



BBU Dr. Schubert GmbH | Glockenplatz 1 | 34388 Trendelburg

Orgelstadt Borgentreich
Verwaltungsleitung Fachbereich III -
Bauen und Stadtentwicklung -
- Untere Denkmalbehörde -
Am Rathaus 13

34434 Borgentreich

Projektnummer: 224489-1
Ansprechpartner: Marcus Kimm
Datum: 11.03.2025
Telefon: 0 56 71 – 77 97 0
Fax: 0 56 71 – 77 97 10
eMail: info@bbu-schubert.de
www.bbu-schubert.de

INGENIEURGEOLOGISCHES GUTACHTEN

Borgentreich - Lütgeneder - Baugebiet Lütgeneder

Hier: Orientierende geologische Voruntersuchung nach DIN 4020 mit ingenieurgeologischer Baugrundbeurteilung sowie gründungs- und erdbautechnischen Empfehlungen

Bauvorhaben: Baugebiet Lütgeneder - Flur 3, Flurstück 331
34434 Borgentreich - OT. Lütgeneder

Bauherr: Orgelstadt Borgentreich
Verwaltungsleitung Fachbereich III
- Bauen und Stadtentwicklung - Untere Denkmalbehörde -
Am Rathaus 13
34434 Borgentreich

Auftraggeber: wie vor

Nachfolgend wird das Ingenieurgeologische Gutachten mit den Seiten 2 bis 41 und den Anlagen 1 bis 6 vorgelegt.

Inhaltsverzeichnis:

1.	Bauvorhaben und Auftrag	3
2.	Grundlagen, Bearbeitungsunterlagen	4
3.	Lage und Standortsituation.....	5
4.	Baugrund	6
4.1	Generelle geologische und hydrologische Übersicht, Erkundungsprogramm..	6
4.2	Erkundeter Bodenaufbau	7
4.3	Bodenwasserverhältnisse	10
4.4	Labortechnische Untersuchungen	10
4.5	Dynamische Widerstandsmessungen.....	13
4.6	Charakteristische Bodenkennwerte	16
4.7	Bautechnische Einteilung.....	17
4.8	Durchlässigkeit und Versickerungsfähigkeit.....	18
4.9	Erdbebensicherheit.....	19
4.10	Bauchemische Bodenanalyse.....	19
5.	Ingenieurgeologische Beratung	21
5.1	Vorbemerkungen	21
5.2	Kanalbau.....	23
5.3	Wasserleitungsbau	28
5.4	Straßenbau	29
5.5	Gebäudegründung.....	32
6.	Analyseergebnis Umweltuntersuchung	39
7.	Schlussbemerkungen.....	41

1. Bauvorhaben und Auftrag

Die **Orgelstadt Borgentreich**, vertreten durch die Verwaltungsleitung Fachbereich III - Bauen und Stadtentwicklung -Untere Denkmalbehörde- beabsichtigt die Erschließung des Wohnbaugebietes "Lütgeneder", am Ostrand des gleichnamigen Ortsteils der Stadt Borgentreich (Kreis Höxter - Nordrhein - Westfalen).

In diesem Zusammenhang werden im Vorfeld der Besiedelung infrastrukturelle Bau- maßnahmen wie die Herstellung von Leitungsanlagen für Abwasser und Trinkwasser sowie die Anlegung von Verkehrswegen erforderlich.

Zukünftig soll das Plangebiet mit Ein- und Zweifamilienhäusern (mit oder ohne Keller) bebaut werden.

Nachstehende Luftaufnahme ordnet das Planungsgebiet geografisch ein.

Abbildung 1: Lage des Plangebietes



Quelle: Google Maps

Zur weiteren Projektbearbeitung, Ausschreibung und Bauausführung wird eine geotechnische Prüfung mit Erkundung der anstehenden Boden- und Bodenwasserverhältnisse vorgesehen. Zu diesem Zweck hat der Bauherr den Unterzeichner mit der Durchführung einer orientierenden ingenieurgeologischen Voruntersuchung beauftragt. Das Ergebnis der örtlichen Untersuchungen und häuslichen Auswertung wird in dem nachfolgenden **Ingenieurgeologischen Gutachten** dargestellt, ausgewertet und bekannt gegeben. Die Erstattung des Ingenieurgeologischen Gutachtens erfolgt nach:

DIN 4020 *"Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke"*

und bezieht sich ausschließlich auf die im Rahmen der orientierenden Voruntersuchung erkundeten Untersuchungsstellen und deren Profiltiefen.

Anmerkung: Der örtlich begrenzte Untersuchungsumfang kann Änderungen der außerhalb des Untersuchungsbereiches anstehenden Baugrundverhältnisse, die Einfluss auf die geotechnischen Rahmenbedingungen sowie die erd-, leitungs-, straßenbau- und gründungstechnischen Arbeiten haben können, naturgemäß nicht ausschließen.

2. Grundlagen, Bearbeitungsunterlagen

Als Grundlage zur Bearbeitung wurden die einschlägigen Normen, Regelwerke und sonstigen Bauvorschriften sowie das zugehörige Fachschrifttum herangezogen, unter anderem:

- **DIN 4020**
"Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke"
- **DIN 4021**
"Baugrund; Aufschluss durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben"
- **DIN 4022, T.1**
"Baugrund und Grundwasser: Benennen und Beschreiben von Boden und Fels; Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben"
- **DIN EN ISO 22 476-2**
"Geotechnische Erkundung und Untersuchung, Teil 2: Rammsondierungen (ersetzt DIN 4 094)"
- **DIN 1997 - 1 (Eurocode EC - 7)**
"Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln"
und nationales Anwendungsdokument (NAD):
DIN 1054
"Baugrund, Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau"
- **DIN 18300**
"VOB - Verdingungsordnung für Bauleistungen: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen; Erdarbeiten"
- **DIN 4124**
"Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau"
- **ZTVE - StB**
"Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau"
- **RStO**

"Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen"

- **ZTV - SoB - StB**
"Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau"
- **TL - SoB - StB**
"Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau"
- **DIN EN 1610**
"Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen"
- **ATV - DVWK - Arbeitsblatt A 127**
"Statische Berechnung von Abwasserkanälen und -leitungen"
- **ATV - DVWK - Arbeitsblatt A 139**
"Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen"

Zum Zeitpunkt der Berichtsverfassung stand dem Unterzeichnerbüro folgende Projektunterlage für die Bearbeitung zur Verfügung:

- **Parzellierungsentwurf**, 1:750, Orgelstadt Borgentreich, 13.11.2024

3. Lage und Standortsituation

Das Plangebiet liegt am Ostrand von Lütgeneder und wird über den Niedenfeldweg im Süden erschlossen. Im Norden befindet sich unweit außerhalb der potentiellen Baufläche eine Bachwasserführung mit der Bezeichnung *"Eggel"*. Die Fläche wird als landwirtschaftliche Betriebsflächen genutzt und ist weitgehend eben angelegt. Erkenntnisse über frühere Bebauungen liegen nicht vor, so dass natürliche Geländestrukturen erwartet werden. Westlich des Areals schließen sich bebaute Grundstücke an.

Die nachstehenden Aufnahmen zeigen die Standortverhältnisse zum Zeitpunkt der Erkundungsdurchführung.

Foto 1: Baufeld - Blick in nördliche Richtung



Foto 2: Baufeld - Blick in südwestliche Richtung



4. Baugrund

4.1 Generelle geologische und hydrologische Übersicht, Erkundungsprogramm

Geologischer Rahmen:

Das Umfeld wird unter Zugrundelegung vorliegender geologischer Kartierungen (Geologische Karte von Borgentreich im Maßstab 1 : 25.000) von Gesteinen des **Mittleren Keuper** bestimmt. Dabei handelt es sich um Ton-, Schluff- und Mergelsteine.

Überlagert werden diese von **quartären, teils eiszeitlichen Decksedimenten**, die im Wesentlichen aus Löß- oder Auelehmen bestehen.

Hydrologischer Rahmen:

Die Entwässerung des umliegenden Gebietes erfolgt über den nördlichen Vorfluter "**Eggel**". In Abhängigkeit des jahreszeitigen Klimaverlaufes werden im Plangebiet Auftritte von **Schicht- und Sickerwasserbildungen** vermutet. Generell ist zu berücksichtigen, dass die Intensität des Bodenwasserhaushaltes je nach den klimatischen Verhältnissen veränderlich sein kann.

Zur Erzielung eines orientierenden Überblickes über die tatsächlichen Baugrundverhältnisse und als Grundlage für die Vorbeurteilung der erd- und bautechnischen Arbeiten wurden im Plangebiet am 10. und 11.02.2025 auftragsgemäß ausgeführt:

6 Rammkernsondierungen Ø 36 - 50 mm
(kurz: **RKS 1 bis RKS 6**)

nach DIN 4020 bzw. DIN EN ISO 14688 und

4 dynamische (schwere) Rammsondierungen

(Kurzbezeichnung: **DPH 1** bis **DPH 4**)

nach DIN 4094 bzw. DIN EN ISO 22476-T.2.

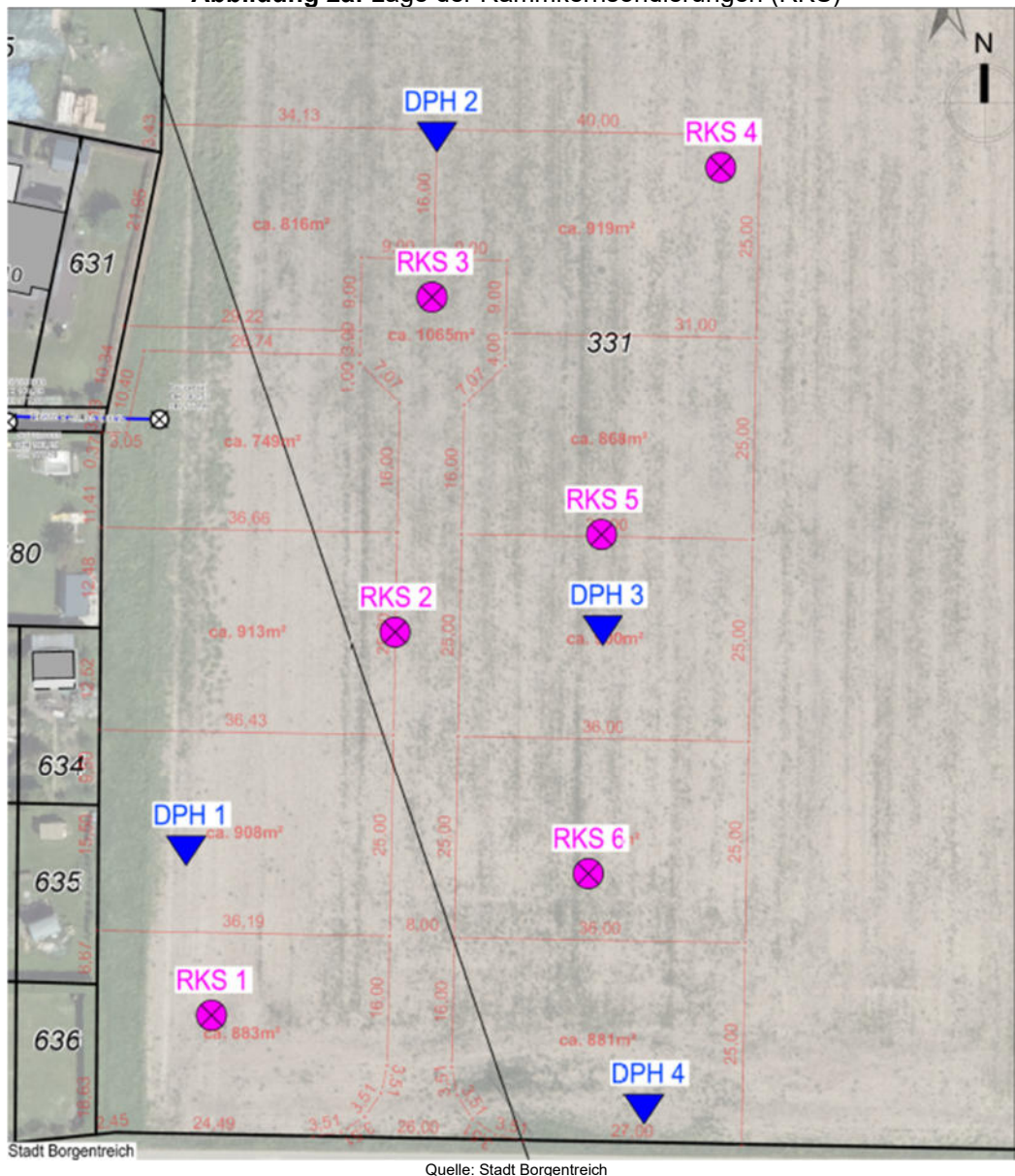
Die **Anlage 1** zeigt die Ansatzstellen der Bohrungen und Sondierungen.

Die höhenmäßige Einmessung ist auf **m ü. NHN** erfolgt.

4.2 Erkundeter Bodenaufbau

Das im Verlauf der Erkundungsarbeiten im Bereich der Anlagenfundamente ange-troffene Bodenprofil wurde ingenieurgeologisch detailliert aufgenommen. Nachfolgend werden die Profilaufnahmen wiedergegeben.

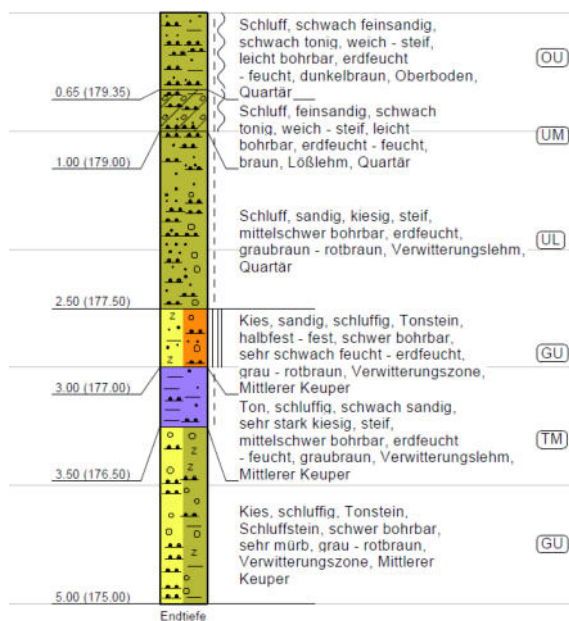
Abbildung 2a: Lage der Rammkernsondierungen (RKS)



Abbildungen 2b bis 2g: Profilbalkendarstellung der Rammkernsondierungen

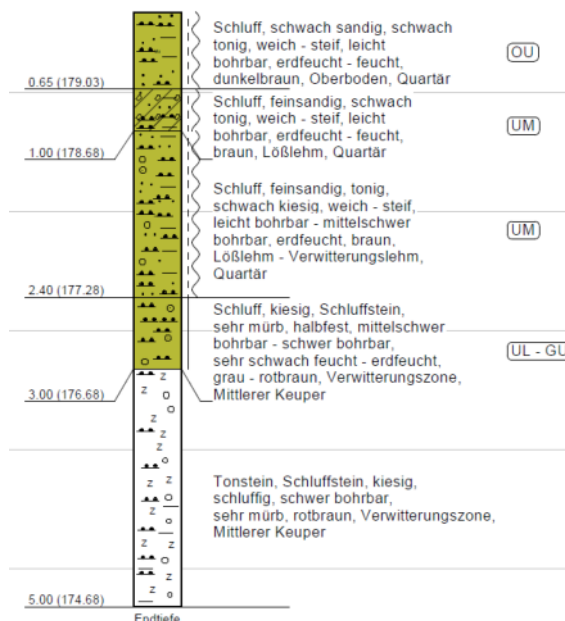
RKS 1

180,00 m NN



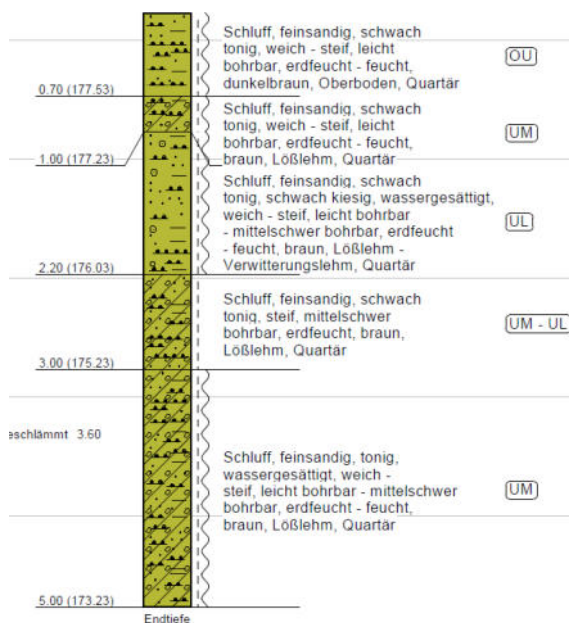
RKS 2

179,68 m NN



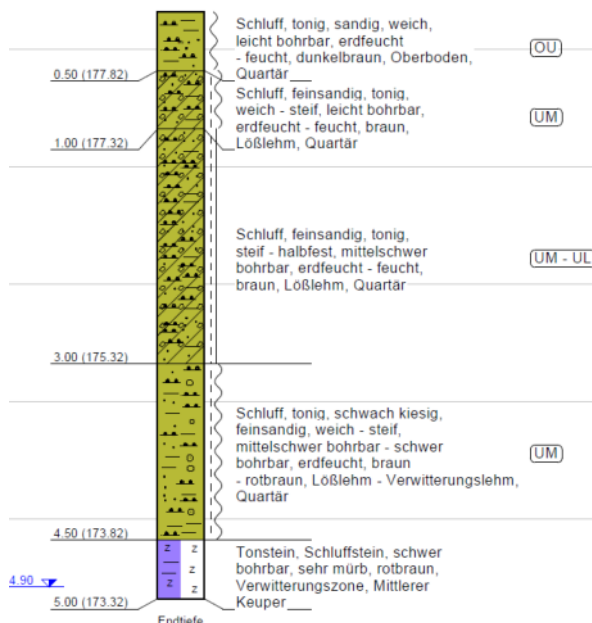
RKS 3

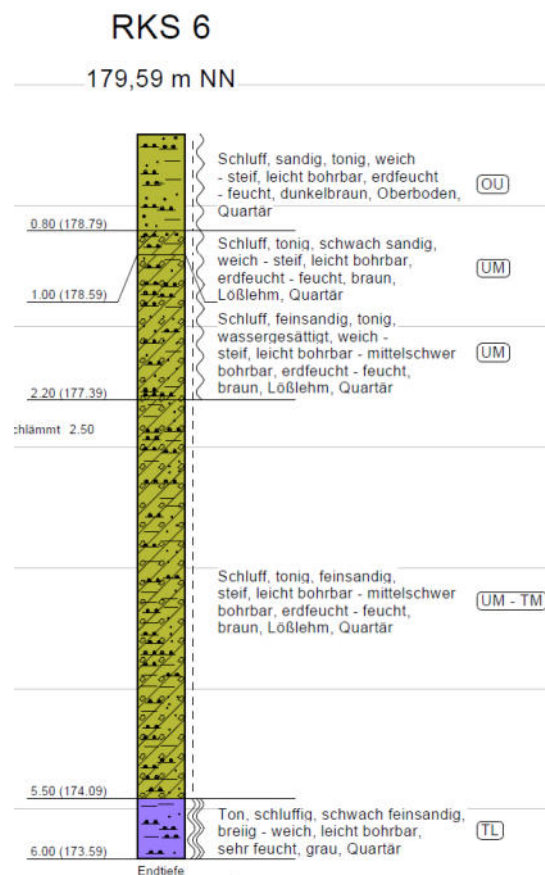
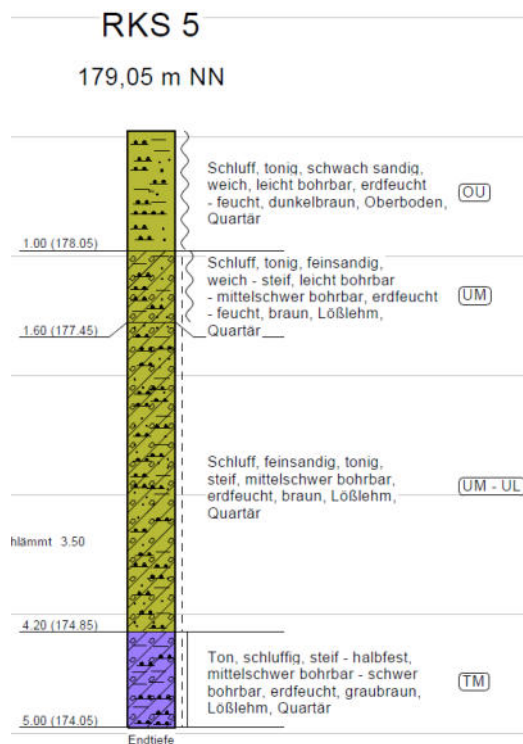
178,23 m NN



RKS 4

178,32 m NN





Zusammenfassung der Untergrundverhältnisse:

Zusammenfassend kann herausgestellt werden, dass das Plangebiet unterhalb einer dünnmächtigen Oberbodenbedeckung von stark mächtigen Lehmen bestimmt wird. Bei diesen handelt es sich um leicht- bis mittelpastische Böden in Form von Löß- und vereinzelt angetroffenen Verwitterungslehmen. Die Konsistenz der Schluffe und örtlich vorkommenden Tone reicht von breiig bis halbfest, wobei weich bis steife Verhältnisse überwiegen. Unterschieden wird die Genese im Wesentlichen durch kiesige Einlagerungen innerhalb der Verwitterungslehme.

An der Basis folgt ein Übergang in verwitterte Gesteine des Mittleren Keupers. In Schichthorizont sind diese lockergesteinsähnlich zu bindigen Kiesen und kiesigen Tonen zersetzt. An einzelnen Bohrstellen (RKS 1, 2 und 4) konnte in Tiefe von 3, 3,5 oder 4,5 m unter Geländeniveau kiesig schluffiger oder sehr mürber Ton- / Schluffstein festgestellt werden.

Organoleptisch auffällige Schichten wurden im Zuge der Erkundung bis in maximale Erkundungstiefe nicht festgestellt.

Die aufgenommenen Bodenprofile sind nochmal in der **Anlage 2** als separate Darstellungen beigelegt.

4.3 Bodenwasserverhältnisse

Nach den Beobachtungen während der Durchführung der Bohrarbeiten wurden folgende Feststellungen getroffen:

Während der nach Bohrende durchgeführten Lichtlotmessung hat sich in Bohrung RKS 4 bei 4,90 m unter GOK Grundwasser eingestellt. Vermutlich handelt es sich dabei um Schichtwasser, welches über den gering durchlässigen Keuperschichten gestaut wird.

Bei einigen Bohrungen war zudem ein Zuschlämmen des Bohrloches zu verzeichnen, wodurch hierbei zumindest auf erhöhte Feuchte- / Nässebeanspruchung zu schließen ist.

Prinzipiell ist darauf hinzuweisen, dass es sich um eine aktuelle Feststellung zum Zeitpunkt der Erkundungsarbeiten handelt. Langzeitmessungen liegen nicht vor.

Der Bodenwasserhaushalt ist niederschlagsabhängig und jahreszeitlich bedingten Veränderungen unterworfen. Niederschlagsreiche Jahreszeiten können zu vermehrten Grundwasserneubildungen und zu einer deutlichen Anreicherung der Bodenfeuchte führen. Auch sind Stauwasserauftritte über Böden mit entsprechendem Rückhaltepotenzial möglich.

Langfristige Aussagen der bodenhydrologischen Verhältnisse können nur nach Herstellung von verrohrten Messpegeln bzw. -brunnen erfolgen. Die u.s. Empfehlungen sind daher vorbehaltlich einer eingehenderen und langfristigeren Grundwasserbeobachtung zu sehen.

4.4 Labortechnische Untersuchungen

Neben den feldgeologischen Arbeiten sind im Labor an ausgewählten Bodenproben Vorabsiebungen nach DIN 18123 - DIN EN ISO 17982-4 durchgeführt und natürliche Wassergehalte nach DIN 18121 / DIN EN ISO 17892-1 bestimmt worden. Die Ergebnisse werden wie folgt zusammengestellt:

Vorabsiebungen

Der Anteil der einzelnen Korngrößen wird in Prozent der Trockenmasse angegeben. Damit auch die kleineren Kornfraktionen berücksichtigt werden können, wird die Körnungslinie im einfach logarithmischen Maßstab (Abszisse) dargestellt. Die linear eingeteilte Ordinate spiegelt den Kornsummenwert (auch als Siebdurchgang bezeichnet) bei einem jeweiligen Grenzdurchmesser d wieder. Die Körnungslinie gibt Auskunft über die Bodenart sowie evtl. Beimengungen und erlaubt Schlüsse über Reibungswinkel, kapillare Steighöhe und Durchlässigkeit eines Bodens.

Die Steigung der Körnungslinie gibt die Gleichförmigkeit bzw. Ungleichförmigkeit eines Bodens an und ermöglicht eine Beurteilung der Verdichtbarkeit nichtbindiger bis schwach bindiger Böden.

Der zahlenmäßige Ausdruck dafür ist die Ungleichförmigkeitszahl.

Aus der Körnungslinie können weiterhin die Kornziffer und die Krümmungszahl $C = d_{30}^2 / (d_{60} \cdot d_{10})$ bestimmt werden (d_{10} , d_{30} , d_{60} sind die Korngrößen in mm, bei denen die Summenkurve die 10%- , 30%- bzw. 60% - Linie schneidet).

Nach Trennung der Siebanteile wurden folgende Gehalte in M.-% ermittelt:

Entnahme aus Bohrung	Entnahm- tiefe m u. GOK	Ton M.-%	Schluff M.-%	Sand M.-%	Kies / Steine M.-%	d_{60} / d_{10}
RKS 2	1,00 - 2,40	21,0	53,9	25,0	---	---
RKS 4	1,00 - 3,00	35,8	47,9	16,4	---	---

Tabelle 2: Ergebnis Vorabsiebung

Das Ergebnis wird als Summenkurven in der **Anlage 3** dargestellt.

Entsprechend den Massenkornanteilen werden die Laborproben nach bodenmechanischer Definition beschrieben zu:

Zeile 1 → **Schluff, tonig, feinsandig**

Zeile 2 → **Schluff, stark tonig, feinsandig**

Natürliche Wassergehalte

Die Bestimmung des Wassergehaltes erfolgt durch Ofentrocknung. Der Wassergehalt wird durch Wiegen der Probe vor und nach dem Trocknen bei 105°C bestimmt.

Das Trocknen wird so lange fortgesetzt, bis sich die Masse der Probe nicht mehr ändert. Die getrocknete Probe wird in einen Exsikkator gestellt und nach Abkühlen auf Raumtemperatur gewogen.

Der Wassergehalt ist das Verhältnis der Masse des Wassers zur Masse des trockenen Bodens.

Er dient als Hilfsgröße bei der Auswertung anderer bodenmechanischer Versuche wie z.B.:

- Bestimmung der Konsistenz
- Proctorversuch - Verdichtbarkeit
- Kontrolle der Verdichtung

Der natürliche Wassergehalt w_n für die untersuchten Proben beträgt:

Ent- nahme- stelle	Tiefe [m]	Wasser- gehalt wn [%]
RKS 1	0,0 - 0,65	27,59
RKS 1	0,65 - 1,0	19,57
RKS 1	1,0 - 2,5	17,20
RKS 1	2,5 - 3,0	13,36
RKS 1	3,0 - 3,5	22,06
RKS 1	3,50 - 5,0	14,74
RKS 2	0,0 - 0,65	26,71
RKS 2	0,65 - 1,0	25,40
RKS 2	1,0 - 2,4	20,17
RKS 2	2,4 - 3,0	16,28
RKS 2	3,0 - 5,0	13,91
RKS 3	0,0 - 0,7	25,13
RKS 3	0,7 - 1,0	23,13
RKS 3	1,0 - 2,2	18,39
RKS 3	2,5 - 3,0	17,18
RKS 3	3,0 - 5,0	28,76
RKS 4	0,0 - 0,5	28,05
RKS 4	0,5 - 1,0	21,28
RKS 4	1,0 - 3,0	18,21
RKS 4	3,0 - 4,5	25,05
RKS 4	4,5 - 5,0	12,45
RKS 5	0,0 - 1,0	23,04
RKS 5	1,0 - 1,6	23,15
RKS 5	1,6 - 3,0	21,17
RKS 5	3,0 - 4,2	18,89
RKS 5	4,2 - 5,0	22,10
RKS 6	0,0 - 0,8	23,01
RKS 6	0,8 - 1,0	23,68
RKS 6	1,0 - 2,2	18,97
RKS 6	2,2 - 3,0	23,73
RKS 6	3,0 - 5,5	30,85
RKS 6	5,5 - 6,0	34,47

Tabelle 3: Ergebnis natürliche Wassergehaltsbestimmung

Nach dem Befund der Wassergehaltsbestimmung beschreiben die untersuchten Proben in Abhängigkeit ihres bodenarttypischen Wasserbindevermögens eine normale (erdfeuchte) bis deutlich überhöhte Feuchtebeanspruchung.

4.5 Dynamische Widerstandsmessungen

Zur Bestimmung der dynamischen Eindringwiderstände und zur Bestätigung der sensitiven Bodenansprache wurden zusätzlich Rammsondierungen mit der dynamischen (schweren) Rammsonde (DPH) nach DIN EN ISO 22476-T. 2 ausgeführt.

Bei der Rammsondierung wird der Eindringwiderstand einer Sondierspitze genormten Durchmessers gemessen, die mit einer definierten Rammenergie (Fallhöhe und Fallgewicht) senkrecht in den Untergrund gerammt wird. Hierbei wird die Anzahl der Schläge des Fallgewichtes pro 10 cm Eindringung (N_{10}) mit vorgegebener Fallhöhe gezählt.

Die Ergebnisse werden als Widerstandslinie in einer Stufengrafik dargestellt.

Die Auswertung der Rammsondierung erfolgt unter Beachtung der allgemeinen Grundsätze der DIN EN ISO 22476-2 auf der Grundlage einer Gegenüberstellung von Schlagzahlbereichen und Lagerungsdichte bei grobkörnigen Böden und von Schlagzahlbereichen und Konsistenz bei feinkörnigen Böden.

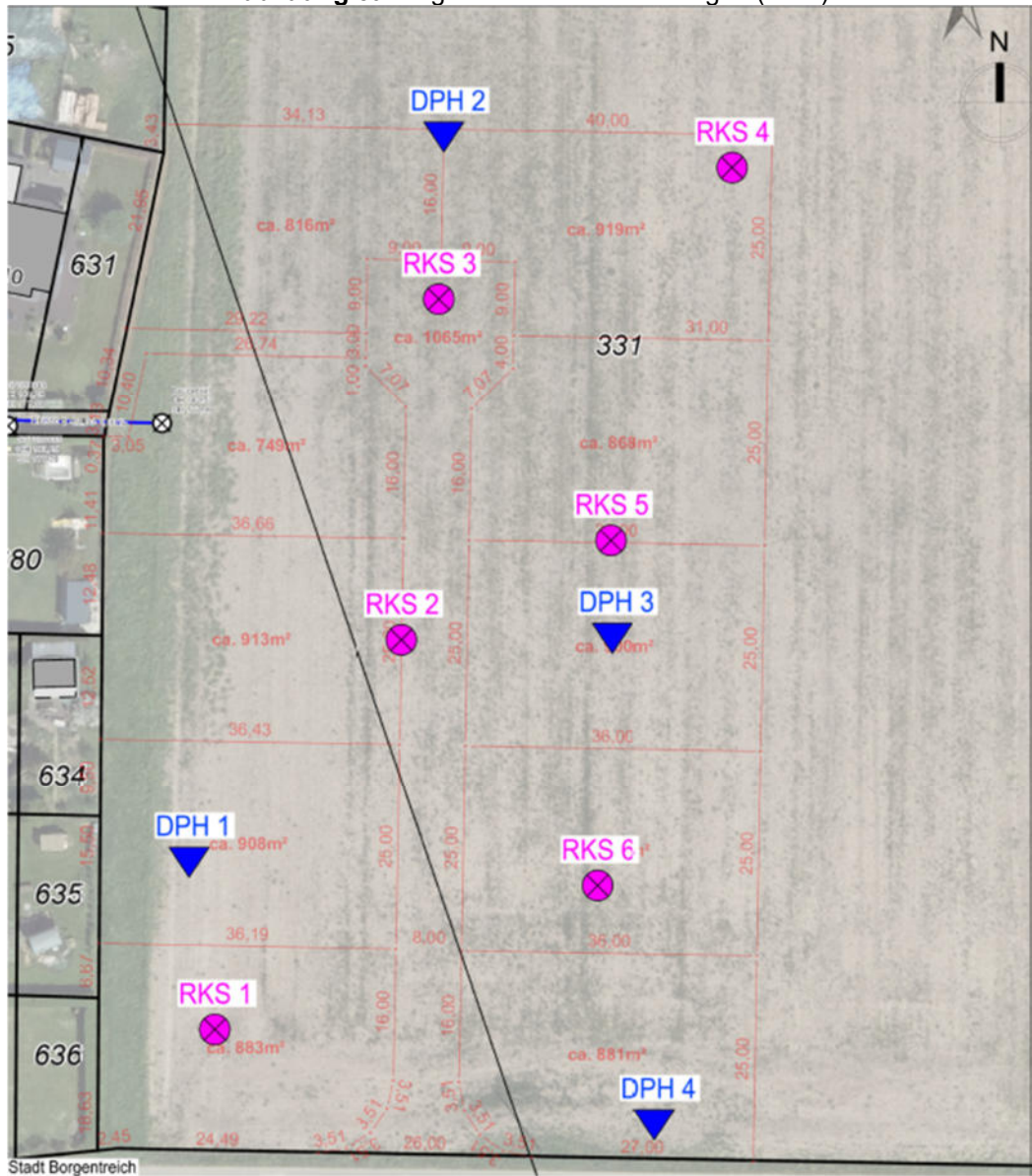
Bei der Auswertung wird nach PRINZ / STRAUSS, (2017), Tabelle 4.8 berücksichtigt:

Konsistenz	DPH N_{10}
weich	2 - 5 (4)
steif	(4) 5 - 9 (8)
halbfest	(8) 9 - 17
fest	>17

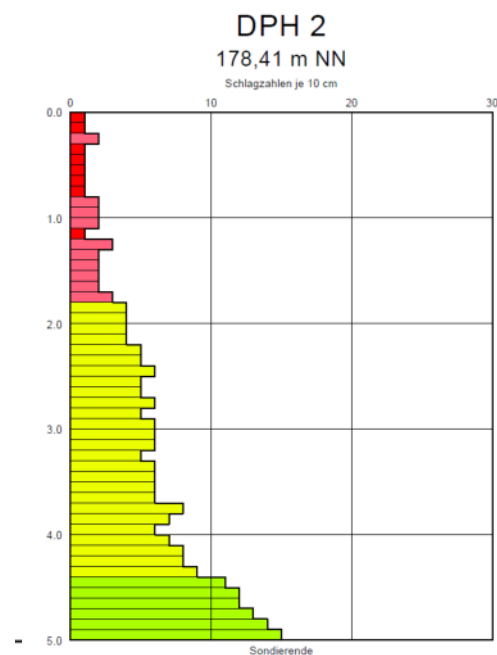
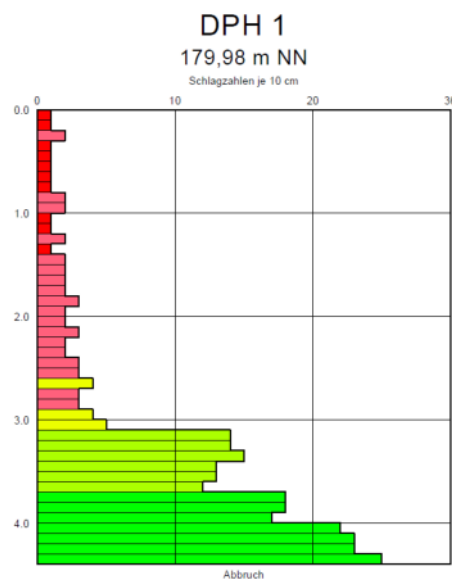
Tabelle 4: Einteilung Konsistenz nach Schlagzahlen der schweren Rammsonde

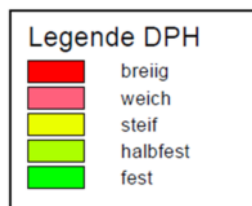
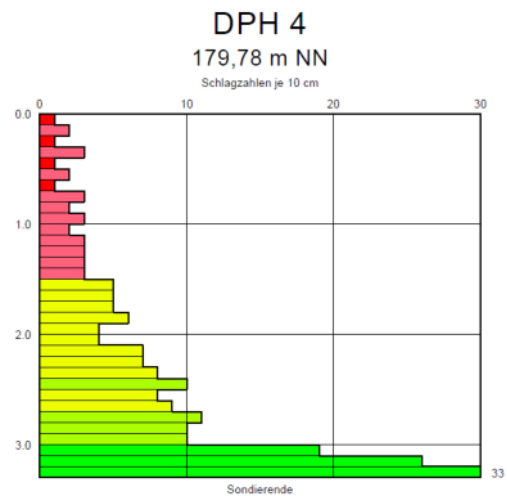
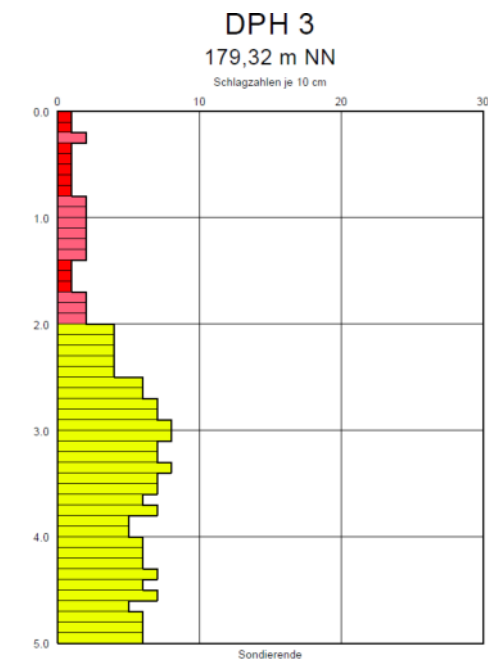
Nachfolgend wird das Ergebnis der Prüfstellen wiedergegeben.

Abbildung 3a: Lage der Rammsondierungen (DPH)



Abbildungen 3b bis 3e: Widerstandslinien der Rammsondierungen





Interpretation des Prüfbefundes:

Die Befunde zeigen ein differenziertes Bild der anstehenden Bodeneigenschaften. Gemäß den Widerständen bilden sich in den südlichen Prüfbereichen DPH 2 und DPH 4 insgesamt günstigere Ergebnisse ab, während in der mittleren und nordseitigen Prüfstellen DPH 2 und DPH 3 tiefer reichende Bodenzonen geringerer Steifigkeiten zeigen.

Insgesamt ist jedoch eine geringe Steifigkeit des Untergrundes innerhalb der geländenahe Untergrundzone zu erwarten. Dessen Tiefenbereich schwankt zwischen etwa 1,5 und 3 m unter GOK. Darunter nehmen die Widerstände mit höherwertigen Steifigkeiten zu.

Mit dem Übergang in die verwitterten Gesteine des Keupers sind "halbfeste" und rasch zunehmend "feste" Verhältnisse anzutreffen, wodurch signifikante Verbesserungen der Verformungsunempfindlichkeiten bei Lastaufbringung einhergehen.

In der **Anlage 4** sind nochmal separate Darstellungen der Stufengrafiken abgebildet.

4.6 Charakteristische Bodenkennwerte

Bis zur **maximalen Tiefe der Erkundungsstellen** werden die angetroffenen Bodenschichten hinsichtlich ihrer wahrscheinlichen Kennwerte abgeleitet und sind **Mittelwerte**. Die Kennwerte der Tabelle gelten für den natürlichen, d.h. ungestörten Zustand.

Bodenschicht	Wichte γ / γ' kN / m ³	Reibungs- winkel ϕ' Grad	Steife- modul E_s kN / m ²	Kohäsion c' / c_u kN / m ²
Schluff, humos (Oberboden)	17,0 / 7,0	17,5	kein Lastboden	0,0 / 15,0
Schluff (Quartär)	19,5 / 9,5	22,5	5.000	5,0 / 25,0
Ton (Quartär)	19,5 / 9,5	22,5	4.000	15,0 / 50,0
Kies, bindig (Verwitterungszone, Mittlerer Keuper)	20,5 / 10,5	35,0	30.000	0,0 / 5,0
Schluff, kiesig, Schluffstein (Verwitterungszone, Mittlerer Keuper)	20,5 / 10,5	30,0	8.000	2,0 / 5,0
Ton (Verwitterungslehm, Mittlerer Keuper)	20,5 / 10,5	25,0	20.000	35,0 / 75,0
Tonstein, Schluffstein (Verwitterungszone, Mittlerer Keuper)	21,0 / 11,0	35,0	80.000	0,0 / 0,0

Tabelle 5: Charakteristische Bodenkennwerte

4.7 Bautechnische Einteilung

Nach den örtlichen Feststellungen ist der angrenzende Untergrund bis zur maximalen Erkundungstiefe für bautechnische Zwecke wie folgt einzuordnen:

Bodenschicht	Boden- gruppe DIN 18196	Klassifikation DIN 18196	Boden- klasse DIN 18300	Homogen- bereich "Erdarbeiten" *)	Frost- empfindlichkeit ZTVE - StB
Schluff, humos (Oberboden)	OU	organogene Böden	1	A	F 2
Schluff (Quartär)	UM, UL, UM - UL, UM - TM	bindige, feinkörnige Böden	4 - bei erhöhter Feuchtean- reicherung Übergang in BKL 2 möglich	B	F 3
Ton (Quartär)	TM, TL	bindige, feinkörnige Böden	4	B	F 3
Kies, bindig (Verwitterungszone, Mittlerer Keuper)	GU	schwach bindige, gemischt- körnige Böden	3	C	F 2
Schluff, kiesig, Schluff- stein (Verwitterungs- zone, Mittlerer Keuper)	UL - GU	bindige, feinkörnige und schwach bindige, gemischt- körnige Böden	4	B	F 3
Ton (Verwitterungslehm, Mittlerer Keuper)	TM	bindige feinkörnige Böden	4	B	F 3
Tonstein, Schluffstein (Verwitterungszone, Mittlerer Keuper)	-----	-----	4-6	D	F 3

Tabelle 6: Bautechnische Einteilung

*) Vorschlag - ohne VOB-verbindlichen Charakter

Erläuterungen zu den Einteilungen

➤ Bodengruppen (DIN 18196)

- **GE:** enggestufte Kiese **GW:** weitgestufte Kies - Sand - Gemische **GI:** intermittierend gestufte Kies - Sand - Gemische
- **SE:** enggestufte Sande **SW:** weitgestufte Sand - Kies - Gemische **SI:** intermittierend gestufte Sand - Kies - Gemische
- **GU bzw. GU*:** Kies - Schluff - Gemische **GT bzw. GT*:** Kies - Ton - Gemische
- **SU bzw. SU*:** Sand - Schluff - Gemische **ST bzw. ST*:** Sand - Ton - Gemische
- **UL:** leicht plastische Schluffe **UM:** mittelpastische Schluffe **UA:** ausgeprägt plastische Schluffe
- **TL:** leicht plastische Tone **TM:** mittelpastische Tone **TA:** ausgeprägt plastische Tone
- **OU:** Schluffe mit organischen Beimengungen **OT:** Tone mit organischen Beimengungen
- **OH:** grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art **HN:** nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus)
- **HZ:** zersetzte Torfe **A:** Auffüllungen

➤ Bodenklassen (DIN 18300 und VOB "Erdarbeiten"):

- **Bodenklasse 1:** Oberboden (Mutterboden) - oberste Bodenschicht, die neben anorganischen Stoffen auch Humus und Bodenlebewesen enthält.
- **Bodenklasse 2:** Fließende Bodenarten - von flüssiger bis zähflüssiger Beschaffenheit, die das Wasser schwer abgeben.

- **Bodenklasse 3:** Leicht lösbare Bodenarten - nicht bindige bis schwach bindige Sande, Kiese, und Sand - Kies - Gemische mit bis zu 15 Gewichtsprozent Beimengungen an Schluff und Ton und mit höchstens 30 Gew.-% Steinen über 63 mm Korngröße und bis zu 0,01 m³ Rauminhalt. Organische Bodenarten mit besserer als breiiger Konsistenz sowie Torfe.
- **Bodenklasse 4:** Mittelschwer lösbare Bodenarten - Gemische von Sand, Kies, Schluff und Ton mit einem Anteil von mehr als 15 Gew.-%, sowie bindige von leichter bis mittlerer Plastizität und höchstens 30 Gew.-% Steine von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt.
- **Bodenklasse 5:** Schwer lösbare Bodenarten - Bodenarten nach den Bodenklassen 3 und 4, jedoch mit mehr als 30 Gew.-% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt. Ebenso nicht bindige und bindige Bodenarten mit höchstens 30 Gew.-% Steinen von über 0,01 m³ bis 0,1 m³ Rauminhalt sowie ausgeprägt plastische Tone, die je nach Wassergehalt weich bis fest sind.
- **Bodenklasse 6:** Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt haben, jedoch stark klüftig, brüchig, bröckelig, schiefrig, weich oder verwittert sind, sowie vergleichbare verfestigte bindige und nicht bindige Bodenarten, wie sie z.B. durch Austrocknen, Gefrieren oder chemischen Bindungen hervorgerufen werden; nicht bindige und bindige Bodenarten mit mehr als 30 Gew.-% Steinen von über 0,01 m³ bis 0,1 m³ Rauminhalt.
- **Bodenklasse 7:** Schwer lösbarer Fels - Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt und hohe Gefügesteifigkeit haben und die nur wenig klüftig oder verwittert sind. Festgelagerter, unverwitterter Tonschiefer, Nagelfluhschichten, Schlackenhalde der Hüttenwerke sowie dergleichen.

➤ **Homogenbereiche (DIN 18300 (2015) und VOB / C "Erdarbeiten"):**

- **Definition:** Gemäß ATV DIN 18304 (2012) sind Boden und Fels in Homogenbereiche (Schichteneinteilung) einzuteilen. Ein Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich aus einer oder mehreren Boden- und Felsschichten nach DIN 4020 und DIN EN 1997, T. 2, dessen bautechnische Eigenschaften eine definierte Streuung aufweisen und sich von den Eigenschaften der abgegrenzten Bereiche abheben.
- Die DIN 18300 (2012) wurde zurückgezogen - die Einteilung in Bodenklassen (bisher 1 - 7) entfällt.

➤ **Frostempfindlichkeit (ZTVE - StB):**

- **Frostempfindlichkeitsklasse F1:** nicht frostempfindlich
- **Frostempfindlichkeitsklasse F2:** gering bis mittel frostempfindlich
- **Frostempfindlichkeitsklasse F3:** sehr frostempfindlich

Hinweis: Die Abschätzung der Werte für die Homogenbereiche erfolgt auf Grundlage der durchgeführten Untersuchungen und der Erfahrung aus Projekten mit ähnlichen / vergleichbaren Böden sowie auf Grundlage von Literatur- und Tafelwerten. Die Angabe der nach DIN 18300 vorgesehenen Kennwerte für die Homogenbereiche ist mit entsprechender Genauigkeit und Aussagekraft nur auf der Grundlage eines entsprechenden Umfangs an Feld- und Laboruntersuchungen möglich.

4.8 Durchlässigkeit und Versickerungsfähigkeit

Zur Bestimmung der hydraulischen Leitfähigkeit (= Wasserdurchlässigkeit) für den Untergrund oberhalb der Grundwasseroberfläche ist es notwendig, den k_f - Wert (so genannter "Durchlässigkeitsbeiwert") festzulegen. Für die Bodenschichten bis in maximale Tiefe des Erkundungsaufschlusses werden die Durchlässigkeiten nach Erfahrung wie folgt abgeschätzt:

Bodenschicht	k_f - Wert m / s	Durchlässigkeit nach DIN 18130
Schluff, humos (Oberboden)	10^{-5} - unter 10^{-6}	durchlässig bis schwach durchlässig
Schluff (Quartär)	unter 10^{-6} - unter 10^{-8}	schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig
Ton (Quartär)	unter 10^{-8}	sehr schwach durchlässig
Kies, bindig (Verwitterungszone, Mittlerer Keuper)	10^{-5} - unter 10^{-6}	durchlässig bis schwach durchlässig

Fortsetzung nächste Seite

Schuff, kiesig, Schluffstein (Verwitterungszone, Mittlerer Keuper)	unter 10^{-6} - unter 10^{-8}	schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig
Ton (Verwitterungslehm, Mittlerer Keuper)	unter 10^{-8}	sehr schwach durchlässig
Tonstein, Schluffstein (Verwitterungszone, Mittlerer Keuper)	unter 10^{-8}	sehr schwach durchlässig

Tabelle 7: Abschätzung Durchlässigkeit

4.9 Erdbebensicherheit

Nach DIN EN 1998-1 / NA: 2011-01 und der aktuellen zugehörigen "Karte der Erdbebenzonen in der Bundesrepublik Deutschland" gehört die Umgebung zu **keiner Erdbebenzone**.

4.10 Bauchemische Bodenanalyse

Zur Prüfung möglicher betonschädlicher Beimengungen im Untergrund wurden aus dem anstehenden Untergrund Proben entnommen und zu einer Mischprobe zusammengestellt wie folgt:

RKS 1	0,65 - 1,0 m
RKS 1	1,0 - 2,5 m
RKS 1	2,5 - 3,0 m
RKS 1	0,3 - 1,0 m
RKS 1	3,0 - 3,5 m
RKS 1	3,5 - 5,0 m
RKS 2	0,65 - 1,0 m
RKS 2	1,0 - 2,4 m
RKS 2	2,4 - 3,0 m
RKS 2	3,0 - 5,0 m
RKS 3	0,7 - 1,0 m
RKS 3	1,0 - 2,2 m
RKS 3	2,5 - 3,0 m
RKS 3	3,0 - 5,0 m

Tabelle 8: Zusammenstellung Mischprobe

Die folgende Tabelle gibt die Grenzwerte zur Einordnung des Angriffgrads nach DIN 4030 an (Tabelle entnommen aus Baustoffchemie,.. Springer Verlag, Tab. 4.38)

Tabelle 4.38: Angreifende Bestandteile in Wässern zur Einordnung des chemischen Angriffs (DIN 4030 und EN 206)

Angreifende Bestandteile	Prüfverfahren	Angriffsgrad (Expositionsklasse)		
		Schwach (XA1)	Mäßig (XA2)	Stark (XA3)
Grundwasser				
pH-Wert	ISO 4316 DIN 4030-2	≤ 6,5 und ≥ 5,5	< 5,5 und ≥ 4,5	< 4,5 und ≥ 4,0
Kalklösendes CO ₂ in $\frac{\text{mg}}{\text{l}}$	DIN 4030-2	≥ 15 und ≤ 40	> 40 und ≤ 100	> 100 bis Sättigung
Ammonium NH ₄ ⁺ in $\frac{\text{mg}}{\text{l}}$	ISO 7150-1 ISO 7150-2 oder DIN 4030-2	≥ 15 und ≤ 30	> 30 und ≤ 60	> 60 und ≤ 100
Magnesium Mg ²⁺ in $\frac{\text{mg}}{\text{l}}$	ISO 7980 oder DIN 4030-2	≥ 300 und ≤ 1 000	≥ 1 000 und ≤ 3 000	> 3 000 bis Sättigung
Sulfat SO ₄ ²⁻ in $\frac{\text{mg}}{\text{l}}$	DIN EN-196-2 DIN 4030-2	≥ 200 und ≤ 600	> 600 und ≤ 3 000	> 3 000 und ≤ 6 000
Boden				
Säuregrad des Bodens in $\frac{\text{ml}}{\text{kg}}$	DIN 4030-2	> 200 Baumann-Gully	In der Praxis nicht anzutreffen	
Sulfat in $\frac{\text{mg}}{\text{kg}}$ insgesamt	DIN EN 196-2	≥ 2 000 und ≤ 3 000	> 3 000 und ≤ 12 000	> 12 000 und ≤ 24 000

Tabelle 9: Grenzwerttabelle nach DIN 4030

Die Probenentnahme und Analytik erfolgten auf der Grundlage:

- Norm Entwurf **DIN 4030-1**, Ausgabe: 2006-09
Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase - Teil 1: Grundlagen und Grenzwerte
- Norm-Entwurf **DIN 4030-2**, Ausgabe: 2006-09
Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase
Teil 2: Entnahme und Analyse von Wasser- und Bodenproben

Das Ergebnis der Analytik ist in der **Anlage 5** beigefügt. Der Analysebefund hat folgendes Ergebnis bestimmt:

Parameter	MP
SO_4	221 mg / kg
Säuregrad nach Baumann - Gully	42 ml / kg

Tabelle 10: Ergebnisse ausgewählter Parameter der DIN 4030 für betonangreifende Stoffe

Gemäß dem Befund ist dem analysierten Material **kein Angriffsgrad** zuzuordnen:

Die ermittelten Werte sind ergänzend vom Betonlieferanten hinsichtlich der erforderlichen Betonrezeptur zu beurteilen.

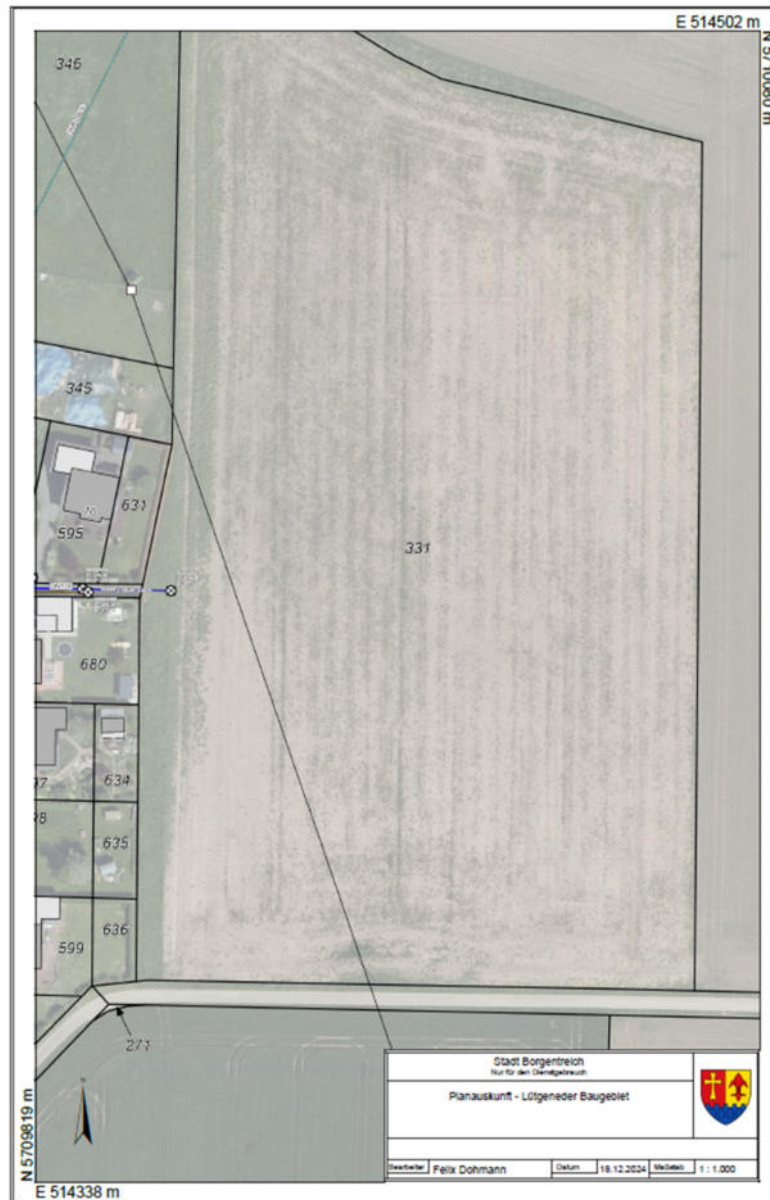
5. Ingenieurgeologische Beratung

5.1 Vorbemerkungen

Innerhalb des zukünftigen Baugebietes werden zunächst Erschließungsarbeiten mit dem Bau von Kanälen, Wasserleitungen und Straßen erforderlich.

Die nachstehende Abbildung zeigt in einer Übersicht das Projektgelände.

Abbildung 4: Lage des Plangebietes



Quelle: Stadt Borgentreich

Konkrete Planungsvorgaben lagen während der Bearbeitung noch nicht vor.

Im Regelfall werden für die Baumaßnahmen folgende geotechnischen Angaben benötigt:

5.2. Kanalbau

- Anforderungen an den Verbau
- Grundwasserhaltung
- Verdichtungsverhalten
- Setzungsempfindlichkeit
- Bodenaustausch / -verbesserung
- Grundwasserstände
- Erforderliche Rohrauflagerung
- Wiederverwendbarkeit des Aushubbodens für Kanalverfüllung

5.3. Wasserleitungsbau

wie 1.

5.4. Straßenbau

- Frostsicherheit
- Verdichtungsfähigkeit
- Tragfähigkeit
- Setzungsempfindlichkeit
- Bodenaustausch / -verbesserung
- Untergrundbeschaffenheit
- Grundwasserstände, Versickerungsmöglichkeiten
- Straßenaufbau

In Erweiterung der Auftragsvorgabe sollte für die zukünftige Bebauung mit Errichtung von ein- bis zweigeschossigen Wohnhäusern (mit / ohne Unterkellerung) eine Erstbewertung der Gründungserfordernisse bearbeitet werden. Zur Bebauung ergeben sich u.a. folgende ingenieurgeologische Fragen:

5.5. Gebäudeerrichtung

- Gründung
- Frostsicherheit
- Erdbau
- Baugrubensicherung
- Wasserhaltung
- Arbeitsraumverfüllung

Auf der Grundlage der vorgenannten Erhebungen werden mit den nachfolgenden Abschnitten die Anforderungen ingenieurgeologisch bearbeitet.

5.2 Kanalbau

Für das Erschließungsgebiet wird der Bau von Leitungsanlagen vorgesehen. Die Trassierung orientiert sich dabei an den ebenfalls neu zu bauenden Erschließungsstraßen. Leitungsformate und -material sowie Verlegetiefen sind bisher noch nicht bekannt. Vorab wird von Einbindetiefen bis 3 m unter derzeitigen Geländeniveau ausgegangen

Die DIN EN 1610 - "*Verlegung, Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen*" setzt voraus, dass für die Bettung von Kanalrohren ein gleichmäßiger, relativ feinkörniger Boden ansteht, der eine Unterstützung der Rohre über deren gesamte Länge zulässt.

Der anstehende geogene Untergrund wird gemäß den bodenkundlichen Feststellungen in den erwartenden Tiefenbereichen von Lehmen in weich bis halbfester Konsistenz und vereinzelt von schluffigen Kiesen in halbfester bis fester Zustandsform (Bereich RKS 1) geprägt.

Gemäß den Vorgaben der DIN 1610 sind zur Rohr - Auflagerausbildung rollige Böden geeignet, die gut verdichtbar sind.

Als gut verdichtbar gelten nach der Norm:

- ***stark sandige Kiese und sandige Kiese mit einem Sandanteil größer 15% und einem Ungleichförmigkeitsgrad $U \geq 10$***

Geeignet sind auch:

- ***stark sandige Brechsand - Splitt - Gemische mit Größtkorn 11 mm***
- ***Recycling - Baustoffe. Ihre Eignung und Umweltverträglichkeit ist nachzuweisen.***
- ***Recycling - Baustoffe für den Straßenbau, Gütesicherung RAL-RG 501/1***

Als Mindestdicke gibt die DIN 1610 an:

- ***bei normalen Bodenverhältnisse $d = 100 \text{ mm}$***
- ***bei Auflagerung auf Fels oder festgelagerten Böden $d = 150 \text{ mm}$***

Bei der erwarteten Einbindung in die Lehme wäre demnach eine Mindestauflagerdicke von 100 mm ausreichend. Örtlich anstehende verwitterte und festgelagerte Keupergeresteine erfordern hingegen eine Dicke von 150 mm.

In diesem Zusammenhang wird des Weiteren auf die ATV-DVWK-A 139 - "*Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen*" verwiesen, die ergänzende Hinweise und weiter gehende Ausführungen zur DIN 1610 beinhaltet.

Bei konsistenzabgeminderten Böden (z.B. "weich" oder "weich bis steif"), ist eine DIN - gemäßige Auflagerausbildung als nicht ausreichend anzusehen. Begründet wird dies durch die Gefahr von Lastkonzentrationen im Sohlbereich, wenn eine zu geringe Dicke gewählt wird. Ein Nachverdichten ist in überhöht feuchten Böden nicht zweckmäßig und auch nicht geeignet, da hier möglicherweise eine Aufweichung infolge hochziehender Bodenfeuchte zu befürchten ist (Thixotrophieeffekt).

Konsistenzabgeminderte Böden sollten vollständig ausgekoffert und durch Erhöhung der unteren Bettungsschicht ausgeglichen werden.

Sofern konsistenzabgeminderte nicht vollständig ausgekoffert oder aufgrund der verbleibenden Restdicke zwischen Rohrsohle und ausreichend tragfähigen Boden eine zu hohe Überbrückung erforderlich wird, kann zur Gewährleistung einer gleichmäßigen Druckverteilung im Auflagerbereich ausgeführt werden:

Bodenaustausch in Mindestdicke von $d = 0,50$ m gemäß vorstehenden Erdbaustoff - Vorgaben und zusätzliches Einlegen eines Geogitters mit Filtervlies. Empfohlen wird ein biaxial gestrecktes und knotensteifes Geogitter mit Filtervlies des Typs TENAX GT HM 3 mit aufkaschiertem Vlies.

Das Geogitter wird über die gesamte Grabenbreite aufgelegt, beiderseitig der Grabenwandung entsprechend der Schichtdicke des Bodenaustausches hoch geführt und zwischen dieser und der unteren Bettungsschicht verlegt.

Entlang der Grabenlängsseite ist im Bereich der Bahnenstöße eine Mindestüberlappung von $a = 0,30$ m sicherzustellen. Die Verlegung erfolgt grundsätzlich nach den Verlegevorschriften des Herstellers.

Für die Erdbaustoffe ist eine Verdichtung auf 95 % Proctordichte sicherzustellen.

Für die obere Rohrbettung, die Seitenverfüllung und die Abdeckzone gelten gleichfalls die Ausführungen der DIN 1610 und der ATV-DVWK-A 139.

Es sollte beachtet werden, dass die obere Bettungsschicht sorgfältig einzubauen ist, um zu gewährleisten, dass die Zwickel unter dem Rohr mit verdichtetem Material verfüllt sind (Hinweis in Ausschreibung empfohlen). Alternativ bietet sich die Verwendung von zeitweise fließfähige, selbst verdichtende Boden - Bindemittel - Gemische, Beton oder Porenbeton an.

Die Dicke der oberen Bettungsschicht wird über den statischen Nachweis vorgegeben.

Die Erdbaustoffe der oberen Bettungsschicht sind ebenfalls auf 95 % Proctordichte zu verdichten (DIN 1610).

Für die Gründung der Schachtbauwerke gilt ebenfalls bei Vorliegen konsistenzabgeminderter Untergrundverhältnisse die Forderung nach einem Bodenaustausch und Ersatz analog zur Leitungsgründung. Das Fundament wird als Stahlbetonfundamentplatte in Dicke von $d = 20$ cm ausgebildet. Die Platte ist entsprechend den statischen Erfordernissen zu bewehren (DIN 1045).

Entlang der Grabenabschnitte sind je nach der jahreszeitigen Baudurchführung und den dann herrschenden Witterungsbedingungen Auftritte von Grundwasserführungen zu berücksichtigen.

Das Erfordernis und die Bemessung der Wasserhaltungsmaßnahmen orientiert sich grundsätzlich an der jahreszeitig vorgesehenen Baudurchführung. An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass im Verlauf regenreicher Zeiten oder im Frühjahr aufgrund von Schneeschmelzen eine deutliche Erhöhung der Feuchteanreicherung und verstärkt Auftritte von Grundwasserführungen möglich sind. Zur Minimierung von Wasserhaltungsmaßnahmen sollten die erd- und rohrverlegetechnischen Arbeiten prinzipiell in die niederschlagsarmen Monate verlegt werden.

Wasserhaltungsmaßnahmen sind so zu treffen, dass die erd- und rohrverlegungstechnischen Arbeiten ohne Behinderung ausgeführt werden können.

Zur Auffangung und Ableitung anfallender Grundwässer werden abschätzend die Vorfahrung und der Einsatz von leistungsfähigen Schmutzwasser - Tauchpumpen erforderlich, die randlich außerhalb der Rohrverlegeposition in vertiefte Gruben eingestellt werden.

Ggf. werden je nach Bedarf entlang der Grabenseiten kiessandummantelte Drainageleitungen zu verlegen sein, die grundsätzlich nach Beendigung der Arbeiten "totzulegen" sind.

Um letztendlich eine geeignete und wirtschaftliche Einschätzung der Gegebenheiten und Erfordernisse hinsichtlich der Wasserhaltungsmaßnahmen treffen zu können und da die Verhältnisse je nach der jahreszeitigen Baudurchführung von den Erkundungsfeststellungen abweichen können, werden vor Baubeginn Baggerschürfgruben zur Prüfung der aktuellen Grundwassersituation empfohlen. Vorteil wäre auch, eine zutreffendere Prognose der Zulauftrate zu ermöglichen.

Für den Graben der Kanalabschnitte sind die DIN 4124 *"Baugruben und Gräben - Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau"* sowie alle anderen einschlägigen Vorschriften und insbesondere die Unfallverhütungsvorschriften zu beachten.

Für die Herstellung einer freien Grabenprofilierung mit abgeböschten Wandungen wird aufgrund der teilweise weichen Konsistenz und Wassersättigung der Lehme ein Böschungswinkel von $\beta = 45^\circ$ einzuhalten sein (vergl. DIN 4124, Abschn. 4.2.2, a).

Innerhalb der Flächenbereiche des zukünftigen Wohngebietes dürfte eine freie Grabenprofilierung allerorts möglich sein. Sollte dennoch die Notwendigkeit einer Grabensicherung mittels Verbausystem bestehen, empfiehlt sich grundsätzlich die Verwendung eines Normenverbau (z.B. Plattenverbau "Krings").

Bei Antreffen von Labilisierungen entlang der Einschnitte bzw. Böschungen sind unverzüglich Maßnahmen zur weiteren Abflachung oder andere geeignete Stützmaßnahmen einzuleiten.

Der Aushub der Gräben erfolgt unter Verwendung von leistungsfähigem Tieflöffelbaggergerät (mittlere Ausführung) mit glatter Schneidekante. Eine "Reißzähnebestückung" ist nicht anzuraten und notwendig.

Während der Aushubarbeiten angetroffene Aufweichungen in der Grabensohle sind vollständig auszuräumen und durch einbau- und verdichtungsfähige Erdbaustoffe zu ersetzen. Eine ausschließlich statische Verdichtung der Grabensohle wird ohnehin an-geraten (z.B. mit Hilfe eines so genannten Verdichterrades).

Bei der nach der Rohrgründung und -verlegung durchzuführenden weiteren Verfüllung ist zu beachten:

Bis mindestens 15 cm über dem Rohrschaft bzw. mindestens 10 cm über der Muffe (Abdeckzone) sind die Kanalleitungen mit steinfreiem Material abzudecken.

Nach ZTVE - StB sollte als Baustoff nur grobkörnige Böden und Baustoffe mit einem Größtkorn von 22 mm verwendet werden, wobei der Sandanteil überwiegen muss.

Bei den Verfüllarbeiten im Bereich der Seitenzonen ist besonders darauf zu achten, dass die Verfüllung und Verdichtung an beiden Rohrseiten gleichzeitig und gleichmäßig ausgeführt werden.
Gemäß ATV-A 139 darf die Verdichtung des Verfüllmaterials in der Seitenzone nur von Hand oder leichten Verdichtungsgeräten erfolgen. Der Einsatz von Fallgewichten sowie eine Verdichtung durch Schlagen oder Drücken z.B. mit dem Baggerlöffel sind nicht zulässig.

Die Böden sind in Lagen von $d = 0,30$ m einzubauen und je Einbaulage zu verdichten.

Der Verdichtungsgrad soll betragen: **$D_{pr} = 97\%$**

Die Einbau- und Verdichtungskriterien sind nach ZTVE - StB 09, Abschn. 9 bzw. Abschn. 4.3.2 (Tabelle 2) geregelt.

Der Rohrgraben ist entsprechend dem Merkblatt für das Verfüllen von Leitungsgräben (Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen, Köln) zu verfüllen.

Für die Grabenverfüllung oberhalb der Leitungszone (Hauptverfüllung) gilt vom Grundsatz her, dass bei Forderung nach einer langfristig setzungsfreien Oberfläche (Verkehrsflächen) nur einbau- und verdichtungsfähige Erdbaustoffe gemäß den Richtlinien der ZTV E - StB 09 "*Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau*" zu verwenden sind.

Der Einbau eines weitgestuften Korngrößengemisches aus Vorabsiebung kann gegebenenfalls zugelassen werden, sofern die Richtlinien der ZTV E eingehalten werden.

Die Einbau- und Verdichtungskriterien sind nach ZTVE, Abschn. 8 bzw. Abschn. 3.3.2 (Tabelle 3) geregelt.

Der Rohrgraben ist entsprechend dem Merkblatt für das Verfüllen von Leitungsgräben (Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen, Köln) zu verfüllen.

Der Verdichtungsgrad sollte betragen: **$D_{pr} = 97\%$**

Der Umfang der Eigenüberwachung ist der Tabelle 8 der ZTV E - StB 09 zu entnehmen. Hierbei beträgt der Mindestumfang 3 Prüfungen je 150 m Länge pro m Grabentiefe. Kontrollprüfungen sollten zweckmäßigerweise durch das Büro des Baugrundsachverständigen oder einem anderen öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen erfolgen.

Der Nachweis der ausreichenden Tragfähigkeit und Verdichtung wird durch Ausführung von Lastplattendruckversuchen nach DIN 18134 empfohlen.

Bindige Böden können aufgrund der Empfindlichkeit gegenüber erhöhter Feuchtebeanspruchung oder im jahreszeitigen Verlauf möglicherweise wechselnder Wassergehalte nicht ohne weiteres verwendet werden, da hierdurch die Verdichtungsfähigkeit bzw. -willigkeit einschränkt ist. Dies gilt ohnehin für die nach aktuellem Befund ange troffenen "weichen" oder "weich bis steifen" Lehme. Der Laborbefund hat für den maßgeblichen Untergrund teilweise Überhöhungen des natürlichen Wassergehaltes festgestellt.

Die Wassergehalte unterliegen im jahreszeitigen Verlauf erfahrungsgemäß größeren Schwankungsbeträgen. Daher wird vor der Entscheidung über die Eignung bzw. aktuell vor Beginn des Einbaus eine labortechnische Begleituntersuchung angeraten.

Bei zu hohem natürlichen Wassergehalt kann eine Verbesserung der Eigenschaften durch qualifizierte Bodenverbesserung erzielt werden (einarbeiten von Kalk / Zement als Mischbinder z.B. mittels Schaufelseparatorentechnik). Hierzu sind ebenfalls Eignungsuntersuchungen mit Wassergehaltsbestimmungen und Proctorversuche einzuplanen.

Die Eignung der Erdmassen und die Freigabe für bautechnische Zwecke erfolgt zweckmäßigerweise in enger und rechtzeitiger Abstimmung mit dem Baugrundsachverständigen. Gleiches gilt für etwaige Vergütungsmaßnahmen, Einbau, Verdichtung und Kontrolle.

Die Verdichtung der Schachtarbeitsräume ist sorgfältig durchzuführen. Dies betrifft auch den Straßenoberbau, da ungeeignete Verfüllungen und unzureichende Verdichtungen immer wieder zu Ringrissen im Asphalt oder Einsenkungen entlang des Schachtdeckels führen.

In der nachstehenden tabellarischen Zusammenstellung werden für die Verdichtungsarbeiten die jeweiligen Gerätearten, Schütthöhen und Zahl der Übergänge genannt.

Anhaltswerte für den Geräteeinsatz zur Verdichtung der Verfüllzone (ZTVA - StB)

Geräteart	Betriebs- gewicht kg	Bodengruppen								
		grobkörnige Böden GW, GI, GE, SW, SI, SE max. 5 M.-% Korndurchmesser ≤ 0,063 mm und gemischtkörnige Böden GU, GT, SU, ST max. 15 M.-% Korndurchmesser ≤ 0,063 mm			gemischtkörnige Böden ¹⁾ GU*, GT*, SU*, ST* 15 - 40 M.-% Korndurchmesser ≤ 0,063 mm			feinkörnige Böden ¹⁾ UL, UM, TL, TM > 40 M.-% Korndurchmesser ≤ 0,063 mm		
		Eig- nung	Schütthöhe cm	Zahl Überg.	Eig- nung	Schütthöhe cm	Zahl Überg.	Eig- nung	Schütthöhe cm	Zahl Überg.
Vibrationsstampfer / Schnellschlagstampfer	- 50 50 - 80 > 80	o o o	15 - 20 20 - 30 30 - 35	3 - 7 3 - 7 3 - 7	o o o	- 15 20 - 30 30 - 35	3 - 7 3 - 7 3 - 7	o o o	- 15 10 - 20 20 - 30	2 - 4 2 - 4 2 - 4
Vibrationsplatten / Flächenrüttler	- 150 150 - 400 > 400	+ + +	15 - 20 20 - 30 30 - 40	4 - 6 4 - 6 4 - 6	o o o	- 15 10 - 20 20 - 40	4 - 6 4 - 6 4 - 6	o	- - 20 - 30	- - 6 - 8
Vibrationswalzen - Walzenzug / Tandemwalze	- 3000 3000 - 7000 > 7000	+ + +	15 - 20 20 - 30 30 - 50	4 - 8 4 - 8 4 - 8	+ + +	15 - 20 20 - 30 30 - 40	4 - 8 4 - 8 4 - 8	+ + +	- 15 ²⁾ 20 - 30 ²⁾ 20 - 30 ²⁾	4 - 8 4 - 8 4 - 8

+ empfohlen

o meist geeignet

¹⁾ Wassergehalt $0,9 \cdot w_{pr} \leq 1,1 \cdot w_{pr}$

²⁾ mit Stampffußbandage

Tabelle 11: Verdichtung der Verfüllzone

Für die erdbautechnischen Prüfungen ist eine systematische Vorgehensweise gemäß dem Regelwerk der ZTV E einzuhalten. Als Methode wird die Überwachung des Arbeitsverfahrens nach Abschn. 14.2.4 vorgeschlagen. Die Überprüfung der Qualitätsanforderungen ist im Rahmen einer Fremdüberwachung und ebenfalls in enger Abstimmung mit dem Baugrundsachverständigen zu empfehlen.

5.3 Wasserleitungsbau

Die Erschließungsarbeiten umfassen die Verlegung von Wasserleitungen. Verlegetiefen sind bisher noch nicht bekannt. Erfahrungsgemäß werden diese mit 1,0 bis 1,5 m veranschlagt.

Der anstehende Untergrund wird gemäß den punktuellen bodenkundlichen Feststellungen bei Verlegetiefen von etwa 1,0 bis 1,5 m unter derzeitigem Geländeniveau teils von weichen oder weich bis steifen Lehmen bestimmt.

Für notwendige Wasserhaltungsmaßnahmen sollte in Anpassung an die örtlichen Gegebenheiten analog zum Kanalbau verfahren werden.

Die Rohrleitungszone (Auflager und Ummantelung) ist entsprechend den bestehenden technischen Vorschriften anzulegen.

Bei Einbindung in konsistenzabgeminderte Böden (z.B. "weich" oder "weich bis steif") ist eine Verbesserung der Tragfähigkeitseigenschaften mit Bodenaustausch und Ersatz in Erdbauweise oder Verfestigung mit Einarbeiten von Kalk / Zement zu empfehlen (z.B. mittels Schaufelseparatorentechnik).

Empfohlen wird die Rohrauf Lagerung auf der gesamten Länge aus steinfreiem Sand der Körnung 0 - 4 mm mit einer Einbauhöhe von 10 cm + 1/10 DN. Die Rohrummantelung sollte bis 30 cm über Rohrscheitel gleichfalls mit steinfreiem Kiessand der Körnung 0 - 4 mm ausgeführt werden. Auf der Rohrummantelung wird das Trassenwarnband mit Ortungsdraht verlegt.

Außerdem sind die gültigen Normen und Richtlinien sowie die Angaben des Rohrherstellers zu beachten.

Die erforderlichen Mindestgrabenbreiten richten sich nach DIN 4124. Nicht verbaute Gräben sind gleichfalls unter Berücksichtigung der vorgenannten DIN anzulegen. Danach können Gräben bis höchstens 1,25 m Tiefe ohne besondere Sicherung mit senkrechten Wänden hergestellt werden.

Vom Grundsatz her wird vorausgesetzt, dass die angrenzende Geländeoberkante eine Neigung von:

$\leq 1 : 10$ → bei nichtbindigen Böden

$\leq 1 : 2$ → bei bindigen Böden

aufweist.

Bei steifkonsistenten bindigen Böden ist eine Abgrabungstiefe von 1,75 m zulässig, wenn der mehr als 1,25 m über der Sohle liegende Teil der Grabenwandungen unter einem Winkel von $\beta \leq 45^\circ$ profiliert wird und die angrenzende Geländeoberfläche nicht steiler als 1 : 10 ansteigt. Bei tieferen Einschnitten wird eine Grabenstützung erforderlich.

Für die Verfüllung des Grabens ist analog zu der Verfüllung des Kanals zu verfahren (s. vorherigen Abschnitt).

5.4 Straßenbau

Innerhalb des Projektgebietes werden neu zu bauende Erschließungsstraßen angelegt. Angaben zur Bauweise und Belastungsklasse gemäß RStO) - *"Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen"* liegen noch nicht vor.

Vorbehaltlich der Bestätigung durch den Bauherrn / Planer und auf der Grundlage vergleichbarer Erschließungsvorhaben, wird vorerst **Belastungsklasse Bk0,3 / Bk1,0** angenommen.

Es wird empfohlen, bei der Anlegung der Verkehrsflächen u.a. grundsätzlich die Richtlinien, Normen und Merkblätter gemäß Abschn. 2 in ihrer jeweils neuesten Fassung zugrunde zu legen.

Das Gebiet zählt nach RStO, Bild 6, zur **Frosteinwirkungszone II**.

Gemäß den RStO - Regeln wird aufgrund der Frostempfindlichkeitsklasse die Bauweise nach Tafel 1 (Bauweise mit Asphaltdecke für Fahrbahn auf F 2 - und F 3 - Untergrund / Unterbau) festgelegt.

Der Ausgangswert für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus erfolgt unter Berücksichtigung der RStO 01, Tabelle 6. Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse werden nach Tabelle 7 des Regelwerkes festgelegt. Die Einordnung in die Frosteinwirkungszone II erfordert eine Mehrdicke infolge der örtlichen Verhältnisse von $d = 0,05 \text{ m}$.

Ungünstige Wasserverhältnisse liegen vor, so dass nach Tabelle 7, Zeile 3.2, ein weiterer Zuschlag von $d = 0,05 \text{ m}$ erforderlich wird (vergl. auch RStO, Tab. 7).

Für mineralische Bestandteile der Oberbaukonstruktion sollte nach den Kriterien der ZTV SoB-StB bzw. TL SoB-StB gewährleistet werden, wonach frostunempfindliche und -beständige Mineralstoffgemische zu verwenden sind, die auch im verdichteten Zustand ausreichend wasserdurchlässig sind. Dies gilt im Übrigen sowohl für den Bau- als auch für den Betriebszustand. Empfohlen wird ein Material 0 / 32 oder 0 / 45 mm gemäß den genannten Regelwerken.

Der Nachweis der Eignung ist prinzipiell durch anerkanntes Prüfzeugnis zu erbringen.

Es ist weiterhin zu beachten, dass der Verdichtungsgrad D_{pr} = der Tragschicht (= Frostschutz-)schicht 103 % nicht unterschreiten darf. In diesem Zusammenhang wird auf Abschnitt 2.2.4.2 der ZTV SoB-StB verwiesen. Der Prüfumfang ist in Abschn. 3 festgelegt.

Für die Gründung von Verkehrsflächen sind nach ZTV E - StB für den Untergrund die Einhaltung bestimmter Leistungsmerkmale zu berücksichtigen. Die Vorgaben umfassen im Wesentlichen, dass bei Einhaltung des Mindestverformungsmoduls von

$E_{v2} = 45 \text{ MN} / \text{m}^2$ bei Bauweisen auf F 3 - Boden

$E_{v2} = 70 \text{ kN} / \text{m}^2$ bei Bauweisen auf F 2 - Boden
(z.B. bei qualifizierter Bodenverbesserung in möglichen
Geländeauftragsbereichen oder Verbesserung
der Untergrundtragfähigkeit bei Nichterreichen der
vorstehenden Tragfähigkeitsanforderungen)

(ermittelt durch den Lastplattendruckversuch nach DIN 18134) und eines bodenmechanischen Verdichtungsgrades (gem. ZTVE - StB) auf dem Planum im Bauzustand ein ausreichend tragfähiger Untergrund vorhanden ist. Hiervon ausgehend wird eine empirische Langzeitstandfestigkeit abgeleitet.

Erfahrungsgemäß werden die Vorgaben an den Untergrund bei Vorliegen einer halbfesten bis festen Konsistenz oder dichten Lagerung erreicht. Bei Nichteinhaltung der Anforderungen wird es erforderlich, den Untergrund zu vergüten.

Aufgrund der plastischen Eigenschaften und der sensitiv zugeordneten "weichen" bzw. "weich bis steifen" Konsistenz werden die Mindestanforderungen für die unterhalb des Oberbodens anstehenden Lehme nicht zu erreichen sein.

Die Böden sind im Hinblick auf das Planungsvorhaben somit als unzureichend tragfähig zu beurteilen und darüber hinaus sehr frostempfindlich.

Nach vorläufiger Einschätzung werden die Verformungsmoduln auf dem unverbesserten Erdplanum bei ca. 10 bis 15 MN / m² liegen. Insofern sind zur Gewährleistung ausreichender Tragfähigkeiten Bodenverbesserungsmaßnahmen angezeigt. Empfohlen wird die Bodenverbesserung mit hydraulischen Bindemitteln durch Einarbeiten von Kalk / Zement (z.B. Mischbinder). Zielsetzung ist die dauerhafte Tragfähigkeit, Wasserunempfindlichkeit und Frostbeständigkeit.

Nach den Prüfvorschriften der TP BF - StB, Teil B 11.3, Abschn. 4.5.1, Tab. 2, kann nach den bodenspezifischen Erfahrungswerten für die Bindemittelmenge bei Bodenverbesserungen und qualifizierten Bodenverbesserungen für feinkörnige Böden unter Verwendung von Zement nach DIN EN 197-1 und DIN 1164 die Bindemittelmenge mit 3 bis 6 %, i.M. 5 %, bezogen auf die Trockenmasse des Bodens angenommen werden. Konkrete Angaben sind jedoch nur durch baubegleitende Laboruntersuchungen anzugeben.

Die zu verbessernde Schicht sollte vorab eine Mindestdicke von $d = 0,40$ m umfassen. In OK verbessertem Planum ist anschließend das geforderte Verdichtungsmodul von $E_{v2} = 70$ MN / m² nachzuweisen.

Im Vorfeld wird die Anlegung eines integrierten Prüffeldes empfohlen, in dem unter Baustellenbedingungen die geeignete Verdichtungsart (statisch / dynamisch), die erreichbare Verdichtungsgüte und die letztendlich erforderliche Verbesserungsschichtdicke und dergl. festgelegt werden können. Bei qualifizierten Bodenverbesserungen kann der Untergrund in die Frostempfindlichkeitsklasse F 2 - gering bis mittel frostempfindlich eingestuft werden, so dass sich der Ausgangswert für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaues um $d = 0,10$ cm reduziert.

Entscheidend für die Qualität der Verkehrsflächen ist der flächendeckende Nachweis der Vorformungsmoduli, da ansonsten der von der RStO geforderte Verformungsmodul auf dem Schotterplanum der Tragschicht nicht erreicht werden kann (PKW - Flächen bei Belastungsklasse Bk0,3 / Bk1,0: $E_{v2} \geq 100 / 120$ MPa / m²).

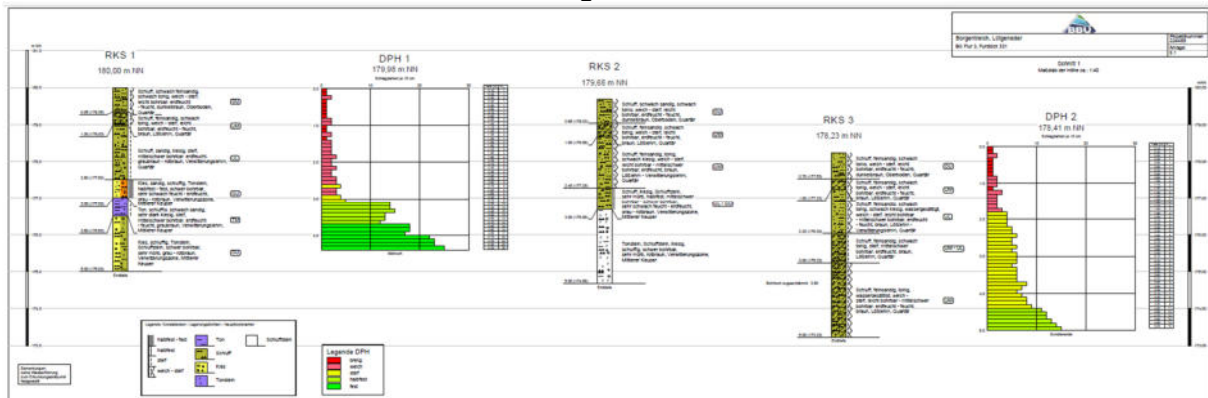
Es wird angeraten, die Kontrollprüfungen durch das Büro des Baugrund sachverständigen oder einem anderen öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen durchführen zu lassen.

Für Verkehrsflächen ist stets eine fachgerechte Entwässerung des Untergrundplanums während der Bauarbeiten sowie der fertigen Frostschutzschicht sicherzustellen. Daher sollte das Planum vorflutseitig zur raschen Niederschlagswasserableitung mit Gefälle profiliert und mit einer geglätteten Oberfläche versehen werden.

5.5 Gebäudegründung

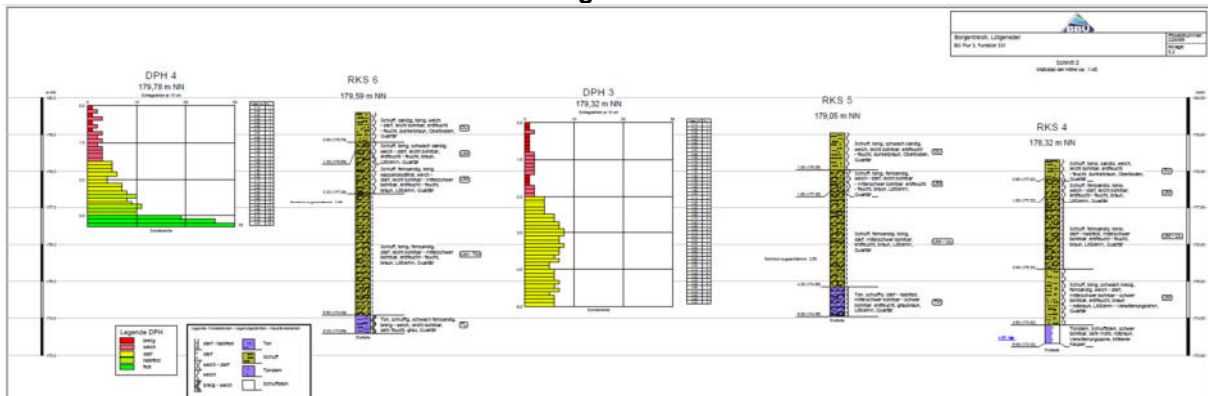
Für die Gebäudegründung kann im Rahmen der orientierenden ingenieurgeologischen Voruntersuchungen derzeit nur eine Erstbewertung der erd- und gründungstechnischen Erfordernisse bearbeitet werden. Grundlage hierfür sind die Befunde der punktuellen und weit auseinander liegenden Bohrungen und Sondierungen. Nachstehende Abbildungen geben mit den Schnitten 1 bis 3 einen übersichtlichen Blick auf die anstehenden Untergrundverhältnisse wieder.

