

Geotechnischer Bericht nach DIN 4020
zum Bauvorhaben
Erschließung Gewerbegebiet „Neufrach-Ost V“
in
88682 Salem - Neufrach

Bauherr und Auftraggeber:

Gemeinde Salem
Am Schlossee 1
88682 Salem

Geotechnische Projektbearbeitung:

Dipl.-Ing. Christian Rauser-Härle

Erstattungsdatum:

24. Oktober 2024

Aktenzeichen:

SANFGOV G01

Geschäftsführer:

DIPL.-ING.(FH) MARKUS KATZ

DIPL.-ING.(FH) THOMAS BENZ

DIPL.-ING. CHRISTIAN RAUSER-HÄRLE

DIPL.-GEOL. FALK WINTEROLL

DIPL.-GEOL. GESINE WILTSCHKO

Hauptsitz Stuttgart

Emilienstr. 2

78056 Stuttgart

Tel.: 0711.997 60 73-0

Fax: 0711.73 56 298

E-Mail: kontakt@henkegeo.de

Vertretung Kirchheim/Teck

Blumenstr. 19

73271 Holzmaden

Tel.: 0177.71 61 678

Fax: 0711.73 56 298

E-Mail: tb@henkegeo.de

Vertretung Nagold

Haydnweg 10/1

72202 Nagold

Tel.: 0177.71 61 682

Fax: 0711.73 56 298

E-Mail: mk@henkegeo.de

Vertretung Schwarzwald-Baar

Vor dem Hummelsholz 4

78056 VS-Schwenningen

Tel.: 07720.95 86-92

Fax: 07720.95 86-87

E-Mail: vs@henkegeo.de

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Auftrag	3
2. Unterlagen	3
3. Projektbeschreibung	3
4. Allgemeiner geologischer Überblick	4
5. Baugrunderkundung	4
6. Schichtenbeschreibung	5
7. Hydrogeologische Situation	6
8. Versickerungsversuch	9
9. Bodenverunreinigung	9
10. Geotechnische Laborversuche	11
11. Bodencharakterisierung für bautechnische Zwecke	14
12. Homogenbereiche	15
13. Bodenkennwerte	17
14. Kanal- und Leitungsbau	18
14.1 Graben- und Grubenaushub	18
14.2 Böschungssicherung von Gräben und Gruben	18
14.3 Kanäle und Leitungen, Grabenverfüllung und Grabenverdichtung	20
15. Bau von Verkehrsflächen	22
16. Regenwasserversickerung	26
17. Allgemeine Angaben zur Wohnbebauung im Baugebiet	27
17.1 Baugruben und Böschungen	27
17.2 Bauwerksgründungen	28
17.3 Abdichtung von erdberührten Bauteilen	34
17.4 Arbeitsraumverfüllung / Geländeaufschüttungen	35
17.5 Geothermische Energienutzung	36
17.6 Erdbebensicherheit	38
17.7 Schutz vor Gefahren durch Radon	38
18. Schlussbemerkungen	39

Verzeichnis der Anlagen:

Anlage	1	Lagepläne 1.1 1.2	Übersichtslageplan Lageplan Untersuchungspunkte und Profilschnitte
Anlage	2	Bohrsondierungen 2.1 – 2.6 2.7	Bohrkernaufnahme BS 1/24 bis BS 6/24 Legende der verwendeten Signaturen und Abkürzungen
Anlage	3	Geologischer Profilschnitt PS 1	
Anlage	4	Chemische Analytik 4.1 + 4.2	EBV-Analysenberichte MP 1 und MP 2
Anlage	5	Geotechnische Laborversuche 5.1 5.2	Tabellarische Zusammenstellung der Laborergebnisse Korngrößenverteilung

1. Auftrag

Die Gemeinde Salem plant die Erschließung des Gewerbegebiets „Neufrach-Ost V“ in Salem- Neufrach. In diesem Zusammenhang wurde das Ingenieurbüro für Geotechnik Henke und Partner GmbH (HuP), Vertretung Oberschwaben, auf der Basis des Angebotes vom 14.12.2023, Az.: SANFGOV K01 beauftragt, eine Baugrunderkundung durchzuführen und einen Geotechnischen Bericht nach DIN 4020 für die geplante Erschließung des Gewerbegebietes „Neufrach-Ost V“ in Salem- Neufrach zu erstellen.

2. Unterlagen

Als Unterlagen zur Bearbeitung wurden uns zur Verfügung gestellt:

Gemeinde Salem:

- [1] Lageplan, im Maßstab 1: 1.500, mit Datum vom 04.12.2023
- [2] Bestandsplan, im Maßstab 1:400, mit Datum vom 11.01.2024

Aus eigenen Archivunterlagen stand uns zur Verfügung:

Geologisches Landesamt Baden - Württemberg:

- [3] Geologische Karte von Baden - Württemberg, Maßstab 1:25.000, Blatt 8221 Überlingen - Ost und digitale geologische Karte des LGRB

3. Projektbeschreibung

Das geplante Gewerbegebiet „Neufrach-Ost V“ soll südlich an das bestehende Gewerbegebiet anschließen. Westlich des geplanten Gewerbegebietes verläuft die K 7759, südlich befinden sich landwirtschaftlich genutzte Flächen. Östlich des geplanten Gewerbegebietes verläuft die Deggenhauser Aach. Derzeit wird das Bau Feld als landwirtschaftliche Fläche genutzt.

Als Anlage 1.1 liegt ein Übersichtslageplan bei, auf dem die ungefähre Lage des geplanten Gewerbegebietes rot gekennzeichnet wurde.

Im Rahmen der geplanten Erschließung des Gewerbegebiets sollen Erschließungsstraßen gebaut und Versorgungsleitungen verlegt werden. Über die Lage der geplanten Erschließungsstraßen bzw. der Leitungen liegen uns derzeit keine Informationen vor.

Die Fläche der geplanten Gewerbegebietserweiterung kann dem Lageplan, der als Anlage 1.2 diesem Bericht beiliegt, entnommen werden.

4. Allgemeiner geologischer Überblick

Nach der geologischen Karte [3] stehen im geplanten Gewerbegebiet „Neufrach-Ost V“ junge Talfüllungen in Form von Auen- bzw. Tallehm, Torf, Mudde, Talkies und Talsand an. Unter den jungen Talfüllungen folgen würmeiszeitlichen Schmelzwasserkiese und -sande. Die würmeiszeitlichen Schmelzwasserkiese / -sande werden von würmeiszeitlichen Moränensedimenten, bestehend aus einer entstehungsbedingten heterogenen Wechselfolge von Geschiebemergel, Moränenkiesen und Moränensanden, unterlagert. Der tiefere Untergrund wird von den tertiären Schichten der Oberen Süßwassermolasse gebildet.

5. Baugrunderkundung

Zur Erkundung des Untergrundes wurden am 20.02.2024 auf der Fläche des geplanten Erschließungsgebietes „Neufrach-Ost V“ sechs Kleinbohrungen bzw. Bohrsondierungen (BS 1/24 bis BS 6/24) niedergebracht.

Die Bohrpunkte wurden durch einen Mitarbeiter von HuP mittels GPS nach Lage und Höhe eingemessen. Die Lage der abgeteufte Bohrsondierungen BS 1/24 bis BS 6/24 kann dem Lageplan, der als Anlage 1.2 beiliegt, entnommen werden.

Die sechs Bohrsondierungen BS 1/24 bis BS 6/24 wurden mittels Sondierdraupe bis in eine Tiefe von 3,0 m bis 4,5 m unter bestehende Geländeoberkante (GOK) abgeteuft. Insgesamt wurden 21,0 lfd. m bohrsondiert. Die gewonnenen Bohrkerne wurden nach geologischen und bodenmechanischen Ge-

sichtspunkten gemäß DIN 4022 bzw. DIN EN ISO 14688-1 aufgenommen und beschrieben. Die ausführlichen Schichtenbeschreibungen der Bohrungen BS 1/24 bis BS 6/24 mit zeichnerischer Darstellung in Anlehnung an die DIN 4023 sind als Anlagen 2.1 bis 2.6 beigelegt. Eine Legende der hierbei verwendeten Signaturen und Abkürzungen liegt als Anlage 2.7 bei. Für geotechnische Laboruntersuchungen, für chemische Analysen sowie als Rückstellproben wurden aus den Bohrkernen insgesamt 28 Bodenproben entnommen.

6. Schichtenbeschreibung

Anhand der hergestellten Baugrundaufschlüsse stellt sich die geologische Situation im Bereich des geplanten Erschließungsgebietes „Neufrach-Ost V“ wie folgt dar:

In allen Aufschlüssen beginnt die Schichtenfolge mit einem 30 cm bis 40 cm mächtigen **Oberboden** mit dunkelbrauner bis graubrauner Farbe.

Unter dem Oberboden folgen in allen Bohrsondierungen bis in eine Tiefe von 0,8 m bis 1,7 m unter GOK **Auenlehme** bzw. **Tallehme** mit hellbrauner, beigebrauner, grauer und beige-grauer Farbe. Der Auenlehm bzw. Tallehm setzt sich aus einem Schluff mit wechselnden tonigen und sandigen Anteilen zusammen. Anhand der manuellen Bodenansprache weist der Auen / Tallehm eine überwiegend steife, bereichsweise auch weiche Konsistenz auf.

In der Bohrung BS 1/24 wurde innerhalb der Auenlehmschicht in einer Tiefe von 1,2 bis 1,6 m unter GOK und in der Bohrung BS 2/24 unter dem Auenlehm in einer Tiefe von 1,0 m bis 1,4 m unter GOK **Mudde** bzw. **zersetzter Torf** erbohrt. Die aufgeschlossene Mudde besteht aus einem stark humosen Schluff mit schwarzbrauner bis schwarzer und weist anhand der manuellen Bodenansprache eine weiche Konsistenz auf.

Unter den Auenlehmen der BS 1/24, BS 3/24, BS 4/24, BS 5/24 und BS 6/24 sowie unter der Mudde- / Torfschicht der BS 2/24 wurden bis in eine Tiefe von von 1,3 m bis 2,2 m unter GOK verlehnte bis stark verlehnte **Talsande** und **Talkiese** angetroffen. Die erbohrten Talsande setzen sich nach der Bohrkernansprache aus einem schluffigen bis stark schluffigen Sand und die aufgeschlossenen Tal-

kiese aus einem schwach sandigen bis sandigen, schluffigen bis stark schluffigen Kies zusammen und weisen eine braune, dunkelgraue, graue und hellgraue Farbe auf.

Unter den Talsanden bzw. Talkiesen folgen in den hergestellten Kleinbohrungen bis zur jeweiligen Endtiefe der abgeteuften Kleinbohrungen **Schmelzwasserkiese** mit grauer, braungrauer und gelbgrauer Farbe. Die aufgeschlossenen Schmelzwasserkiese bestehen aus einem schwach sandigen bis sandigen und schwach schluffigen Kies zusammen. Bereichsweise liegen die Schmelzwasserkiese im oberen Schichtbereich, wie in der Bohrung BS 3/24 und BS 5/24 festgestellt, in stark verlehmt bis verlehmt Form vor. In der BS 5/24 wurde innerhalb der Schmelzwasserkieschicht in einer Tiefe von 1,5 m bis 1,8 m unter GOK eine **Schmelzwassersandschicht** angetroffen. Der erbohrte Schmelzwassersand setzt sich nach der Bohrkernansprache aus einem schwach schluffigen und schwach kiesigen Sand zusammen und zeigt eine beigegraue Farbe.

Zur Verdeutlichung der Schichtverläufe wurde ein geologischer Profilschnitt (PS 1) angefertigt, der als Anlage 3 beiliegt. Die Lage des Profilschnitts PS 1 kann dem Lageplan der Anlage 1.2 entnommen werden. Beim geologischen Profilschnitt ist zu beachten, dass die Schichtenverläufe zwischen den Aufschlusspunkten linear interpoliert wurden und daher vom tatsächlichen Verlauf abweichen können.

7. Hydrogeologische Situation

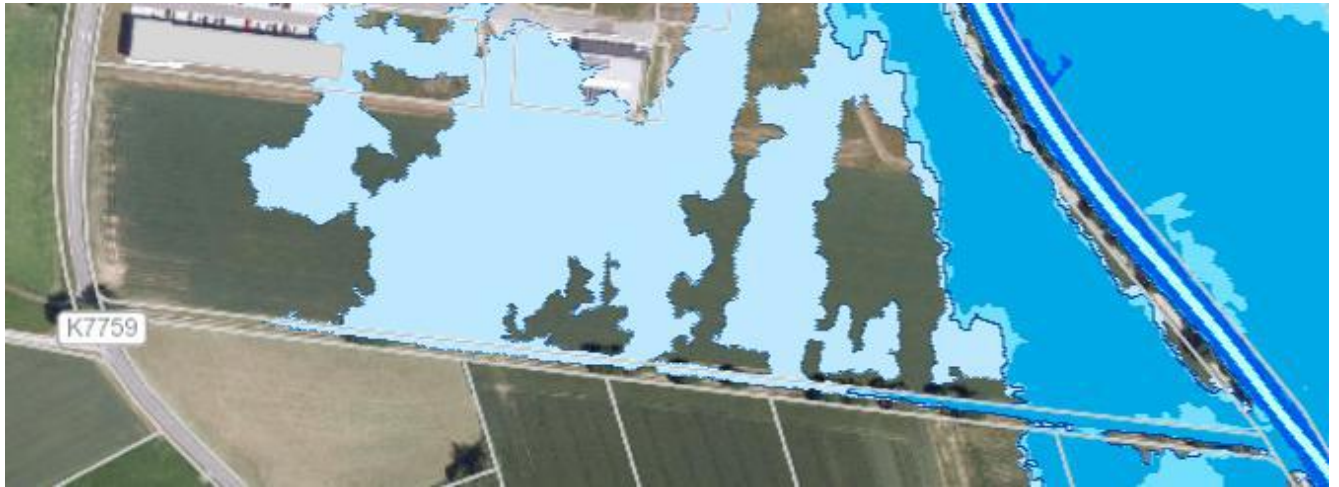
Nach Abschluss der Bohrarbeiten wurde in den unverrohrten Bohrlöchern der Grundwasserstand gemessen. Da die Bohrlöcher nicht standfest waren, sind diese bereits vor der beabsichtigten GW-Messung bereichsweise wieder zugefallen. Durch das Zufallen kann es zu einem Wassereinstau im Bohrloch kommen, so dass Grundwasserstandsmessungen in den unverrohrten Bohrlöchern mit Unsicherheiten behaftet sind. Die Bohrsondierung BS 6/24 wurde nach Abschluss der Bohrarbeiten zu einer temporären Grundwassermessstelle mit Verfilterung in den Auensanden und Schmelzwasserkiesen ausgebaut.

Nachfolgend sind die gemessenen Schicht- bzw. Grundwasserstände in den Bohrlöchern nach Abschluss der Bohrarbeiten und in der temporär ausgebauten Grundwassermessstelle dargestellt:

Bezeichnung Bohrsondierung	Wasserstand unter GOK [m]	Wasserstand [m ü. NN]	Bemerkung
BS 1/24	0,77	430,46	Bohrloch bis 2,44 m u. GOK standfest, Messung nach Bohrende
BS 2/24	0,70	430,49	Bohrloch bis 2,56 m u. GOK standfest, Messung nach Bohrende
BS 3/24	1,05	430,58	Bohrloch bis 1,63 m u. GOK standfest, Messung nach Bohrende
BS 4/24	0,94	430,53	Bohrloch bis 1,40 m u. GOK standfest, Messung nach Bohrende
BS 5/24	–	–	Bohrloch bis 1,74 m u. GOK standfest (530,20 m ü. NN), kein Grundwasser angetroffen
BS 6/24	1,36	430,03	Bohrung bis 2,64 m unter GOK zu GW-Messstelle ausgebaut, Messung nach Ausbau

Auf der Grundlage der gemessenen Grundwasserstände liegen tlw. gespannte Grundwasserverhältnisse im Baufeld des geplanten Erschließungsgebietes vor.

Nach den aktuellen Hochwassergefahrenkarten liegt das geplante Gewerbegebiet „Neufrach-Ost V“ bereichsweise in der Überflutungsfläche der Deggenhauser Aach bei Extrem Hochwasser. Die Überflutungsflächen des geplanten Gewerbegebietes „Neufrach-Ost V“ bei Extrem Hochwasser kann nachfolgender Abbildung entnommen werden:



Es muss mit folgenden Hochwasserständen auf Höhe des geplanten Gewerbegebietes „Neufrach-Ost V“ gerechnet werden:

10-jähriger Hochwasserstand (HQ ₁₀):	431,30 m ü. NN
50-jähriger Hochwasserstand (HQ ₅₀):	431,50 m ü. NN
100-jähriger Hochwasserstand (HQ ₁₀₀):	431,50 m ü. NN
Extrem- Hochwasserstand (HQ _{EXTREM}):	431,70 m ü. NN

Als Bemessungswasserstand wird empfohlen den angegebenen HQ_{EXTREM} anzusetzen.

Nach den aktuellen Wasserschutzgebietskarten der LUBW liegt das Baufeld des geplanten Gewerbegebietes „Neufrach-Ost V“ außerhalb von Wasser- und Quellenschutzgebietszonen.

8. Versickerungsversuch

Im Rahmen der Baugrunderkundung wurde im ausgebauten Bohrloch der Bohrsondierung BS 6/24 zur Überprüfung der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes ein Versickerungsversuch in den angetroffenen Talsanden und Schmelzwasserkiesen ausgeführt. Hierzu wurde das bis in eine Tiefe von 2,64 m unter GOK ausgebaute Bohrloch der Bohrung BS 6/24 mit Wasser befüllt und bei fallender Druckhöhe die Absenkung des Wasserspiegels im Verhältnis zur Zeit gemessen und damit die Versickerungsrate Q_s bestimmt.

Auf der Grundlage der DIN EN ISO 22282-2 wurde der Versuch ausgewertet und der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert mit $k_f = 1,9 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ bestimmt.

9. Bodenverunreinigung

Routinemäßig wurde das aufgeschlossene Bodenmaterial auf sensorisch feststellbare Verunreinigungen begutachtet. Hierbei wurden sensorisch keine Auffälligkeiten festgestellt.

Für eine erste Orientierung ob ggf. geogene Bodenverunreinigungen vorliegen wurde eine Mischprobe MP 1 aus den oberflächlich anstehenden Auenlehmen, Mudden und verlehmteten Talsanden sowie eine Mischprobe MP 2 aus den angetroffenen Schmelzwasserkiesen und Schmelzwassersanden gebildet.

Die zwei Mischproben wurden auf die vorgegebenen Parameter der EBV (Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke) im Labor BVU GmbH hin untersucht. Die detaillierten Analysenberichte liegen als Anlage 4.1 und 4.2 bei.

Die untersuchten Mischproben MP 1 und MP 2 können nach der Analytik in den Zuordnungswert BM-0 nach der EBV eingestuft werden. Die Mischprobe MP 1 weist aufgrund der tlw. organischen Böden in der Mischprobe einen leicht erhöhten TOC-Gehalt auf.

Nach der durchgeführten Analytik kann davon ausgegangen werden, dass die gewachsenen bzw. natürlich anstehenden Auensedimente und Schmelzwasserkiese bzw. -sande keine geogen bedingten Bodenverunreinigungen aufweisen und nach dem Zuordnungswert BM-0 verwertet werden können.

Bei der Entsorgung von Mudde bzw. Torf sollte in der Ausschreibung darauf hingewiesen werden, dass es sich hierbei um Böden mit erhöhten bzw. hohen organischen Anteilen handelt, die erfahrungsgemäß schwieriger zu entsorgen sind.

Da durch die durchgeführte Baugrunderkundung der Untergrund nur stichprobenartig aufgeschlossen wurde, kann das Vorhandensein von Bodenverunreinigungen im Bereich des geplanten Gewerbegebiets durch anthropogen Eingriffe nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Werden bei der Erschließung künstliche Geländeauffüllungen angetroffen, sind diese zwischenzulagern und vor einer Entsorgung durch chemische Analysen zu deklarieren.

Es wird empfohlen, bei der Ausschreibung Positionen für die Verwertung von Boden der Kategorie BM- / BG-0, BM- / BG-0*, BM- / BG-F0*, BM / BG-F1, BM- / BG-F2 und BM- / BG-F3 nach der EBV sowie für eine Beseitigung von Boden auf einer Deponie der Deponieklasse DK I vorzusehen. Außerdem sollten bei der Ausschreibung Positionen für die Verwertung von Boden der Kategorie BM- / BG-0, BM- / BG-0*, BM- / BG-F0*, BM / BG-F1, BM- / BG-F2 und BM- / BG-F3 nach der EBV mit erhöhten organischen Anteilen sowie für eine Beseitigung von Boden mit erhöhten organischen Anteilen auf einer Deponie der Deponieklasse DK I vorgesehen werden. Positionen für eine Rasterbeprobung, Haufwerksbildung, Zwischenlagerung, Haufwerksbeprobung, chemische Analysen nach der EBV ggf. nach der VwV und der Deponieverordnung sollten zusätzlich bei der Ausschreibung der Baumaßnahme berücksichtigt werden.

Erfahrungsgemäß ist es schwierig Böden mit einem Zuordnungswert von $\geq$ BM- / BG-0* zu verwerten. Ist keine Verwertung möglich müssen die Böden auf einer Deponie entsorgt bzw. beseitigt werden. Für die Ausschreibung wird empfohlen festzuhalten, dass der Auftragnehmer/Unternehmer, falls er den Analysen nach, verwertbares Material der Kategorie BM- / BG-0*, BM- / BG-F0*, BM / BG-F1, BM- / BG-F2 und BM- / BG-F3 nach der EBV aufgrund von mangelnden Verwertungsstellen auf einer Deponie entsorgt, keine Mehrkosten geltend machen kann. Der im Leistungsverzeichnis für eine BM- / BG-F-Position angegebene Preis ist daher zwingend einzuhalten, auch wenn das entsprechende

BM- / BG-F-Material stattdessen deponiert wird. Die im Falle einer Deponierung des eigentlichen BM - / BG-Material anfallenden Kosten für ggf. zusätzliche Haufwerksbildung, Zwischenlagerung, Haufwerksbeprobung, chemische Analysen nach DepV, die daraus resultierenden Verzögerungen sowie die Deponierungskosten sind AN-seitig zu tragen.

10. Geotechnische Laborversuche

Zur Klassifizierung und Bestimmung der bodenmechanischen und bodenphysikalischen Eigenschaften der angetroffenen Bodenschichten sowie zur Ableitung von Bodenkennwerten und Homogenbereichen wurden an ausgewählten entnommenen Bodenproben folgende Laboruntersuchungen durchgeführt:

- 17 mal Bestimmung des natürlichen Wassergehalts nach DIN 18121
- 1 mal Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18123
- 7 mal Bestimmung des Feinanteils nach DIN 18123
- 2 mal Bestimmung des Glühverlusts nach DIN 18128
- 1 mal Bestimmung der Huminsäuren nach DIN EN 1744

Eine tabellarische Zusammenstellung der geotechnischen Laborergebnisse liegt als Anlage 5.1 bei. Die Einzelergebnisse der Korngrößenverteilung können der Anlage 5.2 entnommen werden.

An zwei entnommenen Proben der aufgeschlossenen Mudden wurden die organischen Bestandteile durch Ermittlung des Glühverlustes bestimmt. Bei der Muddenprobe der BS 1/24 / 1,6-1,6 m wurde ein Glühverlust V_{GI} von 18,6 M.-% und bei der Torf- / Muddeprobe der BS 2/24 / 1,0-1,4 m ein Glühverlust V_{GI} von 32,5 M.-% ermittelt. Feinkörnige Böden, die einen organischen Anteil von über 5 % besitzen, werden als organogen und Böden mit einem organischen Anteil von > 20 % als organisch bezeichnet.

An vier entnommenen Proben aus den Auensanden sowie an drei entnommenen Proben aus den Schmelzwasserkiesen wurde der Feinkorngehalt durch Abschlämmen der Grobfraction bestimmt. An einer entnommenen Probe aus der Schmelzwasserkielesschicht wurde die Korngrößenverteilungen nach DIN 18123 bestimmt. Die ermittelten Feinkornanteile sowie die sich hieraus ergebende Boden- gruppe nach DIN 18196 können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Entnahmestelle / Entnahmetiefe	Bodenbezeichnung	Feinkornanteil [M.-%]	Bodenart nach DIN 18196
BS 1/24 / 1,7-2,0 m	Talsand	29,0	SU* / ST*
BS 2/24 / 1,4-2,1 m	Talsand	20,7	SU* / ST*
BS 3/24 / 1,2-1,5 m	Talkies	19,0	GU* / GT*
BS 3/24 / 2,0-2,4 m	Schmelzwasserkies	8,8	GU / GT
BS 4/24 / 0,8-1,4 m	Talsand	29,8	SU* / ST*
BS 5/24 / 0,9-1,3 m	Talkies	18,1	GU* / GT*
BS 6/24 / 1,3-2,1 m	Talsand	23,6	SU* / ST*
BS 6/23 / 2,2-3,0	Schmelzwasserkies	7,4	GU / GT

Aus den entnommenen Bodenproben der oberflächlich anstehenden Auenlehme der BS 1/24 bis BS 5/24 wurde die Mischprobe MP 1 gebildet. An der erstellten Mischprobe wurde das Vorhandensein von Huminsäuren geprüft. Dazu wurde die Bodenmischprobe mit 3-%iger Natronlauge vermengt. Eine dunkle Verfärbung der Lösung ist Indikator für das Vorhandensein von Huminsäuren. Huminsäuren hemmen den Erhärtungsprozess eines Boden-Bindemittelgemisches, indem sie das Calcium-Hydroxid, welches bei Kontakt des Bindemittels (Kalk und Zement) mit Wasser gebildet wird, binden. Bei Böden mit Huminsäure ist erst eine Stabilisierung zu erreichen, wenn die Menge des Bindemittels einen bestimmten Schwellenwert übersteigt. Dies liegt daran, dass eine gewisse Menge des Bindemittels, insbesondere Zemente, für die Neutralisierung der Huminsäuren aufgebraucht wird. Das bedeutet, dass bei Böden mit Huminsäure ein erhöhter Bindemittelbedarf für eine ausreichende Stabilisierung des Bodens erforderlich ist. Außerdem sollten Bindemittel mit hohem Zementanteil verwendet werden.

Das Ergebnis der Untersuchung zur Huminsäure ist in dem nachfolgenden Bild dargestellt.



MP 1

Bei der Mischproben MP 1 der oberflächlich anstehenden Auen- / Tallehme wurde eine mittlere Verfärbung festgestellt. Somit weisen die Auen- / Tallehme Huminsäuren auf. Erfahrungsgemäß kann davon ausgegangen werden, dass eine Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf dem Untergrund nach einer Bodenstabilisierung mit mindestens 4 M.-% Mischbindemittel (Zementanteil $\geq 70 \text{ M.}\%$ im Bindemittel) erreichbar ist. Soll eine Bodenstabilisierung der Auenlehme mit Bindemittel erfolgen, wird empfohlen vorab eine Eignungsprüfung bzw. eine Probestabilisierung auszuführen.

Oberboden sowie oberflächliche unter dem Oberboden noch durchwurzelte Schichten sollten vor einer Bodenstabilisierung auf jeden Fall entfernt werden, da diese Schichten erfahrungsgemäß einen hohen Gehalt an Huminsäure aufweisen und erfahrungsgemäß nur mit sehr hohen Bindemittelmengen stabilisiert werden können.

11. Bodencharakterisierung für bautechnische Zwecke

Nachfolgend sind die bautechnisch relevanten Eigenschaften der angetroffenen Bodenschichten anhand der Baugrunduntersuchung, der Ergebnisse der Laboruntersuchungen sowie allgemeiner Erfahrungen mit vergleichbaren Böden zusammengestellt.

Geologische Bezeichnung	Bodengruppe nach DIN 18196	Zusammen-drückbarkeit	Durchlässig-keit	Verdichtungs-fähigkeit	Frostempfind-lichkeitsklasse ZTV E-StB
Tal- / Auenlehm	TL, TM, UL, UM	mittel bis groß	sehr gering	mäßig bis schlecht	sehr frostempfind-lich F3
Mudde / Torf	OU, OT, HZ	groß bis sehr groß	gering bis mittel	sehr schlecht	sehr frostempfind-lich F3
Talkies / Talsand	GU*, GT*, GU, GT, SU*, ST*, SU, ST	mittel	gering bis mittel	mäßig bis schlecht	frostempfindlich F2 bis sehr frostempfindlich F3 ¹⁾
Schmelzwasserkies, Schmelzwassersand	GU, GT, GW, GI, SU, ST, SW, SI	gering bis sehr gering	mittel bis groß	gut bis sehr gut	nicht frostempfindlich F1 bis frostempfindlich F2 ¹⁾

¹⁾Die Bodengruppe GW, GI, SW, SI ist der Frostempfindlichkeitsklasse F1, die Bodengruppe SU / ST / GU / GT ist der Frostempfindlichkeitsklasse F2 und die Bodengruppe SU*, ST*, GU*, GT* der Frostempfindlichkeitsklasse F3 zuzuordnen.

Die angetroffenen Tal- / Auenlehme und Mudden sind witterungsempfindlich. Bei ungünstiger Witterung und ungeschütztem Erdplanum oder bei unsachgemäßer Zwischenlagerung können erfahrungsgemäß durch Frost, Niederschläge oder hohe mechanische Beanspruchung durch Baustellenverkehr deutliche Verschlechterungen der bodenmechanischen Eigenschaften eintreten.

12. Homogenbereiche

Die im geplanten Baugebiet aufgeschlossenen Böden können entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen anhand der Baugrunduntersuchung und den geotechnischen Laborversuchen sowie allgemeiner Erfahrungen mit vergleichbaren Böden in nachfolgende Homogenbereiche nach DIN 18300 für „Erdarbeiten“ eingeteilt werden:

		Homogenbereich		
		A	B	C
Geologische Bezeichnung		Tal- / Auenlehm	Mudde / Torf	Talkies / -sand, Schmelzwasserkies / -sand
Bodengruppe nach DIN 18196		TL, TM, UL, UM	OU, OT, HZ	GU*, GT*, GU, GT, GW, GI, SU*, ST*, SU, ST, SW, SI
Wassergehalt	[%]	15 – 35	40 – 250	5 – 30
Dichte, feucht	[t/m³]	1,8 – 2,1	1,3 – 1,9	1,9 – 2,2
Konsistenz		steif	weich	–
Plastizitätszahl I _p	[%]	8 – 25	0 – 15	–
Undrainede Scherfestigkeit c _u	[kN/m²]	40 – 120	0 – 40	–
Organischer Anteil	[Gew.-%]	≤ 5	10 – 60	≤ 5
Korngrößenverteilung	T [%]	5 – 35	5 – 30	0 – 15
	U [%]	40 – 90	0 – 90	0 – 40
	S [%]	0 – 30	0 – 10	10 – 90
	G [%]	0 – 25	0 – 10	0 – 90
Lagerungsdichte		–	–	mitteldicht, dicht
Massenanteil Steine / Blöcke ¹⁾	[%]	≤ 30 / –	≤ 30 / –	≤ 30 / ≤ 30
Massenanteil Blöcke ²⁾	[%]	–	–	≤ 5
Bodenklasse nach DIN 18300 (2012-09)		4	3	3, 4, 5, 7 ²⁾

¹⁾ Blöcke der Korngröße 200 mm bis 630 mm

²⁾ Blöcke mit Korngröße über 630 mm

Oberboden ist nach DIN 18320 unabhängig von seinem Zustand vor dem Lösen ein eigener Homogenbereich.

Bei den zuvor genannten Parametern für die Beschreibung der Homogenbereiche handelt es sich nicht um Kennwerte, die für erdstatische Berechnungen verwendet werden dürfen, sie dienen lediglich der Beschreibung der Bandbreiten der Bodeneigenschaften.

Da die anstehenden Tal- bzw. Auenlehme und Mudden tlw. wasserempfindlich sind, können diese Böden bei nicht fachgerechter Zwischenlagerung und bei starken Niederschlägen während eines Transports oder durch mechanische Beanspruchung aufweichen, so dass diese ggf. in die Bodenklasse 2 nach DIN 18300 (2012-09) bzw. in eine breiige Konsistenz übergehen können.

Bei einer Bodenstabilisierung mit einem Mischbindemittel entsteht nach kurzer Zeit eine verfestigte Bodenschicht bzw. weist der stabilisierte Boden allgemein eine feste Konsistenz auf und ist demnach in die Bodenklasse 6 nach DIN 18300 (2012-09) einzustufen.

Die angegebenen Werte sind nur z.T. durch geotechnische Laboruntersuchungen direkt bestimmt worden. Andere Angaben beruhen auf Erfahrungen mit vergleichbaren Böden und Schätzungen, wodurch Abweichungen nicht auszuschließen sind.

13. Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen können nachfolgende Bodenkennwerte als charakteristische Bodenkennwerte nach Eurocode 7 angesetzt werden. Die Boden- bzw. Berechnungskennwerte sind auf der Grundlage der Geländeaufnahmen, den durchgeführten Laboruntersuchungen sowie allgemeinen Erfahrungen mit vergleichbaren Böden festgelegt worden.

Bodenschichten	Wichte	Wichte unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	Steifemodul
	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	ϕ_k [°]	c_k [kN/m²]	$E_{s,k}$ [MN/m²]
Tal- / Auenlehm	19,5 (18 – 21)	9,5 (8 – 11)	25 (22,5 – 27,5)	6 (4 – 10)	4 – 8
Mudde / Torf	16 (13 – 19)	6 (3 – 9)	20 (17,5 – 27,5)	2 (1 – 4)	0,8 – 2
Talsand / kies, verlehmt	19,5 (19 – 21)	9,5 (9 – 11)	30 (27,5 – 32,5)	0,5 (0 – 4)	8 – 20
Schmelzwasserkies / -sand	20 (19 – 22)	11 (10 – 13)	35 (32,5 – 37,5)	0 (0 – 1)	40 – 80

() Schwankungsbereich der Bodenkennwerte (z. B. für Grenzwertbetrachtungen)

14. Kanal- und Leitungsbau

14.1 Graben- und Grubenaushub

Im geplanten Baugebiet wurden bis zur erreichten Endtiefe der Bohrsondierungen gut baggerbare Böden aufgeschlossen. Innerhalb der Schmelzwasserkielesschicht können größere Gerölle bzw. Blöcke aufgrund der Genese auftreten.

Im Bereich benachbarter Gebäude oder anderer baulicher Anlagen sind die Aushubgrenzen der DIN 4123 zu beachten. Sofern die Aushubgrenzen nach DIN 4123 nicht eingehalten werden können, ist die Standsicherheit benachbarter Bauwerke nachzuweisen oder es sind Sicherungsmaßnahmen in Form eines entsprechend für die Belastung zugelassenen Grabenverbaus vorzusehen.

Werden Gräben und Gruben nach einer mit Bindemittel durchgeführten Bodenstabilisierung ausgehoben, muss für den Aushub die Bodenklasse 6 nach DIN 18300 (2012-09) bzw. eine feste Konsistenz berücksichtigt werden.

14.2 Böschungssicherung von Gräben und Gruben

Bei Gräben, die von Personal betreten werden und tiefer als 80 cm sind, müssen mindestens 0,60 m breite Schutzstreifen beidseitig neben Gräben angeordnet werden, die von Aushubmaterial und Gegenständen freigehalten werden müssen. Bei der Herstellung von Kanal- und Leitungsgräben sowie von Gruben für Schächte sind die Angaben der DIN 4124 zu beachten. Die erforderlichen Abstände von Fahrzeugen bzw. Baugeräten zum Graben ist der DIN 4124 zu entnehmen.

Gruben und Gräben dürfen oberhalb von Grund- bzw. Schichtwasser bis zu einer max. Tiefe von 1,25 m unter GOK ohne besondere Sicherung, wenn die zuvor angegebenen Schutzstreifen vorhanden sind, Fahrzeuge bzw. Baugeräte den erforderlichen Abstand nach DIN 4124 einhalten und das Gelände neben Gruben und Gräben nicht steiler als 1:10 ansteigt, senkrecht ausgeschachtet werden.

Freie Gruben- und Grabenböschungen dürfen nur über Schicht- und Grundwasser ausgebildet werden. Freie Gruben- und Grabenböschungen über Schicht- bzw. Grundwasser können in den oberflächlich anstehenden Tal- / Auenlehmen mit steifer Konsistenz mit einem Böschungswinkel von $\beta \leq 60^\circ$ bis zum Grundwasser angelegt werden. Reichen Graben- und Grubenböschungen oberhalb von

Schicht- bzw. Grundwasser bis in die weiche Muddeschicht bzw. die Talkiese und -sande sind Graben- und Grubenböschungen mit einem Böschungswinkel von $\leq 45^\circ$ anzulegen.

Grundwasser wurde bei der Baugrunderkundung in einer Tiefe von ca. 70 cm bis 1,4 m unter bestehender Geländeoberkante in den Bohrlöchern an hergestellten Kleinbohrungen gemessen. Das Grundwasser liegt im Baufeld in der Talkies- / -sandschicht bzw. Schmelzwasserkies- / -sandschicht tlw. in gespannter Form vor, so dass erst nach dem Durchstoßen der abdichtenden, bindigen Tal- / Auenlehmen und Mudden sowie stark verlehmteter Talkiese / -sande Grundwasser über die Sohle der Grube bzw. des Grabens zufließt. Um ein Aufbrechen der Grabensohle aufgrund der gespannten Grundwasserverhältnisse zu verhindern, sind je nach Aushubtiefe bzw. Auftriebssicherheit der Grabensohle ggf. vorlaufend Entspannungsöffnungen bzw. -brunnen herzustellen. Aufgrund der gespannten Grundwasserverhältnisse steigt das Grundwasser in der Grube bzw. im Graben nach dem Durchstoßen der bindigen Auenablagerungen an.

Kommen Leitungsgräben bzw. -gruben unterhalb von Grundwasser zu liegen müssen Gruben und Gräben mit Grabenverbaugeräten nach DIN 4124 gesichert werden und Wasserhaltungsmaßnahmen ausgeführt werden. In den aufgeschlossenen Talsande kann es unter dem Einfluss von strömendem Grund- bzw. Schichtwassers zu Fließerscheinungen bzw. zum Ausfließen der Sande kommen. Um ein Ausfließen der Sande zu vermeiden, sind filterstabile Pumpensäumpfe anzulegen. Es ist die Verwendung filterstabiler Schüttmaterialien bzw. der Einbau von geotextilen Filtervliesen vorzusehen. Alle Wasserhaltungsmaßnahmen sind ständig auf ungewollten Bodenaustrag hin zu kontrollieren, um so bei einem unbeabsichtigten Bodenaustrag infolge der Wasserhaltung kurzfristig Gegenmaßnahmen ergreifen zu können. Um die abzupumpenden Wassermengen gering zu halten, sind Gräben nur in kurzen Abschnitten auszuheben. Für die Ermittlung des Wasserandrangs sollte für die anstehenden verlehmteten Talsande / -kiese von einem Wasserdurchlässigkeitsbeiwert k_f zwischen 1×10^{-5} m/s bis 1×10^{-7} m/s und für die gering bis unverlehmteten Schmelzwasserkiese / -sande von k_f zwischen 5×10^{-3} m/s bis 5×10^{-4} m/s ausgegangen werden.

Den Gruben und Gräben zulaufendes Oberflächenwasser ist mittels Tagwassersperrern o. glw. fernzuhalten.

Das aus Gräben- und Gruben abzupumpende Wasser aus einer Wasserhaltung ist zu sammeln und über ein Absetzbecken zu leiten, bevor es einer Vorflut zugeführt werden kann. Das Wasser kann in

eine natürliche Vorflut oder in die Kanalisation abgeleitet werden. Eine Wasserhaltung muss durch das zuständige Landratsamt genehmigt werden. Die entsprechenden Einleitrichtlinien der wasserrechtlichen Erlaubnis sind hierbei zu beachten. Grundwasserverunreinigungen, die eine darüber hinausgehende Wasseraufbereitung notwendig machen, werden nicht erwartet.

14.3 Kanäle und Leitungen, Grabenverfüllung und Grabenverdichtung

Im Allgemeinen ist die Grabensohle tiefer auszuheben und ein Auflager einzubringen, das so beschaffen und hergestellt sein muss, dass es der Rohrumhüllung oder dem Rohrmaterial nicht schadet und die sonstigen Anforderungen erfüllt. Die Anforderungen der DIN EN 1610 "Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und Kanälen" sind zu beachten.

Um Schäden in den Kanälen zu vermeiden, sind weiche bindige Böden bis ca. 30 cm unter das Rohraufleger sowie stark organische Böden mit einem Organikgehalt von > 20 M.-% wie z.B. Torf oder Mudde unter dem Rohraufleger zu entfernen und durch gut tragfähigen Boden (z.B. Kies 0/32 mm) zu ersetzen. Zwischen Kiesaustauschschicht und einem anstehenden bindigen Boden wird der Einbau eines Trenn- und Filtervlieses der Georobustheitsklasse GRK 4 empfohlen. Bei einem Bodenaustausch ist ein Lastausbreitungswinkel von 45 ° zu berücksichtigen.

Innerhalb der **Kanal- und Leitungszone** (Raum zwischen Grabensohle und –wänden bis 0,15 m Höhe über Rohrscheitel) ist gering kompressibles, gut verdichtbares Material nach den Vorgaben der jeweiligen Leitungsbetreiber zu verwenden. Die Verdichtung in der Leitungszone darf nur mit leichtem Verdichtungsgerät erfolgen. Innerhalb der Leitungszone müssen Verdichtungsgrade $D_{Pr} \geq 97 \%$ erreicht werden.

Als Verfüllmaterial in der **Verfüllzone** wird der Einbau von gut verdichtungsfähigen kornabgestuften grobkörnigen Böden oder mit Bindemittel stabilisierte bindige bzw. gemischtkörnige Böden empfohlen. Die Mindestanforderungen an den Verdichtungsgrad D_{Pr} in Abhängigkeit des verwendeten Verfüllmaterials für Grabenverfüllungen unter befestigten Wegen sind der ZTV E-StB und ZTV A-StB zu entnehmen.

Sollen die anstehenden Tal- / Auenlehme und verlehmteten Talsande / -kiese zur Grabenverfüllung wiederverwendet werden, sind diese mittels Bindemittel wie z.B. mit Weißfeinkalk oder Mischbindemittel zu verbessern bzw. zu stabilisieren. Ein Mindestverdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 97 \%$ sowie ein Luftporengehalt von $n_a \leq 8 \%$ ist einzuhalten. Werden bindige Böden zu trocken eingebaut, weisen diese ein zu hohen Luftporengehalt auf und sacken bei Wasserzutritt zusammen, was zu großen Setzungen in einer Grabenverfüllung führen kann. Die tlw. anstehende Mudde bzw. der Torf kann für eine Grabenverfüllung nicht wiederverwendet werden. Die gering bis unverlehmteten Schmelzwasserkiese / -sande können für eine Grabenverfüllung verwendet werden.

Die oberen 0,5 m in einer Graben- bzw. Grubenverfüllung unter einer Straße sind bis zum Erdplanum bzw. bis zum Straßenuntergrund mit gut tragfähigem grobkörnigem Boden (z.B. Kies der Körnung 0/45 mm) oder mit Bindemittel stabilisierten Böden (Mischbindemittel $\geq 3 \%$) zu verfüllen, um die Anforderung an die Tragfähigkeit auf OK Erdplanum bzw. auf dem Straßenuntergrund von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erreichen zu können. Grobkörnige Böden sind auf mindestens $D_{Pr} = 100 \%$ und mit Bindemittel stabilisierte Böden auf mindestens $D_{Pr} = 97 \%$ bei Einhaltung eines Luftporengehaltes von $n_a \leq 8 \%$ zu verdichten.

Das Verfüllmaterial ist gleichmäßig lagenweise einzubauen und zu verdichten. Die Mächtigkeiten der Verfülllagen ist auf das verwendete Gerät und auf den Boden abzustimmen. Die verwendeten Baustoffe und Einbauverfahren dürfen zu keinen schädlichen Verformungen oder ungünstigen Lastfällen für die Leitungen führen. Das Verdichten darf in der Leitungszone und in dem Bereich bis 1,0 m über Rohrscheitel nur mit leichtem, bis 3,0 m auch mit mittelschwerem und darüber auch mit schwerem Verdichtungsgerät ausgeführt werden. Schwer zugängliche Bereiche in der Leitungszone, in denen sich der Verfüllboden nicht fachgerecht verdichten lässt, sind mit anderen geeigneten Baustoffen wie z.B. Boden-Bindemittelgemische, Beton oder Flüssigboden zu verfüllen, sofern sich dies nicht nachteilig auf die Rohrbettung, die Leitungen und den Oberbau auswirkt. Die Gruben- und Grabenverfüllungen sind über Kontrollprüfungen auf die Einhaltung der geforderten Verdichtung zu überwachen.

15. Bau von Verkehrsflächen

Die Anforderungen an den Aufbau und die Tragfähigkeit des Straßenoberbaus hängen von der nach den Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO) gewählten Belastungsklasse, Bauweise und der Frosteinwirkungszone ab. Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus ist nach Kapitel 3.2 der RStO zu bestimmen. Die geplante Gewerbegebietserschließung liegt nach Bild 6 der RStO in der Frosteinwirkungszone I.

Nach Abtrag des bestehenden Oberbodens stehen im geplanten Baugebiet anhand der hergestellten Baugrundaufschlüsse überwiegend steife Auen- / Tallehme der Frostepfindlichkeitsklasse F3 nach der ZTV E-StB an.

Für das Planum bzw. den Untergrund einer Verkehrsfläche wird nach der RStO eine Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ gefordert. Dieser Wert muss eingehalten werden, um mit dem weiteren Tragschichtaufbau nach RStO die geforderte Tragfähigkeit auf OK Frost- / Tragschicht erreichen zu können. Auf OK Frost-/Tragschicht sollte eine Mindesttragfähigkeit von $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ erreicht werden. Die verschiedenen Bauweisen können den Tafeln 1 bis 4 der RStO entnommen werden.

Die direkt unter dem Oberboden aufgeschlossenen Auen- / Tallehme mit steifer Konsistenz weisen erfahrungsgemäß eine Tragfähigkeit von ca. $E_{v2} = 15$ bis 20 MN/m^2 auf. Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf OK Planum bzw. Untergrund zu erreichen, ist ein Bodenaustausch mit gut tragfähigen grobkörnigen Böden oder eine Stabilisierung des Untergrundes mittels Bindemittel erforderlich.

Stehen unter einer Erschließungsstraße organischen Böden mit einem Organikanteil von $> 10 \text{ M.-%}$, wie in den Bohrungen BS 1/24 und BS 2/24 festgestellt an, kann dies zu lastunabhängigen Setzungen durch Zersetzungsprozesse der organischen Schichten im Straßenoberbau führen. Soll dies vermieden werden, sind die organischen Böden unter einer Straße unter Berücksichtigung eines Lastausbreitungswinkels von 45° zu entfernen. Werden die organischen Böden unter einer Straße nicht entfernt, können die Setzungen im Straßenoberbau ggf. durch den Einbau einer steifen Geogitterbewehrung versteigt bzw. vergleichmäßigt werden.

Ausgehend von einer Tragfähigkeit von ca. $E_{v2} = 15 \text{ MN/m}^2$ auf Niveau OK Straßenuntergrund ist ein Bodenaustausch mit gut tragfähigem Material (z. B. Kies 0/45 mm) von ca. 30 cm erforderlich, um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf Planumsniveau zu erhalten. Um eine wirtschaftliche und ausreichende Dimensionierung der Bodenaustauschschicht durchführen zu können, sollten auf planmäßigem Planumsniveau im Zuge der Bauausführung statische Plattendruckversuche ausgeführt werden. In Abhängigkeit von der hierbei ermittelten Ausgangstragfähigkeit kann die erforderliche Bodenaustauschmächtigkeit nachfolgender Tabelle entnommen werden.

Ausgangstragfähigkeit Planum E_{v2} [MN/m ²]	geforderte Tragfähigkeit Planum E_{v2} [MN/m ²]	Mindestmächtigkeit Bodenaustauschschicht (Kies 0/45 mm) [cm]
5	≥ 45	55
10	≥ 45	40
15	≥ 45	30
20	≥ 45	20
30	≥ 45	10*
40	≥ 45	5*

* Mindestmächtigkeit fachgerechter Einbau Kies 0/45 mm (3 x 4,5 cm) = 13,5 cm

Der Einbau der Kiestragschicht muss lagenweise ($d \leq 30 \text{ cm}$) unter Einhaltung eines Verdichtungsgrades von $D_{Pr} \geq 100 \%$ erfolgen.

Um eine Verschlechterung der Ausgangstragfähigkeit bei den oberflächlich anstehenden wasserempfindlichen Böden zu vermeiden, sollte das Planum bzw. Erdplanum nach dem Freilegen sogleich durch eine mindestens 15 bis 20 cm mächtige kornabgestufte Kiesschicht vor Witterungseinflüssen geschützt werden. Außerdem sollte ein Wassereinstau durch eine entsprechende Querneigung und Entwässerung des Erdplanums vermieden werden.

Zur Minimierung von Abtragsmassen kann alternativ zu einem Bodenaustausch zur Erhöhung der Untergrundtragfähigkeit eine Bodenstabilisierung mit Bindemittel ausgeführt werden, um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf dem Untergrund zu erreichen. Es wird darauf hingewiesen,

dass es durch Schächte oder Einbauten im Bereich des zu stabilisierenden Straßenuntergrundes zu Schwierigkeiten bzw. zu einem erhöhten Aufwand bei einer Bodenstabilisierung kommen kann.

Oberboden und noch durchwurzelter Schichten unter dem Oberboden sind vor einer Bodenstabilisierung mit Bindemittel zu entfernen.

Bei einer Bodenstabilisierung des Planums mit Bindemittel ist der Untergrund bis in eine Tiefe von mindestens 40 cm unter OK Planum zu stabilisieren. Es wird empfohlen ein Mischbindemittel mit 30 % Kalk und 70 % Zement wie z.B. DOROSOL C30 der Fa. Holcim oder Bodenbinder 300 der Fa. Schwenk für eine Bodenstabilisierung zu verwenden. Da die oberflächlich anstehenden Auenlehme Huminsäuren aufweisen, sollte bei einer Bodenstabilisierung mit Bindemittel eine Bindemittelzugabemenge von mindestens 4 M.-% vorgesehen werden. Vor einer Bodenstabilisierung mit Bindemittel muss eine Eignungsprüfung bzw. Probestabilisierung ausgeführt werden.

Bei geringem Ausgangswassergehalt muss zur Begrenzung des Luftporengehalts ($n_a \leq 8 \%$) sowie für eine ausreichende Reaktion des Bindemittels eine kontrollierte Wasserzugabe unter Fräseinsatz für eine gleichmäßige Durchfeuchtung erfolgen. Bei hohem Ausgangswassergehalt muss die Bindemittelmenge ggf. entsprechend erhöht werden.

Auf eine gute Homogenisierung des Boden-Bindemittelgemisches ist zu achten. Um die 40 cm mächtige stabilisierte Schicht fachgerecht zu verdichten, muss ein Walzenzug mit Stampffußbandage oder Polygonbandage und einem Betriebsgewicht von ≥ 14 t verwendet werden. Danach ist die Oberfläche durch eine entsprechend schwerere Glattradwalze zu schließen.

Bei Umsetzung einer qualifizierten Bodenverbesserung mit den Mindestanforderungen an die Bindemittelzugabe von ≥ 3 M.-%, Schichtdicken ≥ 25 cm (gefordert 40 cm), einem Verformungsmodul $E_{v2} \geq 70$ MN/m² und einer einaxialen Druckfestigkeit von $q_u \geq 0,5$ N/mm² auf dem Erdplanum kann der anstehende frostempfindliche Boden (Frostempfindlichkeitsklasse F3) der Frostempfindlichkeitsklasse F2 zugeordnet werden und damit der frostsichere Mindestaufbau um 10 cm reduziert werden.

Aufgrund der geringen Wasserdurchlässigkeit der oberflächennah anstehenden Auen- / Tallehme sollte das Erdplanum mit einem Quergefälle hergestellt werden und bei Gefahr eines Wassereinstaus durch Dränagen entwässert werden.

Aufgrund der neben dem geplanten Gewerbegebiet bestehenden Bebauung ist bei einer Bindemittelarbeit zum Schutz von Fahrzeugen und von Nachbarbebauungen unbedingt die Windrichtung zu beachten. Es wird empfohlen, ein staubarmes Bindemittel zu verwenden.

Die beauftragte Firma sollte entsprechende Erfahrung mit Bodenstabilisierungen bzw. -verbesserungen nachweisen können. Die einschlägigen Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen (ZTV), Merkblätter und Lieferbedingungen sind zu beachten.

Bei starken Niederschlägen sind Bodenverbesserungsmaßnahmen mit Bindemittel einzustellen. Bei geringen Niederschlägen muss das Einfräsen des Bindemittels so schnell erfolgen, dass eine Durchfeuchtung und damit eine Verklumpung des Bindemittels vermieden wird. Trotzdem entstandene Klumpen müssen beim Einfräsen ausreichend zerkleinert werden. Mischbindemittel sind aufgrund des Erstarrungsverhaltens des Zements innerhalb von 4 Stunden nach dem Einarbeiten des Bindemittels zu verdichten. Eine Bodenstabilisierung darf nur bei Temperaturen $\geq 5^{\circ}\text{C}$ ausgeführt werden. Die Temperaturen in dem eingebauten Boden-Bindemittelgemisch dürfen in den ersten 3 Tagen nicht unter 5°C absinken. Gegebenenfalls ist das Planum vor Frosteinwirkung zu schützen. Bei Frosteinwirkung muss die Planumsentwässerung so wirksam sein, dass ein Gefrieren der Bodenverbesserung im wassergesättigten Zustand vermieden wird. Gefrorener Boden kann nicht für eine Bodenverbesserung verwendet werden.

Die Einbauweisen und Einbaubedingungen nach der ZTV E-StB sind einzuhalten. Die nach ZTV E-StB und ZTV SoB-StB bzw. RStO geforderte Verdichtung und Tragfähigkeit auf OK Planum und OK ungebundener Frost-/Tragschicht ist mittels statischer Plattendruckversuche ggf. in Verbindung mit dynamischen Plattendruckversuchen nachzuweisen. Von einer ausreichenden Verdichtung eines mit Bindemittel stabilisierten Planums kann erfahrungsgemäß bei einer Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ und einem Verhältniswert von $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,0$ in Verbindung mit einem Luftporengehalt von $n_a \leq 8 \%$ ausgegangen werden.

16. Regenwasserversickerung

Das geplante Gewerbegebiet „Neufrach-Ost V“ liegt nach den aktuellen Wasserschutzgebietskarten der LUBW außerhalb von Wasser- und Quellenschutzgebieten. Diesbezüglich würden somit keine Einschränkungen bei einer Regenwasserversickerung bestehen. In einem Gewerbegebiet Bedarf eine Regenwasserversickerung üblicherweise eine wasserrechtliche Genehmigung.

Bei der Herstellung von Versickerungsbecken sollte nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von $k_f \geq 5 \times 10^{-6}$ m/s vorhanden sein. Bis zu einer Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes von $k_f = 1 \times 10^{-6}$ m/s kann eine Mulden-Rigolen-Versickerung hergestellt werden. Bei der Durchlässigkeit des Untergrundes von $k_f < 1 \times 10^{-6}$ m/s kann die geringe Versickerungsrate nicht mehr vollständig durch eine Zwischenspeicherung der Abflüsse in den Rigolen ausgeglichen werden, so dass zusätzlich eine Ableitung erforderlich ist. Hierbei erfolgt die Entleerung der Rigole zum einen durch die geringe Versickerung (Teilversickerung) in den Untergrund und zum anderen durch die gedrosselte Ableitung in ein Rohrsystem oder in einen offenen Graben.

Im Bohrloch der Bohrsondierung BS 6/24 wurde ein Versickerungsversuch in der Talsandschicht und Schmelzwasserkielesschicht ausgeführt. Hierbei wurde ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 1,9 \times 10^{-6}$ m/s ermittelt.

Die Versickerung muss über eine belebte Bodenzone mit einer Mindestmächtigkeit von 30 cm erfolgen. Die Mächtigkeit des Sickerraumes sollte, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand (= HQ₁₀ der Degenhauser Ach = 431,30 m ü. NN) mindestens 1,0 m betragen, um eine ausreichende Sickerstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten. Gebäude neben einer Versickerungsanlage sollten eine wasserdruckhaltende Abdichtung besitzen. Die Ausbildung von Dränanlagen nach DIN 4095 neben Gebäuden sind im Nahbereich einer Versickerungsanlage nicht möglich.

Aufgrund des festgestellten hohen Grundwasserstandes bzw. gespannten Grundwasserverhältnissen und des hohen mittleren höchsten Grundwasserstandes sollte die Regenwasserbeseitigung über ein Retentionsbecken mit gedrosselter Ableitung in die Degenhauser Ach erfolgen.

17. Allgemeine Angaben zur Wohnbebauung im Baugebiet

17.1 Baugruben und Böschungen

Baugruben für die gewerbliche Bebauung können über dem GW-Spiegel bei den oberflächlich anstehenden steifen Auen- / Tallehmen mit einem Böschungswinkel von $\beta \leq 60^\circ$ angelegt werden. Reichen Baugruben über Grundwasser in die weichen Mudden und Torfe bzw. in die Talkiese / -sande sind Baugrubenböschungen mit einem Böschungswinkel von $\beta \leq 45^\circ$ anzulegen.

Sollen freie Böschungen unter dem Grundwasserspiegel angelegt werden ist vorab eine Grundwasserabsenkung bis ca. 0,5 m unter Baugrubensohle mittels außerhalb der Baugrube liegenden Brunnen erforderlich. Nach einer Grundwasserabsenkung über außerhalb der Baugrube liegenden Brunnen können freie Böschungen mit einem Böschungswinkel von $\beta \leq 45^\circ$ bis in eine Tiefe von 5,0 m unter GOK angelegt werden. Eine Grundwasserabsenkung muss durch das zuständige Landratsamt genehmigt werden. Die Angaben der DIN 4124 zur Herstellung von Baugrubenböschungen sind zu beachten.

Das Grundwasser liegt im Baufeld tlw. gespannt vor, so dass erst nach dem Durchstoßen der abdichtenden, bindigen Auenablagerungen bzw. der stark verlehmteten Talsande / -kiese Grundwasser über die Sohle der Baugrube zufließt. Um ein Aufbrechen der Grabensohle aufgrund der gespannten Grundwasserverhältnisse zu verhindern, sind je nach Aushubtiefe bzw. Auftriebssicherheit der Grabensohle ggf. vorlaufend Entspannungsöffnungen bzw. -brunnen herzustellen. Aufgrund der gespannten Grundwasserverhältnisse steigt das Grundwasser in der Baugrube nach dem Durchstoßen der bindigen Auenablagerungen an.

Auf Baugrubenböschungen ist loser oder aufgelockerter Boden abzuräumen. Bis mindestens 2 m hinter die Böschungskrone ist diese lastfrei zu halten. Bei hohen Lasten hinter der Böschung (Kran, BE-Fläche usw.) oder bei freien Böschungshöhen von größer 5 m, muss die Standsicherheit der Baugrube über einen rechnerischen Nachweis nach DIN 4084 erbracht werden.

Zum Schutz vor Witterungseinflüssen sind die Baugrubenböschungen mit einer überlappenden und windsicher fixierten Folie abzuhängen. Am Kopf der Böschungen sollte zusätzlich eine Tagwassersperre angeordnet werden.

Bei Böschungshöhen über 5 m, bei steileren Böschungswinkeln als zuvor angegeben, bei Nichteinhaltung der Aushubgrenzen nach DIN 4123 neben bestehenden Bauwerken und Leitungen, Störungen des Bodengefüges durch z.B. Aufgrabungen in einem Abstand von $\leq 2,0$ m hinter der Böschungskrone, Schichtwasseraustritten aus der Böschung, bei Stapellasten von mehr als 10 kN/m^2 neben einem Schutzstreifen von 0,6 m hinter der Böschungskrone, bei geringeren Abständen von Fahrzeugen entlang der Böschungskrone als in der DIN 4124 angegeben oder wenn das Gelände neben der Böschungskante steiler als 1:10 ansteigt, sind die zulässigen Böschungswinkel durch Standsicherheitsberechnungen nach DIN 4084 nachzuweisen.

17.2 Bauwerksgründungen

Für die Gründung von Gebäuden über Einzel- und Streifenfundamente sind im Allgemeinen mindestens steife nicht organische bindige bzw. gemischtkörnige Böden sowie grobkörnige Böden geeignet. Stehen weiche, nicht organische, bindige bzw. gemischtkörnige Böden unter der geplanten Gebäudegründung an, kann das Gebäude ggf. je nach Schichtmächtigkeit über eine Gründungsplatte gegründet werden. Eine Gründungsplatte führt erfahrungsgemäß zu einer besseren Lastverteilung und somit zur Verminderung bauwerksschädlicher Setzungsdifferenzen.

Stehen weiche Mudden bzw. Torfe, wie in den Bohrungen BS 1/24 und BS 2/24 aufgeschlossen an, muss die Gründungsohle von Einzel- und Streifenfundamente mittels Magerbeton oder ggf. durch einzelne Betonplomben (Brunnengründung) je nach Bauwerkslast bis auf die Talsande bzw. Talkiese oder bis auf die Schmelzwasserkiese bzw. -sande geführt werden. Unter einer Gründungsplatte ist der Oberboden sowie organische Böden mit einem Organikanteil von $> 10 \text{ M.-%}$ zu entfernen, um bauwerksschädliche Differenzsetzungen zu vermeiden.

Eine frostsichere Einbindung von außenliegenden Einzel- und Streifenfundamenten bzw. Frostschrägen bei Gründungsplatten von mindestens 1,0 m unter GOK ist vorzusehen.

Es wird darauf hingewiesen, dass für jedes einzelne Bauvorhaben im Hinblick auf die spezifischen lokalen Verhältnisse eine gesonderte Baugrunduntersuchung auszuführen ist. Sämtliche Angaben zur Gründung sind auf die konkreten Planungen und Gebäudeabmessungen und -art abzustimmen und sind insbesondere hinsichtlich der Verträglichkeit der Setzungen usw. zu prüfen. Mischgründungen in unterschiedlichen Schichten sind zu vermeiden.

Für eine Vordimensionierung einer Gründung mittels **Einzel- und Streifenfundamenten** auf den mindestens steifen Tal- bzw. Auenlehmen oder verlehmtten Talsanden / Kiesen ohne organische Schichten im Untergrund wird, unter Berücksichtigung einer Fundamenteinbindung von mindestens 0,8 m unter GOK bzw. Bodenplatte, für Streifenfundamente mit einer Fundamentbreite von b bzw. $b' = 0,5$ m bis 1,0 m der Bemessungswert des Sohlwiderstandes mit $\sigma_{R,d} = 150$ kN/m² und für ein quadratisches Einzelfundament mit b bzw. $b' = 0,8$ m bis 1,5 m mit $\sigma_{R,d} = 200$ kN/m² und für eine Gründung mittels **Einzel- und Streifenfundamenten** auf den gering bis unverlehmtten Schmelzwasserkiesen unter Berücksichtigung einer Fundamenteinbindung von mindestens 0,8 m unter GOK bzw. Bodenplatte, für Streifenfundamente mit einer Fundamentbreite von b bzw. $b' = 0,5$ m bis 1,0 m der Bemessungswert des Sohlwiderstandes mit $\sigma_{R,d} = 300$ kN/m² und für ein quadratisches Einzelfundament mit b bzw. $b' = 0,8$ m bis 1,5 m mit $\sigma_{R,d} = 350$ kN/m² angegeben.

Bei voller Ausnutzung des zuvor angegebenen Bemessungswert des Sohlwiderstandes sind Setzungen von ca. $s = 1$ cm bis 3 cm zu erwarten.

Erfahrungsgemäß können durch bauwerksspezifische Baugrunderkundungen höhere Bemessungsohlwiderstände für Einzel- und Streifenfundamente vorgegeben werden.

Die Bemessung einer elastisch gebetteten Gründungsplatte erfolgt mit dem Bettungsmodul- oder Steifemodulverfahren.

Nach dem DIN - Fachbericht 130 "Wechselwirkung Baugrund / Bauwerk bei Flachgründungen" erfolgt der Berechnungsablauf zur Bestimmung von Bettungsmoduli prinzipiell wie folgt:

1. Festlegung eines Startwertes für den Bettungsmodul durch den Baugrundgutachter
2. Berechnung von Vertikalverschiebungen und Sohlrücken mit dem Bettungszifferverfahren durch den Tragwerksplaner
3. Setzungsberechnung nach DIN 4019 ($E_I = 0$) mit der aus (2.) gewonnenen Sohlruckverteilung durch den Baugrundgutachter
4. Vergleich der Vertikalverschiebungen aus (2.) mit den Setzungen aus (3.) durch den Tragwerksplaner

5. Neuberechnung der Bettungsmoduln aus den Quotienten Sohldruck (2.) und Setzung aus (3.) durch den Baugrundgutachter

Sofern in (4.) ausreichende Übereinstimmung zwischen den Vertikalverschiebungen aus (2.) und den Setzungen aus (3.) festgestellt wurde, kann die Iteration abgebrochen werden. Ist dies nicht der Fall, so erfolgt eine Neuberechnung ab (2.).

Nach einer ausreichenden Übereinstimmung der Vertikalverformung kann von einem näherungsweise korrekten Ansatz des Baugrundmodells in der statischen Berechnung ausgegangen werden. Die ermittelten Verformungen bzw. Differenzverformungen sind vom Tragwerksplaner hinsichtlich der Bauwerks- bzw. Tragwerksverträglichkeit zu überprüfen und müssen ggf. durch zusätzliche Maßnahmen wie z.B. durch die Ausbildung einer dickeren Platte, durch einen Bodenaustausch oder durch eine Bodenverbesserung unter der Gründungsplatte reduziert werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass der Bettungsmodul keine Bodenkonstante bzw. ein Verformungsparameter ist. Die Größe als auch die Verteilung des Bettungsmoduls werden neben der nichtlinearen Bodensteifigkeit von der Größe der Belastungsfläche, Höhe der Gesamtlast, Verteilung der Lasten sowie der Biegesteifigkeit der Platte einschließlich der aussteifenden Wände signifikant beeinflusst.

Wird die Bodenplatte von Hallenbauwerken mit Fahrzeugen (Gabelstapler, LKW etc.) befahren, kann die Radlast je nach Nutzlast bzw. Gesamtgewicht entsprechend der Schriftenreihe der Bauberatung Zement "Betonböden im Industriebau" wie nachfolgend angegeben abgeschätzt werden:

Fahrzeug	Gesamtgewicht [t]	Nutzlast [t]	Achslast P [kN]	Radlast Q_k [kN]
Gabelstapler	3,5	1,0	30	15
	7	2,5	65	32,5
	13	5,0	120	60
	35	15,0	300	150
LKW	6		40	20
	12		80	40
	30		100	50

Zwischenwerte können interpoliert werden

Die für die Dimensionierung des Bodenplattenunterbaus anzusetzende maximale Rad- und Einzellast ist zu ermitteln. Die Anforderung und Bemessung der Tragschicht unter der Bodenplatte kann in Anlehnung an die Schriftenreihe der Bauberatung Zement "Betonböden im Industriebau" in Abhängigkeit der max. Bemessungsrads- bzw. Bemessungseinzellast erfolgen. Danach gilt:

Belastung max. Rad- bzw. Einzellast	Erforderlicher Verformungsmodul E_{v2} in MN/m ²	
	des Untergrundes	der Tragschicht
Q_d in kN		
≤ 40	≥ 40	≥ 80
≤ 80	≥ 50	≥ 100
≤ 100	≥ 60	≥ 120
≤ 140	≥ 80	≥ 150

(Zwischenwerte können interpoliert werden)

$$Q_d = 1,6 \times Q_k$$

Eine Betonplatte wird bei gleicher Belastung umso mehr auf Biegung beansprucht, je nachgiebiger die Unterkonstruktion ist. Es wird angenommen, dass die Bodenplatte elastisch gebettet ist. Die Steifigkeit dieser Bettung wird durch den Bettungsmodul k_s rechnerisch erfasst. Unter der Voraussetzung einer ausreichenden Tragfähigkeit der Unterkonstruktion in Abhängigkeit der Beanspruchung kann für Einzellasten (ständige Stützenlasten) bis 100 kN und einer Kontaktpressung von $\sigma \leq 1,0$ N/mm² der Bettungsmodul anhand folgender Gleichung nach Lohmeyer abgeschätzt werden:

$$k_s = E_T / (0,83 \times h \times \sqrt[3]{(E_{cm} / E_T)})$$

h = Dicke der Betonplatte

E_{cm} = Elastizitätsmodul des Betons

E_T = Elastizitätsmodul der Tragschicht $\approx E_{v2}$ -Wert OK Tragschicht

Kleinere Bettungsmodule und somit größere Beanspruchungen der Betonbodenplatte entstehen beim Einbau weicher Wärmedämmschichten unter der Betonbodenplatte bzw. bei hohen ständigen Flächen- und Einzellasten (wie z.B. bei einem Hochregallager) auf der Bodenplatte.

Bei einer auf dem Untergrund frei aufliegenden Betonplatte sollten bei Industriebauten zwischen Konstruktionsteilen der Halle und der Betonplatte Raumfugen (Bewegungsfugen) ausgebildet werden. Die Bodenplatte sollte nicht direkt auf den Fundamenten aufliegen. Die Tragschicht sollte deshalb in voller Dicke über die Fundamente geführt werden. Die Bodenplatte sollte planmäßig auf einer 30 cm mächtigen Schotter- oder Kiestragschicht (z.B. Schotter oder Kies 0/45 mm) gegründet werden.

Um die in Abhängigkeit von der Belastung der Betonplatte (Rad- und Einzellast), geforderte Ausgangstragfähigkeit auf dem Untergrund (Erdplanum) erreichen zu können, ist ggf. ein Bodenaustausch mit gut tragfähigem grobkörnigem Boden oder eine Stabilisierung des Untergrundes mittels Bindemittel erforderlich.

Wird der Untergrund nicht mit Bindemittel stabilisiert, ist nachfolgender Bodenaustausch bzw. Bodenauftrag mit gut tragfähigem Kies 0/45 mm je nach Ausgangstragfähigkeit des Untergrundes erforderlich, um die je nach Belastung geforderte Tragfähigkeit des Erdplanums unter der Bodenplatte zu erhalten. Die Verdichtung des Kiesauftrages sollte hierbei $D_{Pr} \geq 100\%$ ($= E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$ statischer Plattendruckversuch) betragen.

Ausgangstragfähigkeit Untergrund E_{v2} [MN/m ²]	geforderte Tragfähigkeit Untergrund E_{v2} [MN/m ²]	Mindestmächtigkeit Bodenauf- trags- bzw. Bodenaustausch- schicht (Kies 0/45 mm) [cm]
5	≥ 40	50
10	≥ 40	40
15	≥ 40	30
20	≥ 40	20
30	≥ 40	10
5	≥ 50	60
10	≥ 50	45
20	≥ 50	25
30	≥ 50	15
40	≥ 50	5

Ausgangstragfähigkeit Untergrund E_{v2} [MN/m ²]	geforderte Tragfähigkeit Untergrund E_{v2} [MN/m ²]	Mindestmächtigkeit Bodenauf- trags- bzw. Bodenaustausch- schicht (Kies 0/45 mm) [cm]
5	≥ 60	65
10	≥ 60	50
20	≥ 60	30
30	≥ 60	20
40	≥ 60	10
50	≥ 60	5
5	≥ 80	75
10	≥ 80	60
20	≥ 80	45
30	≥ 80	30
40	≥ 80	20
50	≥ 80	15
60	≥ 80	10
70	≥ 80	5

Um die geforderte Tragfähigkeit in Abhängigkeit von der Belastung auf OK Tragschicht von $E_{v2} \geq 80$, $E_{v2} \geq 100$, $E_{v2} \geq 120$ oder $E_{v2} \geq 150$ zu erreichen, ist auf der erforderlichen Bodenauftragsschicht bzw. Bodenaustauschschicht eine mindestens 30 cm mächtige Kiestragschicht mit Kies 0/45 mm einzubauen. Die Verdichtung muss $D_{Pr} \geq 100$ % betragen.

Stehen organische Böden mit einem Organikanteil von > 20 M.-% wie z.B. Torfe oder stark organische Mudden unter der Bodenplatte eines Hallenbauwerks an, sollten diese unter der Bodenplatte entfernt werden, um Setzungen bzw. Schäden in der Bodenplatte zu vermeiden.

Da die oberflächlich anstehenden Auen- / Tallehme Huminsäure enthalten, sollte vor einer Bodenstabilisierung mit Bindemittel eine Eignungsprüfung ausgeführt bzw. ein Testfeld angelegt werden, um zu prüfen, ob die erforderliche Tragfähigkeit auf dem Planum erreicht werden kann.

17.3 Abdichtung von erdberührten Bauteilen

Eine Abdichtung von erdberührten Bauteilen nach DIN 18533-1 ist auf der dem Wasser zugewandten Bauteilseite anzuordnen. Bodenplatten aus Beton dürfen bei nicht drückendem Wasser auch oberseitig abgedichtet werden.

Auf der Grundlage der hergestellten Baugrundaufschlüsse stehen im geplanten Gewerbegebiet wenig wasserdurchlässige Böden mit einem Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von $k_f \leq 1 \times 10^{-4}$ m/s an. Grundwasser wurde bei der Baugrunderkundung in einer Tiefe von ca. 0,7 m bis 1,4 m unter GOK angetroffen. Grund- oder Schichtwasser darf nicht dauerhaft gedrängt bzw. abgesenkt werden. Eine Dränanlage darf erst oberhalb von Grundwasser bzw. des Bemessungswasserspiegels eingebaut werden. Als Bemessungswasserstand wurde der Ansatz des HQ_{EXTREM} der Deggenhauser Aach auf Höhe des geplanten Gewerbegebietes mit einer Höhe von 471,30 m ü. NN empfohlen.

Erdberührte Wände und Bodenplatten oberhalb des Bemessungswasserspiegels sind bei den anstehenden gering wasserdurchlässigen Böden ($k \leq 1 \times 10^{-4}$ m/s) nach DIN 18533-1 mit Dränung nach DIN 4095 gegen Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wassers nach der Wassereinwirkungsklasse W1-E abzudichten. Eine fachgerechte Dränung nach DIN 4095 erfordert filterfeste Dränschichten, Spül- und Kontrollvorrichtungen und eine rückstausichere Ableitung des anfallenden Wassers in eine zuverlässige Vorflut. Die Vorgaben der DIN 4095 bezüglich der Ausbildung von Dränageeinrichtungen sind zu beachten.

Wird keine Dränung nach DIN 4095 hergestellt bzw. liegen Bodenplatten und Wände unter dem Bemessungswasserspiegel, wirkt aufstauendes Wasser auf die Abdichtung als drückendes Wasser. Erdberührte Wände und Bodenplatten mit drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe sind nach DIN 18533-1 nach der Wassereinwirkungsklasse W2.1-E und bei einer Eintauchtiefe von > 3 m nach der Wassereinwirkungsklasse W2.2-E abzudichten. Bei wenig wasserdurchlässigen Böden ist die Abdichtungsschicht im Endzustand wegen der Gefahr einer Stauwasserbildung bis mindestens 15 cm über GOK zu führen.

Alternativ zu einer Abdichtung bei der Wassereinwirkungsklasse W2-E nach DIN 18533-1 kann auch eine Abdichtung nach der WU-Richtlinie erfolgen. Hierbei ist bei höherwertig genutzten Räumen die Wasserdampfdiffusion durch den WU-Beton sowie ggf. nur zeitweise aufstauendes Wasser zu beachten.

Bei einer Raumnutzungsklasse RN1-E (geringe Anforderung) kann die Abdichtung entfallen, wenn durch eine kapillARBrechende Schüttung (mit $k > 1 \times 10^{-4}$ m/s) wie z.B. Schotter oder Kies 8/16 mm mit einer Dicke von mindestens 15 cm unter der Bodenplatte der Wassertransport durch die Bodenplatte vermindert wird. Bodenplatten und Wände müssen über dem Bemessungsgrundwasserspiegel liegen. Sicker- und Oberflächenwasser ist bei oberflächlich anstehenden gering wasserdurchlässigen Böden durch eine funktionsfähige Dränage von der kapillARBrechenden Schicht fernzuhalten. Bei befahrenen Bodenplatten aus Beton, bei denen der Eintrag von Schleppwasser von außen möglich ist, können Abdichtungen oder kapillARBrechende Schüttungen entfallen. Der Schutz des Bauteils gegenüber der Einwirkung von Chloriden ist hierbei zu beachten.

Für Abdichtungen gegen nicht drückendes Wasser von erdüberschütteten Decken sowie gegen Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel und Kapillarwasser in und unter erdberührten Wänden wird auf die DIN 18533-1 verwiesen.

Bei der Auswahl der Abdichtungsbauart ist vom Planer zusätzlich die Rissklasse, Rissüberbrückungsklasse, Raumnutzungsklasse und Zuverlässigkeitsanforderungen nach DIN 18355-1 zu berücksichtigen.

17.4 Arbeitsraumverfüllung / Geländeaufschüttungen

Für die Verfüllung von Arbeitsräumen sowie für Geländeprofilierungen, die nicht zur Lastabtragung von Bauwerkslasten herangezogen werden, können die anstehenden Tal- / Auenlehme und verlehmtens Talsande / -kiese mit mindestens steifer Konsistenz und fachgerechter Verdichtung sowie fachgerechter Lagerung bis zum Wiedereinbau wiederverwendet werden, sofern Nachsetzungen von ca. 1 bis 2 % der Auffüllhöhe toleriert werden können. Werden die bindigen bzw. gemischtkörnigen Böden zu trocken eingebaut, weisen diese einen zu hohen Luftporengehalt auf und sacken bei Wasserzutritt zusammen, was zu großen Setzungen der Arbeitsraumverfüllung führen kann. Sollen die anstehenden bindigen und gemischtkörnigen Böden im Arbeitsraum wieder eingebaut werden, muss der Luftporengehalt des eingebauten Bodens $n_a \leq 8$ % betragen. Die bereichsweise aufgeschlossenen Mudden bzw. Torfe sind für einen Wiedereinbau im Arbeitsraum nicht geeignet.

Sollen Nachsetzungen über der Arbeitsraumverfüllung (Bauwerke, Zugänge, Stellplätze, Verkehrsflächen, Terrassen etc.) verringert werden, sind gut verdichtbare grobkörnige Böden oder mit Bindemittel stabilisierte bindige bzw. gemischtkörnige Böden zu verwenden. Hierfür können auch die anstehenden

henden gering verlehnten Schmelzwasserkiese verwendet werden. Grobkörnige Böden sind auf mindestens $D_{Pr} = 100 \%$ und mit Bindemittel stabilisierte feinkörnige bzw. gemischtkörnige Böden auf mindestens $D_{Pr} = 97 \%$ unter Einhaltung eines Luftporengehalts von $n_a \leq 8\%$ zu verdichten. Um Tagwassereintritte in den Arbeitsraum zu verringern, sollten die außerhalb des Bauwerks und außerhalb von befestigten Flächen liegenden Arbeitsraumverfüllungen auf den obersten 0,5 m mit gering durchlässigem bindigem Boden verfüllt werden.

Geländeanschüttungen über das vorhandene Geländeniveau im Einflussbereich einer Bauwerksgründung können zu zusätzlichen Setzungen bzw. bauwerksschädlichen Differenzsetzungen führen. Geländeanschüttungen über das bestehende Geländeniveau können bei im Untergrund anstehenden stark kompressiblen organischen Böden zu sehr langanhaltenden Setzungen führen. Sind Geländeaufschüttungen im Bereich von Gebäuden vorgesehen, sind diese frühzeitig aufzubringen, damit ein Großteil der Setzungen bereits vor Erstellung von Bauwerken abgeklungen ist. Werden Geländeaufschüttungen nach Herstellung des Gebäudes aufgebracht, sind die hieraus entstehenden Mitnahmesetzungen am Gebäude, bei der Beurteilung der Gebäudesetzungen zu berücksichtigen.

17.5 Geothermische Energienutzung

Das Baufeld des geplanten Gewerbegebiets „Neufrach-Ost V“ liegt nach den Wasserschutzgebietskarten der LUBW außerhalb von Wasser- und Quellenschutzgebieten. Diesbezüglich bestehen keine genehmigungsrechtlichen Einschränkungen für eine geothermische Energienutzung. Eine flurstücksgenaue Überprüfung dieses Sachverhaltes durch die zuständige Untere Wasserbehörde ist stets erforderlich.

Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden:

Es liegt eine Beschränkung der Bohrtiefe auf 192 m im geplanten Baugebiet aufgrund genutzter bzw. nutzbarer Grundwasservorkommen vor.

Es muss mit keinen geotechnischen Schwierigkeiten beim Bohren oder Ausbau durch Karsthohlräume, größere Spalten, durch sulfathaltiges Gestein (Anhydrit) oder durch zementangreifendes Grundwasser gerechnet werden. Gasaustritte (Erdgas) während der Bohr- und Ausrüstungsarbeiten sowie artesisch gespanntes Grundwasser sind möglich.

Als Anhaltswert kann für eine Erdwärmesonde ohne Beeinflussung von anderen Erdwärmesonden für eine Sondentiefe von 100 m nachfolgende Wärmeentzugsleistung in Abhängigkeit der Betriebszeit pro Jahr angegeben werden.

2400 Std./a = 4550 W

1800 Std./a = 5450 W

Bei der Erfordernis mehrerer Erdwärmesonden ist eine Bemessung der Erdwärmesonden unter Berücksichtigung der gegenseitigen Beeinflussung zwingend notwendig.

Nutzung von Erdwärme mit Grundwasserwärmepumpen:

Das geplante Gewerbegebiet liegt im Bereich eines Kiesgrundwasserleiters. Je nach Wärmbedarf und Aquifermächtigkeit ist eine Nutzung von Erdwärme mit einer Grundwasserwärmepumpe im Bau-feld möglich. Hierbei wird das Grundwasser aus einem oder mehreren Entnahmekbrunnen je nach Bedarf gefördert und nach dem Wärmeentzug über einen oder mehrere Schluckbrunnen in das Grundwasser wieder eingeleitet.

Zur Überprüfung der Ergiebigkeit bzw. zur Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes sind Brunnen herzustellen und Pumpversuche auszuführen. Das Grundwasser ist auf spezifische Parameter hin zu untersuchen, um die Eignung des Grundwassers für die Nutzung in einer Grundwasser-wärmepumpe prüfen zu können. Mögliche Schwankungen des Wasserspiegels bzw. mögliche Nied-rigstände des Grundwasserspiegels sollten bei der Bemessung einer geothermischen GW-Nutzung betrachtet bzw. beurteilt werden. Im Zuge einer Planung einer Anlage für eine geothermische Nut-zung des Grundwassers sind Reichweiten der Entnahme bzw. Versickerung mögliche Aufstauhöhen sowie deren Auswirkungen zu betrachten. Außerdem ist eine Temperaturfeldberechnung durchzufüh-ren, um die nachteilige Beeinträchtigung bestehender geothermischer Nutzungen ausschließen zu können. Diese Planungsschritte sind Voraussetzung für die Genehmigung einer geothermischen Grundwassernutzung. Nach Herstellung der erforderlichen Entnahme- und Schluckbrunnen sind die angenommenen hydraulischen und thermischen Parameter durch einen kombinierten Pump-Schluckversuch in den hergestellten Entnahme- und Schluckbrunnen zu bestätigen.

17.6 Erdbebensicherheit

Gemäß DIN 4149: 2005-04 - Bauten in deutschen Erdbebengebieten- sowie der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg ergibt sich für das geplante Baugebiet folgende Zuordnung:

Erdbebenzone	2	Intensitätsintervalle $7,0 \leq I < 7,5$ Bemessungswert der Bodenbeschleunigung $a_g = 0,6 \text{ m/s}^2$
Untergrundklasse	S	Gebiete tiefer Beckenstrukturen mit mächtiger Sedimentfüllung
Baugrundklasse	C	Grobkörnige, gemischtkörnige und feinkörnige Lockergesteine

17.7 Schutz vor Gefahren durch Radon

Radon 222 ist ein radioaktives Edelgas, das im Boden in Abhängigkeit von der Geologie und Luftdurchlässigkeit in unterschiedlicher Konzentration auftritt. Da Radon 222 in Deutschland die zweithäufigste Ursache von Lungenkrebs ist, sind Maßnahmen zum Schutz vor Radon zu ergreifen.

Nach der Radonkarte des Bundesamtes für Strahlenschutz ist für das geplante Gewerbegebiet ein Radonwert in der Bodenluft von 88 bis 95 kBq/m³ ausgewiesen, das Radonpotential ist für das geplante Gewerbegebiet mit 28,8 prognostiziert und liegt damit unter dem Wert von 50, wonach kein Radonvorsorgegebiet vorliegt.

Nach § 123 des Strahlenschutzgesetzes besteht für Neubauten die Verpflichtung Radon den Zutritt ins Gebäude erheblich zu erschweren. Diese Verpflichtung gilt gesetzlich als erfüllt, wenn außerhalb der Radonvorsorgegebiete die Maßnahmen zum Feuchteschutz nach den technischen Regeln eingehalten werden.

Für Gebäude, in denen erdberührte Räume als Aufenthalts- oder Arbeitsräume genutzt werden, wird empfohlen neben der flächigen Abdichtung gegen Feuchtigkeit sämtliche Rohr- und Leitungseinführungen druckwasserdicht und damit auch weitestgehend gasdicht auszuführen, um den Weg von Radon aus der Bodenluft in die Räume zu unterbinden.

18. Schlussbemerkungen

Die Ausführungen im Geotechnischen Bericht beruhen auf punktuell durchgeführten Baugrundaufschlüssen. Naturgemäß sind Schwankungen der Schichtgrenzen der einzelnen Böden- bzw. geologischen Schichten zwischen den Aufschlusspunkten möglich. Stark kompressible Mudden und Torfe, wie in den Aufschlüssen BS 1/24 und BS 2/24 aufgeschlossen können auch in weiteren Bereichen des geplanten Gewerbegebietes auftreten.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass dieser geotechnische Bericht zur Erschließung des Gewerbegebiets die einzelnen Bauherren nicht von der Verantwortung entbindet, den lokalen Baugrund im Bereich ihres Grundstückes untersuchen zu lassen.

Für erforderliche Wasserhaltungsmaßnahmen muss eine wasserrechtliche Erlaubnis beim zuständigen Landratsamt eingeholt werden.

Für den Erdbau (Kanal- und Straßenbau) wird empfohlen, einen geotechnischen Sachverständigen zur Beratung, Prüfung (Tragfähigkeits- und Verdichtungskontrollen) und Qualitätssicherung mit einzuschalten. Eigenüberwachungsmaßnahmen der ausführenden Firma stellen erfahrungsgemäß keine verlässliche Qualitätskontrolle für den Bauherrn dar.

Sofern Fragen zum Geotechnischen Bericht auftreten, stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.



.....
Dipl.-Ing. Christian Rauser-Härle



.....
Prof. Dipl.-Ing. Rolf Schrodi

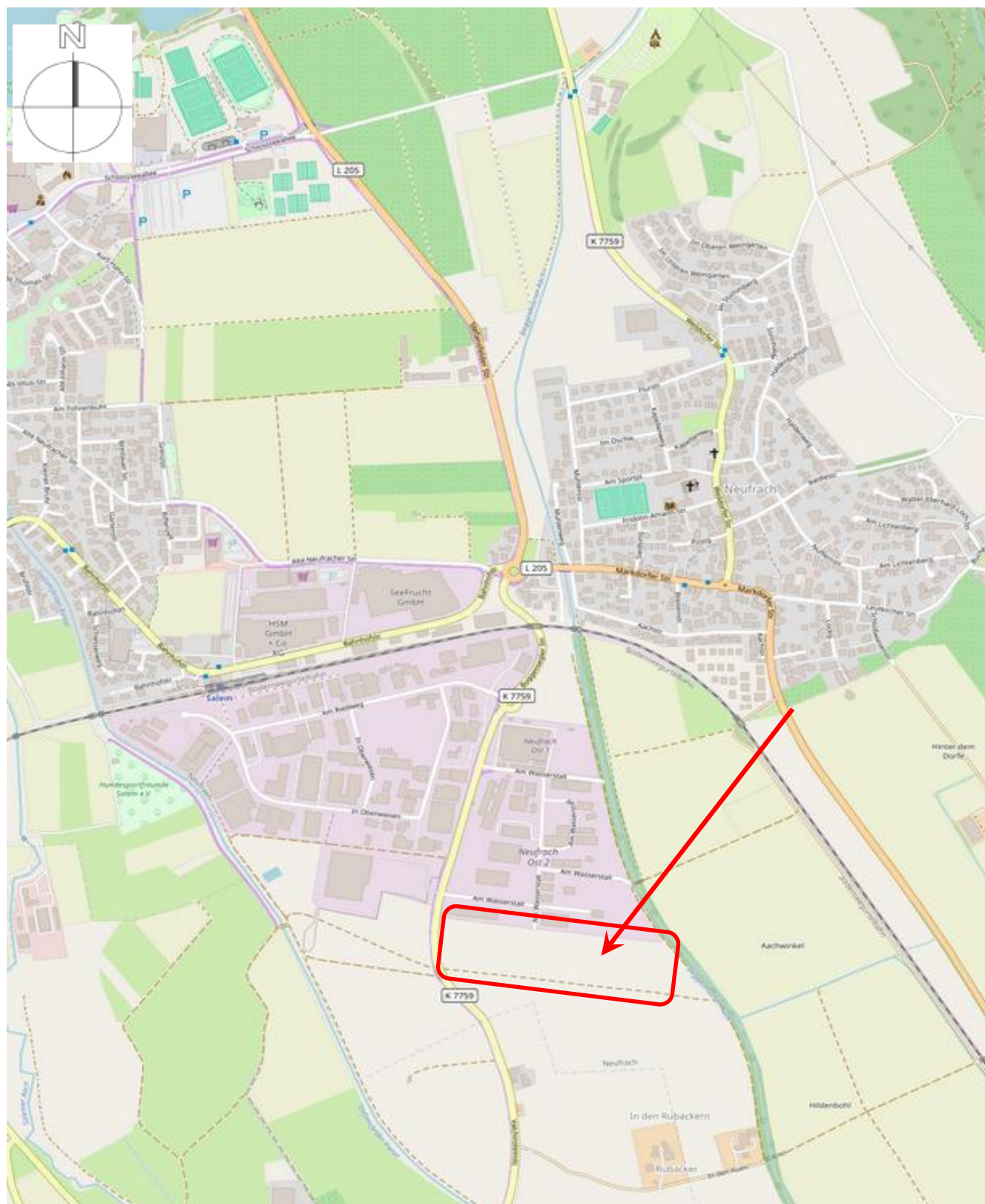


Von der Industrie- und Handelskammer
Ulm öffentlich bestellter und
vereidigter Sachverständiger für
Erd- und Grundbau; Felsböschungen
Zertifizierte Radonfachperson

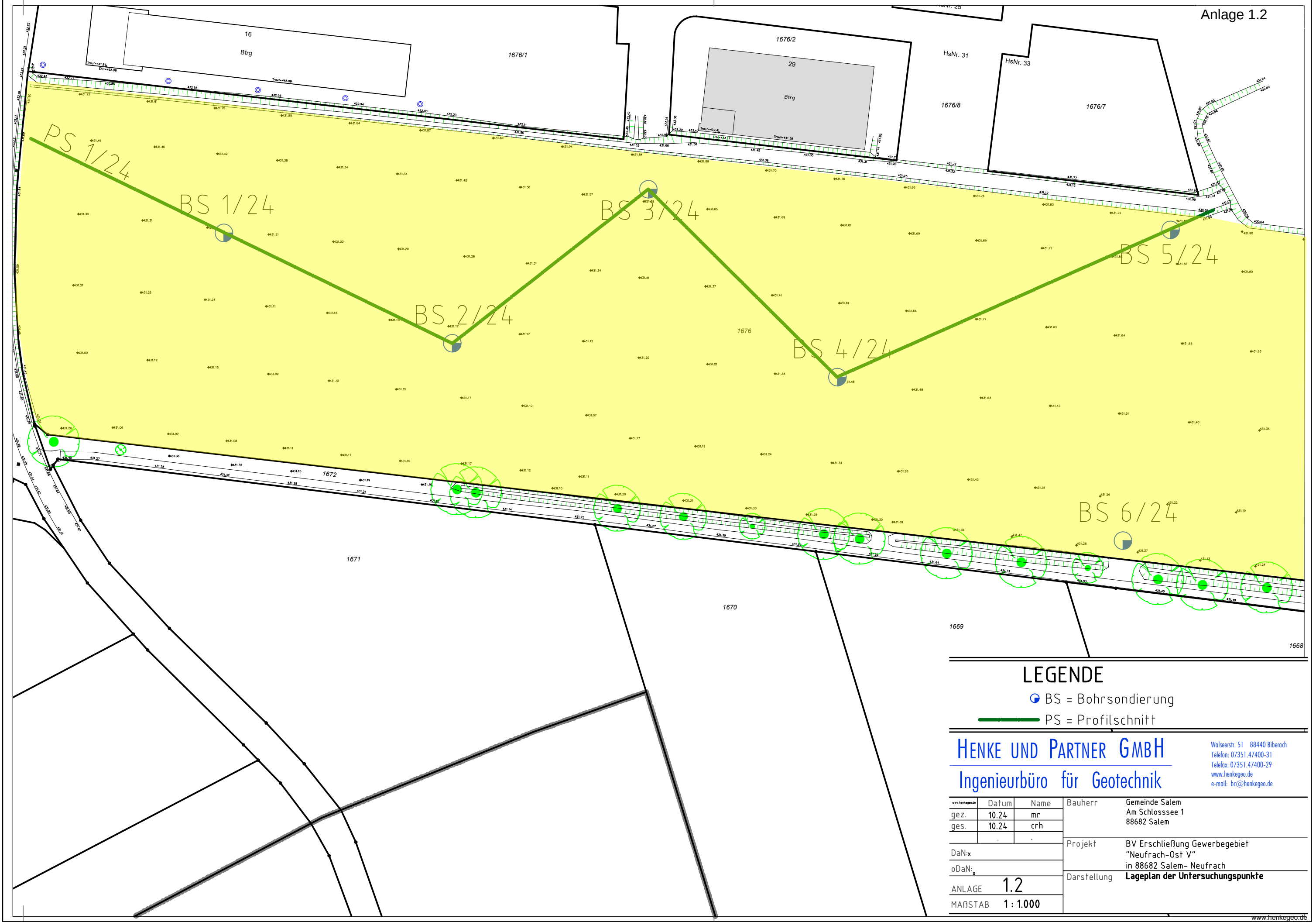
Übersichtslageplan

HENKE UND PARTNER GMBH
Ingenieurbüro für Geotechnik

Projekt: BV Erschließung Gewerbegebiet "'Neufrach-Ost V" in 88682 Salem- Neufrach



Karte: © openstreetmap



LEGENDE

- BS = Bohrsondierung
- PS = Profilschnitt

HENKE UND PARTNER GMBH
Ingenieurbüro für Geotechnik

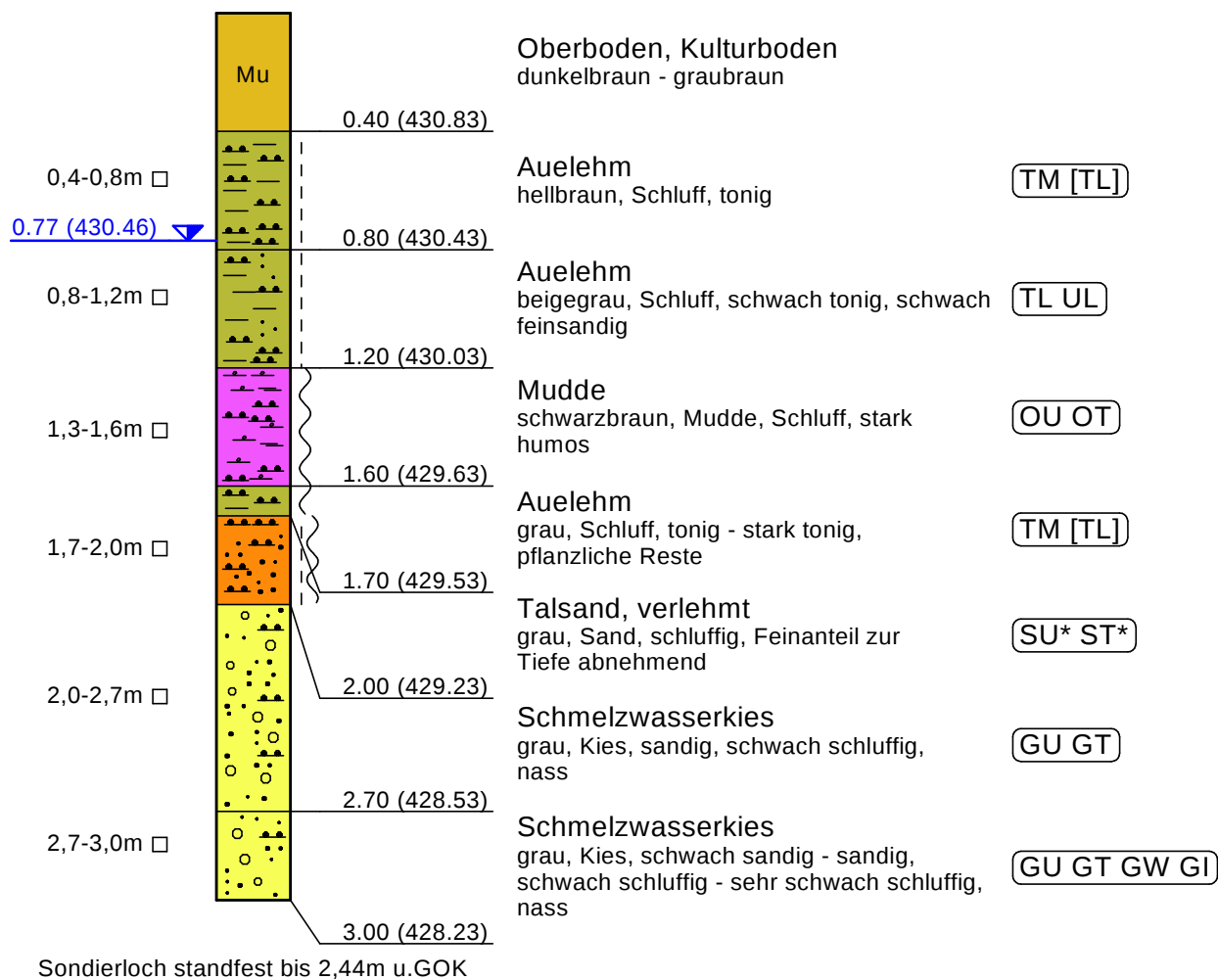
Walseestr. 51 88440 Biberach
Telefon: 07351.47400-31
Telefax: 07351.47400-29
www.henkegeo.de
e-mail: br@henkegeo.de

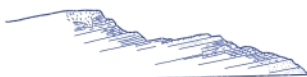
www.henkegeo.de		Datum	Name	Bauherr	Gemeinde Salem Am Schlossee 1 88682 Salem
gez.	10.24	mr			
ges.	10.24	crh			
	.	.		Projekt	BV Erschließung Gewerbegebiet "Neufrach-Ost V" in 88682 Salem- Neufrach
DaN _x					
oDaN _x				Darstellung	Lageplan der Untersuchungspunkte
ANLAGE		1.2			
MAßSTAB		1 : 1.000			



BS 1/24

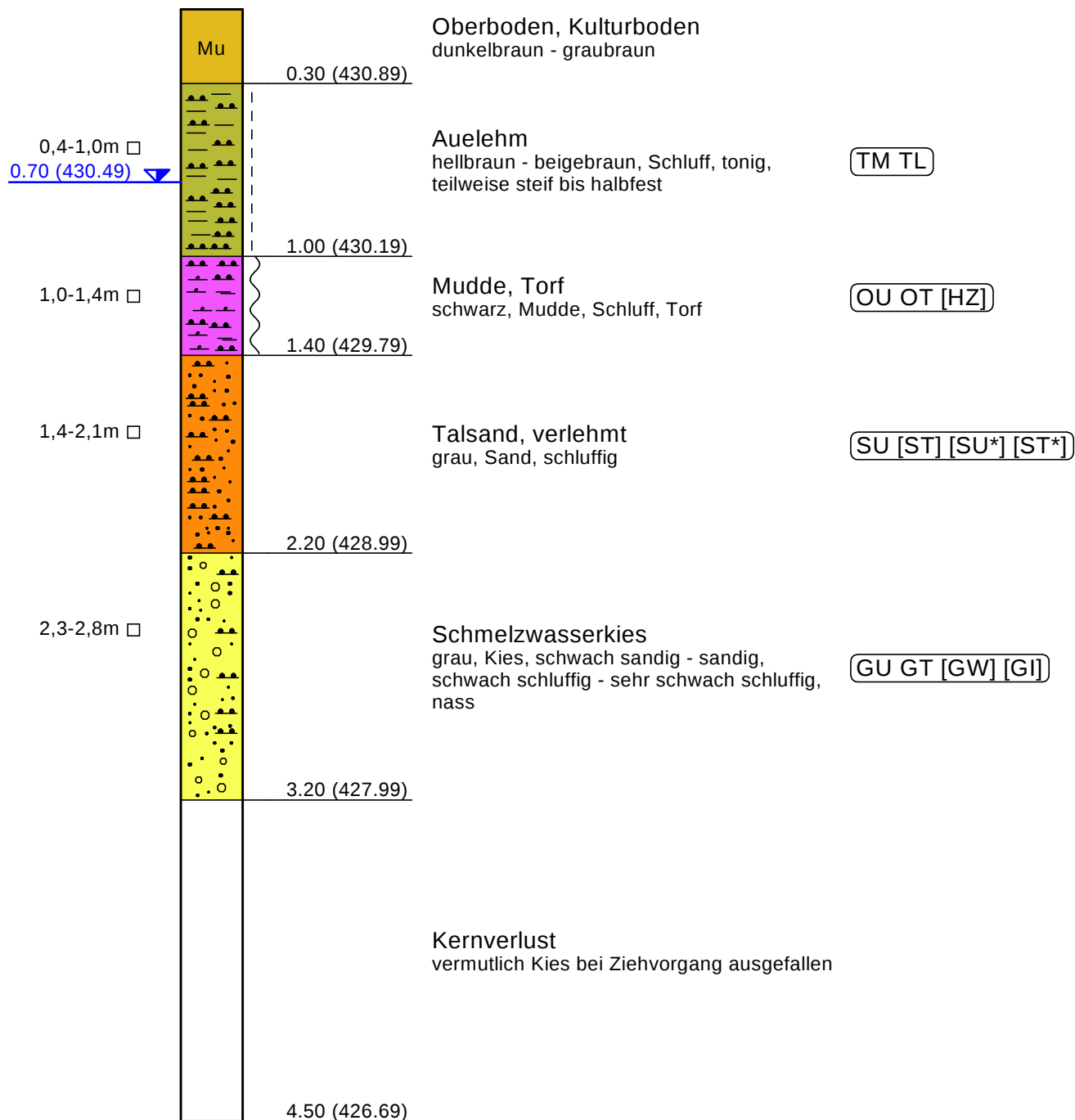
431,23 mNN





BS 2/24

431,19 mNN

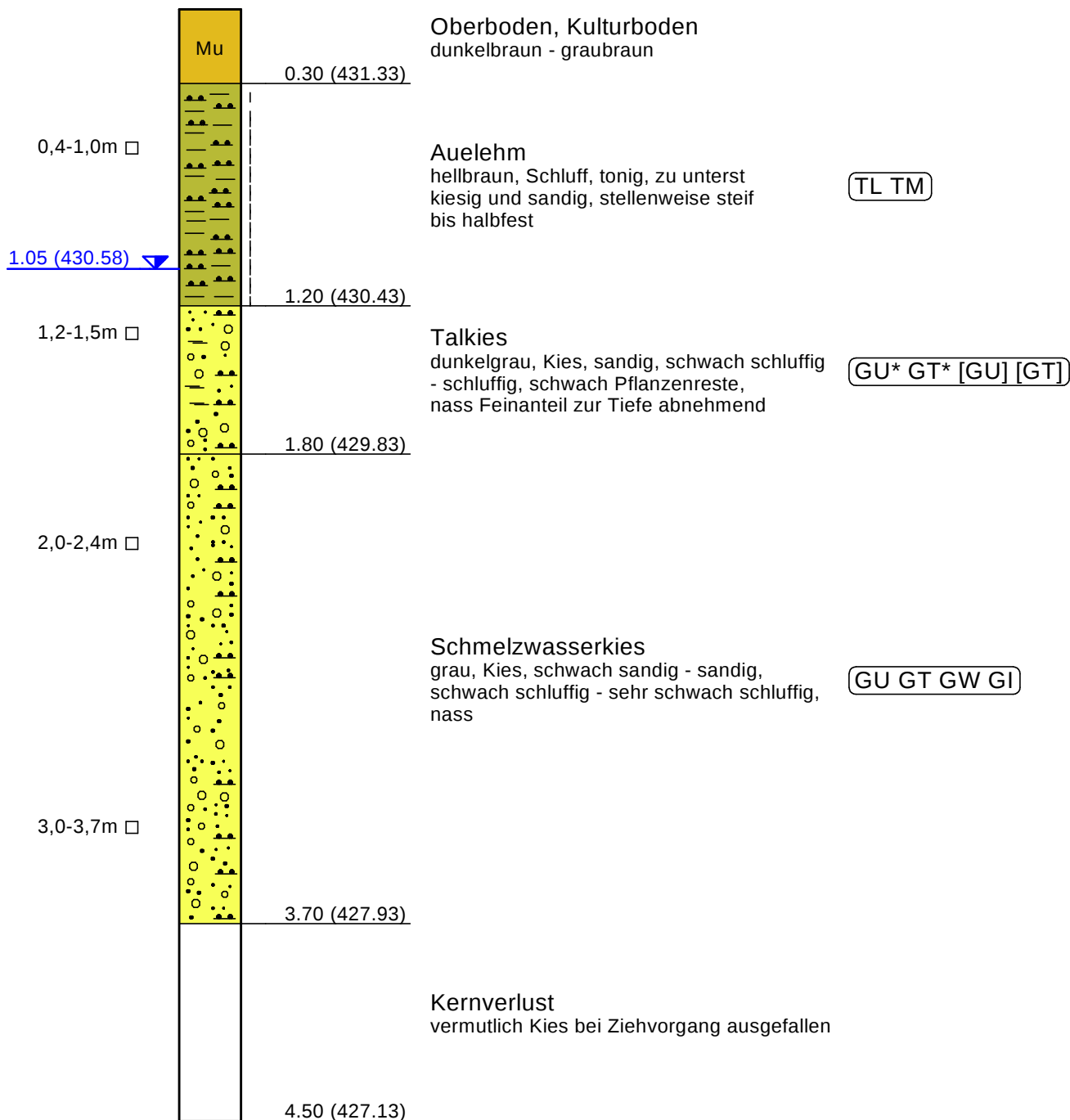


Sondierloch standfest bis 2,56m u.GOK



BS 3/24

431,63 mNN

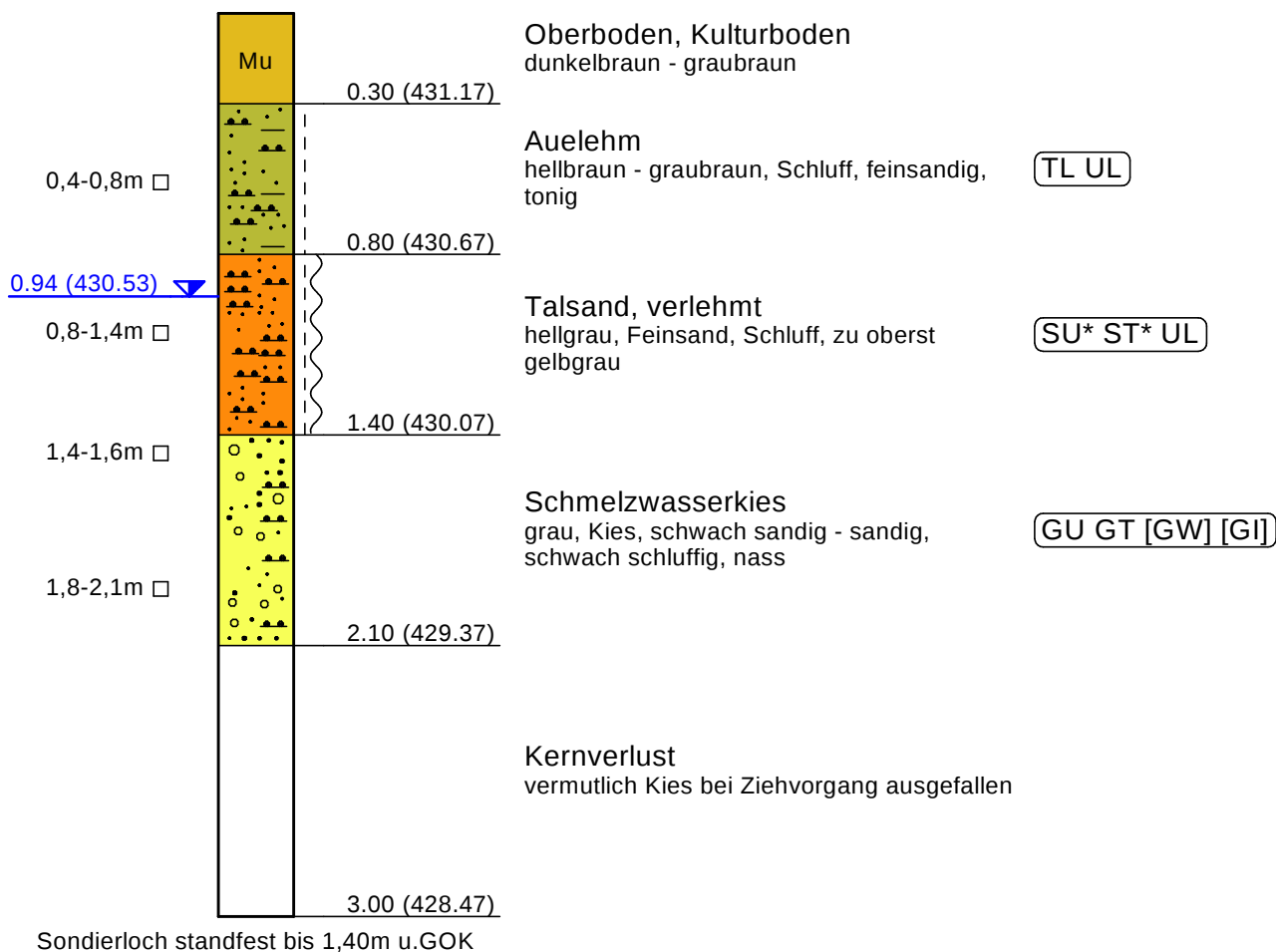


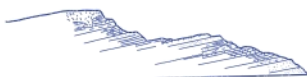
Sondierloch standfest bis 1,63m u.GOK



BS 4/24

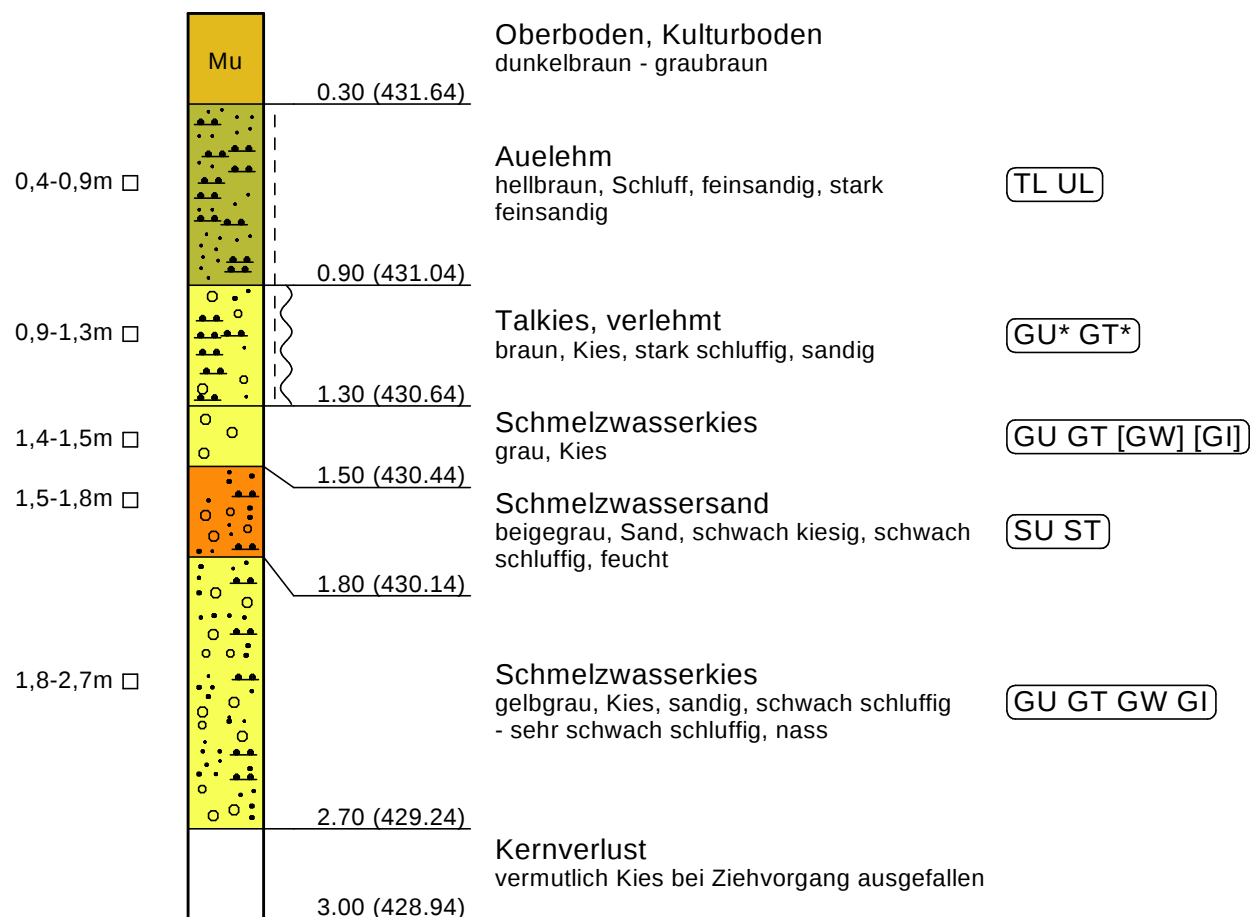
431,47 mNN



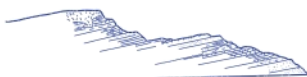


BS 5/24

431,94 mNN

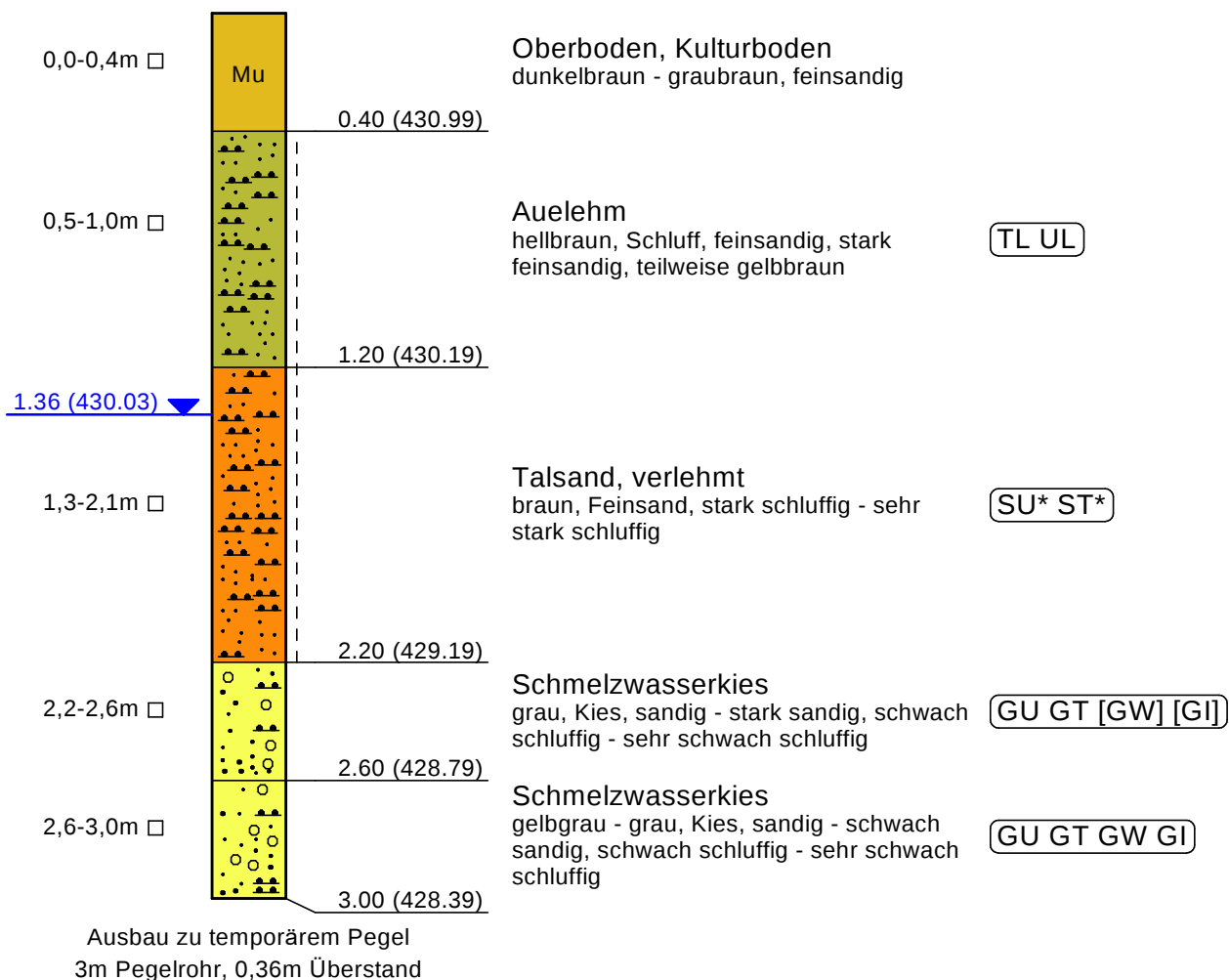


Sondierloch standfest bis 1,74m u.GOK
Wasser nicht messbar



BS 6/24

431,39 mNN



Zeichenerklärung (DIN 4023)**HENKE UND PARTNER GMBH**
Ingenieurbüro für GeotechnikBodenarten

Blöcke	mit Blöcken	Y y	
Steine	steinig	X x	
Kies	kiesig	G g	
Sand	sandig	S s	
Schluff	schluffig	U u	
Ton	tonig	T t	
Torf	torfig	H h	
Mergel	mergelig	Mg mg	
Auffüllung		A	

Felsarten

Fels allgemein	Z	
Fels verwittert	Zv	
Brekzie, Konglomerat	Gst	
Sandstein	Sst	
Schluffstein	Ust	
Tonstein	Tst	
Kalkstein	Kst	
Mergelstein	Mst	
Granit, Gneis	Ma	

Korngrößenbereich

f	fein
m	mittel
g	grob

Nebenanteile

t'	schwach (< 15 %), z.B. schwach tonig
ḡ	stark (ca. 30-40 %), z.B. stark kiesig

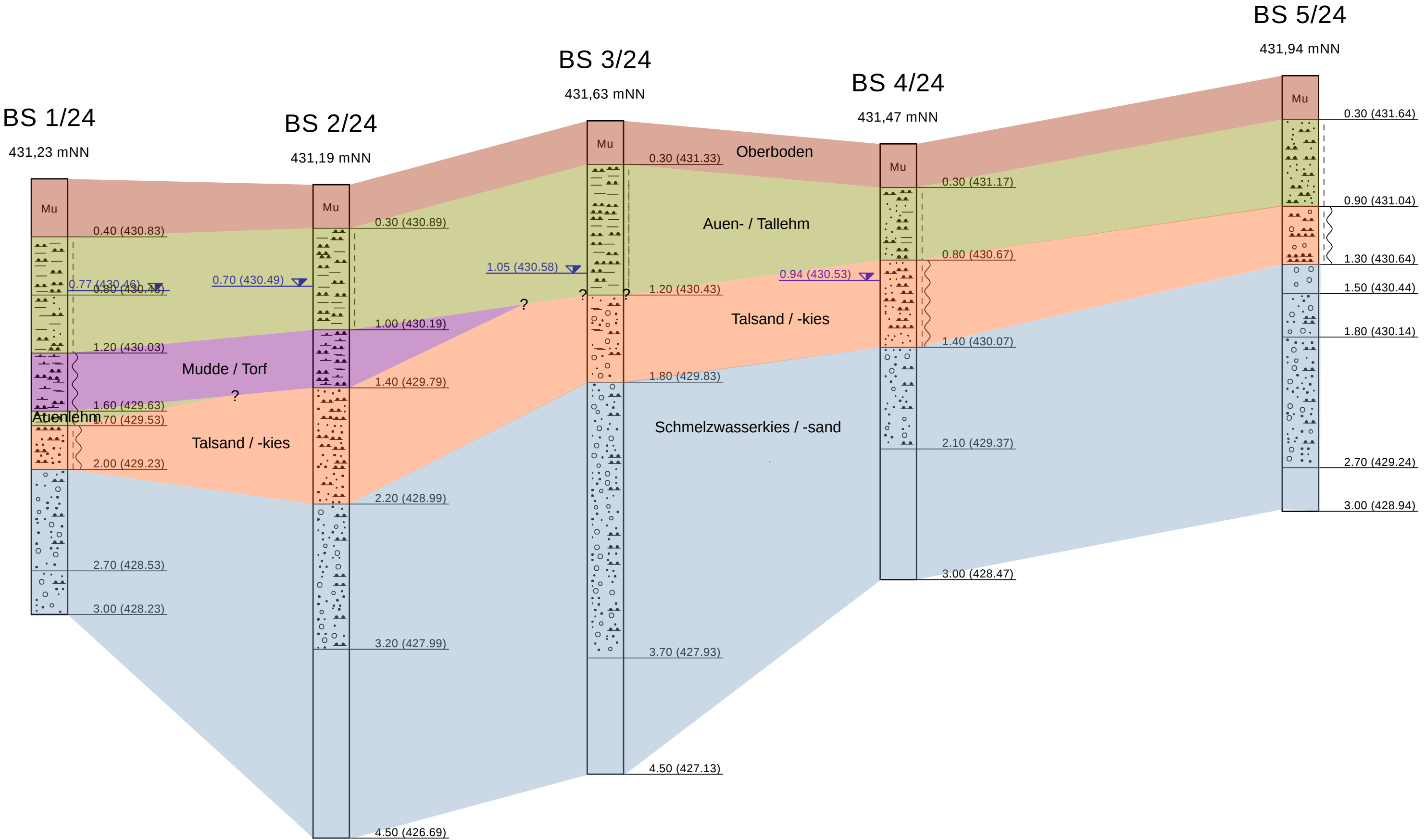
Konsistenz/ Lagerungsdichte

	flüssig		halbfest		locker
	breiig		fest		dicht
	weich	≋	klüftig		mittel dicht
	steif	≋≋	stark klüftig, brüchig		sehr dicht

Probenentnahmen und Grundwasser

BP		Becherprobe
EP		Eimerprobe
GP		Glasprobe
ZP		Zylinderprobe
HP		Head-Space Probe
UP		ungestörte Probe
		Grundwasser angebohrt
		Grundwasser nach Bohrende
		Ruhewasserstand
k. GW		kein Grundwasser

Geologischer Profilschnitt PS 1



HENKE UND PARTNER GMBH - Ingenieurbüro für Geotechnik

Waldseer Straße 51
88400 Biberach

Analysenbericht Nr.	555/4986	Datum:	16.10.2024
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

Allgemeine Angaben

Auftraggeber : HENKE UND PARTNER GMBH - Ingenieurbüro für Geotechnik
 Projekt : SANFGOV
 Projekt-Nr. :
 Entnahmestelle : Art der Probenahme : PN98
 Art der Probe : Boden Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers
 Entnahmedatum : 07.10.2024 Probeneingang : 08.10.2024
 Originalbezeich. : MP1
 Probenbezeich. : 555/4986
 Untersuch.-zeitraum : 08.10.2024 – 16.10.2024

1 Ergebnisse der Untersuchung aus der Ges.-Fraktion (BM-0)

Parameter	Einheit	Messwert		BM-0 Sand	BM-0 Lehm	BM-0 Ton	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe							DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	80,9		-	-	-	DIN EN 14346 : 2017-09
Fraktion < 2 mm	[Masse %]	100		-	-	-	Siebung

2 Ergebnisse der Untersuchung aus der Fraktion < 2mm (BM-0)

2.1 Allgemeine Parameter, Schwermetalle

Parameter	Einheit	Messwert		BM-0 Sand	BM-0 Lehm	BM-0 Ton	Methode
Glühverlust	[Masse %]	3,3		-	-	-	DIN EN 15169 :2007-05
TOC (Σ TOC 400 + ROC)	[Masse %]	1,24		1	1	1	berechnet
TOC 400	[Masse %]	1,10					DIN EN 19539 :2016-12
ROC	[Masse %]	0,14					DIN EN 19539 :2016-12
Arsen	[mg/kg TS]	6		10	20	20	EN ISO 11885 :2009-09
Blei	[mg/kg TS]	12		40	70	100	EN ISO 11885 :2009-09
Cadmium	[mg/kg TS]	0,3		0,4	1	1,5	EN ISO 11885 :2009-09
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	31		30	60	100	EN ISO 11885 :2009-09
Kupfer	[mg/kg TS]	14		20	40	60	EN ISO 11885 :2009-09
Nickel	[mg/kg TS]	19		15	50	70	EN ISO 11885 :2009-09
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,02		0,2	0,3	0,3	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4		0,5	1	1	EN ISO 11885 :2009-09
Zink	[mg/kg TS]	39		60	150	200	EN ISO 11885 :2009-09
Aufschluß mit Königswasser							EN 13657 :2003-01

2.2 Summenparameter, PCB, PAK

Parameter	Einheit	Messwert		BM-0 Sand	BM-0 Lehm	BM-0 Ton	Methode
EOX	[mg/kg TS]	< 0,5		1	1	1	DIN 38 409 -17 :2005-12
PCB 28	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 52	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 101	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 118	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 138	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 153	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 180	[mg/kg TS]	< 0,01					
Σ PCB (7):	[mg/kg TS]	n.n.		0,05	0,05	0,05	DIN EN 15308 :2016-12
Naphthalin	[mg/kg TS]	< 0,04					
Acenaphthen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Fluoren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Phenanthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Pyren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Chrysen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(b)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(k)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04		0,3	0,3	0,3	
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(g,h,i)perylene	[mg/kg TS]	< 0,04					
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Σ PAK (EPA Liste):	[mg/kg TS]	n.n.		3	3	3	DIN ISO 18287 :2006-05

3 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat (BM-0)

Parameter	Einheit	Messwert		BM-0 Sand	BM-0 Lehm	BM-0 Ton	Methode
Eluatherstellung – Schütteleluat [l:s]		2 : 1					DIN 19529 : 2015-12
pH-Wert	[-]	7,75					DIN EN ISO 10523 04-2012
elektr. Leitfähigkeit	[μS/cm]	350					DIN EN 27 888 : 1993
Sulfat	[mg/l]	39		250	250	250	EN ISO 10304 :2009-07

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Prüfbericht spezifizierten Prüfgegenstände.

