¹³ [mg/l]
15%	Estimation	Fraktion < 2 mm (Wägung)
35%		Arsen (As)
45%		PCB (138) ⁷

Beginn der Prüfung: 11.12.2024

Ende der Prüfung: 16.12.2024

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Das Laboratorium ist nicht für die vom Kunden bereitgestellten Informationen verantwortlich. Die ggf. im vorliegenden Prüfbericht dargestellten Kundeninformationen unterliegen nicht der Akkreditierung des Laboratoriums und können sich auf die Validität der Prüfergebnisse auswirken. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

Im Fall einer Konformitätsbewertung wird als Entscheidungsregel der diskrete Ansatz angewendet. Das bedeutet, dass die Messunsicherheit bei der Aussage zur Konformität zu einer Spezifikation oder Norm nicht berücksichtigt wird.

AGROLAB Labor GmbH Bruckberg, Sebastian Waldinger, Tel. 0876593996-700

Methodenliste

Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter	PAK-Summe (nach EPA) • PCB-Summe • PCB-Summe (6 Kongenere)
DIN 19747 : 2009-07	Analyse in der Fraktion < 2mm • Fraktion < 2 mm (Wägung) • Masse Laborprobe
DIN 38404-4 : 1976-12	Temperatur Eluat ¹²
DIN 38414-17 : 2017-01	EOX
DIN 38414-23 : 2002-02	Naphthalin • Acenaphthylen • Acenaphthen • Fluoren • Phenanthren • Anthracen • Fluoranthren • Pyren • Benzo(a)anthracen • Chrysen • Benzo(b)fluoranthren • Benzo(k)fluoranthren • Benzo(a)pyren • Dibenz(ah)anthracen • Benzo(ghi)perylene • Indeno(1,2,3-cd)pyren
DIN EN 12457-4 : 2003-01	Eluaterstellung
DIN EN 13657 : 2003-01	Königswasseraufschluß ⁸
DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2019-09	Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC) ⁵ • Kohlenwasserstoffe C10-C40 ⁵
DIN EN 14346 : 2007-03, Verfahren A	Trockensubstanz
DIN EN 15308 : 2016-12	PCB (28) ⁷ • PCB (52) ⁷ • PCB (101) ⁷ • PCB (118) ⁷ • PCB (138) ⁷ • PCB (153) ⁷ • PCB (180) ⁷
DIN EN 27888 : 1993-11	elektrische Leitfähigkeit ¹⁴
DIN EN ISO 10523 : 2012-04	pH-Wert ¹⁰
DIN EN ISO 11885 : 2009-09	Arsen (As) [mg/kg] • Blei (Pb) [mg/kg] • Cadmium (Cd) [mg/kg] • Chrom (Cr) [mg/kg] • Kupfer (Cu) [mg/kg] • Nickel (Ni) [mg/kg] • Zink (Zn) [mg/kg]
DIN EN ISO 12846 : 2012-08	Quecksilber (Hg) [mg/kg] • Quecksilber (Hg) ¹¹ [mg/l]
DIN EN ISO 14402 : 1999-12 (H 37) Verfahren nach Abschnitt 4	Phenolindex

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert.

PRÜFBERICHT 3643509 0099 / 240351

Datum: 16.12.2024

Methodenliste

DIN EN ISO 14403-2 : 2012-10	Cyanide ges. ⁹⁾ [mg/l]
DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01	Arsen (As) ¹³⁾ [mg/l] • Blei (Pb) ¹³⁾ [mg/l] • Cadmium (Cd) ¹³⁾ [mg/l] • Chrom (Cr) ¹³⁾ [mg/l] • Kupfer (Cu) ¹³⁾ [mg/l] • Nickel (Ni) ¹³⁾ [mg/l] • Zink (Zn) ¹³⁾ [mg/l]
DIN EN ISO 17380 : 2013-10	Cyanide ges. [mg/kg]
DIN ISO 15923-1 : 2014-07	Chlorid (Cl) ⁶⁾ • Sulfat (SO ₄) ⁶⁾

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert.