

Orientierende geo- und abfalltechnische Untersuchung

Bauvorhaben: Errichtung von 8 Doppelhaushälften Feldstraße, Trebur-Hessenaue

27 Seiten, 13 Tabellen, 6 Anlagen

Auftraggeber:

DS Wohnbau GmbH
Darmstädter Straße 125
Im Jägerhof
63741 Aschaffenburg

Gutachtenersteller:

SakostaCAU GmbH
Im Steingrund 2
63303 Dreieich
Tel.: 06103 / 983-0
Fax: 06103 / 983-10

Projektbearbeitung:

Sascha Anschütz (M.Sc. Angew. Geowiss.)

Projektnummer:

2000494/1

Dreieich, den 30.06.2020

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
1.1	Veranlassung und Aufgabenstellung	6
1.2	Beschreibung des Untersuchungsstandorts.....	6
1.3	Beschreibung des geplanten Bauvorhabens.....	6
1.4	Untersuchungsumfang.....	7
	1.4.1 Geländearbeiten	7
	1.4.2 Umfang der bodenmechanischen Laboruntersuchungen	7
2	Geologische und hydrogeologische Verhältnisse	9
2.1	Geologische Einordnung.....	9
2.2	Beschreibung des erbohrten Untergrundes	9
2.3	Hydrologie / Hydrogeologie.....	10
	2.3.1 Allgemeines	10
	2.3.2 Schutzgebiete	11
	2.3.3 Angetroffene hydrogeologische Verhältnisse	11
3	Abfallrechtliche Einschätzung des erbohrten Materials	12
4	Auswertung der geotechnischen Untersuchungen	13
4.1	Schwere Rammsondierung (DPH).....	13
4.2	Versickerungsversuche	13
4.3	Bodenmechanische Laboruntersuchungen.....	14
5	Geotechnische Beurteilung	16
5.1	Bodenklassifizierung.....	16
5.2	Bodenmechanische Kennwerte	16
5.3	Homogenbereiche und Bodenklassen	17
5.4	Baugrundbeurteilung und Gründungsdiskussion.....	19
	5.4.1 Allgemeine Baugrundbeurteilung	19
	5.4.2 Wohneinheiten	19
	5.4.3 Stellplätze	22
5.5	Empfehlungen zu den Erdarbeiten.....	23
5.6	Fundamentausschachtungen.....	24
5.7	Wasserhaltungsmaßnahmen	24
5.8	Gebäudeabdichtung	24
5.9	Angaben zur Erdbebenzone	25
5.10	Versickerungsfähigkeit.....	25
6	Zusammenfassung	27

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Bodenmechanische Laboruntersuchungen.....	8
Tabelle 2:	Vereinfachter Schichtenaufbau.....	10
Tabelle 3:	Entnahmebereich, Probenzusammenstellung und abfalltechnische Einstufung von Mischproben.....	12
Tabelle 4:	Ergebnisse der Rammsondierung auf Grundlage der ermittelten Schlagzahlen N_{10}	13
Tabelle 5:	Ergebnisse der in-situ Versickerungsversuche: k_f -Wert Bestimmung nach EARTH MANUAL	14
Tabelle 6:	Ergebnisse der Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN 18122 und des Wassergehalts nach DIN EN ISO 17892.....	14
Tabelle 7:	Ergebnisse der Korngrößenverteilung gemäß DIN 18123.....	15
Tabelle 8:	Bodenklassifizierung.....	16
Tabelle 9:	Bodenmechanische Kennwerte	16
Tabelle 10:	Bodenklassen nach DIN 18300:2012-09 sowie Homogenbereiche gemäß VOB/C:2019	17
Tabelle 11:	Homogenbereiche und anzugebende Kenngrößen gemäß DIN 18300 (Erdarbeiten) und Einstufung in geotechnische Kategorie 1.....	18
Tabelle 12:	Bemessungswerte des Sohlwiderstandes in kN/m^2 für verschiedene Breiten der Fundamente, gemäß Grundbruch- und Setzungsberechnung nach Teilsicherheitskonzept DIN 1054:2010 (EC 7), BS-P in Abhängigkeit von der Fundamentbreite und der Einbindetiefe	21
Tabelle 13:	Bemessungswerte des Sohlwiderstandes in kN/m^2 für verschiedene Breiten der Fundamente, gemäß Grundbruch- und Setzungsberechnung nach Teilsicherheitskonzept DIN 1054:2010 (EC 7), BS-P in Abhängigkeit von der Fundamentbreite und der Einbindetiefe	22

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1 1.1 Lage der Untersuchungsfläche im Stadtgebiet,
1.2 Lage der Probenahmepunkte (2 Pläne)
- Anlage 2 Bohrprofile gemäß DIN 4023, 4 Bohrprofile und 4 Rammsondendiagramme
(4 Seiten)
- Anlage 3 Bodenmechanische Laboruntersuchungen, BGM Baugrundberatung GmbH
Untersuchungsbericht 20-248 (6 Seiten)
- Anlage 4 Versickerungsversuche VV1, VV2.2 u. VV2.2 (9 Seiten)
- Anlage 5 Analysenmethoden, Bestimmungsgrenzen und Analysenergebnisse,
Dr. Graner & Partner GmbH, Prüfbericht: Nr. 2037985 (4 Seiten)
- Anlage 6 Probenahmeprotokoll gemäß LAGA PN 98 (1 Seite)

Quellenverzeichnis

Neben den im Text zitierten DIN, EN und ISO-Normen wurden bei der Bearbeitung folgende Unterlagen verwendet:

- [U1] Vermessungsbüro Dipl.-Ing. P. Liermann – Öffentlich bestellter Vermessungsingenieur, Lampertheim: Bestandsaufnahme, Maßstab 1:500, Stand 08.07.2019.
- [U2] DREGER Planungsgesellschaft mbH, Aschaffenburg: Freiflächenplan Gesamt und Ansichtsplan, Maßstab 1:500, Stand 04.02.2020.
- [U3] Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, -Technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden) - Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20, Stand: 05.11.2004.
- [U4] Merkblatt „Entsorgung von Bauabfällen“ Regierungspräsidium Darmstadt, Gießen, Kassel, Stand: 01.09.2018.
- [U5] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG): Geologie Viewer, Internetpräsenz: <http://geologie.hessen.de>, Abfrage am 15.06.2020, 11:00 Uhr.
- [U6] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG): Hydrologisches Kartenwerk, Hessische Rhein- und Mainebene, Grundwasserhöhengleichen, Internetpräsenz: <https://www.hlnug.de>, Abfrage am 15.06.2020, 11:00 Uhr.
- [U7] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V.: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen (RStO 12), Ausgabe 2012.
- [U8] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V.: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTV E-StB), Ausgabe 2009.

1 Einleitung

1.1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die SakostaCAU GmbH, Im Steingrund 2 in 63303 Dreieich wurde am 28.05.2020 von der DS Wohnbau GmbH, Darmstädter Straße 125 in 63741 Aschaffenburg, mit der Durchführung einer orientierenden geo- und abfalltechnischen Untersuchung für das Bauvorhaben „Errichtung von 8 Doppelhaushälften“ in der Feldstraße in 65468 Trebur-Hessenaue beauftragt. Das Untersuchungsgelände umfasst die Flurstücke 4/2, aus Flur 2 der Gemarkung Hessenaue.

Mit der geotechnischen Untersuchung sollen die vorliegenden Untergrundverhältnisse erkundet und Angaben zu bodenmechanischen Kennwerten sowie zur allg. Gründungssituation der geplanten Neubauten erarbeitet werden. Die abfalltechnische Erkundung soll erste Hinweise zur Entsorgung bzw. Verwertung von bei der Baumaßnahme anfallenden Erdmaterialien geben. Die Ergebnisse der geo- und abfalltechnischen Bodenuntersuchung sind in dem vorliegenden Bericht dokumentiert.

1.2 Beschreibung des Untersuchungsstandorts

Das Untersuchungsgelände befindet sich am östlichen Ortsrand von Hessenaue, einem Ortsteil der Gemeinde Trebur. Das Grundstück wird im Süden, Westen und Osten von Grün- bzw. Ackerflächen begrenzt. Die nördliche Grenze wird von der Feldstraße gebildet.

Die Untersuchungsfläche befindet sich im nördlichen Bereich des Grundstücks und wurde bisher als Schreber- oder Entspannungsgartenfläche genutzt. Zum Zeitpunkt der Geländearbeiten war der nördliche Grundstückstreifen in mehrere Parzellen mit Gartenhütten samt Gartenmobiliar unterteilt. Die Unterteilung der Parzellen erfolgt vorwiegend durch Busch- und Strauchwerk sowie einigen Bäumen. Jede Parzelle hat einen Zugang zu einem Baggersee, welcher die zentrale Grundstücksfläche einnimmt. Das südliche Areal des Grundstücks wird als Gemeinschaftsfläche genutzt.

Der Geländeverlauf am Untersuchungsbereich ist sehr eben. Die Geländeoberkante variiert auf dem Baufeld lediglich zwischen ca. 84,6 m ü. NN und 85,1 m ü. NN.

1.3 Beschreibung des geplanten Bauvorhabens

Gemäß [U2] ist auf dem Untersuchungsgelände der Bau von insgesamt 8 Doppelhaushälften (DHH) geplant. Die vier Doppelhäuser werden jeweils mit einem Abstand von 13,8 m zueinander in einer Reihe angeordnet. Der planmäßige Abstand der Gebäude zur Feldstraße im Norden beträgt ca. 5 m.

Die einzelnen Wohnhaushälften sind nicht unterkellert, mit drei oberirdischen Geschossen (EG, 1.OG u. 2.OG) geplant und sollen Abmessungen von je ca. 5,6 m x 11 m erhalten.

Das Fertigfußbodenniveau im Erdgeschoss ist nach [U2] bei 85,06 m ü. NN geplant.

Neben den Wohneinheiten sollen zudem insgesamt 8 PKW-Stellplätze realisiert werden.

1.4 Untersuchungsumfang

1.4.1 Geländearbeiten

Die Geländearbeiten zur geotechnischen Untergrunderkundung wurden im Zeitraum vom 08.06. bis 10.06.2020 durchgeführt und umfassten:

- 4 Kleinrammbohrungen (Bezeichnung KRB1 – KRB4), gemäß DIN EN ISO 22475 bis in eine Tiefe von max. 6 m u. GOK, zur Erkundung und Beurteilung der Schichtenfolge. Das geförderte Bohrgut wurde vor Ort gemäß DIN EN ISO 14688 bzw, DIN 4022 geologisch angesprochen und sensorisch beurteilt.
- 4 schwere Rammsondierungen (Bezeichnung DPH1 – DPH4), gemäß DIN EN ISO 22476-2 bis in eine Tiefe von max. 6 m u. GOK, im näheren Umfeld der Kleinrammbohrungen zur Ermittlung der Lagerungsdichte des Untergrundes.
- 2 in-situ Versickerungsversuche (open-end-Versuche).
- Horizontierte Entnahme des erbohrten Materials aus für die Gründung relevanten Bodenschichten zur bodenmechanischen Laboruntersuchung.
- Höhen- und lagemäßige Einmessung der Bohransatzpunkte.

Die Lage der Sondieransatzpunkte ist Anlage 1.2 zu entnehmen.

Zur Vermeidung von Leitungstreffern wurden von den zuständigen Versorgern die verfügbaren Sparteninformationen eingeholt und bei der Festlegung der Sondieransatzpunkte berücksichtigt.

Anhand der im Zuge der Bohrarbeiten gewonnenen Informationen wurden Bohrprofile nach DIN 4023 erstellt (Anlage 2). Das für weitere Untersuchungen entnommene Probenmaterial wurde in PE-Eimer eingefüllt und verschlossen. Die Bezeichnung der Proben setzt sich zusammen aus der Bohrungsbezeichnung und der Entnahmetiefe.

An ausgewählten, repräsentativen Proben aus den erbohrten Schichten im gründungsrelevanten Bereich wurden die Konsistenzgrenzen nach DIN 18122, der Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892 und die Korngrößenverteilung nach DIN 18123 bestimmt. Die Ergebnisse finden sich in der Anlage 3.

Die Ergebnisse der in-situ Versickerungsversuche sind in der Tabelle 5 im Kapitel 4.2 zusammenfassend dargestellt und können im Detail der Anlage 4 entnommen werden.

Zur abfalltechnischen Deklaration wurden Bodenmischproben dem Labor Dr. Graner & Partner GmbH zur Laboranalytik (Parameterliste der TR LAGA 2004 Boden) überstellt (siehe Anlage 5). Die Ergebnisse der abfalltechnischen Untersuchung sind dem Kapitel 5 zu entnehmen.

Nach Abschluss der Bohrarbeiten wurden die quartären Schichten mit geeignetem Bohrgut verfüllt.

1.4.2 Umfang der bodenmechanischen Laboruntersuchungen

Ausgewählte, repräsentative Bodenproben wurden bodenmechanischen Laboruntersuchungen unterzogen. Die Untersuchungen erfolgten durch die bgm baugrundberatung GmbH, Beethovenstraße 37a, 35410 Hungen.

In Tabelle 1 findet sich eine Auflistung über die an den entsprechenden Proben durchgeführten Laboruntersuchungen.

Tabelle 1: Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Probenbezeichnung / Tiefe in [m]	Geotechnischer Untersuchungsumfang
KRB2/3 / 0,7 – 1,2	Zustandsgrenzen nach DIN 18122 Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1 Glühverlust nach DIN 18128
KRB3/3 / 1,0 – 1,3	Zustandsgrenzen nach DIN 18122 Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1
KRB3/4 / 1,3 – 2,0	Kornverteilung (Sieb-Schwämmanalyse) nach DIN EN ISO 17892-4 Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1
KRB3/5 / 2,0 – 2,9	Kornverteilung (Siebung) nach DIN EN ISO 17892-4
MP1 / 0,5 – 1,3	Glühverlust nach DIN 18128 Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

Der Prüfbericht der bodenmechanischen Untersuchungen ist in Anlage 3 hinterlegt.

Rückstellmaterial verbleibt für 3 Monate im Rückstellprobenlager der SakostaCAU GmbH bzw. des Labors und wird anschließend ordnungsgemäß entsorgt.

2 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

2.1 Geologische Einordnung

Gemäß dem digitalen Kartenwerk der HLNUG (Geologie Viewer) [U5] liegt das Untersuchungsgebiet als Teil des Strukturraums des nördlichen Oberreingrabens im Bereich mächtiger quartärer, ungegliederter Auensedimente. Diese treten meist als Lehm, Sand oder Kies auf.

2.2 Beschreibung des erbohrten Untergrundes

Die Beschreibung des erbohrten Untergrundes bezieht sich auf die im Zuge der Baugrunderkundung durchgeführten Kleinrammbohrungen.

1 Oberböden

Mit allen Bohrungen wurden ab Geländeoberkante zunächst Oberböden in einer Mächtigkeit von 0,3 m bis maximal 0,5 m erbohrt.

Die Oberböden sind als sehr schwach tonige Schluffe ausgebildet. Im Gelände wurde dem Material eine zumeist steife bis halbfeste Konsistenz sowie eine dunkelbraune Färbung zugesprochen.

Insbesondere der oberflächennahe Bereich ist aufgrund der Büsche, Sträucher und Bäume stark durchwurzelt und beinhaltet häufig Pflanzenfasern. Das Bohrgut hat einen erdigen Geruch und ist stark kalkhaltig.

Das erbohrte Material enthielt in einer Bohrung (KRB4) bis < 3% Fremdbestandteile in Form von Ziegelbruchstücken.

2 Auelehme (Quartär)

In allen Bohrungen wurden unter den Oberböden quartäre Auelehme angetroffen.

Die Unterkante der bindigen Böden wurde in einer Tiefe zwischen ca. 1,0 m u. GOK (KRB1 und KRB4, entspricht ca. 83,7 m ü. NN) bzw. 1,3 m u. GOK (KRB3, entspricht ca. 83,8 m ü. NN) erbohrt.

Die Lehmböden bestehen aus schwach tonigen Schluffen, nur vereinzelt wurden schwach feinsandige Grobkornanteile festgestellt. Das erbohrte Material ist, je nach Entfernung zu Sträuchern und Bäumen, stark durchwurzelt. Es hat eine dunkel- bis hellbraune sowie ockerne Farbe und ist stark kalkhaltig.

Die bindigen Böden wurden während der Bohrgutansprache im Gelände in Konsistenzen von steif bis halbfest angetroffen. Organoleptische Auffälligkeiten waren nicht feststellbar.

3 Schwemmsande (Quartär)

Unterlagert werden die Auelehme durch quartäre Schwemmsande des Rheins und seiner Nebenflüsse.

Die Schwemmsande wurden im Übergangsbereich (Auelehm-Schwemmsande), zwischen ca. 1,9 m (KRB1; entspricht ca. 82,8 m ü. NN) und 2,6 m (KRB2; entspricht ca. 82,3 m ü. NN), als sehr schwach kiesig und schwach tonige Fein- bis Mittelsande sowie als stark sandige, schwach tonige Schluffe (Schicht 3a) erbohrt. Anschließend wurden bis zur Endteufe der Bohrungen stark kiesige Mittel- bis Grobsande (Schicht 3b) angetroffen. Der Kiesanteil nimmt mit zunehmender Tiefe zu. Die erkundeten Kieskörner sind gerundet und messen maximal 2 cm bis 4 cm im Durchmesser.

Die rolligen Böden weisen eine hellbraune bis ockerne Färbung auf und sind stark kalkhaltig. Die Schwemmsande wurden bis grob 2 m unter GOK erdfeucht, anschließend nass (im Grundwasser) erbohrt, ab diesem Tiefenniveau kam es vermehrt zu Kernverlust.

Die Unterkante der anstehenden, quartären Sande wurde bis in einer maximalen Erkundungstiefe von etwa 6,0 m u. GOK (entspricht ca. 78,6 m ü. NN) nicht erkundet. Organoleptische Auffälligkeiten waren nicht feststellbar.

Entsprechend den Befunden der durchgeführten Aufschlussarbeiten und den ausgewerteten Unterlagen ergibt sich der in Tabelle 2 wiedergegebene vereinfachte Schichtenaufbau. Der Schichtenaufbau kann auch den in Anlage 2 enthaltenen Bohrprofilen entnommen werden.

Tabelle 2: Vereinfachter Schichtenaufbau

Nr. Baugrundschrift	Teufe Unterkante [m ü. NN] / [m u. GOK]
1 Oberböden	84,2 – 84,5 / 0,3 – 0,5
2 Auelehme (Quartär)	83,7 / 1,0 – 1,3
3a, b Schwemmsande (Quartär)	nicht erbohrt

2.3 Hydrologie / Hydrogeologie

2.3.1 Allgemeines

Die generelle hydrogeologische Situation im Bereich des Untersuchungsgebietes ist durch den oberflächennah anstehenden Grundwasserleiter, der von den quartären Schwemmsanden (Schicht 3) aufgebaut wird, gekennzeichnet.

Die quartären Sedimente stellen den oberen Porengrundwasserleiter dar, in dem das Grundwasser zirkuliert und in dem generell mit erheblichen jahreszeitlichen und witterungsbedingten Schwankungen der Wasserspiegellagen zu rechnen ist.

Die generelle Fließrichtung des Grundwassers verläuft im Projektgebiet in südwestliche bis westliche Richtung zum Rhein hin.

Aus den verfügbaren Grundwasserdaten des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) [U6] kann eine Abschätzung des im Projektgebiet zu erwartenden möglichen Grundwasserhöchststandes erfolgen.

Diesbezüglich wurden die Grundwasserhöhengleichen der veröffentlichten Kartenwerke des HLNUG mit bemessungsrelevanten, hohen Grundwasserständen aus den Jahren 1957, 1988, 2001 und 2015 herangezogen. Hier relevant sind die Daten für das Jahr 1988 (höchste GW-Stände im Projektbereich).

Gemäß den Grundwasserhöhengleichen im April des Jahres 1988 stand das Grundwasser im Projektgebiet auf etwa 84,1 m ü. NN und damit nur etwa 0,5 m unter aktueller Geländeoberkante.

2.3.2 Schutzgebiete

Gemäß den Angaben des Landesgrundwasserdienstes des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) [U6] liegt das Projektgebiet außerhalb jeglicher festgesetzter Trink- oder Heilquellenwasserschutzgebiete.

2.3.3 Angetroffene hydrogeologische Verhältnisse

Da die Bohrlöcher während der Geländearbeiten im Juni 2020 immer wieder zugefallen sind, konnte lediglich in einer Bohrung (KRB2) ein Grundwasserstand bei 2,33 m ü. NN (entspricht ca. 82,6 m ü. NN) angetroffen und eingemessen werden. Dieser Grundwasserstand deckt sich sehr gut mit dem Tiefenniveau der in nassem Zustand erbohrten Sande (vgl. Anlage 2).

Dem Vermesserplan [U1] kann ein Wasserpegel des Baggersees von 82,55 m ü. NN entnommen werden (Stand 05.07.2019). Dies bekräftigt den vor Ort angetroffenen Grundwasserstand.

Unter Berücksichtigung eines potenziellen Anstiegs des Grundwassers und angesichts des aktuell gemessenen Grundwasserstandes wird empfohlen, für das Projektgebiet von einem Bemessungsgrundwasserstand von

$$\text{HGW} = 84,1 \text{ m ü. NN}$$

auszugehen.

Für temporäre Bauzustände wird anhand des vor Ort angetroffenen Wasserstandes ein Bemessungswasserstand von

$$\text{GW}_{\text{BAU}} = 83,0 \text{ m ü. NN}$$

empfohlen.

Niederschlagsabhängig können auch in den oberflächennahen Bodenschichten (Oberböden und Auelehme) Schichten- und Sickerwasserführungen mit i.d.R. geringer Ergiebigkeit und Mächtigkeit auftreten.

3 Abfallrechtliche Einschätzung des erbohrten Materials

Zur orientierenden abfallrechtlichen Einstufung des erbohrten Materials wurde aus den ange-
 troffenen Auelehmen die Mischprobe MP1 erstellt.

Die abfalltechnischen Laboruntersuchungen wurden bei der Dr. Graner & Partner GmbH
 ausgeführt. Die Mischprobe wurde entsprechend den Parametervorgaben des Hessischen
 Merkblattes „Entsorgung von Bauabfällen“ der Regierungspräsidien Darmstadt-Gießen-Kassel
 untersucht.

Die Zusammenstellung der Mischprobe sowie die Analyseergebnisse sind der nachfolgenden
 Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 3: Entnahmebereich, Probenzusammenstellung und abfalltechnische Einstufung von
 Mischproben

Probe	Untersuchungsbereich	Einzelproben	Einstufung nach [U3] bzw. nach [U4]	Einstufungsrelevanter Parameter
MP1	Auelehm (0,5 m – 1,3 m)	KRB1/2, KRB1/3, KRB2/2, KRB2/3, KRB3/2, KRB3/3, KRB4/2, KRB4/3	Z1	TOC (1,3 %)

Die durch die Probe MP1 repräsentierten Auelehme sind vorläufig in die Zuordnungskategorie
 Z 1 gemäß [U3] bzw. [U4] einzustufen. Ausschlaggebender Parameter ist der TOC (gesamter
 organischer Kohlenstoffgehalt) im Feststoff. Der erhöhte TOC-Wert (1,3 %) ist vermutlich auf
 die z.T. vorhandenen Wurzeln in der Mischprobe zurückzuführen.

Zur ergänzenden Ermittlung des Organikanteils der Mischprobe MP1 (0,5 - 1,3 m) wurde der
 Glühverlust ermittelt. Der mittlere Glühverlust der Bodenmischprobe MP1 beträgt 7,3 M.-%.
 Dieser hohe Masseanteil an Organik bekräftigt die Annahme, dass der erhöhte TOC-Gehalt
 durch vorhandenes Wurzelwerk in der Mischprobe zu begründen ist. Wir empfehlen
 Rücksprache mit dem Entsorger zu halten. Durch z.B. die Verwendung eines Baggers mit
 Siebschaufel könnte beim Aushub der Organikanteil im Boden maßgeblich reduziert und
 anschließend ggf. als Z0-Material abgefahren werden.

Die hier getroffene Einstufung des Materials ersetzt nicht eine Haufwerksbeprobung gemäß
 Ritlinie LAGA PN98 sowie eine entsorgungsrechtliche Einstufung des Aushubmaterials mittels
 Deklarationsanalytik und stellt lediglich eine erste, überschlägige Schätzung basierend auf
 stichpunktartigen Beprobungen dar.

Eingriffe in das Erdreich sollten daher fachgutachterlich geplant und ausgeschrieben werden.

Schadstoffbeaufschlagtes bzw. bautechnisch nicht geeignetes, ausgehobenes Material wäre
 - sofern vorhanden - gemäß den Ergebnissen der noch durchzuführenden Deklarationsanalytik
 zu entsorgen.

4 Auswertung der geotechnischen Untersuchungen

4.1 Schwere Rammsondierung (DPH)

Zur Ermittlung der Lagerungsdichte nicht-bindiger Böden bzw. der Konsistenz bindiger Böden wurde im direkten Umfeld (< 0,5 m Abstand) der Kleinrammbohrungen KRB1 bis KRB4 jeweils eine schwere Rammsondierung (DPH, gemäß DIN EN ISO 22476-2) bis in eine maximale Sondiertiefe von ca. 6,0 m u. GOK durchgeführt.

In Tabelle 4 sind die Spannweiten der ermittelten Schlagzahlen (N_{10}) je nach angetroffener Hauptbodenart horizontal dargestellt. Anhand der Schlagzahlen erfolgte zudem in Anlehnung an DIN 4094 eine Interpretation der Lagerungsdichte bzw. Konsistenz jeder angetroffenen Bodenschicht.

Tabelle 4: Ergebnisse der Rammsondierung auf Grundlage der ermittelten Schlagzahlen N_{10}

Hauptbodenart	Tiefenbereich DPH [m u. GOK]	Schlagzahlen N_{10}	Lagerungsdichte / Konsistenz
1 Oberböden	0,0 – 0,5	$1 \leq N_{10} \leq 11$	weich - steif
2 Auelehme	0,5 – 1,3	$2 \leq N_{10} \leq 6$	weich - steif
3 Schwemmsande	1,3 – 6,0	$2 \leq N_{10} \leq 16$	mitteldicht (lokal lockere Lagerung)

Gemäß den ermittelten Schlagzahlen zeigen die quartären Aueböden eine Schwankungsbreite der Konsistenzen, die von weich bis steif reicht. Die z.T. geringen Schlagzahlen von $N_{10} = 2$ lassen auf das Vorhandensein von Schichtwasser innerhalb der (aufgeweichten) Auelehme schließen.

Ab dem Erreichen der Schwemmsande wird ein zunächst leichter, mit zunehmender Tiefe stärker werdender Anstieg der Schlagzahlen verzeichnet. Die erreichten Schlagzahlen sprechen für eine vorwiegend mitteldichte Lagerung der quartären Sande oberhalb, sowie unterhalb des Grundwasserspiegels.

4.2 Versickerungsversuche

Zur Bestimmung der Versickerungsfähigkeit und der hydraulischen Durchlässigkeitsbeiwerte k_f der quartären Schwemmsande (Schicht 3) wurden in den Bohrlöchern zweier separater Kleinrammbohrungen, im direkten Umfeld (<0,5 m Abstand) der Kleinrammbohrungen KRB1 und KRB4, die Versickerungsversuche VV1, VV2.1 und VV2.2 im Vollrohr durchgeführt.

Die Versickerungsversuche erfolgten jeweils in 1,2 m u. GOK (entspricht grob 83,5 m ü. NN) mit dem Beginnen der Schwemmsande.

Zur Verifizierung des Ergebnisses des 2. Versickerungsversuches (VV2), wurde dieser in zunächst ungesättigtem, anschließend erneut in gesättigtem Zustand der anstehenden Schwemmsande durchgeführt.

Die auf Grundlage der in-situ Versickerungsversuche ermittelten k_f -Werte sind der Tabelle 5 zu entnehmen. Die Auswertungsprotokolle mit Angaben der im Gelände erhobenen Daten, können in der Anlage 4 eingesehen werden.

Tabelle 5: Ergebnisse der in-situ Versickerungsversuche: k_f -Wert Bestimmung nach EARTH MANUAL

Versickerungspunkt	Versickerungssohle [m u. GOK]	k_f -Wert nach EARTH MANUAL [m/s]
VV1 - ungesättigt - (nahe KRB1)	1,2	$1,0 \times 10^{-6}$
VV2.1 - ungesättigt - (nahe KRB4)	1,2	$5,0 \times 10^{-6}$
VV2.2 - gesättigt - (nahe KRB4)	1,2	$2,8 \times 10^{-6}$

Die Versickerungsversuche VV1, VV2.1 und VV2.2 ergaben mittlere Durchlässigkeitsbeiwerte von ca. $k_f = 1 \times 10^{-6}$ m/s bis $k_f = 5 \times 10^{-6}$ m/s, die Schwemmsande sind demnach gemäß DIN 18130 als schwach wasserdurchlässig zu bezeichnen.

4.3 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

In den folgenden Tabellen 6 und 7 sind die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche aufgelistet. Die Proben wurden aus für die Gründung relevanten Bodenschichten entnommen. Es wurde bei der Entnahme darauf geachtet, für die Schicht repräsentative Proben zu nehmen.

Der Prüfbericht des Labors findet sich in Anlage 3.

Tabelle 6: Ergebnisse der Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN 18122 und des Wassergehalts nach DIN EN ISO 17892

Probenbezeichnung	Schichtenbezeichnung	Wassergehalt, natürlich [%]	Fließgrenze w_L [%]	Ausrollgrenze w_P [%]	Konsistenzzahl I_c	Zustandsform
KRB2/3 / 0,7 – 1,2	Auelehm (Schicht 2)	14,4	29,6	13,9	1,15	steif
KRB3/3 / 1,0 – 1,3		18,4	37,7	18,8	1,01	halbfest
KRB3/4 / 1,3 – 2,0	Schwemmsand (Schicht 3a)	19,0	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
MP1 (siehe Tab. 3)	Auelehm (Schicht 2)	16,3	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

n. b. = nicht bestimmbar

Die Befunde der Konsistenzbestimmung während der Feldarbeiten werden durch die Laborergebnisse bestätigt.

Tabelle 7: Ergebnisse der Korngrößenverteilung gemäß DIN 18123

Proben- bezeichnung	Bodenart n. DIN 4022 / DIN EN ISO 14688-1	Bodengruppe DIN 18196	Feinkornanteil < 0,063 mm [%]	Ungleichförmigkeit C _u d ₆₀ /d ₁₀	Durchlässigkeit nach SEILER [m/s]
KRB3/4 / 1,3 – 2,0	U,s*,t / clsaSi	UL	69,3	23,4	2,4 x 10 ⁻⁷
KRB3/5 / 2,0 – 2,9	S / Sa	SE	1,8	2,6	n. b.

n. b. = nicht bestimmbar

Die erbohrten quartären Schwemmsande zeigen gemäß Laboranalytik am Top der Schicht zunächst einen sehr hohen Feinkorngehalt und werden nach DIN 18196 der Bodengruppe UL (leichtplastische Schluffe) und gemäß Kornverteilung der Bodenart der Schluffe zugeordnet.

Die anschließenden Sande werden nach DIN 18196 der Bodengruppe SE (enggestufte Sande) und gemäß Kornverteilung der Bodenart der Sande zugeordnet.

5 Geotechnische Beurteilung

5.1 Bodenklassifizierung

Die Klassifizierung der erbohrten Bodenschichten erfolgte nach Maßgabe der DIN 4022 / DIN EN ISO 14688-1:2018 (Benennung und Beschreibung von Boden), sowie DIN 18196 / DIN EN ISO 14688-2:2018 (Grundlagen für Bodenklassifizierungen). Die festgestellten Bodengruppen und die wichtigsten bodenmechanischen Eigenschaften sind in der nachfolgenden Tabelle 8 zusammengestellt.

Da der Oberboden für die geotechnische Bewertung nicht von Belang ist, wird diese Schicht im folgenden nicht mehr aufgeführt bzw. diskutiert.

Tabelle 8: Bodenklassifizierung

Nr. Baugrundschrift	Teufe Unterkante [m ü. NN] / [m u. GOK]	Bodenart nach DIN 4022 / DIN EN ISO 14688-1:2018	Bodengruppe n. DIN 18196	Frostempfindlichkeitsklasse (*)	Konsistenz / Lagerung
2 Auelehme	83,7 / 1,0 – 1,3	U,t',s'' / cl,saSi	UL, UM, TL, TM	F3	weich bis steif
3a Schwemmsande	82,8 - 82,3 / 1,9 - 2,6	U,s*,t'' – fS,t'',u' / sa,clSi – cl,siFSa	SU*, UL	F3	steif
3b Schwemmsande	Nicht erbohrt	S,u' – gSg* / MSa – grGSa	SE, SW, SU	F1	mitteldicht (lokal locker)

(*) gem. ZTVE-StB 09
 F1 = frostunempfindlich
 F2 = gering bis mittel frostempfindlich
 F3 = sehr frostempfindlich

5.2 Bodenmechanische Kennwerte

Entsprechend den Ergebnissen unserer Untersuchungen können in Verbindung mit den Angaben der DIN 1055 sowie der allgemeinen Erfahrung für die im Untergrund gründungsrelevanten Bodenschichten bei erdstatischen Berechnungen nachfolgende Bodenkennwerte angesetzt werden (Tabelle 9).

Tabelle 9: Bodenmechanische Kennwerte

Schichtenbezeichnung	Bodengruppe n. DIN 18196	Konsistenz / Lagerung	Wichte		Reibungswinkel φ_k	Kohäsion		Steifemodul $E_{s,k}$
			Erdfeucht	unter Auftrieb		c'_k	c_{uk}	
			γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[MN/m ²]
2 Auelehme	UM, UL, TM(*), TL(*)	weich	19 – 20	9 - 10	22,5	0	5 - 15	-
		steif	19 - 20	9 - 10	22,5 - 25	5	15 - 25	5 – 8

Schichten- bezeichnung	Boden- gruppe n. DIN 18196	Konsistenz / Lagerung	Wichte		Reibungs- winkel	Kohäsion		Steife- Modul
			Erdfeucht	unter Auftrieb	φ_k	c'_k	c_{uk}	$E_{s,k}$
			γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[MN/m ²]
3a Schwemm- sande (Fein- bis Mittelsand)	UL(*), SU*	steif	20	10	27,5	0	0	10 - 12
3b Schwemm- sande (Mittel- bis Grobsand)	SE(*), SW, SU	(lokal locker) mitteldicht	20 - 22	10 - 12	30 – 32,5	0	0	20 - 40 40 - 80

(*) Bodengruppe gemäß bodenmechanischer Laborversuche (siehe auch Anlage 3)

Die oben angegebenen bodenmechanischen Kennwerte basieren auf den vorliegenden Untersuchungsergebnissen und auf Erfahrungswerten mit vergleichbaren Böden. Sie beziehen sich auf die erbohrten Bodenschichten im ungestörten Zustand und gelten für die angegebene Konsistenz bzw. Lagerungsdichte. Durch Störungen, wie z.B. Auflockerungen können sich die angegebenen Parameter erheblich reduzieren.

5.3 Homogenbereiche und Bodenklassen

Die Homogenbereiche sind vom Baugrundgutachter oder Planer entsprechend der Lösbarkeit und Wiederverwendung festzulegen und durch die Angabe von Bodenkennwerten zu charakterisieren. Ein Homogenbereich nach DIN 18300 ist ein begrenzter Bereich aus einzelnen oder mehreren Bodenschichten, der für einsetzbare Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist. Es wird bei der Angabe der Homogenbereiche vom Einsatz mittelschwerer Bagger (Gewicht 10 t bis 30 t) ausgegangen.

Zusätzlich zu den Homogenbereichen gemäß VOB/C:2019 werden in nachfolgender Tabelle 10 auch die Bodenklassen nach DIN 18300:2012-09 aufgeführt.

Tabelle 10: Bodenklassen nach DIN 18300:2012-09 sowie Homogenbereiche gemäß VOB/C:2019

Baugrundsicht-Nr.	Bodenklasse nach DIN 18300:2012-09 *	Homogenbereich VOB/C:2019
Gewerk	„Erdarbeiten“	
1 Oberböden	4	E1
2 Auelehme	4	
3 Schwemmsande	3 - 4	E2

Wir empfehlen die erkundeten Bodenschichten zu den in Tabelle 10 aufgeführten Homogenbereichen zusammenzufassen. Die Homogenbereiche sind gemäß VOB/C:2019 und der Zuordnung des Bauvorhabens in die geotechnische Kategorie 1 entsprechend den Angaben in der nachfolgenden Tabelle 11 zu beschreiben. Wir weisen darauf hin, dass die in der Tabelle 11 aufgeführten Kenngrößen keine charakteristischen Bemessungskennwerte für Standsicherheitsnachweise darstellen. Diese finden sich in Tabelle 9.

Tabelle 11: Homogenbereiche und anzugebende Kenngrößen gemäß DIN 18300 (Erdarbeiten) und Einstufung in geotechnische Kategorie 1

Parameter	Homogenbereich E1	Homogenbereich E2
Schichtenbenennung nach geotechnischem Bericht	Oberböden (Schicht 1) / Auelehme (Schicht 2)	Schwemmsande (Schicht 3)
Bodengruppe nach DIN 18196	UL, UM, TL, TM	SE, SW, SU, SU*, UL
Anteil Steine / Blöcke / große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-2 [%]	0 – 5 / 0 / 0	0 – 15 / 0 / 0
Dichte ρ nach DIN EN ISO 17892-2 und DIN 18125-2 [t/m ³]	1,9 – 2,0	2,0 – 2,2
Konsistenz nach DIN EN ISO 14688-1	weich – steif	steif
Konsistenzzahl I_c nach DIN 18122-1	0,5 – 1,25	n. b.
Plastizität nach DIN EN ISO 14688-1	mittel	n. b.
Plastizitätszahl I_p nach DIN 18122-1	10 – 25	n. b.
Lagerungsdichte nach DIN EN ISO 14688-2	-	mitteldicht (lokal locker)
Lagerungsdichte nach DIN 18126:1996-11	-	D = 0 – 0,65
Undrainierte Scherfestigkeit c_{uk} nach DIN 18137-2 / DIN 18136 / DIN 4094-4 [kN/m ²]	35 - 70	0 - 10
Wassergehalt W_n nach DIN EN ISO 17892-1 [%]	10 – 25	5 – 20
Organischer Anteil nach DIN 18128 [%]	5 - 10	0 - 5
Abfalltechnische Einstufung gemäß [U3], [U4]	Z1 (siehe Kapitel 3)	n. b.

n. b. = nicht bestimmt

Die aus der Bestimmung der Korngrößenverteilung abgeleiteten Körnungsbänder der einzelnen Baugrundsichten können den Abbildungen in der Anlage 3 entnommen werden.

Die in den Tabellen 10 und 11 aufgeführten Angaben zu den Bodenklassen und zum Homogenbereich beschränken sich auf den Zustand in den punktwise vorgenommenen Bodenaufschlüssen bzw. allgemeinen Literaturangaben. Die tatsächlichen Eigenschaften des Homogen-

bereiches sind auf der Baustelle in einem großen Aufschluss durch den geotechnischen Sachverständigen festlegen zu lassen.

5.4 Baugrundbeurteilung und Gründungsdiskussion

5.4.1 Allgemeine Baugrundbeurteilung

Die im Liegenden der Oberböden anstehenden quartären Auelehme mit weicher Konsistenz sind als zur Abtragung konzentrierter Bauwerkslasten nicht geeignet einzustufen. Gleiches gilt für stark von Organik (Wurzeln) durchzogene Auelehme.

Auelehme mit mindestens steifer Konsistenz und ohne ersichtlichen Organik-Anteil, sind als mäßig tragfähiger, setzungs- und frostempfindlicher Baugrund einzustufen.

Die quartären Schwemmsande sind bei einer mindestens mitteldichten Lagerung als gut tragfähiger, setzungs- und frostunempfindlicher Baugrund einzustufen.

5.4.2 Wohneinheiten

Entsprechend [U2] ist der Bau von 8 Doppelhaushälften geplant.

Den Planunterlagen zufolge sollen die Doppelhaushälften in Abmessungen von zusammen ca. 11 m x 11 m sowie mit 3 oberirdischen Geschossen (EG, 1. OG und DG) entstehen.

Für die Wohneinheiten ist eine Oberkanten Fertigfußboden (OK FFB) bei ca. 85 m ü. NN geplant.

Aufgrund der vorliegenden hydrogeologischen Verhältnissen (möglicher Höchstgrundwasserspiegel knapp unter GOK), der Abdichtungserfordernisse sowie ebenfalls aus wirtschaftlicher Sicht empfehlen wir die Ausführung von Flach-/Flächengründungen der Neubauten auf lastabtragenden Bodenplatten. Die Gründung über Streifenfundamente ist ebenfalls möglich, jedoch mit vermehrtem Aufwand und somit höheren Kosten verbunden.

Unter Berücksichtigung einer unverbindlich abgeschätzten Stärke des Fußbodenaufbaus von 0,2 m und der Gründungskonstruktion von etwa 0,4 m (~0,3 m Bodenplatte, ~0,1 m Sauberkeitsschicht) kann das voraussichtliche Gründungsniveau (UK Sauberkeitsschicht) der Gebäude (ca. 0,6 m unter OK FFB) in etwa bei 84,4 m ü. NN zu liegen kommen.

Zur Gewährleistung der Frostsicherheit der Gebäude sind Frostschrägen bis etwa 0,8 m unter zukünftigem Geländeniveau (bis ca. 84,2 m ü. NN) ringförmig an den Bodenplatten vorzusehen.

Die voraussichtlich planmäßige Gründungsebene liegt den Ergebnissen der Baugrunduntersuchung zufolge durchgehend innerhalb der anstehenden, quartären Auelehme, welche nach dem Abschieben der Oberböden die Geländeoberfläche bilden.

Bei einer weichen Konsistenz der Auelehme im Gründungsniveau oder einem hohen Organikanteil, sind die bindigen Böden, bis zum Erreichen einer mindestens steifen Konsistenz sowie einem nicht ersichtlichen Organikanteil, auszutauschen. Wir empfehlen das Gründungsniveau von einem Bodengutachter abnehmen zu lassen.

Alternativ empfehlen wir einen flächigen Aushub unter der Bodenplatte bis zum Erreichen der anstehenden, ohnehin zur Abtragung der Bauwerkslasten besser geeigneten, Schwemmsande

(Schicht 3) in einem Tiefenniveau von ca. 83,7 m ü. NN (ca. 0,7 m unter angenommenem Gründungsniveau). Entsprechend wäre ein Bodenaustausch von ca. 0,7 m notwendig.

Bodenaustausch

Für den Bodenaustausch wird ein qualifiziertes, gut verdichtungsfähiges Sand-Kies-Gemisch oder Schottermaterial (GW/GI/GU, natürlich, Körnung 0/32 oder 0/45) empfohlen. Es sind folgenden Anforderungen zu erfüllen:

- Das Material ist in den zu überbauenden Arealen in Lagen von max. 30 cm Mächtigkeit einzubauen und zu verdichten. Eine Verdichtung von $D_{Pr} \geq 100 \%$ ist für jede Lage nachzuweisen.
- Auf den hergestellten Gründungsebenen sollte mittels statischer Plattendruckversuche ein Verformungsmodul von $E_{v2} = 80 \text{ MN/m}^2$ bzw. mittels leichtem Fallgewicht ein dynamisches Verformungsmodul von $E_{v_{dyn}} = 40 \text{ MN/m}^2$ nachweisbar sein. Die Gründungspolster sind durch den Bodengutachter abnehmen zu lassen.
- An der Unterkante der Aufschüttungen ist ein Kombigitter einzubringen.

Weiterhin wird empfohlen, vor der Anlieferung oder Zwischenlagerung von größeren Einbaumassen kleinräumige Einbauversuche auf Probefeldern durchzuführen. So können sowohl die Materialqualitäten, die Arbeitsweisen als auch die eingesetzten Maschinen im Hinblick auf den angestrebten Verdichtungserfolg überprüft und ggf. angepasst werden.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Aushubsohlen vor dem Aufbringen der Bodenverbesserung nicht mechanisch oder dynamisch, d. h. nicht mit Radfahrzeugen befahren werden sollten. Das Planum ist vor Witterungseinflüssen zu schützen (siehe auch Kapitel 5.5) und sollte mit einer Baggerschaufel mit flacher Schneide rückwärts abgezogen werden.

Orientierende Gründungsberechnungen

Den orientierenden Gründungsberechnungen liegen folgende Ansätze zugrunde:

- Für die dreigeschossigen Gebäude wird eine mittlere Bodenpressung von ca. 50 kN/m^2 veranschlagt,
- die Oberböden sowie durchwurzelt oder aufgeweichte Auelehme sind bis zum Erreichen mindestens steifer Auelehme oder den anstehenden Schwemmsanden abzuschleifen,
- für den Fußbodenaufbau und die Gründungskonstruktion wird eine Höhe von ca. 0,6 m angenommen,
- für die Gebäude wird das voraussichtliche Gründungsniveau bei 84,4 m ü. NN angesetzt,
- das Gelände wird im Bedarfsfall bis zum Erreichen des Gründungsniveaus lagenweise (30 cm pro Lage) aufgefüllt und immer wieder verdichtet.

Bodenplatte

Gemäß den zuvor genannten Ansätzen wurden für die Vorbemessungen der elastisch gebetteten Bodenplatten überschlägige Bettungsmoduli k_s berechnet.

Erfolgt ein Aushub bis zum Erreichen der Schwemmsande sowie ein *Bodenaustausch* von 0,7 m unter dem planmäßigen Gründungsniveau kann gemäß den Gründungsberechnungen ein Bettungsmodul von ca. $k_s = 5 \text{ MN/m}^3$ angesetzt werden. Die rechnerischen Setzungen betragen dabei ca. 1,1 cm.

Bei einer Gründung innerhalb mindestens steifer Auelehme im planmäßigen Gründungsniveau kann gemäß den Gründungsberechnungen ein Bettungsmodul zwischen ca. $k_s = 3 - 4 \text{ MN/m}^3$ angesetzt werden. Die rechnerischen Setzungen betragen dabei ca. 1,6 cm.

Wir empfehlen, die Bettungsmoduli und die genannten Setzungen anhand eines von der Tragwerksplanung vorzulegenden Fundament- und Lastenplanes mittels einer Setzungsberechnung gemäß DIN 4019 zu überprüfen.

Streifenfundamente

Soll die Lastabtragung der Gebäude über Streifenfundamente erfolgen, so sind diese in mindestens frostfreier Tiefe zu gründen. Da keine abschließende Planung vorliegt, werden Bemessungswerte des Sohlwiderstandes für verschiedene Breiten und Einbindetiefen der Streifenfundamente angegeben.

Entsprechend einer Setzungs- und Grundbruchberechnung (Bemessungssituation BS-P, Teilsicherheitskonzept 1 gem. EC7 (DIN EN 1997-2 und DIN 1054:2010) können in Abhängigkeit der Fundamentabmessungen und Einbindetiefe die Bemessungswerte der Tabelle 12, bei einer Gründung in den mindestens steifen, organikarmen Auelehmen bzw. Schwemmsanden angesetzt werden. Sollte ein Bodenaustausch bis zum Erreichen der Schwemmsande vorgenommen werden, so sind die Bemessungswerte der Tabelle 13 anzusetzen.

Tabelle 12: Bemessungswerte des Sohlwiderstandes in kN/m^2 für verschiedene Breiten der Fundamente, gemäß Grundbruch- und Setzungsberechnung nach Teilsicherheitskonzept DIN 1054:2010 (EC 7), BS-P in Abhängigkeit von der Fundamentbreite und der Einbindetiefe

Einbindetiefe Fundament [m]	Bemessungswerte Sohlwiderstand [kN/m^2] von Streifenfundamenten mit der Breite b		
	0,5 m	1,0 m	1,5 m
0,5	130	120	170
1,0	140	200	200
1,5	200	220	220

Bei maximaler Ausnutzung der Bemessungswerte sind Setzungen bis 2 cm zu erwarten.

Tabelle 13: Bemessungswerte des Sohlwiderstandes in kN/m² für verschiedene Breiten der Fundamente, gemäß Grundbruch- und Setzungsberechnung nach Teilsicherheitskonzept DIN 1054:2010 (EC 7), BS-P in Abhängigkeit von der Fundamentbreite und der Einbindetiefe

Einbindetiefe Fundament [m]	Bemessungswerte Sohlwiderstand [kN/m ²] von Streifenfundamenten mit der Breite b		
	0,5 m	1,0 m	1,5 m
0,5	260	270	390
1,0	310	440	500
1,5	410	600	550

Bei maximaler Ausnutzung der Bemessungswerte sind Setzungen zwischen ≤ 1 cm (Einbindetiefe 1 m und Breite 0,5 m) und maximal 3,5 cm (Einbindetiefe 1,5 m und Breite 1,5 m) zu erwarten.

Die angegebenen Bemessungswerte des Sohlwiderstands sind als rechteckförmig verteilte Sohldruckspannungen auf den gedrückten Querschnitt zu verstehen.

Bei Einhaltung der in den Tabellen genannten Bemessungswerte des Sohlwiderstandes ist die Grundbruchsicherheit gegeben. Zwischenwerte können geradlinig interpoliert werden.

5.4.3 Stellplätze

Für den Neubau der 8 PKW-Stellplätze sind die Richtlinien der RStO 12 [U7] sowie der ZTVE-StB 09 [U8] und die DIN 18196 zu beachten.

Für die Stellplätze wird eine Belastungsklasse von Bk 0,3 angenommen. Dies sollte im Zuge des weiteren Planungsprozesses nochmals überprüft und ggf. korrigiert werden.

In Anlehnung an die RStO 12 [U7] und F3-Böden als Planum nach dem Abschieben der Oberböden ist die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues wie folgt anzusetzen:

Tabelle 6, Zeile 3 = Richtwert +50 cm

Tabelle 7, Zeile 1.3 = Zone I +0 cm

Gesamtdicke 50 cm

Gemäß ZTVE-StB 09 werden folgende Anforderungen an den Straßenoberbau gestellt:

Oberkante Frostschuttschicht:

Verdichtungsgrad	$D_{Pr} \geq 103\%$
Verformungsmodul	$E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$
Verhältniswert	$E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$

Oberkante Planum

Verdichtungsgrad	$D_{Pr} \geq 98 \%$
Verformungsmodul	$E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$
Verhältniswert	$E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$

An der Oberkante des Planums und der Oberkante der Frostschutzschicht sind Verdichtungsprüfungen (empfohlen statischer Lastplattendruckversuch) durchzuführen. Es wird empfohlen, die Abnahme des Planums und die Verdichtungsprüfungen fachtechnisch begleiten zu lassen.

Auf dem anstehenden Auelehmen wird sich der für die OK Planum geforderte statische Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ voraussichtlich nicht nachweisen lassen. Dies ist durch einen statischen Lastplattenversuch zu überprüfen. Bei Werten von $E_{v2} < 45 \text{ MN/m}^2$ sind Bodenverbesserungsmaßnahmen (u.a. Bodenaustausch, Kalkung, etc.) durchzuführen. Die Mächtigkeit des zu verbessernden bzw. auszutauschenden Bodens ist anhand des auf dem Planum bestimmten Verformungsmoduls festzulegen.

Im Falle eines Bodenaustausches sind kornabgestufte Mineralgemische der Bodengruppen GW, GI oder GU gemäß DIN 18196 auszuführen. Hinweise zum Bodenaustausch sind analog zur Geländeaufschüttung zu verstehen und finden sich in Kapitel 5.4.2.

Alternativ kann auch eine Bodenverbesserung vorgenommen werden.

Bodenverbesserung

Zu Planungszwecken wird die Verwendung eines Bindemittels gemäß den Vorgaben des Merkblatts über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln (2004) Feinkalk Kalkhydrat gemäß DIN EN 459-1 empfohlen, wobei allerdings Böden der Bodengruppe TM und TA gemäß DIN 18196 generell schlecht für derartige Maßnahmen geeignet sind.

Wir weisen darauf hin, dass zur Festlegung der erforderlichen Art und Menge an Kalk-/Kalk-Zement eine Eignungsprüfung gem. FGSV 551 (Merkblatt über Bodenverbesserung und Bodenverfestigung mit Bindemitteln) empfohlen wird. Darin wird empfohlen entsprechende Laborversuche im Vorfeld der Baumaßnahme durchführen zu lassen bzw. die Art des Bindemittels und dessen Dosierung an Testfeldern zu optimieren.

5.5 Empfehlungen zu den Erdarbeiten

Nach den Bohrergebnissen werden bei den Aushubarbeiten hauptsächlich die Oberböden (Schicht 1) bzw. die Auelehme (Schicht 2) abzutragen sein.

Bei der Durchführung der Erdarbeiten ist aufgrund der Wasserempfindlichkeit der anstehenden Böden konsequent darauf zu achten, dass offenliegende Flächen stets mit einer Neigung, die den Wasserabfluss von der Oberfläche sicherstellt, hergestellt werden und bei (drohenden) Niederschlägen die Oberfläche durch Abdecken oder Zwischenglätten derart geschützt wird, dass keinerlei Wasser darauf stagnieren kann.

Sollte das abzuziehende Planum nicht direkt wieder überbaut/-schüttet werden, empfehlen wir einen Verbleib der letzten ca. 0,20 m der Auelehme über dem finalen Planum, um dieses vor Witterungseinwirkungen zu schützen.

Nach dem Abziehen der organischen Böden ist das zu überschüttende Planum ordnungsgemäß herzustellen und ggf. stark aufgeweichte Bereiche sind auszukoffern. Das Planum sollte dann mit schwerem Gerät nicht mehr befahren werden und ist vor der Durchführung der lagenweisen Geländeaufschüttung durch einen Baugrundsachverständigen abzunehmen.

Eignungsnachweise der für den Einbau vorgesehenen Materialien sind vor dem Einbau vorzulegen (z.B. in Form von Kornverteilungen) bzw. die Eignung ist durch den Baugrundsachverständigen zu bestätigen. Durch geeignete Prüfmethode (z. B. Plattendruckversuche) ist die geforderte Verdichtung zumindest im Zuge der Eigenüberwachung nachzuweisen.

Zur Sicherstellung der Ausführungsqualität und Kontrolle von Nachtragsforderungen wird empfohlen die Tiefbauarbeiten im Sinne einer bauaufsichtlichen Fremdüberwachung durch ein unabhängiges Institut (wie die SakostaCAU) überwachen zu lassen.

Aus geo- und umwelttechnischer Sicht können die anfallenden Böden im Zuge der Aushubarbeiten für eine Geländemodellierung verwendet werden. Die anfallenden Oberböden und Auelehme sind jedoch nicht für einen Wiedereinbau geeignet.

5.6 Fundamentausschachtungen

Die Fundamentausschachtungen können grundsätzlich in offener Bauweise hergestellt werden. Dabei sind die Vorgaben der DIN 4124 entsprechend zu berücksichtigen.

Das bedeutet, dass die Fundamentgräben, sofern keine Einflüsse aus Fahrzeugen, Baumaschinen, Baugräten o. dgl. vorliegen, bis in eine Tiefe von maximal 1,25 m unter Geländeniveau senkrecht ausgeschachtet werden dürfen. Bei Ausschachtungen bis maximal 1,75 m Tiefe müssen die mehr als 1,25 m über der Sohle liegenden Bereiche unter 45° abgebösch werden.

Bei größeren Grabentiefen oder wenn die Vorgaben der DIN 4124 nicht erfüllt sind, können Gräben in den Auelehmen (Schicht 2) mindestens steifer Konsistenz mit einem Böschungswinkel von $\beta \leq 60^\circ$ sowie in den Schwemmsanden (Schicht 3) mit einem Böschungswinkel von $\beta \leq 45^\circ$ hergestellt werden.

Um Erosionsschäden zu vermeiden, wird dringend empfohlen, alle Böschungen mit Baufolie gegen Witterungseinflüsse zu schützen. Die Folien sind ausreichend weit über den Böschungskopf hinaus zu führen.

5.7 Wasserhaltungsmaßnahmen

Aufgrund der oberflächennahen Gründung und Erdeingriffe die nicht über 1,5 m u. aktueller GOK hinaus gehen wird eine Wasserhaltung erwartungsgemäß nicht erforderlich sein. Der Mindestabstand von 0,5 m zwischen dem voraussichtlichen Gründungsniveau und dem vor Ort festgestellten Grundwasserstand ist ebenfalls gegeben.

Aufgrund der Wasserempfindlichkeit der Auelehme ist jedoch im Zuge der Bauausführung auf eine Tagwasserhaltung (Nebenleistung nach VOB) zu achten. Die entsprechenden Komponenten, mit denen dann auch ggf. anfallendes Niederschlagswasser oder auftretendes Schichtwasser gefasst und abgeleitet werden kann, müssen für die Dauer der Arbeiten auf der Baustelle vorgehalten werden.

5.8 Gebäudeabdichtung

Der Bemessungsgrundwasserstand von $HGW = 84,1$ m ü. NN liegt nur knapp unterhalb des Gründungsniveaus.

Für die Bodenplatte, alle in das Erdreich einbindenden Gebäudeteile (z.B. Unterfahrten, Leitungskanäle, etc.) sowie erdangeschüttete Außenwände ist die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E (Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe) gemäß DIN 18533-1 zu berücksichtigen. Die unterste Abdichtungsebene muss mindestens bei 0,15 m über GOK liegen.

5.9 Angaben zur Erdbebenzone

Gemäß den Angaben der Erdbebenzonenkarte liegt Trebur-Hessenaue in der Erdbebenzone 1. Es liegt die Untergrundklasse S gemäß DIN EN 1998 NA vor.

Die Erdbebenzone 1 umfasst Gebiete, denen gemäß des zugrunde gelegten Gefährdungsniveaus ein Intensitätsintervall von 6,5 bis $< 7,0$ zugeordnet ist.

5.10 Versickerungsfähigkeit

Die Versickerung des Oberflächenwassers über die ungesättigte Bodenzone in Lockergesteinen ist gemäß ATV-Regelwerk „Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser“ (DWA Regelwerk Arbeitsblatt DWA – A138, April 2005) in einem Durchlässigkeitsbereich von 5×10^{-3} bis 5×10^{-6} m/s sinnvoll.

Die Versickerung von Niederschlagswasser innerhalb von Auffüllungen ist allg. nicht zulässig.

Relevant für die Versickerung sind die anstehenden Schwemmsande, ab ca. 1 – 1,3 m unter GOK.

Gemäß den Ergebnissen der bodenmechanischen Laborversuche konnte für die Einzelprobe KRB3/4 (Schicht 3) ein k_f -Wert von $2,4 \times 10^{-7}$ m/s (nach Seiler) berechnet werden.

Die hydraulische Durchlässigkeit der angetroffenen Schwemmsande (Schicht 3) wurde zudem mittels Versickerungsversuche (VV1, VV2.1 und VV2.2) bestimmt und beträgt im Mittel 1×10^{-6} m/s $\leq k_f \leq 5 \times 10^{-6}$ m/s.

Erfahrungsgemäß kann den Ergebnissen der Versickerungsversuche im Vergleich zu den Laborversuchen eine höhere Gewichtung zugesprochen werden, daher erachten wir eine Versickerung in den Bodenschichten der Schwemmsande gerade so als möglich.

Das Projektgebiet liegt außerhalb jeglicher Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete.

Die Prüfgrößen der DWA geben einen Grundwasserflurabstand von 1,5 m vor. Ausgehend von einer mittleren Geländeoberfläche von etwa 84,7 m ü. NN und dem aktuellen Grundwasserstand von 82,6 m ü. NN ist dieser Abstand aktuell eingehalten.

Ausgehend von dem aktuell vorliegenden Grundwasserspiegel von 82,6 m ü. NN wäre im vorliegenden Anwendungsfall eine Niederschlagswasserversickerung innerhalb der quartären Schwemmsande demnach möglich.

Weiterhin wird durch die DWA ein Sickerraum von mindestens 1 m zwischen Unterkante Versickerungsanlage und dem mittleren höchsten Grundwasserstand gefordert. Bei unbedenklichen Niederschlagsabflüssen und geringer stofflicher Belastung der Niederschläge kann bei einer Flächen- und Muldenversickerung im begründeten Ausnahmefall allerdings auch eine Mächtigkeit des Sickerraumes von < 1 m vertreten werden.

Das Baufeld wird im Rahmen der Ersteinschätzung für eine Versickerung von Niederschlagswasser als geeignet eingestuft.

Versickerungsanlagen sind genehmigungspflichtig und müssen durch die Untere Wasserbehörde genehmigt werden. Entsprechende Anträge und Berichte (Erläuterungsbericht) sind dazu bei der Behörde einzureichen.

Unabhängig von den bereits vorliegenden Erkenntnissen wird empfohlen, zur Verifizierung der vorliegenden Ergebnisse und zur Schaffung einer gesicherten Bemessungsgrundlage weitere In-Situ-Versickerungsversuche in Baggerschürfen durchzuführen.

6 Zusammenfassung

Die SakostaCAU GmbH, Im Steingrund 2 in 63303 Dreieich wurde von der Firma DS Wohnbau GmbH aus Aschaffenburg mit der Durchführung einer orientierenden geo- und abfalltechnischen Untersuchung für das Bauvorhaben Trebur-Hessenaue, für die Errichtung von 8 DHH, in der Feldstraße in Trebur-Hessenaue beauftragt.

Bei der durchgeführten Baugrunduntersuchung wurden unterhalb einer maximal 0,5 m mächtigen Oberbodenfläche quartäre Auelehme in weicher bis steifer Konsistenz angetroffen. Diese werden in maximal 1,3 m unter Gelände von Schwemmsanden unterlagert. Vorausgesetzt einer Gründung innerhalb der mindestens steifen und organikarmen Auelehme sind diese zum Lastabtrag als geeignet einzustufen. Sollten im Gründungsniveau bzw. nach dem Abziehen der Oberböden Auelehme weicher Konsistenz oder stark durchwurzelte Böden anstehen, so sind diese bis zum Erreichen der Schwemmsande gegen ein Bodenpolster auszutauschen.

Das beim Aushub anfallende Bodenmaterial ist gemäß LAGA M20 als Z1 Material abzufahren.

Der Standort wird gemäß einer Ersteinschätzung für eine Versickerung von Niederschlagswasser als geeignet eingestuft.

Die Erkundung des Baugrundes durch Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen ergibt zwangsläufig nur punktförmige Aufschlüsse über den Aufbau des Untergrundes. Grundsätzlich sollte gegenüber dem von uns festgestellten Schichtenaufbau örtlich wie auch auf eng begrenztem Raum mit Abweichungen gerechnet werden. Im Zuge der Erd- und Gründungsarbeiten ist daher sorgfältig zu überprüfen, ob die angetroffenen Baugrundverhältnisse mit den im Gutachten erfassten übereinstimmen. Im Zweifelsfall ist der Bodengutachter zur weiteren Beratung hinzuzuziehen. Der Bodengutachter ist auch zu informieren sofern wesentliche, den Baugrund betreffende Planungsänderungen vorgenommen werden. Des Weiteren wird empfohlen, die Gründungssohlen vom Baugrundgutachter abnehmen zu lassen.

Die dem geotechnischen Bericht zugrundeliegenden Annahmen (z.B. angesetztes künftiges Gründungsniveau) sind durch den AG bzw. die involvierten Planer auf Richtigkeit zu prüfen. Im Zweifelsfall ist die SakostaCAU GmbH zur weiteren Beratung hinzu zu ziehen.

Die SakostaCAU GmbH ist gerne bereit, beim weiteren Vorgehen beratend zur Seite zu stehen und fachliche Entscheidungshilfen zu geben.

SakostaCAU GmbH



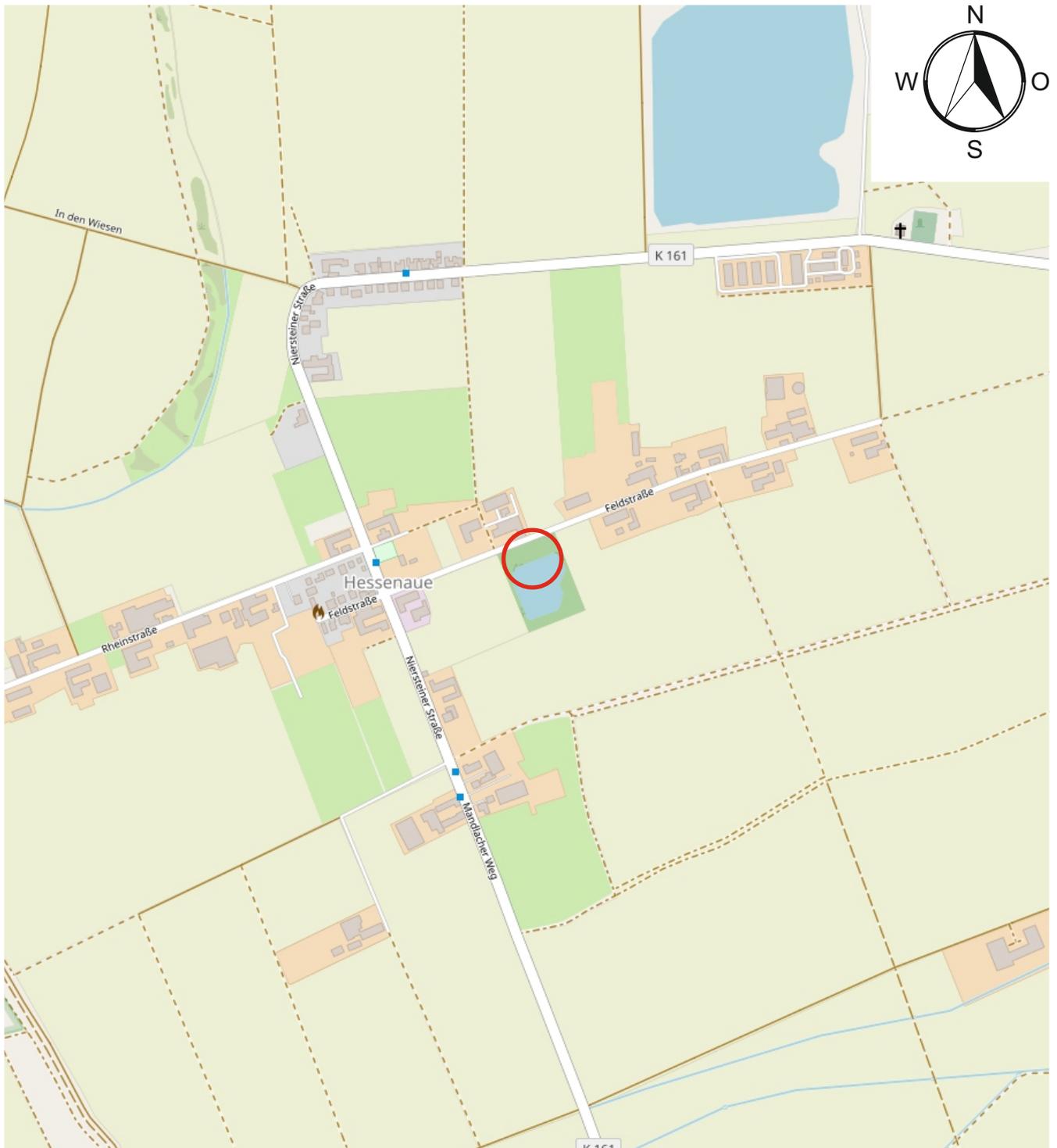
i. A. M. Dijk
Projektleiter



i. A. S. Anschütz
Projektleiter

Anlage 1

- 1.1 Lage der Untersuchungsfläche im Stadtgebiet,
- 1.2 Lage der Probenahmepunkte
(2 Pläne)



Legende	
	Untersuchungsfläche

SakostaCAU GmbH

Im Steingrund 2
 D - 63303 Dreieich
 Tel.: 06103 / 983 - 0
 Fax: 06103 / 983 - 10



Auftraggeber:
 Dreger Immobilien GmbH
 Darmstädter Straße 125

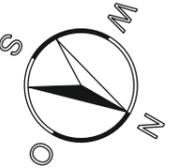
63741 Aschaffenburg

Projekt:
 BV Trebur-Hessenaue, Feldstraße
 64568 Trebur-Hessenaue

Orientierende geo- und abfalltechnische Untersuchung

Planinhalt:
 Lage der Untersuchungsfläche im Stadtgebiet

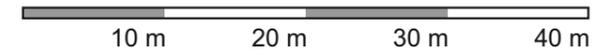
Maßstab:	Name:	Datum:	Proj. - Nr.:	Anlage Nr.:
1:5.000 bei DIN A4	Gezeichnet: C. Peters Geprüft:	17.06.20	2000494/1	1.1
200617_pi20FR00494_1_Anlage_1_1.cdr				



Legende

- Gebäude
- Stellplätze
- Garagen (optional)
- Terrassen
- Zuwege
- Fläche für Wertstoffe
- Technik, LWP
- Straße - Öffentlich
- Grünfläche Privat
- Grünfläche Gemeinschaft
- Zufahrt See Gemeinschaft
- Stellplätze Gemeinschaft
- See Gemeinschaft

Vorliegender Plan beruht auf überlassenen Planunterlagen und stellt die untersuchungsrelevanten Belange sowie die örtlichen Gegebenheiten dar. Für Fehler in diesen überlassenen Planunterlagen übernimmt die SakostaCAU GmbH keine Haftung.



Legende

- ⊕ **KRB 1 / DPH 1** Kleinrammbohrung / schwere Rammsondierung

SakostaCAU GmbH

Im Steingrund 2
D - 63303 Dreieich
Tel.: 06103 / 983 - 0
Fax: 06103 / 983 - 10



Auftraggeber:
Dreger Immobilien GmbH
Darmstädter Straße 125

63741 Aschaffenburg
Projekt:
BV Trebur-Hessenau, Feldstraße
64568 Trebur-Hessenau

Orientierende geo- und abfalltechnische Untersuchung

Planinhalt:
Lage der Probenahmepunkte

Maßstab:	Name:	Datum:	Proj. - Nr.:	Anlage Nr.:
1:500 bei DIN A3	Gezeichnet: C.Peters Geprüft:	19.06.20	2000494/1	1.2

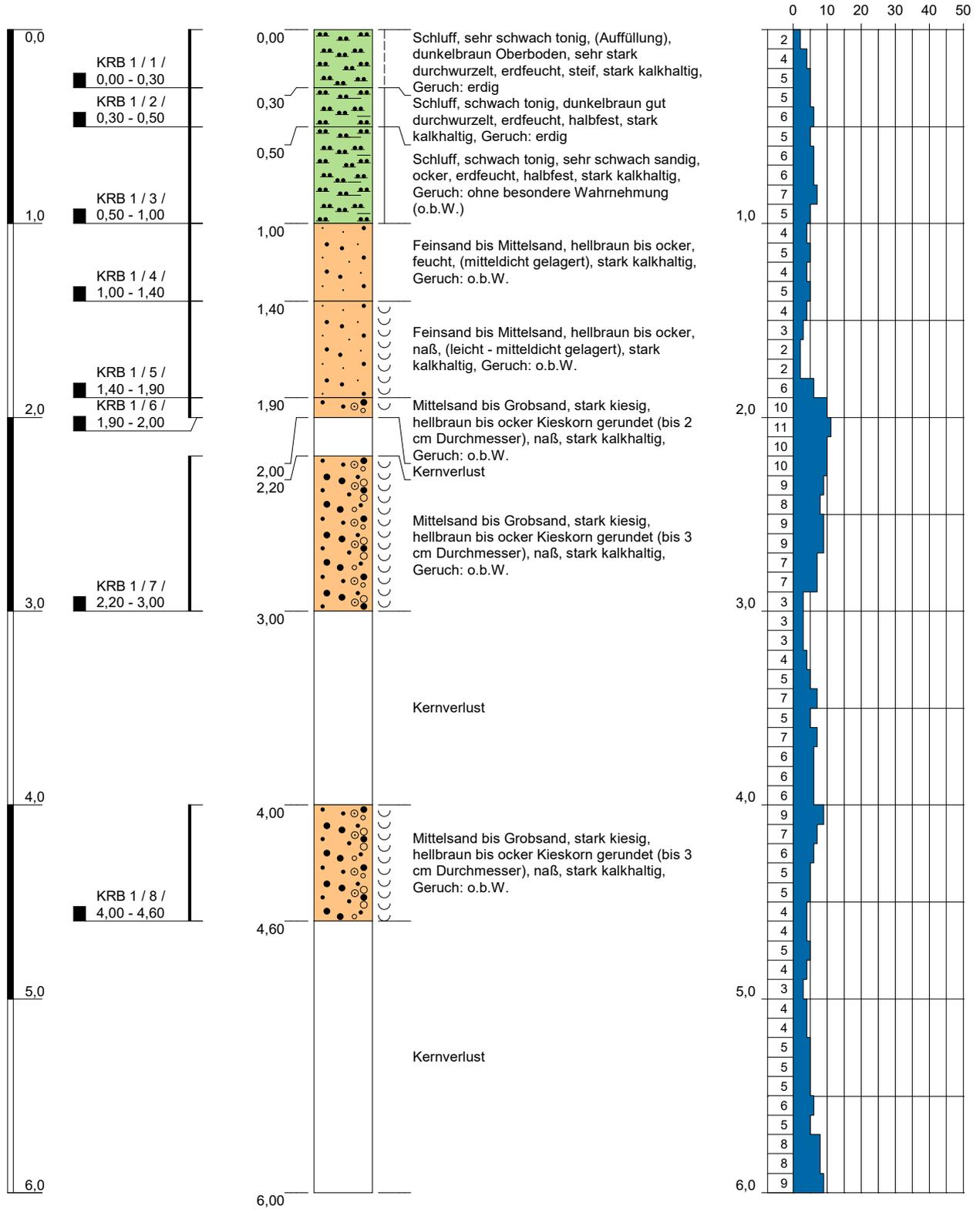
200619_pl20FR00494_1_Anlage_1_2.cdr

Anlage 2

Bohrprofile gemäß DIN 4023,
4 Bohrprofile und
4 Rammsondendiagramme
(4 Seiten)

m u. GOK (84,69 m ü. NN)

KRB 1 / DPH 1



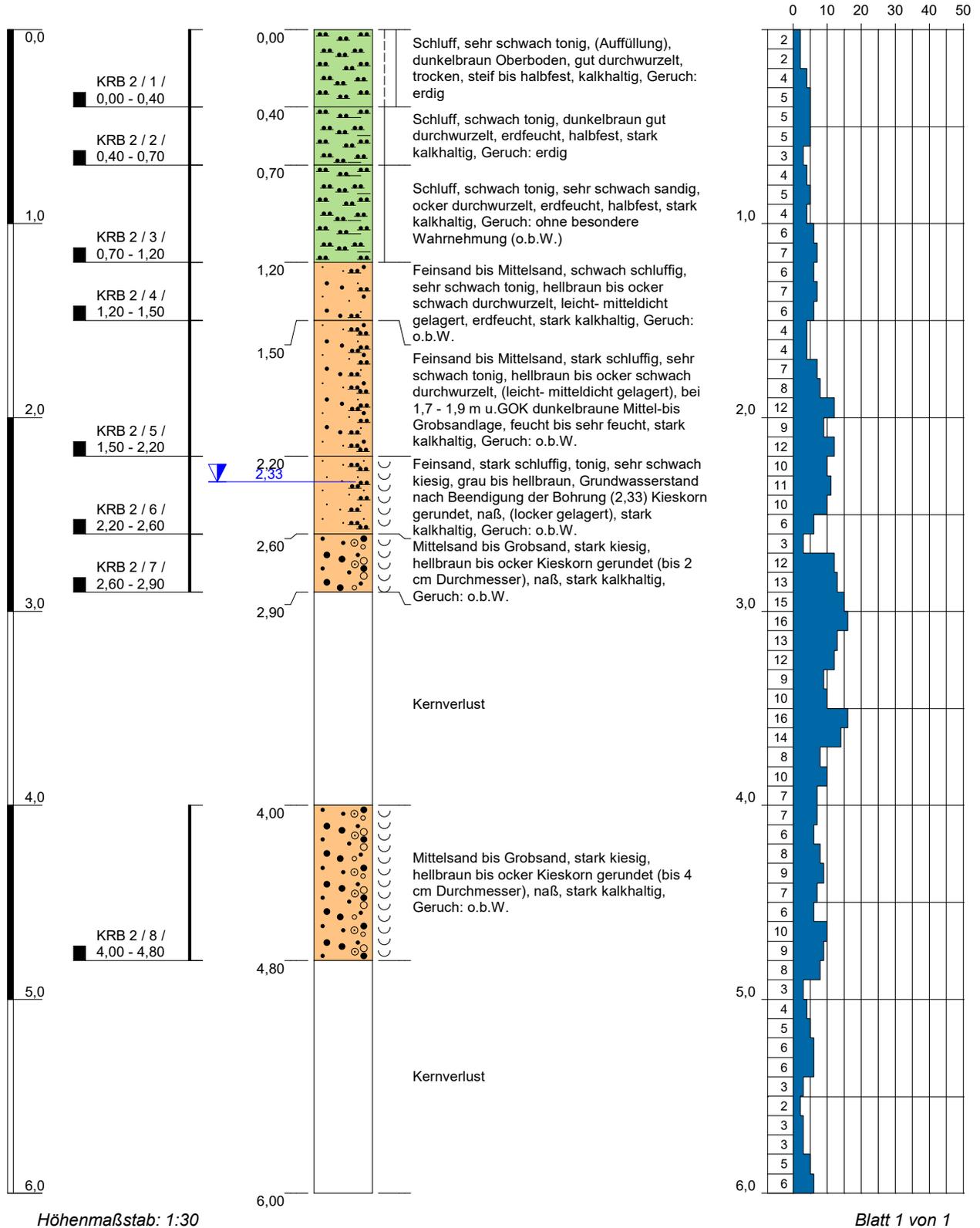
Höhenmaßstab: 1:30

Blatt 1 von 1

Projekt: BV Trebur-Hessenau, Feldstraße		 Sakosta Ingenieur- und Sachverständigenleistungen Boden Bauten Umwelt
Bohrung: KRB 1 / DPH 1		
Auftraggeber: Dreger Immobilien GmbH	Rechtswert: 0	
Bohrfirma: SakostaCAU GmbH	Hochwert: 0	
Probenehmer: Sascha Anschütz	Ansatzhöhe: 84,69 m ü. NN	
Datum: 08.06.2020	Projektnr.: 2000494_1	

m u. GOK (84,92 m ü. NN)

KRB 2 / DPH 2

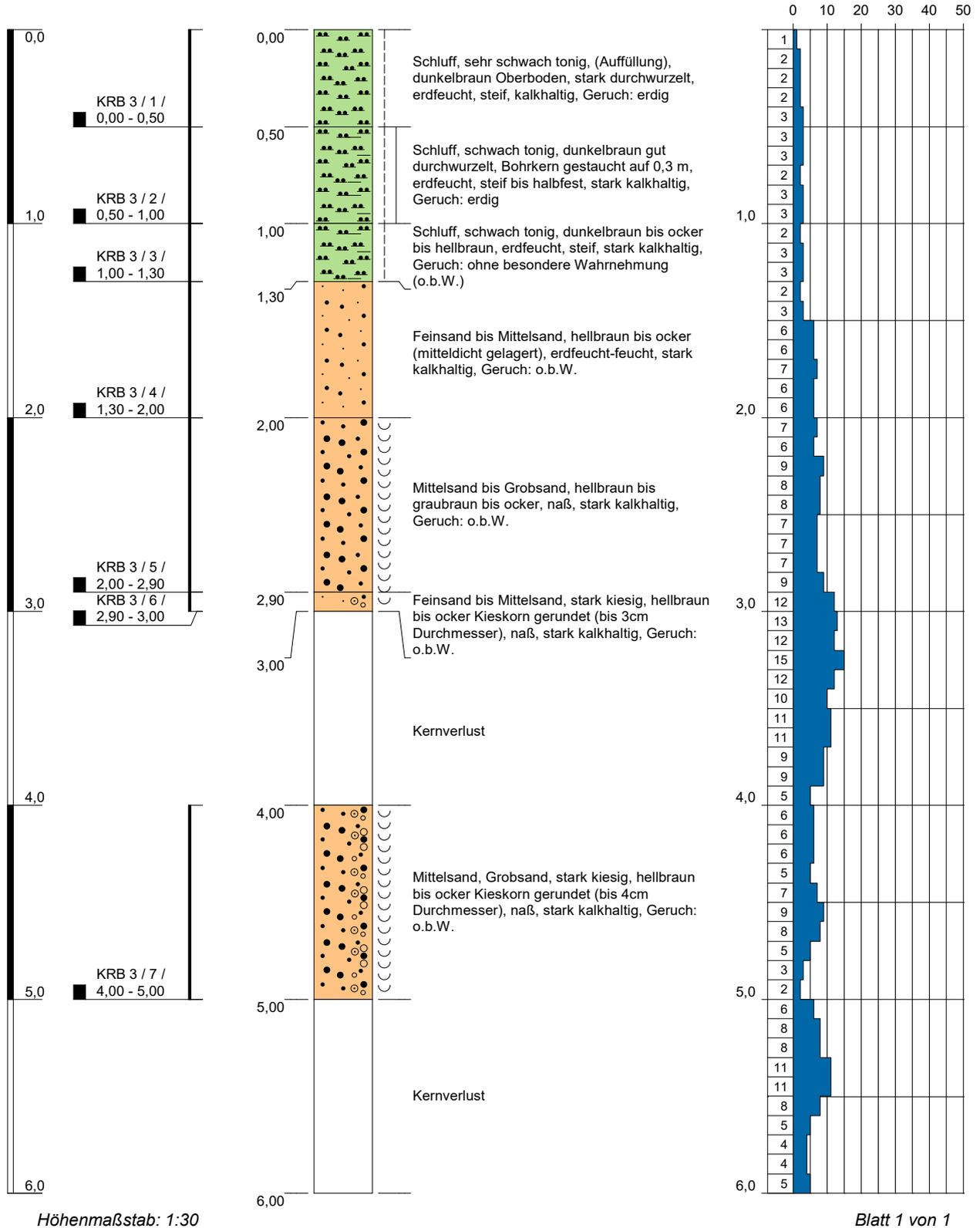


Höhenmaßstab: 1:30

Projekt: BV Trebur-Hessenau, Feldstraße		 <p>Sakosta Ingenieur- und Sachverständigenleistungen Boden Bauten Umwelt</p>
Bohrung: KRB 2 / DPH 2		
Auftraggeber: Dreger Immobilien GmbH	Rechtswert: 0	
Bohrfirma: SakostaCAU GmbH	Hochwert: 0	
Probenehmer: Sascha Anschütz	Ansatzhöhe: 84,92 m ü. NN	
Datum: 08.06.2020	Projektnr.: 2000494_1	

m u. GOK (85,07 m ü. NN)

KRB 3 / DPH 3



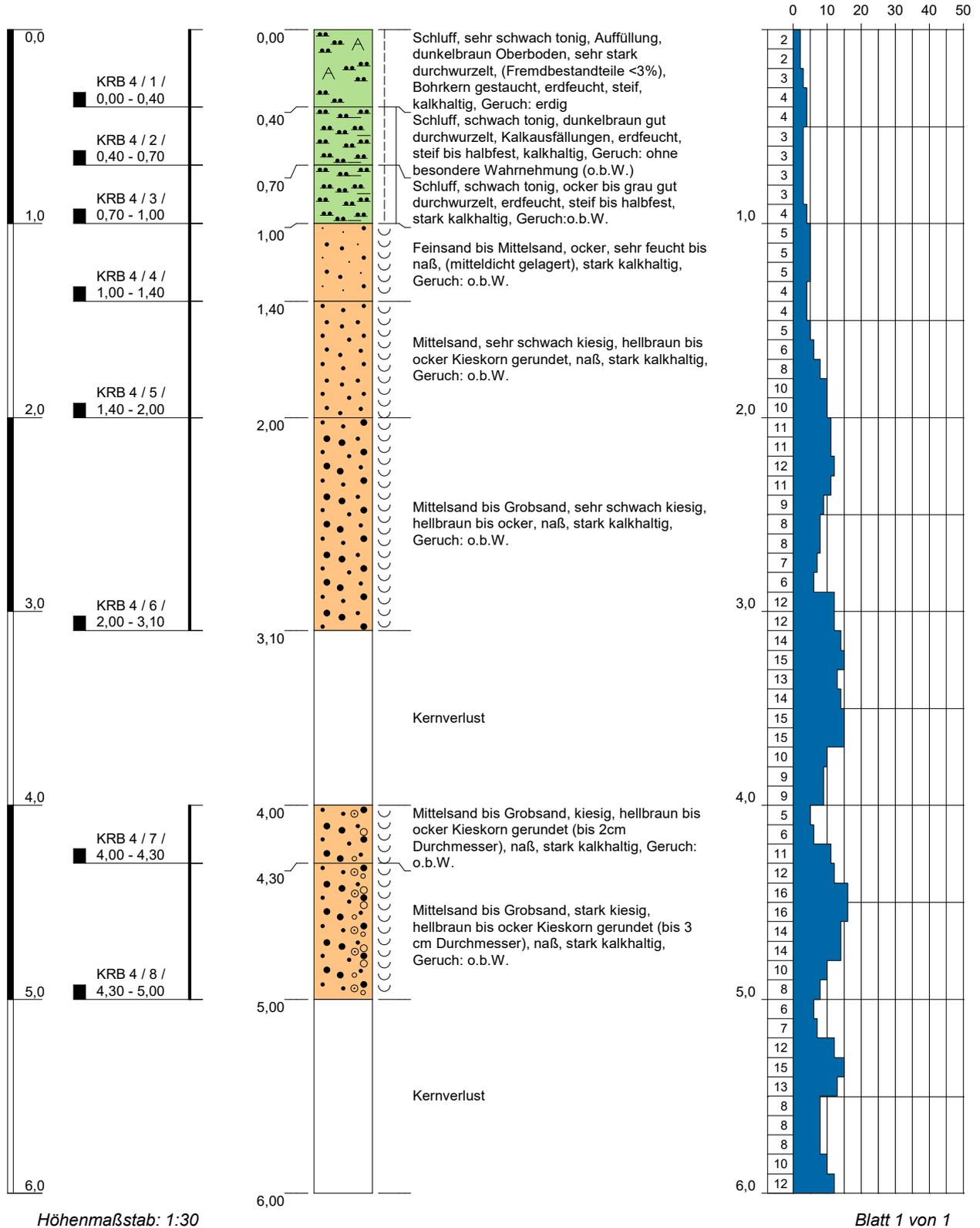
Höhenmaßstab: 1:30

Blatt 1 von 1

Projekt: BV Trebur-Hessenau, Feldstraße		 <p>Ingenieur- und Sachverständigenleistungen Boden Bauten Umwelt</p>
Bohrung: KRB 3 / DPH 3		
Auftraggeber: Dreger Immobilien GmbH	Rechtswert: 0	
Bohrfirma: SakostaCAU GmbH	Hochwert: 0	
Probenehmer: Sascha Anschütz	Ansatzhöhe: 85,07 m ü. NN	
Datum: 08.06.2020	Projektnr.: 2000494_1	

m u. GOK (84,66 m ü. NN)

KRB 4 / DPH 4



Höhenmaßstab: 1:30

Blatt 1 von 1

Projekt: BV Trebur-Hessenau, Feldstraße		 Sakosta Ingenieur- und Sachverständigenleistungen Boden Bauten Umwelt
Bohrung: KRB 4 / DPH 4		
Auftraggeber: Dreger Immobilien GmbH	Rechtswert: 0	
Bohrfirma: SakostaCAU GmbH	Hochwert: 0	
Probenehmer: Sascha Anschütz	Ansatzhöhe: 84,66 m ü. NN	
Datum: 08.06.2020	Projektnr.: 2000494_1	

Anlage 3

Bodenmechanische Laboruntersuchungen,
BGM Baugrundberatung GmbH
Untersuchungsbericht 20-248
(6 Seiten)

Projekt:	Trebur, Feldstraße	Projektleiter:	Hr. Anschütz
	Neubau 8. DHH (20000494-1)	Probennehmer:	k.A.
Projektnr:	20-248	Entnahmedatum:	08.06.2020
Bearbeiter:	Möller	Datum:	22.06.2020

Wassergehalt durch Ofentrocknung nach DIN EN ISO 17892-1

Probenbezeichnung		KRB 2 / 3	KRB 3 / 3	KRB 3 / 4
Entnahmestelle		KRB 2	KRB 3	KRB 3
Tiefe		0,7 - 1,2 m	1,0 - 1,3 m	1,3 - 2,0 m
Bodenart		n.e.	n.e.	U, s*, t'
Behälternr.		XII	V	XIX
Feuchte Probe + Behälter	[g]	274,74	203,37	247,66
Trockene Probe + Behälter	[g]	250,55	182,80	221,41
Behälter	[g]	81,14	70,72	82,93
Wasser	[g]	24,19	20,57	26,25
Trockene Probe	[g]	169,41	112,08	138,48
Wassergehalt	[%]	14,3	18,4	19,0

Probenbezeichnung		MP 1		
Entnahmestelle		k.A.		
Tiefe		k.A.		
Bodenart		n.e.		
Behälternr.		XV		
Feuchte Probe + Behälter	[g]	274,10		
Trockene Probe + Behälter	[g]	247,32		
Behälter	[g]	82,71		
Wasser	[g]	26,78		
Trockene Probe	[g]	164,61		
Wassergehalt	[%]	16,3		

Probenbezeichnung				
Entnahmestelle				
Tiefe				
Bodenart				
Behälternr.				
Feuchte Probe + Behälter	[g]			
Trockene Probe + Behälter	[g]			
Behälter	[g]			
Wasser	[g]			
Trockene Probe	[g]			
Wassergehalt	[%]			

n.e. = nicht ermittelt

k.A. = keine Angabe



bgm baugrundberatung GmbH
 Beethovenstraße 37a
 35410 Hungen
 Tel.: 06402 / 512 40-0 Fax: 06402 / 512 40-29

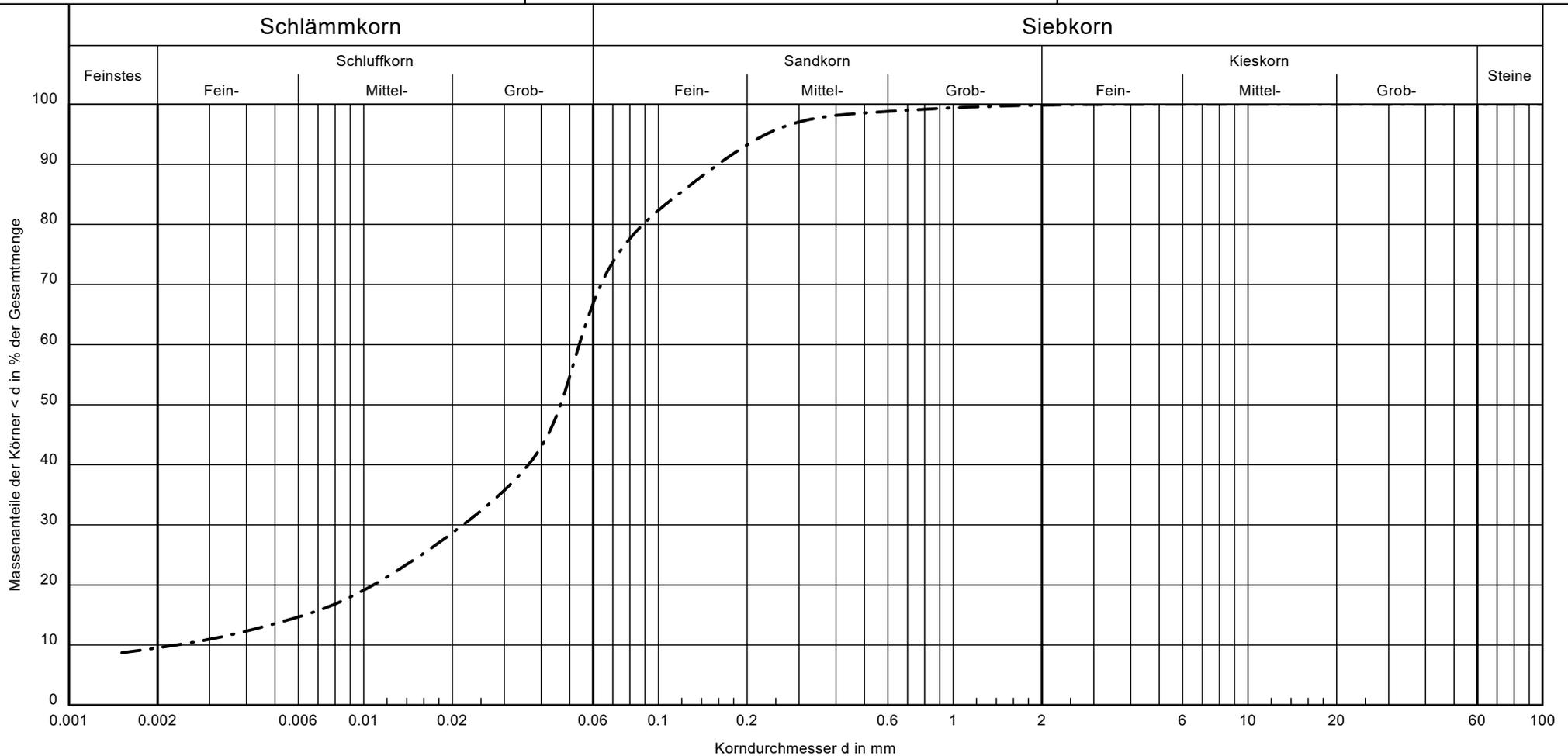
Bearbeiter: Möller

Datum: 22.06.2020

Körnungslinie

Trebur, Feldstraße
 Neubau 8. DHH (20000494-1)

Prüfungsnummer : 20-248
 Entnahmeart/-datum : gestört / 08.06.2020
 Probenehmer : k.A.
 Arbeitsweise nach : DIN EN ISO 17892-4



Signatur	-----	Bemerkungen: k-Wert nach Seiler	Projekt Nr.: 20-248 Anlage: 2.1
Probenbezeichnung	KRB 3 / 4		
Entnahmestelle	KRB 3		
Tiefe [m]	1,3 - 2,0 m		
Bodenart	U, s, t'		
k-Wert [m/s]	$2.4 \cdot 10^{-7}$		
Cu/Cc	23.4/3.8		
d10/d60 [mm]	0.0023 / 0.0539		
T/U/S/G [%]	9.5/59.8/30.5/0.1		



bgm baugrundberatung GmbH
 Beethovenstraße 37a
 35410 Hungen
 Tel.: 06402 / 512 40-0 Fax: 06402 / 512 40-29

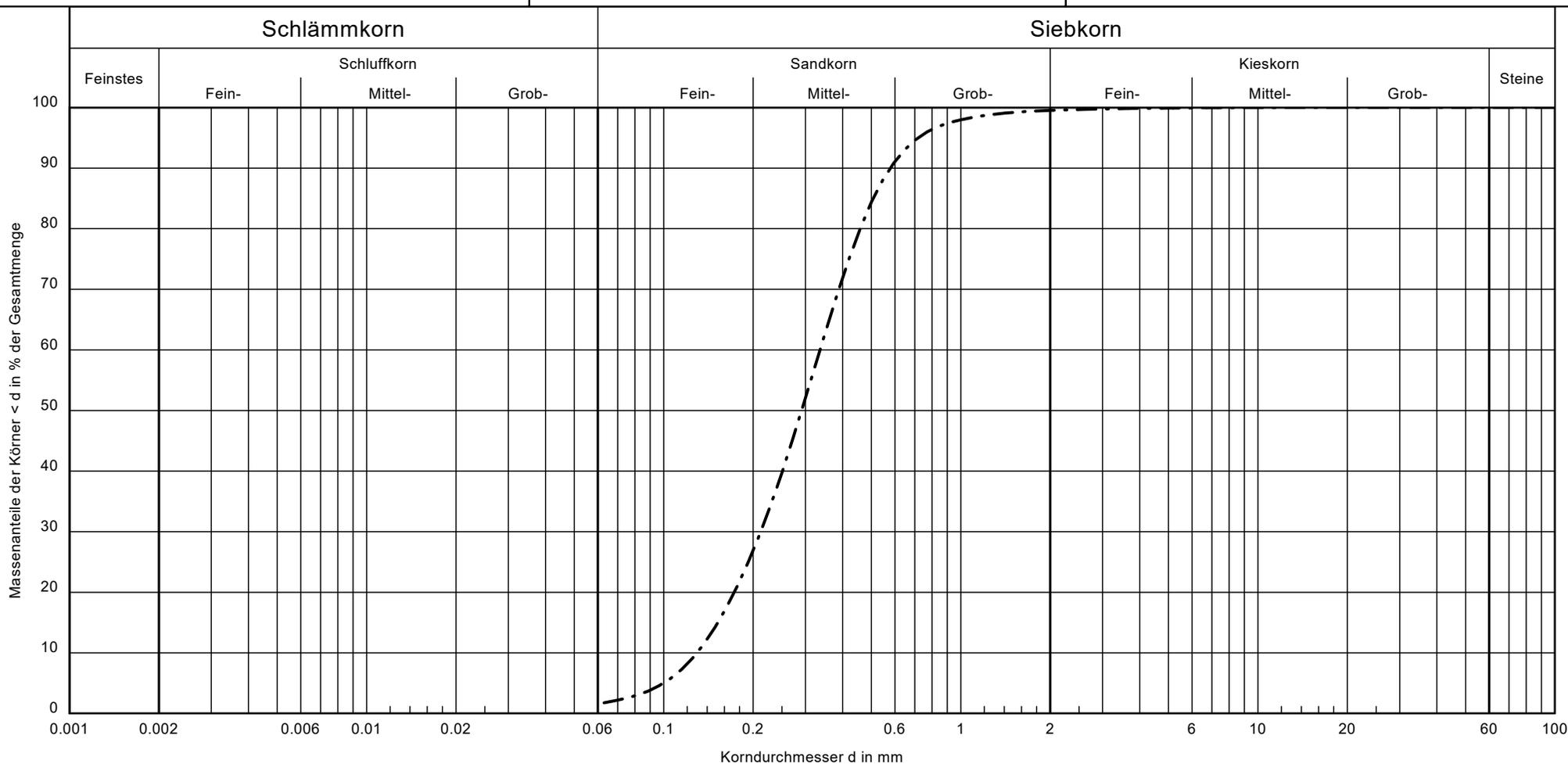
Bearbeiter: Möller

Datum: 22.06.2020

Körnungslinie

Trebur, Feldstraße
 Neubau 8. DHH (20000494-1)

Prüfungsnummer : 20-248
 Entnahmeart/-datum : gestört / 08.06.2020
 Probenehmer : k.A.
 Arbeitsweise nach : DIN EN ISO 17892-4



Signatur	-----	Bemerkungen: k-Wert nach Seiler	Projekt Nr.: 20-248 Anlage: 2.2
Probenbezeichnung	KRB 3 / 5		
Entnahmestelle	KRB 3		
Tiefe [m]	2,0 - 2,9 m		
Bodenart	S		
Bodengruppe	SE		
Cu/Cc	2.6/1.0		
d10/d60 [mm]	0.1292 / 0.3357		
T/U/S/G [%]	- / 1.8/97.8/0.5		

Projekt:	Trebur, Feldstraße Neubau 8. DHH (20000494-1)	Projektleiter:	Hr. Anschütz
Projektnr:	20-248	Probennehmer:	k.A.
Bearbeiter:	Möller	Entnahmedatum:	08.06.2020
		Datum:	22.06.2020

Bestimmung des Glühverlustes nach DIN 18128

Probenbezeichnung		MP 1		
Bodenart	n.e.	Entnahmestelle		k.A.
Wassergehalt	16,3 %	Entnahmetiefe		k.A.
Masse der ungeglühten Probe + Behälter	[g]	40,063	44,091	38,515
Masse der geglühten Probe + Behälter	[g]	38,612	42,657	37,062
Masse Behälter	[g]	20,005	24,414	18,786
Massenverlust	[g]	1,451	1,434	1,453
Trockenmasse vor dem Glühen	[g]	20,058	19,677	19,729
Glühverlust	[%]	7,23	7,29	7,36
Mittelwert Glühverlust	[%]	7,30		

Probenbezeichnung		KRB 2 / 3		
Bodenart	n.e.	Entnahmestelle		KRB 2
Wassergehalt	14,3 %	Entnahmetiefe		0,7 - 1,2 m
Masse der ungeglühten Probe + Behälter	[g]	40,651	39,073	41,422
Masse der geglühten Probe + Behälter	[g]	39,723	38,241	40,501
Masse Behälter	[g]	19,212	18,832	19,290
Massenverlust	[g]	0,928	0,832	0,921
Trockenmasse vor dem Glühen	[g]	21,439	20,241	22,132
Glühverlust	[%]	4,33	4,11	4,16
Mittelwert Glühverlust	[%]	4,20		

Probenbezeichnung				
Bodenart		Entnahmestelle		
Wassergehalt		Entnahmetiefe		
Masse der ungeglühten Probe + Behälter	[g]			
Masse der geglühten Probe + Behälter	[g]			
Masse Behälter	[g]			
Massenverlust	[g]			
Trockenmasse vor dem Glühen	[g]			
Glühverlust	[%]			
Mittelwert Glühverlust	[%]			

n.E. = nicht ermittelt

k.A. = keine Angabe

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

Trebur, Feldstraße

Neubau 8. DHH (20000494-1)

Probenbezeichnung: KRB 2 / 3

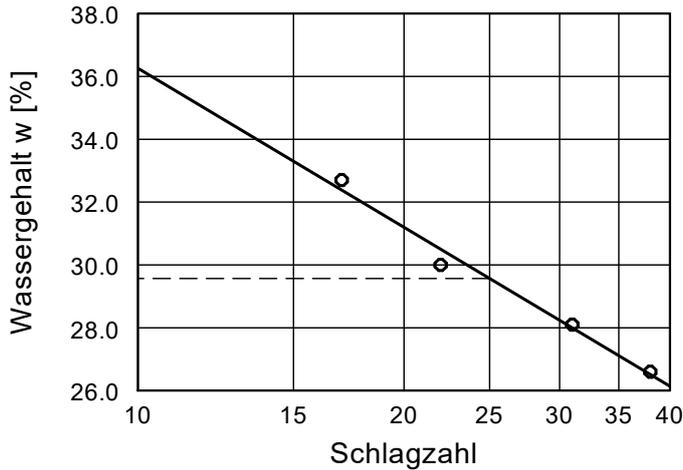
Entnahmestelle/-art: KRB 2 (0,7 - 1,2 m) / gestört

Probenehmer: k.A.

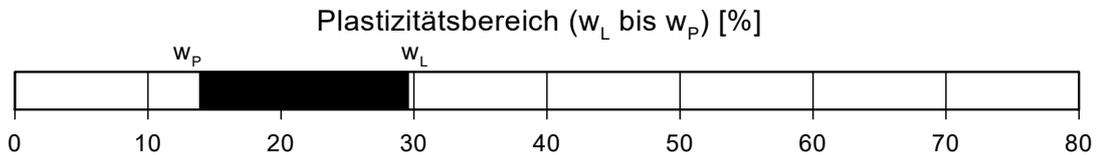
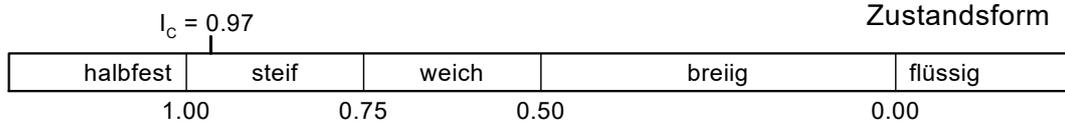
Probe entnommen am: 08.06.2020

Bearbeiter: Möller

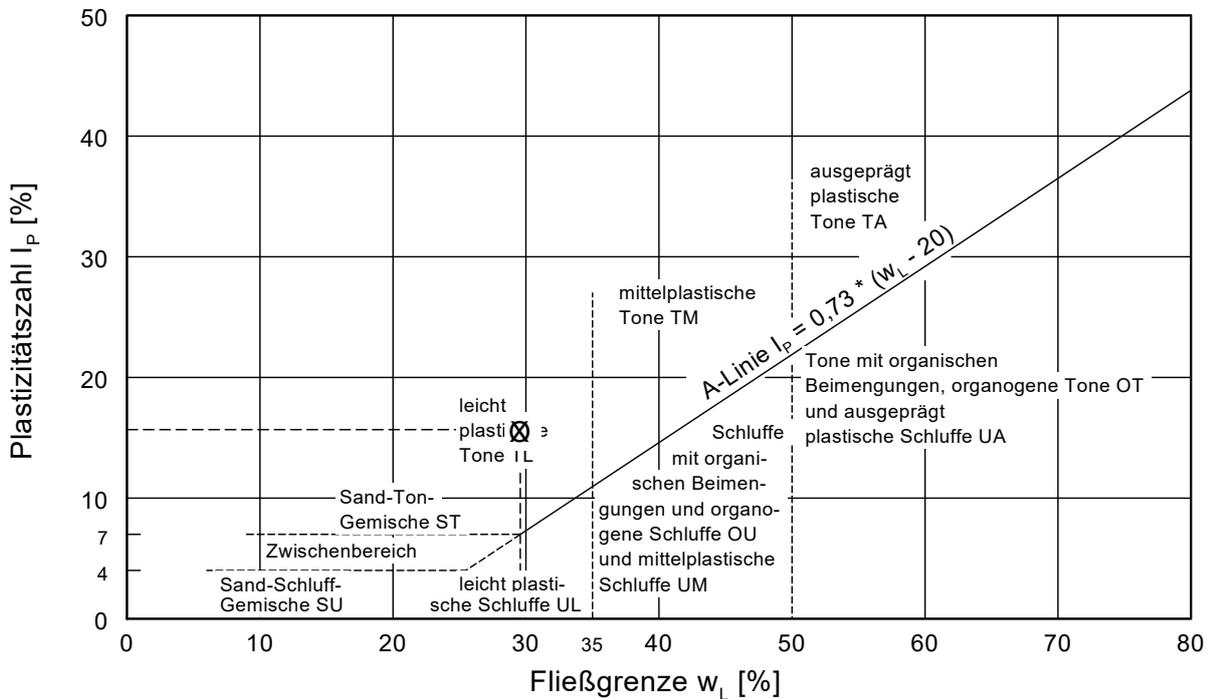
Datum: 22.06.2020



Wassergehalt w =	14.3 %
Fließgrenze w_L =	29.6 %
Ausrollgrenze w_P =	13.9 %
Plastizitätszahl I_P =	15.7 %
Konsistenzzahl I_C =	0.97
Anteil Überkorn \ddot{u} =	9.8 %
Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}}$ =	13.0 %
Korr. Wassergehalt =	14.4 %



Plastizitätsdiagramm



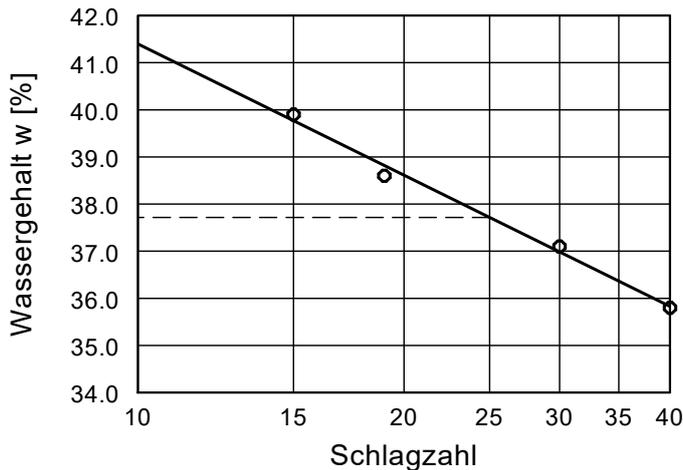
Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

Trebur, Feldstraße
 Neubau 8. DHH (20000494-1)

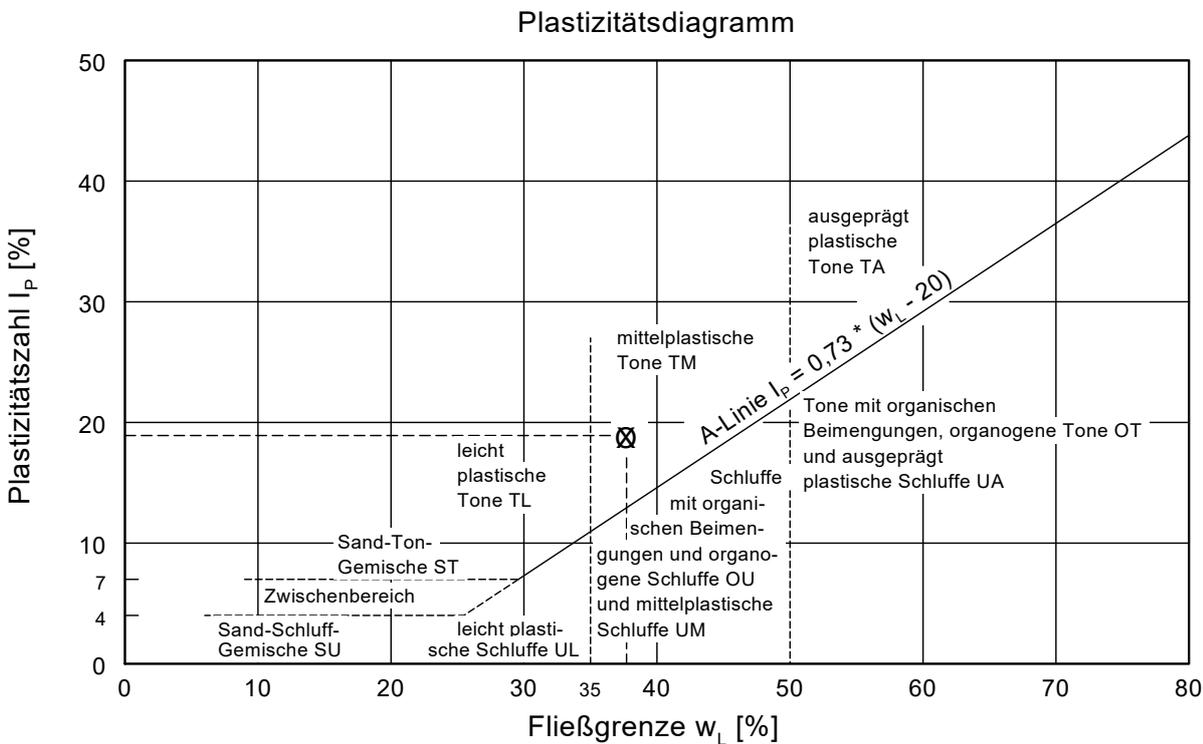
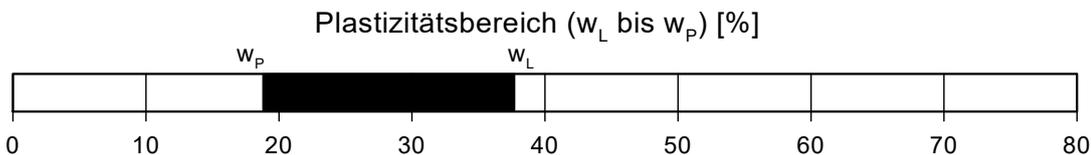
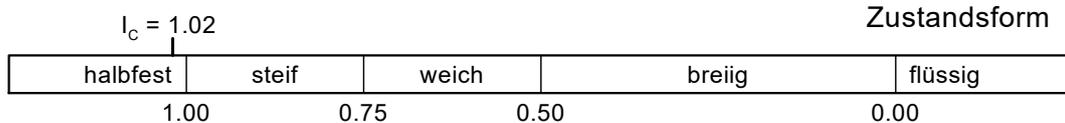
Probenbezeichnung: KRB 3 / 3
 Entnahmestelle/-art: KRB 3 (1,0 - 1,3 m) / gestört
 Probenehmer: k.A.
 Probe entnommen am: 08.06.2020

Bearbeiter: Möller

Datum: 22.06.2020



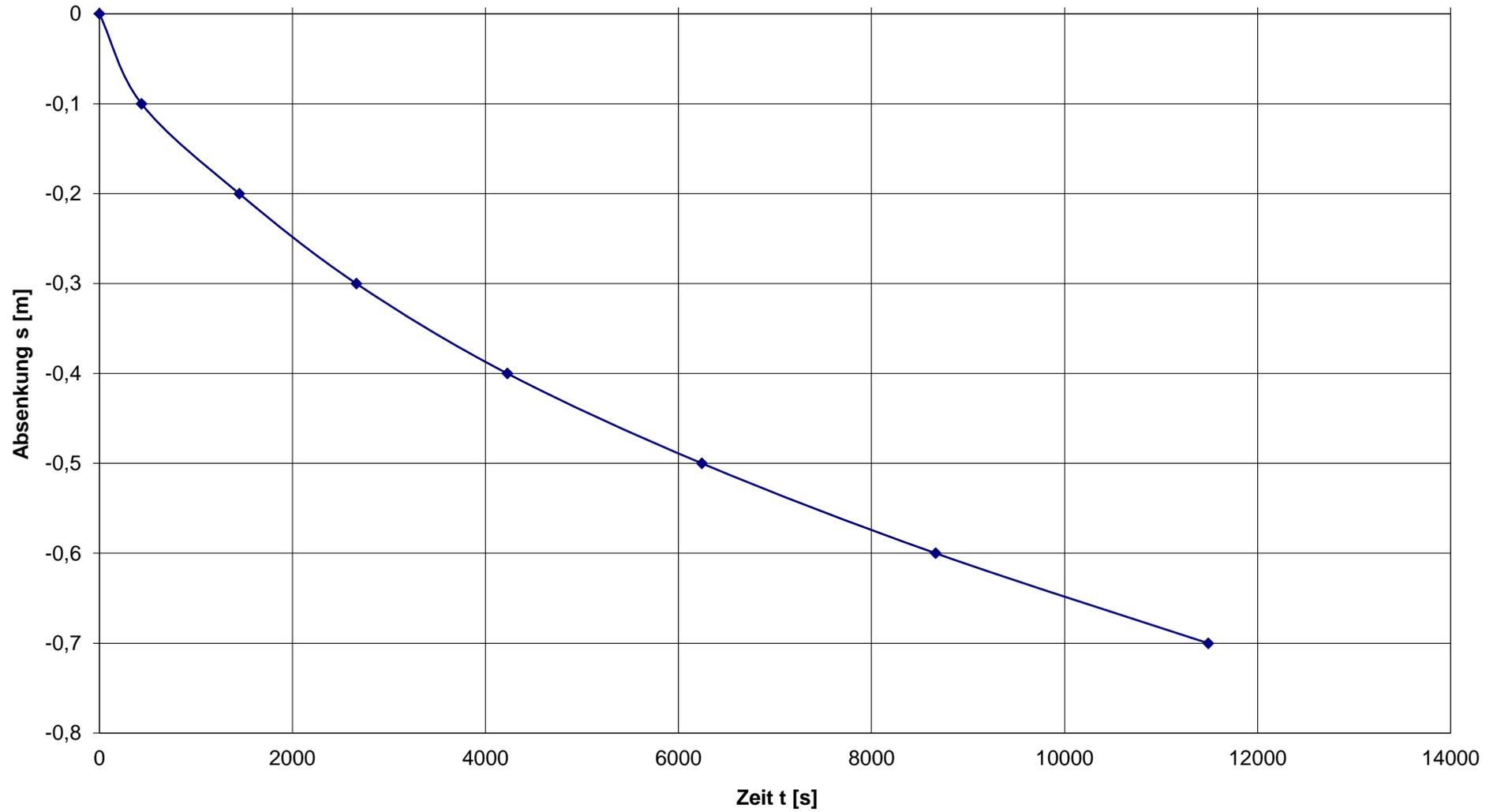
Wassergehalt w =	18.4 %
Fließgrenze w_L =	37.7 %
Ausrollgrenze w_P =	18.8 %
Plastizitätszahl I_P =	18.9 %
Konsistenzzahl I_C =	1.02
Anteil Überkorn \ddot{u} =	4.3 %
Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}}$ =	17.6 %
Korr. Wassergehalt =	18.4 %



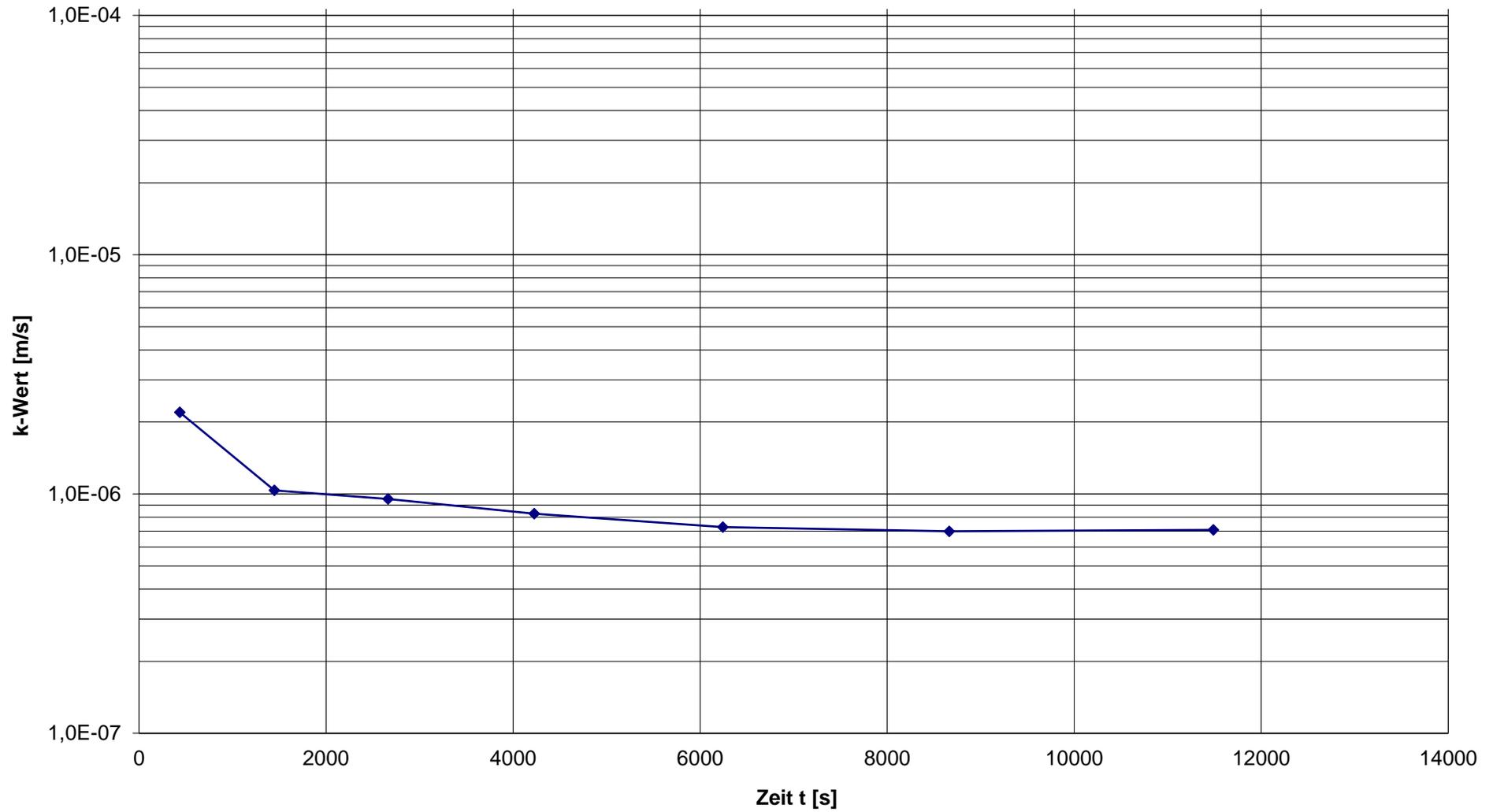
Anlage 4

Versickerungsversuche VV1, VV2.2 u. VV2.2
(9 Seiten)

Versickerungsversuch VV 1



Versickerungsversuch VV 1



Bestimmung des k-Wertes nach Earth Manual

Versuch 1 an RKS 1 - VV1

Vollrohr ungesättigt

leichter Regen bis zeitweise starker Regen

Durchmesser: 0,0385 m

Radius: 0,01925 m

Fläche: 0,001164 m²

max. Füllhöhe: 1,2 m

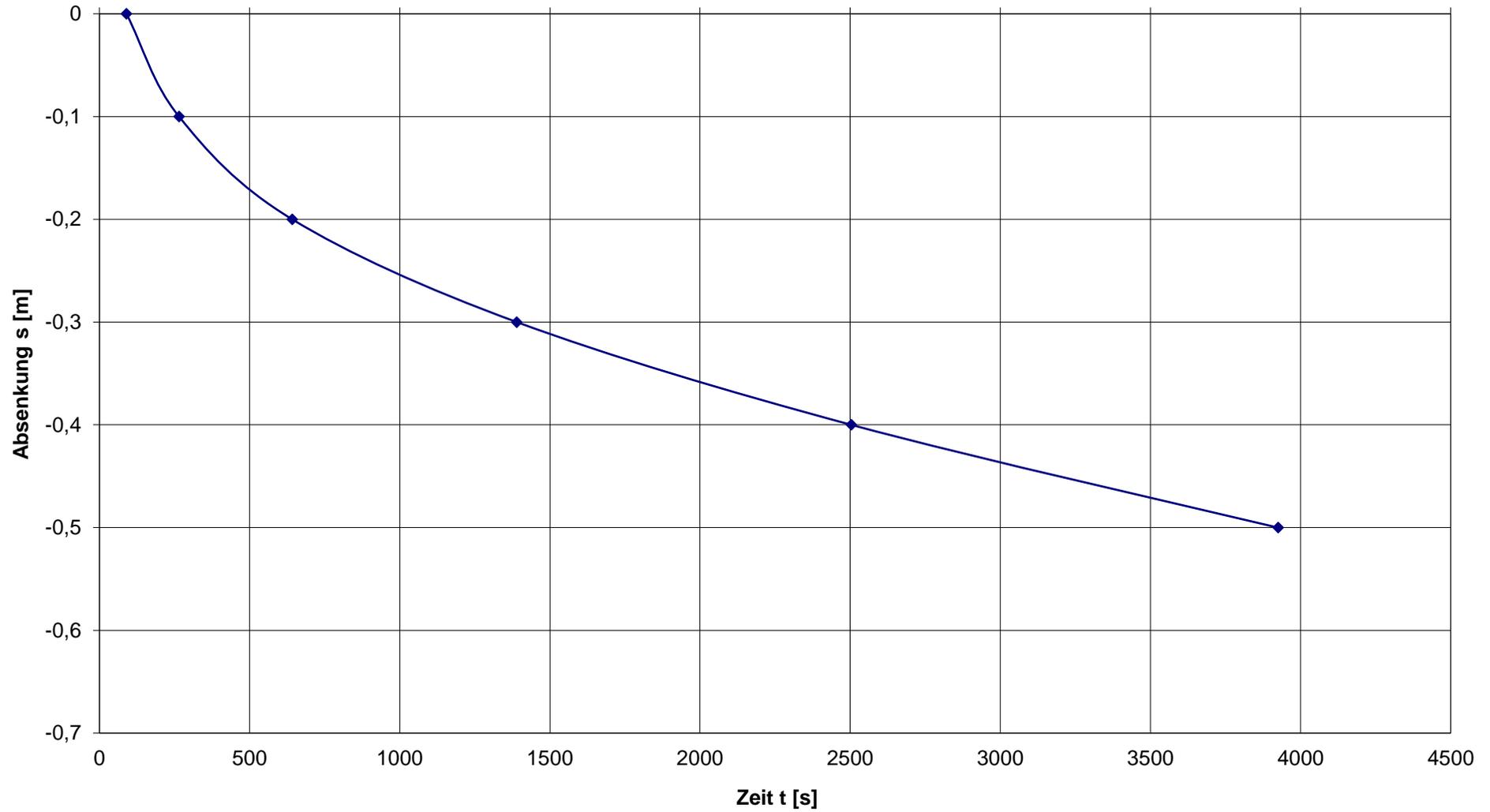
Tiefe [m]	h [m]	delta h [m]	hm [m]	Min.	Sek.	Zeit [s]	delta t [s]	Q [m ³ /s]	k [m/s]	Absenkung s [m]
0	1,2	0		0	0	0				0
0,1	1,1	0,1	1,15	7	16	436	436	2,67E-07	2,2E-06	-0,1
0,2	1	0,1	1,05	24	8	1448	1012	1,15E-07	1,0E-06	-0,2
0,3	0,9	0,1	0,95	44	22	2662	1214	9,59E-08	9,5E-07	-0,3
0,4	0,8	0,1	0,85	70	26	4226	1564	7,44E-08	8,3E-07	-0,4
0,5	0,7	0,1	0,75	104	3	6243	2017	5,77E-08	7,3E-07	-0,5
0,6	0,6	0,1	0,65	144	25	8665	2422	4,81E-08	7,0E-07	-0,6
0,7	0,5	0,1	0,55	191	28	11488	2823	4,12E-08	7,1E-07	-0,7

Bodenansprache in Versuchshorizont:

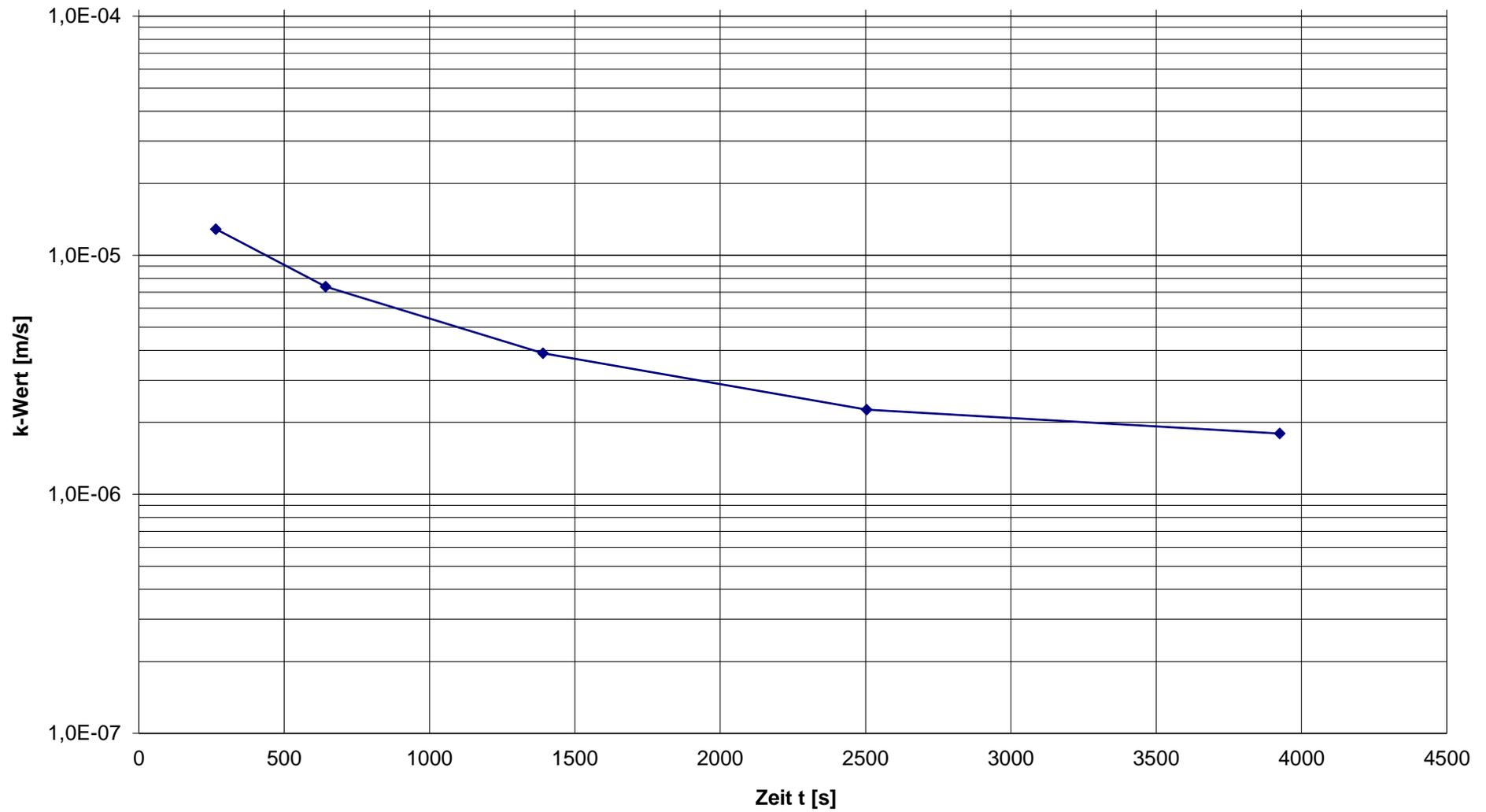
Feinsand, schwach schluffig bis schluffig

min.	7,0E-07
max.	2,2E-06
mittel	1,0E-06

Versickerungsversuch VV 2.1



Versickerungsversuch VV 2.1



Bestimmung des k-Wertes nach Earth Manual

Versuch 1 an RKS 4 - VV2.1

Vollrohr ungesättigt

trocken bis gegen Ende leichter Regen

Durchmesser: 0,0385 m

Radius: 0,01925 m

Fläche: 0,001164 m²

max. Füllhöhe: 1 m

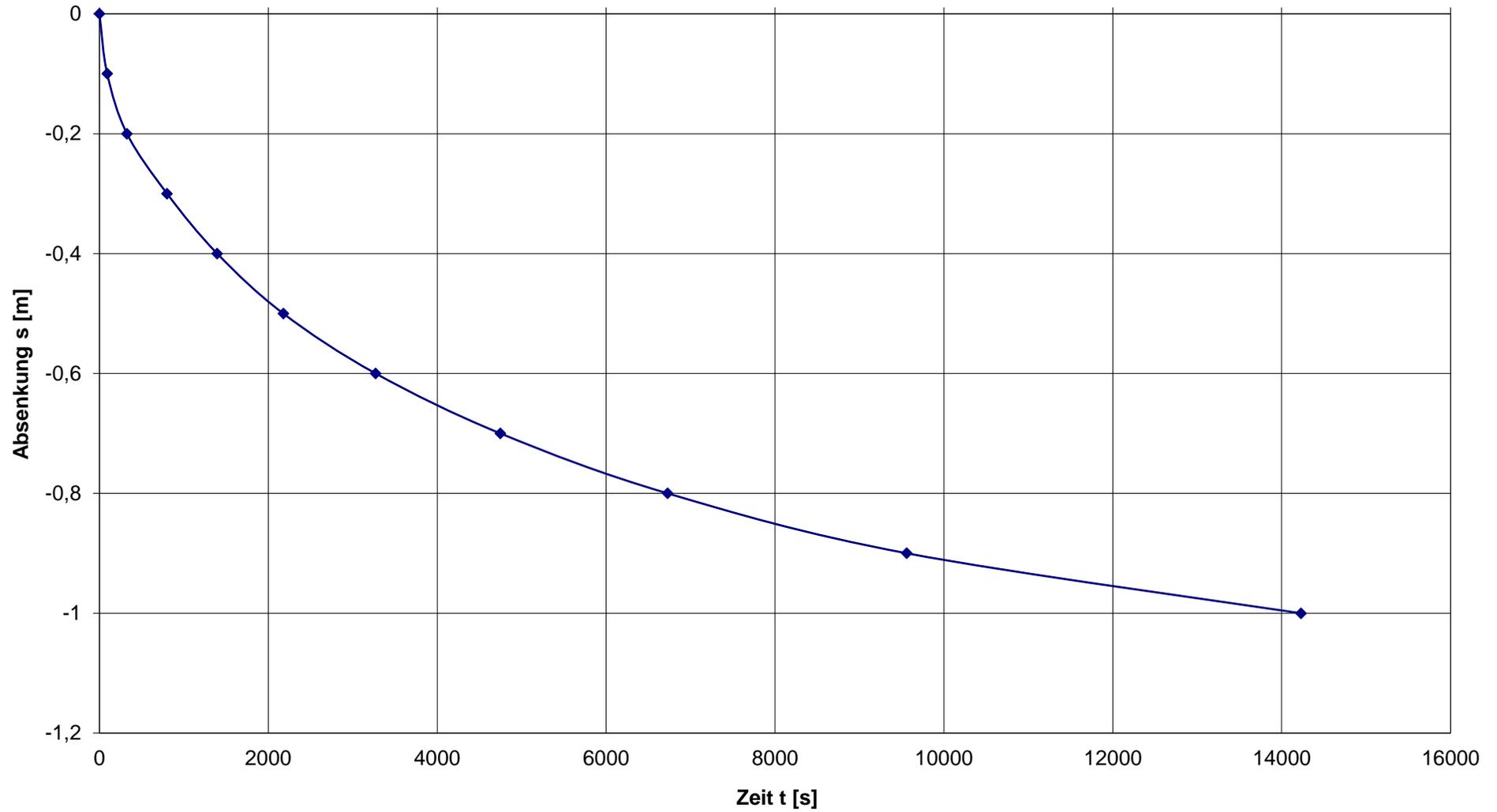
Tiefe [m]	h [m]	delta h [m]	hm [m]	Min.	Sek.	Zeit [s]	delta t [s]	Q [m ³ /s]	k [m/s]	Absenkung s [m]
0	1	0		0	0	0				0
0,1	0,9	0,1	0,95	1	30	90	90	1,29E-06	1,3E-05	-0,1
0,2	0,8	0,1	0,85	4	25	265	175	6,65E-07	7,4E-06	-0,2
0,3	0,7	0,1	0,75	10	42	642	377	3,09E-07	3,9E-06	-0,3
0,4	0,6	0,1	0,65	23	10	1390	748	1,56E-07	2,3E-06	-0,4
0,5	0,5	0,1	0,55	41	44	2504	1114	1,05E-07	1,8E-06	-0,5
0,6	0,4	0,1	0,45	65	25	3925	1421	8,19E-08	1,7E-06	-0,6

Bodenansprache in Versuchshorizont:

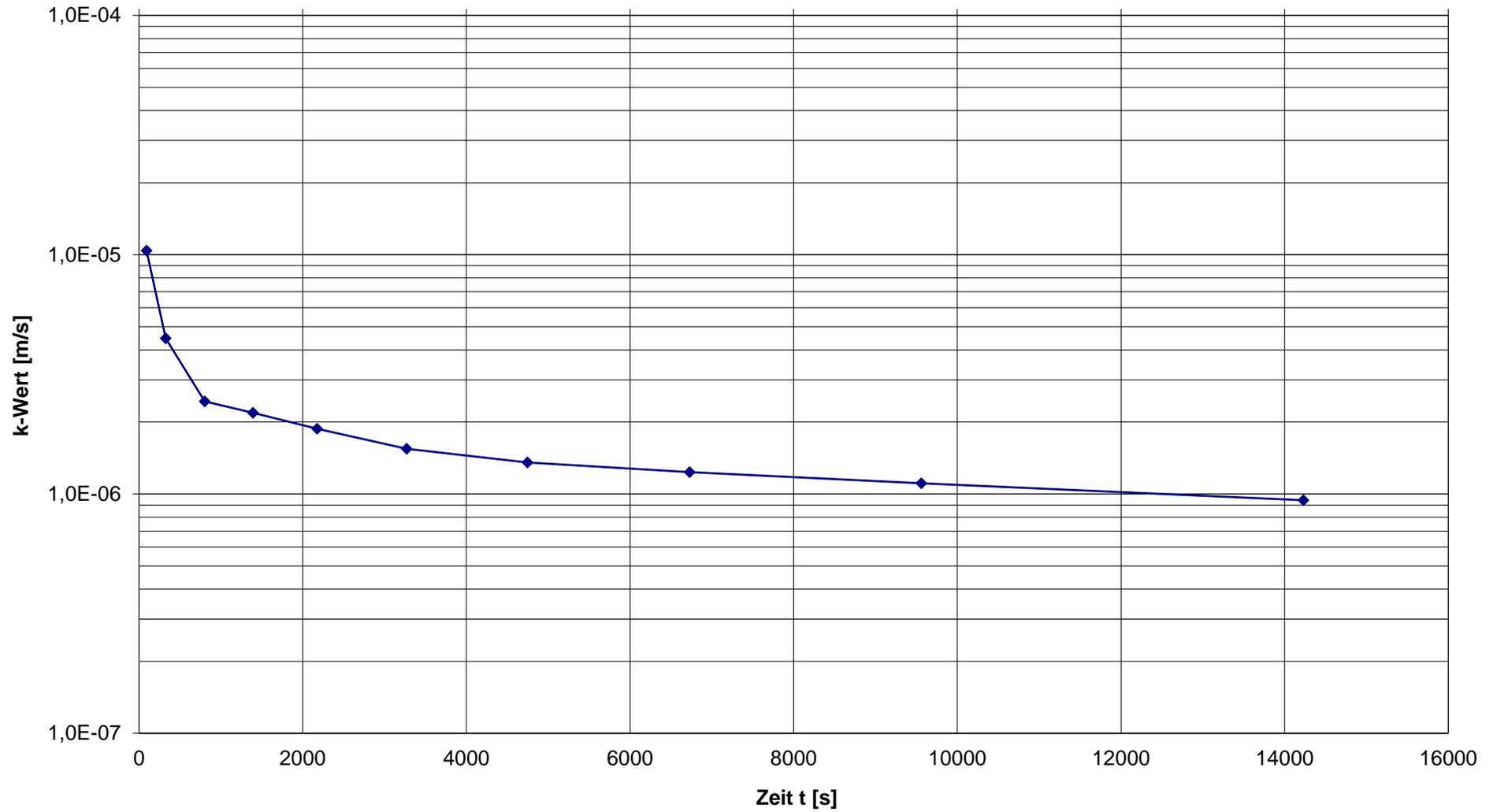
Feinsand, sehr schwach schluffig

min.	1,7E-06
max.	1,3E-05
mittel	5,0E-06

Versickerungsversuch VV 2.2



Versickerungsversuch VV 2.2



Bestimmung des k-Wertes nach Earth Manual

Versuch 2 an RKS 4 - VV2.2

Vollrohr gesättigt

leichter Regen bis zeitweise starker Regen

Durchmesser: 0,0385 m

Radius: 0,01925 m

Fläche: 0,001164 m²

max. Füllhöhe: 1,2 m

Tiefe [m]	h [m]	delta h [m]	hm [m]	Min.	Sek.	Zeit [s]	delta t [s]	Q [m ³ /s]	k [m/s]	Absenkung s [m]
0	1,2	0		0	0	0				0
0,1	1,1	0,1	1,15	1	32	92	92	1,27E-06	1,0E-05	-0,1
0,2	1	0,1	1,05	24	8	326	234	4,98E-07	4,5E-06	-0,2
0,3	0,9	0,1	0,95	44	22	801	475	2,45E-07	2,4E-06	-0,3
0,4	0,8	0,1	0,85	70	26	1394	593	1,96E-07	2,2E-06	-0,4
0,5	0,7	0,1	0,75	104	3	2177	783	1,49E-07	1,9E-06	-0,5
0,6	0,6	0,1	0,65	144	25	3271	1094	1,06E-07	1,5E-06	-0,6
0,7	0,5	0,1	0,55	191	28	4747	1476	7,89E-08	1,4E-06	-0,7
0,8	0,4	0,1	0,45	194	28	6729	1982	5,87E-08	1,2E-06	-0,8
0,9	0,3	0,1	0,35	200	28	9560	2831	4,11E-08	1,1E-06	-0,9
1	0,2	0,1	0,25	205	28	14229	4669	2,49E-08	9,4E-07	-1

Bodenansprache in Versuchshorizont:

Feinsand, sehr schwach schluffig

min.	9,4E-07
max.	1,0E-05
mittel	2,8E-06

Anlage 5

Analysenmethoden, Bestimmungsgrenzen und Analysenergebnisse,
Dr. Graner & Partner GmbH,
Prüfbericht:
Nr. 2037985 (4 Seiten)

Dr. Graner & Partner GmbH, Lochhausener Str. 205, 81249 München

SakostaCAU GmbH
Im Steingrund 2

München, 15.06.2020

63303 Dreieich

Prüfbericht 2037985

Auftraggeber: SakostaCAU GmbH
Projektleiter: Herr Anschütz
Auftragsnummer: 63278
Auftraggeberprojekt: 2000494/1 Neubau 8DDH, Trebur
Probenahmedatum: 09.06.2020
Probenahmeort: Feldstraße, Trebur
Probenahme durch: SakostaCAU
Probengefäße: Kunststoffbecher
Mind. ein beiliegendes Headspace defekt oder mind. eine Probe ohne Headspace (s. Bemerkung zu den Einzelproben)
Eingang am: 10.06.2020
Zeitraum der Prüfung: 10.06.2020 - 15.06.2020
Prüfauftrag:

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand. Die in den zitierten Normen und Richtlinien angegebenen Messunsicherheiten werden eingehalten. Die aktuellen Ausgabestände der verwendeten Prüfverfahren können auf unserer Homepage (<https://www.labor-graner.de/qualitaetssicherung.html>) eingesehen werden. Unsachgemäße Probengefäße können zu Verfälschungen der Messwerte führen. Prüfergebnisse von Mischproben die unterhalb des Grenzwertes liegen, können trotzdem zu Grenzwertüberschreitungen von einer oder mehreren Teilproben führen. Um die Überprüfung des Grenzwertes sicher zu gewährleisten, wird angeraten, gemäß Prüfvorschrift die Einzelproben zu untersuchen. Mikrobiologisches Untersuchungsmaterial wird nach der Auswertung sofort vernichtet. Eine auszugswise Vervielfältigung des Prüfberichtes ist nur mit schriftlicher Genehmigung der Prüflaborleitung erlaubt.

Akkreditiertes Prüflabor nach DIN EN ISO 17025 · 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, Dr. Manfred Holz
Bankverbindung: Genossenschaftsbank Aubing eG (BLZ 701 694 64) Kto.-Nr. 69922
BIC: GENODEFIM07, IBAN: DE30 7016 9464 0000 0699 22

Prüfbericht:

2037985

15.06.2020

Probenbezeichnung:	MP1			
Probenahmedatum:	09.06.2020			
Labornummer:	2037985-001			
Material:	Feststoff, Gesamtfraktion			
Bemerkung:	methanolüberschichtete Teilprobe für leichtflüchtige Parameter wurde im Labor abgefüllt.			
	Gehalt	Einheit	Best.gr.	Verfahren
Trockenrückstand	88	%		DIN EN 14346
Cyanid gesamt	u.d.B.	mg/kg TS	0,2	DIN ISO 17380
Arsen	9,9	mg/kg TS	1	DIN EN ISO 11885
Blei	14	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 11885
Cadmium	0,12	mg/kg TS	0,1	DIN EN ISO 11885
Chrom	21	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 11885
Kupfer	15	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 11885
Nickel	20	mg/kg TS	0,5	DIN EN ISO 11885
Quecksilber	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	DIN EN ISO 12846
Thallium	u.d.B.	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 11885
Zink	47	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 11885
TOC	1,3	% TS	0,1	DIN EN 13137
EOX	u.d.B.	mg/kg TS	0,5	DIN 38414-17
Kohlenwasserstoffe	u.d.B.	mg/kg TS	50	DIN EN 14039
Kohlenwasserstoffe C10 - C22	u.d.B.	mg/kg TS	50	DIN EN 14039
Benzol	u.d.B.	µg/kg TS	100	DIN 38407-9
Toluol	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Ethylbenzol	u.d.B.	µg/kg TS	100	
m-Xylol + p-Xylol	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Styrol	u.d.B.	µg/kg TS	100	
o-Xylol	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Cumol	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Summe der bestimmten BTEX	0	µg/kg TS		
1,1-Dichlorethen	u.d.B.	µg/kg TS	200	DIN ISO 22155 / Hb.
Dichlormethan	u.d.B.	µg/kg TS	500	Altlasten Bd.7 T.4
trans-1,2-Dichlorethen	u.d.B.	µg/kg TS	200	
1,1-Dichlorethan	u.d.B.	µg/kg TS	200	
cis-1,2-Dichlorethen	u.d.B.	µg/kg TS	200	
1,2-Dichlorethan	u.d.B.	µg/kg TS	500	
Trichlormethan	u.d.B.	µg/kg TS	100	
1,1,1-Trichlorethan	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Tetrachlormethan	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Trichlorethen	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Tetrachlorethen	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Summe der bestimmten LHKW	0	µg/kg TS		

Prüfbericht:

2037985

15.06.2020

Probenbezeichnung:	MP1			
Probenahmedatum:	09.06.2020			
Labornummer:	2037985-001			
Material:	Feststoff, Gesamtfraktion			
Bemerkung:	methanolüberschichtete Teilprobe für leichtflüchtige Parameter wurde im Labor abgefüllt.			
	Gehalt	Einheit	Best.gr.	Verfahren
Naphthalin	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	DIN ISO 18287
Acenaphthylen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Acenaphthen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Fluoren	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Phenanthren	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Anthracen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Fluoranthen	0,012	mg/kg TS	0,01	
Pyren	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Benz(a)anthracen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Chrysen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Benzo(b)fluoranthen	0,012	mg/kg TS	0,01	
Benzo(k)fluoranthen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Benzo(a)pyren	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Indeno(123-cd)pyren	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Dibenz(ah)anthracen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Benzo(ghi)perylene	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Summe der 16 PAK nach EPA	0,024	mg/kg TS		
Summe der 15 PAK ohne Naphthalin	0,024	mg/kg TS		
PCB Nr. 28	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	DIN EN 15308
PCB Nr. 52	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	
PCB Nr. 101	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	
PCB Nr. 153	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	
PCB Nr. 138	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	
PCB Nr. 180	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	
Summe der bestimmten PCB	0	mg/kg TS		

Prüfbericht: 2037985

15.06.2020

Probenbezeichnung:	MP1			
Probenahmedatum:	09.06.2020			
Labornummer:	2037985-001			
Material:	Feststoff, Gesamtfraktion			
Bemerkung:	methanolüberschichtete Teilprobe für leichtflüchtige Parameter wurde im Labor abgefüllt.			
	Gehalt	Einheit	Best.gr.	Verfahren
Bestimmungen im Eluat - (DIN EN 12457-4)				
pH-Wert	8,1			DIN 38404-5
Elektrische Leitfähigkeit	140	µS/cm		DIN EN 27888
Chlorid	5,4	mg/l	1	DIN EN ISO 10304-1
Sulfat	16	mg/l	2	DIN EN ISO 10304-1
Cyanid gesamt	u.d.B.	mg/l	0,005	DIN EN ISO 14403
Arsen	u.d.B.	µg/l	2,5	DIN EN ISO 17294-2
Blei	u.d.B.	µg/l	2,5	DIN EN ISO 17294-2
Cadmium	u.d.B.	µg/l	0,5	DIN EN ISO 17294-2
Chrom	u.d.B.	µg/l	5	DIN EN ISO 17294-2
Kupfer	u.d.B.	µg/l	10	DIN EN ISO 17294-2
Nickel	u.d.B.	µg/l	10	DIN EN ISO 17294-2
Quecksilber	u.d.B.	µg/l	0,05	DIN EN ISO 12846
Thallium	u.d.B.	µg/l	0,5	DIN EN ISO 17294-2
Zink	u.d.B.	µg/l	10	DIN EN ISO 17294-2
Phenolindex	u.d.B.	mg/l	0,008	DIN EN ISO 14402




 Markus Neurohr, Geologe

Erläuterungen zu Abkürzungen:

KbE: Koloniebildende Einheiten
 n.n.: nicht nachweisbar
 u.d.B.: unter der Bestimmungsgrenze
 Best.gr.: Bestimmungsgrenze
 n.b.: nicht bestimmt

Anlage 6

Probenahmeprotokoll gemäß LAGA PN 98
(1 Seite)