Bei der Konformitätsbetrachtung durch Grenzwertgegenüberstellung (EBV: 2022-09) werden Messunsicherheiten nicht mitberücksichtigt. Es handelt sich um absolute Messwerte.

Markt Rettenbach, den 16.10.2024

Onlinedokument ohne Unterschrift

M.Sc. Ruth A. Schindele
(stellv. Laborleiterin)

Probenbegleitprotokoll (gemäß DIN EN 15002:2015-07)

Nummer der Feldprobe: MP1

Tag und Uhrzeit der Probenahme: 07.10.2024

Probenahmeprotokoll-Nr: -

Probenvorbehandlung (von der Feldprobe zur Laborprobe)

Nummer der Laborprobe:	555/4986	Tag und Uhrzeit der Anlieferung:	08.10.2024
Probenahmeprotokoll:	☒ ja ☐ nein	Ordnungsgemäße Anlieferung:	☒ ja ☐ nein
Probengefäß:	PE-Eimer	Transportbedingungen:	ungekühlt
Kommentierung:	-		
Größe der Laborprobe:	5 l Masse: [kg]		
separierte Fraktion:	nein	Art der Probe:	Boden

Probenvorbehandlung (von der Feldprobe zur Laborprobe)

Fraktion nicht zerkleinerbarer Abfall: < 1 % Art der Fraktion nicht zerkleinerbarer Abfall

Körnung der Laborprobe [mm]:

Probenvorbereitung (von der Laborprobe zur Prüfprobe)

Sortierung: ☐ ja ☒ nein separierte Stoffgruppen: keine

Zerkleinerung: ☒ ja (Fraktion < 32 mm) ☐ nein Teilvolumen [l]: 5

Teilung / Homogenisierung:

☐ O fraktionierendes Teilen ☐ O Kegeln und Vierteln ☒ Cross-Riffing ☐ O Sonstige:

Zerkleinerungsart für Eluat (Fraktion > 32 mm):

☒ Backenbrecher ☐ O Bohrmeisel / Meisel ☐ O Schneidemühle ☐ O Sonstige:

Zerkleinerungsart für Gesamtgehalte < 2 mm (KW, PAK, PCB, EOX):

☐ O Backenbrecher ☐ O Bohrmeisel / Meisel ☐ O Schneidemühle ☒ Siebung

Zerkleinerungsart für Gesamtgehalte < 0,25 mm (SM, TOC):

☐ O Backenbrecher ☒ Scheibenschwingmühle ☐ O Schneidemühle ☐ O Sonstige:

Abtrennung fester Rückstände nach KöWa-Auflösung:

☐ O Sedimentation ☐ O Zentrifugation ☒ Filtration ☐ O Sonstige:

Herstellung des Eluats (von der Prüfprobe zur Messprobe)

Art des Eluat ☒ Schüttel eluat (DIN 19529 : 2015-12)

Datum: 08.10.2024 Korngröße der PP: (95 % mm)

Perkolationsprüfung – Beginn: 08.10.2024 Ende: 09.10.2024

Einwaage MG [g]: 403,8 Feuchtegehalt FG (%): 19,1

Dauer der Sättigung: - V – Eluatfraktion: 650

W/F-Verhältnis: 2

Art der Trennung: ☒ Sedimentation (1h) ☐ O Zentrifugation (10 min, 3000g)

☒ Filtration (P = 4 bar)

Stabilisierung der Eluate:

SM Anionen Phenolindex Cyanide

Volumen des Eluat für Filtration 800 ml Trübung des Eluat: < 10 FAU

08.10.2024
Datum


Jonathan Schwarz
verantwortl. Bearbeiter

HENKE UND PARTNER GMBH - Ingenieurbüro für Geotechnik

Waldseer Straße 51
88400 Biberach

Analysenbericht Nr.	555/4987	Datum:	16.10.2024
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

Allgemeine Angaben

Auftraggeber : HENKE UND PARTNER GMBH - Ingenieurbüro für Geotechnik
 Projekt : SANFGOV
 Projekt-Nr. :
 Entnahmestelle : Art der Probenahme : PN98
 Art der Probe : Boden Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers
 Entnahmedatum : 07.10.2024 Probeneingang : 08.10.2024
 Originalbezeich. : MP2
 Probenbezeich. : 555/4987
 Untersuch.-zeitraum : 08.10.2024 – 16.10.2024

1 Ergebnisse der Untersuchung aus der Ges.-Fraktion (BM-0)

Parameter	Einheit	Messwert		BM-0 Sand	BM-0 Lehm	BM-0 Ton	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe							DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	88,5		-	-	-	DIN EN 14346 : 2017-09
Fraktion < 2 mm	[Masse %]	25		-	-	-	Siebung

2 Ergebnisse der Untersuchung aus der Fraktion < 2mm (BM-0)

2.1 Allgemeine Parameter, Schwermetalle

Parameter	Einheit	Messwert		BM-0 Sand	BM-0 Lehm	BM-0 Ton	Methode
Glühverlust	[Masse %]	1,4		-	-	-	DIN EN 15169 :2007-05
TOC (Σ TOC 400 + ROC)	[Masse %]	0,22		1	1	1	berechnet
TOC 400	[Masse %]	0,08					DIN EN 19539 :2016-12
ROC	[Masse %]	0,14					DIN EN 19539 :2016-12
Arsen	[mg/kg TS]	7,6		10	20	20	EN ISO 11885 :2009-09
Blei	[mg/kg TS]	7,5		40	70	100	EN ISO 11885 :2009-09
Cadmium	[mg/kg TS]	0,3		0,4	1	1,5	EN ISO 11885 :2009-09
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	23		30	60	100	EN ISO 11885 :2009-09
Kupfer	[mg/kg TS]	10		20	40	60	EN ISO 11885 :2009-09
Nickel	[mg/kg TS]	15		15	50	70	EN ISO 11885 :2009-09
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,03		0,2	0,3	0,3	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4		0,5	1	1	EN ISO 11885 :2009-09
Zink	[mg/kg TS]	24		60	150	200	EN ISO 11885 :2009-09
Aufschluß mit Königswasser							EN 13657 :2003-01

2.2 Summenparameter, PCB, PAK

Parameter	Einheit	Messwert		BM-0 Sand	BM-0 Lehm	BM-0 Ton	Methode
EOX	[mg/kg TS]	< 0,5		1	1	1	DIN 38 409 -17 :2005-12
PCB 28	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 52	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 101	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 118	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 138	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 153	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 180	[mg/kg TS]	< 0,01					
Σ PCB (7):	[mg/kg TS]	n.n.		0,05	0,05	0,05	DIN EN 15308 :2016-12
Naphthalin	[mg/kg TS]	< 0,04					
Acenaphthen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Fluoren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Phenanthren	[mg/kg TS]	0,06					
Anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Pyren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Chrysen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(b)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(k)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04		0,3	0,3	0,3	
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(g,h,i)perylene	[mg/kg TS]	< 0,04					
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Σ PAK (EPA Liste):	[mg/kg TS]	0,06		3	3	3	DIN ISO 18287 :2006-05

3 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat (BM-0)

Parameter	Einheit	Messwert		BM-0 Sand	BM-0 Lehm	BM-0 Ton	Methode
Eluatherstellung – Schütteleluat [l:s]		2 : 1					DIN 19529 : 2015-12
pH-Wert	[-]	7,72					DIN EN ISO 10523 04-2012
elektr. Leitfähigkeit	[μS/cm]	240					DIN EN 27 888 : 1993
Sulfat	[mg/l]	52		250	250	250	EN ISO 10304 :2009-07

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Prüfbericht spezifizierten Prüfgegenstände.

Bei der Konformitätsbetrachtung durch Grenzwertgegenüberstellung (EBV: 2022-09) werden Messunsicherheiten nicht mitberücksichtigt. Es handelt sich um absolute Messwerte.

Markt Rettenbach, den 16.10.2024

Onlinedokument ohne Unterschrift

M.Sc. Ruth A. Schindele
(stellv. Laborleiterin)

Probenbegleitprotokoll (gemäß DIN EN 15002:2015-07)

Nummer der Feldprobe: MP2

Tag und Uhrzeit der Probenahme: 07.10.2024

Probenahmeprotokoll-Nr: -

Probenvorbehandlung (von der Feldprobe zur Laborprobe)

Nummer der Laborprobe:	555/4987	Tag und Uhrzeit der Anlieferung:	08.10.2024
Probenahmeprotokoll:	☒ ja ☐ nein	Ordnungsgemäße Anlieferung:	☒ ja ☐ nein
Probengefäß:	PE-Eimer	Transportbedingungen:	ungekühlt
Kommentierung:	-		
Größe der Laborprobe:	5 l Masse: [kg]		
separierte Fraktion:	nein	Art der Probe:	Boden

Probenvorbehandlung (von der Feldprobe zur Laborprobe)

Fraktion nicht zerkleinerbarer Abfall:	< 1 %	Art der Fraktion nicht zerkleinerbarer Abfall
Körnung der Laborprobe [mm]:		

Probenvorbereitung (von der Laborprobe zur Prüfprobe)

Sortierung:	☐ ja ☒ nein	separierte Stoffgruppen:	keine
Zerkleinerung:	☒ ja (Fraktion < 32 mm) ☐ nein	Teilvolumen [l]:	5

Teilung / Homogenisierung:

☐ O fraktionierendes Teilen	☐ O Kegeln und Vierteln	☒ Cross-Riffing	☐ O Sonstige:
--	--	---	--------------------------------------

Zerkleinerungsart für Eluat (Fraktion > 32 mm):

☒ Backenbrecher	☐ O Bohrmeisel / Meisel	☐ O Schneidemühle	☐ O Sonstige:
---	--	--	--------------------------------------

Zerkleinerungsart für Gesamtgehalte < 2 mm (KW, PAK, PCB, EOX):

☐ O Backenbrecher	☐ O Bohrmeisel / Meisel	☐ O Schneidemühle	☒ Siebung
--	--	--	---

Zerkleinerungsart für Gesamtgehalte < 0,25 mm (SM, TOC):

☐ O Backenbrecher	☒ Scheibenschwingmühle	☐ O Schneidemühle	☐ O Sonstige:
--	--	--	--------------------------------------

Abtrennung fester Rückstände nach KöWa-Aufschluss:

☐ O Sedimentation	☐ O Zentrifugation	☒ Filtration	☐ O Sonstige:
--	---	--	--------------------------------------

Herstellung des Eluats (von der Prüfprobe zur Messprobe)

Art des Eluat	☒ Schüttel eluat (DIN 19529 : 2015-12)		
Datum:	08.10.2024	Korngröße der PP:	(95 % mm)
Perkolationsprüfung – Beginn:	08.10.2024	Ende:	09.10.2024
Einwaage MG [g]:	410,0	Feuchtegehalt FG (%):	11,5
Dauer der Sättigung: -		V – Eluatfraktion:	730
W/F-Verhältnis: 2			

Art der Trennung:	☒ Sedimentation (1h)	☐ O Zentrifugation (10 min, 3000g)
	☒ Filtration (P = 4 bar)	

Stabilisierung der Eluate:

SM	Anionen	Phenolindex	Cyanide
----	---------	-------------	---------

Volumen des Eluat für Filtration	800 ml	Trübung des Eluat:	< 10 FAU
----------------------------------	--------	--------------------	-------------

08.10.2024
Datum


Jonathan Schwarz
verantwortl. Bearbeiter

Projekt: BV Erschließung Gewerbegebiet "Neufrach-Ost V" in 88682 Salem - Neufrach										Projektkürzel: SANFGOV						
Probe	Material	w _n %	w _l %	w _p %	I _p %	I _c	Kon- sistenz	Körnungsziffer T / U - S - G	BA nach DIN 18196	ρ t/m ³	ρ _D t/m ³	φ' (°)	c' kN/m ²	c _u kN/m ²	v _{gl} M.-%	Bemerkungen
BS 1/24 / 0,4-0,8 m	Auenlehm	21,0														
BS 1/24 / 0,8-1,2 m	Auenlehm	22,0														
BS 1/24 / 1,3-1,6 m	Mudde	92,7													18,6	
BS 1/24 / 1,7-2,0 m	Talsand	22,0							SU*/ST*							Feinanteil: 29,0%
BS 2/24 / 0,4-1,0 m	Auenlehm	31,3														
BS 2/24 / 1,0-1,4 m	Mudde / Torf	141,1													32,5	
BS 2/24 / 1,4-2,1 m	Talsand	21,8							SU*/ST*							Feinanteil: 20,7%
BS 3/24 / 0,4-1,0 m	Auenlehm	23,2														
BS 3/24 / 1,2-1,5 m	Talkies	20,8							GU*/GT*							Feinanteil: 19,0%
BS 3/24 / 2,0-2,4 m	Schmelzwasserkies	10,2							GU/GT							Feinanteil: 8,8%
BS 4/24 / 0,4-0,8 m	Auenlehm	17,8														
BS 4/24 / 0,8-1,4 m	Talsand	20,2							SU*/ST*							Feinanteil: 29,8%
BS 5/24 / 0,4-0,9 m	Auenlehm	18,9														
BS 5/24 / 0,9-1,3 m	Talkies	15,9							GU*/GT*							Feinanteil: 18,1%
BS 6/24 / 0,5-1,0 m	Auenlehm	18,6														
BS 6/24 / 1,3-2,1 m	Talsand	21,6							SU*/ST*							Feinanteil: 23,6%
BS 6/24 / 2,2-3,0 m	Schmelzwasserkies	8,5						1 - 2 - 7	GU/GT							

kursiv angegebene Konsistenzen abgeschätzt anhand w_n

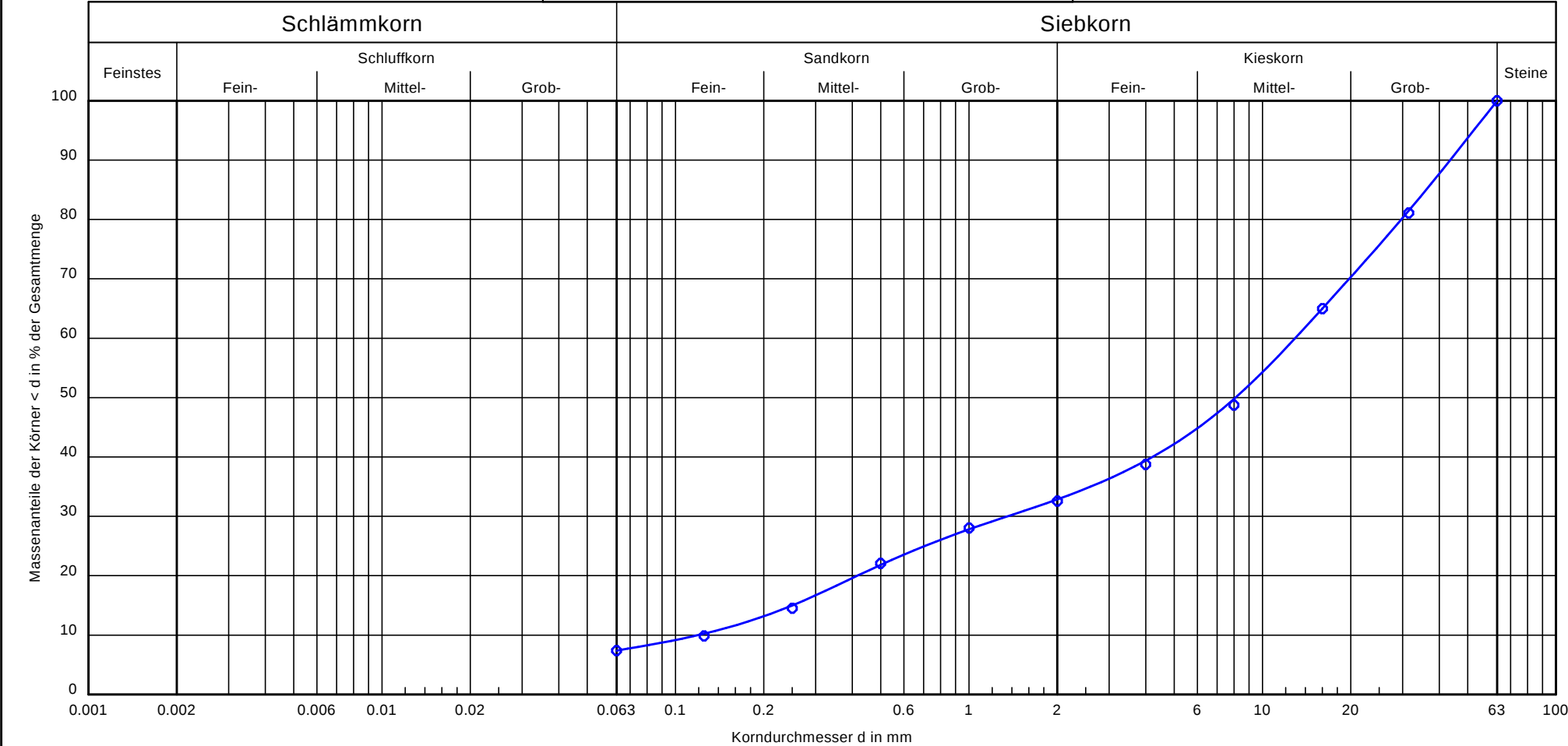
ANLAGE 5.1

Projekt: BV Erschließung Gewerbegebiet
"Neufrach-Ost V"
in 88682 Salem- Neufrach

Körnungslinie

nach DIN 18123: 2011-04

HENKE UND PARTNER GMBH
Ingenieurbüro für Geotechnik
www.henkegeo.de



geol. Bezeichnung:	Schmelzwasserkies	Bemerkungen:	Anlage: 5.2
Entnahmestelle/Tiefe:	BS 6/24 / 2.2-3.0 m		
Entnommen am/Laborbearb.:	20.02.2024/aa		
Abgeschlämmt?:	ja		
Wasserdurchlässigkeit nach Seiler (k _f -Wert):	-		
d ₁₀	0.1195		
d ₃₀	1.3524		
d ₆₀	12.9111		
Cu/Cc	108.0/1.2		
T-U-S-G [%]:	- /7.4/25.5/67.1		
Bodengruppe:	GU		