Abbildung 5a: Schnitt 1



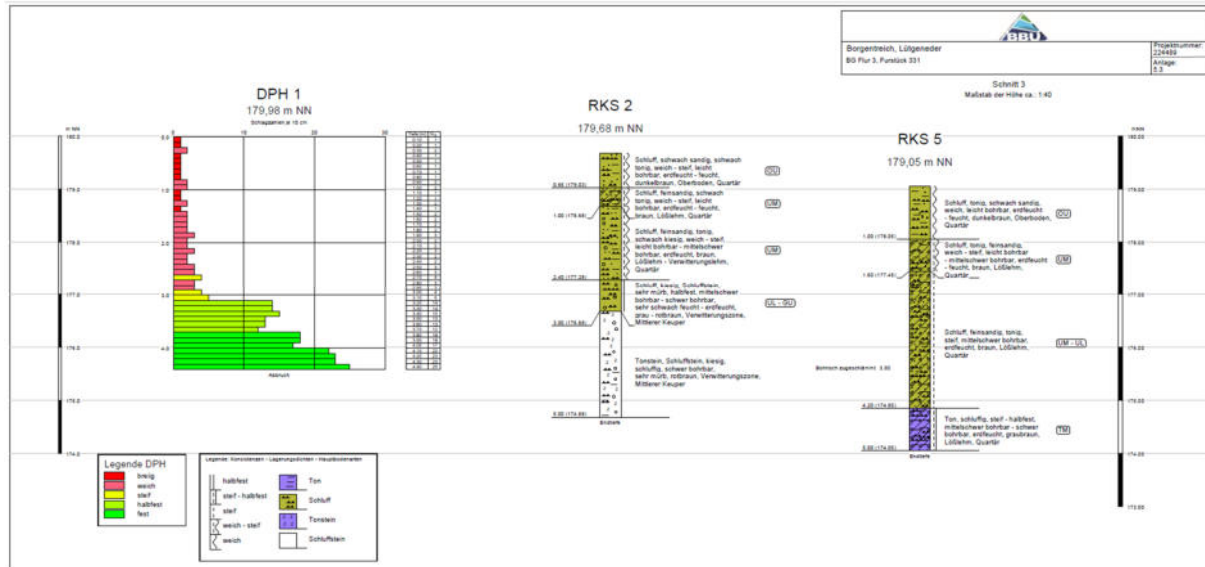
Quelle: BBU

Abbildung 5b: Schnitt 2



Quelle: BBU

Abbildung 5c: Schnitt 3



Quelle: BBU

In der **Anlage 5** sind nochmal vergrößerte Einzeldarstellungen der Schnitte abgebildet.

Die geologische Vorbelastung der ab der Oberbodenbasis anstehenden und mehrere Meter umfassenden quartären Böden ist als gering bis mäßig zu bewerten. Aufgrund der geringen Konsistenzen werden für die geländenahe Böden unzureichende Tragfähigkeitseigenschaften zugeordnet. Vorauszusetzen ist eine mindestens "steife" Konsistenz. Diese konnte an den Prüfstellen der Rammsondierungen (DPH) erst in Tiefen zwischen etwa 1,5 und 3,0 m unter GOK abgeleitet werden.

Für die leicht- bis mittelplastischen Schichtbereiche ist zu beachten, dass jegliche Wassergehaltsänderung eine Veränderung der Eigenschaften bewirken kann. Insbesondere bei erhöhter Feuchteanreicherung (z.B. im Verlauf länger andauernder Niederschläge) kann eine Verschlechterung der bodenphysikalischen Eigenschaften zur Folge haben.

Der Lehm Boden gilt im Allgemeinen als nur mäßig durchlässig. Aufgrund seiner Kornstruktur besitzt dieser Boden jedoch eine recht hohe Aufnahmekapazität gegenüber Wasser. Diese Eigenschaft bewirkt ein schwammartiges Aufsaugen der Sickerwässer bis zum Sättigungspunkt des Bodens. Danach tritt eine Stauwirkung auf, da der Boden das Wasser nur langsam zur Tiefe hin abgeben kann. Ist der Boden bereits wassergesättigt, ist mit einer stark verminderten Aufnahmekapazität dieses Bodens zu rechnen.

Generell kann davon ausgegangen werden, dass mit dem Wechsel in die lockerge-
steinsähnlich verwitterten Keupergesteine (kiesiger Schluff, sandig - schluffiger Kies
und kiesiger Ton) eine brauchbare Gründungsebene in Aussicht gestellt werden kann.
Voraussetzung ist eine mindestens steife Konsistenz. Der nachfolgende rasche Über-
gang in Ton- und Schluffstein zeigt nochmal günstigere Verformungsresistenzen.

Der unterschiedliche Zersetzungsgrad des Gesteins weist allerdings auf ein variierendes Steifigkeitsverhalten hin. Während mürb - harte Gesteine eine geringe Neigung zum Setzen aufweisen, sind demgegenüber Schluffe und Tone generell verformungsempfindlicher, da sie geringere Scherwiderstände bei Lastaufbringung aktivieren können. Sie gelten somit als nur mäßig tragfähig.

Gebäude ohne Unterkellerung

Die Region befindet sich in Anlehnung an das Regelwerk RStO 12 - *"Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen"* innerhalb der Frosteinwirkungszone II. Nach FLOSS, Kirschbaum-Verlag, 3. Auflage, Bild 54, wird bei Zone II die Berücksichtigung einer Frosteindringtiefe von > 100 bis 105 cm empfohlen, d.h. Gründungskörper sollten mit ihrer Sohle eine seitliche Erdüberdeckung entsprechend der angegebenen Tiefe aufweisen.

Für die Gründung der Gebäude sind darüber hinaus zur Vermeidung unzulässiger Setzungen und Setzungsunterschiede vom Grundsatz her gleichmäßige Bedingungen vorzusetzen.

Eine ausreichende Tragfähigkeit innerhalb der geländenahen Untergrundregion mit dem Anstehen konsistenzabgeminderter Böden ist nicht gegeben. Generell sollten erst mit dem Vorliegen mindestens "steifer" Verhältnisse und ohnehin beim Erreichen der verwitterten Keupergesteine von nutzbaren Bedingungen ausgegangen werden.

Zur Durchfahung unzureichend tragfähiger Böden sind gemäß dem Prüfbefund teilweise erhebliche Mehrgründungstiefen einzuplanen. Zu bedenken gilt auch, dass die punktuellen Einzelprüfungen lediglich orientierenden Charakter besitzen. Abweichungen außerhalb der Erkundungsstellen sind immer möglich.

Letztendlich orientieren sich die gründungstechnischen Maßnahmen an der Höheneinstellung des jeweiligen Gebäudefußbodens und der abzutragenden Bauwerkslasten. Für den Fall, dass höhere Lasten aufgenommen werden müssen, kommen ggf. entsprechende Überbrückungshöhen zum Tragen, um geringer verwitterte Bodenhorizonte des Keupers zu erreichen.

Geringe Überbrückungen können durch Füllbetonunterbau (Magerbeton) unter den statischen Fundamenten und in statischer Fundamentbreite vorgenommen werden. Für größere Überbrückungen wäre eine sogenannte Brunnengründung denkbar, bei denen aufsetzbare Brunnenringe (Kanalschachtringe als verlorene Schalung) oder wiederziehbare Stahlschutzrohre durch Ausheben des Bodens im inneren bis auf den tragfähigen Boden abgesenkt und mit Beton ausgefüllt werden.

Da der Aushub des Bodens unter Wasser erfolgt, wird die Verwendung eines maschinellen Greifers empfohlen.

Beim Aushub ist unbedingt darauf zu achten, dass die Böden möglichst genau im Mittelpunkt entnommen werden, um ein Schiefstellen der Brunnen zu vermeiden. Zur Verhinderung eines Einspülens von Bodenteilchen infolge nachdrängenden Wassers von außen in die Brunnensohle mit der Gefahr von Auflockerungen des Bodens um den Brunnen herum, sollten zur Aufnahme von anfallendem Grundwasser keinerlei Wasserhaltungsmaßnahmen innerhalb des Brunnenringes durchgeführt werden.

Daher wird es als günstiger angesehen, den Wasserspiegel im Brunnen etwas höher zu halten als außen.

Der Aushub des Bodens innerhalb der Brunnen sollte einzeln und zügig durchgeführt werden.

Sofort nach dem Erreichen des empfohlenen Gründungsniveaus ist der zu diesem Zweck auf der Baustelle vorzuhaltende Fundamentbeton im "Kontraktor - Verfahren" einzubringen.

Zur Verhinderung von einseitigen Verkippen bei exzentrischer Lastaufbringung der Einzelbrunnen sollte gewährleistet werden, dass die Lasteinleitung in die Brunnenfundamente zentrisch erfolgt.

Im Bereich von Streifenfundamenten ist die Anzahl der Brunnenfundamente nach Statik festzulegen. Darüber hinaus sind die Streifenfundamente oberhalb der Einzelgründungskörper als statisch zu bemessende Lastverteilungsbalken auszubilden.

Die Lastverteilungsbalken sind durch Bewehrung kraftschlüssig an die Brunnen - Gründungskörper anzuschließen (gemäß Statik).

Die seitliche Bettung um die Brunnen herum muss gewährleistet sein. Daher ist auf eine sorgfältige Verdichtung der Arbeitsraumverfüllung besonderen Wert zu legen.

Für die Durchführung der Gründungsarbeiten sollten nur solche Fachbaufirmen beauftragt werden, die über ausreichende Kenntnisse und Erfahrungen bei der Herstellung von Brunnengründungen verfügen und durch Referenz nachweisen können.

Zur Bemessung der Brunnen kann bei Gründungsabsetzung in den Verwitterungshorizont (mindestens "steif bis halbfest") vorläufig der aufnehmbare Sohldruck angesetzt werden:

$$\sigma_{zul} = 200 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Bei Überbrückungen mit Füllbeton in den mindestens steifen Lehm ist der aufnehmbare Sohldruck mit:

$$\sigma_{zul} = 140 \text{ kN} / \text{m}^2$$

zu begrenzen.

Die erforderliche frostfreie Mindestgründungstiefe beträgt $t_f \geq 1 \text{ m}$ unter Oberkante fertig profiliertem Gelände.

In jedem Falle ist anzuraten, nach Bekanntgabe der Bauwerkslasten und der Fundamentabmessungen die Zulässigkeit durch Setzungsprognose(n) rechnerisch zu überprüfen. Aus diesem Ergebnis stützen sich die endgültigen Festlegungen zur Gründung der Bauvorhaben.

Zum Ausgleich von gewissen, naturbedingt nicht erfassbaren Steifigkeitsunterschieden im Untergrund und Belastungswechseln aus der Bauwerkskonstruktion sollten Streifenfundamente mit einer konstruktiven Bewehrung $3 \varnothing 14$ oben und unten sowie Bügel als Mattenkorb R 188A verstärkt werden (einschließlich Eck- und Kreuzungspunkte).

Für die Abgrabungen zur Profilierung der Fundamentgräben kann nach Einschätzung ein leichtes Mobilbaggergerät eingesetzt werden. Es empfehlen sich kurze Aushubabschnitte zu bearbeiten und unverzüglich nach dem Erreichen des Sollniveaus den Fundament- / Füllbeton einzubringen. Diese Empfehlung wird insbesondere deshalb gegeben, da beim Aushub Grundwasser angetroffen wird. Entsprechende Wasserhaltungsmaßnahmen sind in Anpassung an die örtlichen Gegebenheiten einzuplanen.

Auf die Beachtung der DIN 4124 - "*Baugruben und -gräben*" sowie der einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften wird hingewiesen.

Ein längeres Stehenlassen von Gräben und Niederschlagseinfluss bewirkt eine rasche Aufweichung der gegenüber atmosphärischen Einflüssen empfindlichen Böden bis hin zur Verbreitung und nachfolgender Tragfähigkeitsabminderung.

Aufgeweichte Böden in der Grabensohle müssen ausgeräumt und durch entsprechenden Mehrbedarf an Fundament- / Füllbeton ausgeglichen werden.

Die Abnahme der Fundamentsohlen durch den Baugrundsachverständigen wird angeraten.

Für die Gründung der Fußbodenkonstruktionen sollte berücksichtigt werden, dass der Oberboden zunächst vollständig in seiner ausgebildeten Schichtdicke abgeschoben wird. Je nach der Flächenbelastung wird unterhalb des Fußbodens eine durchlaufende, mindestens $d = 0,30$ m betragende mineralische Unterbauschicht empfohlen. Hierfür kommen gleichmäßig kornabgestufte, einbau- und verdichtungsfähige sowie raumbeständige und hohlraumarm zu verdichtende Brechkorngemische in Frage z.B. Körnung 0/45 oder 0/56). Der Verwendung von gleichartig geeigneten Recycling - Erdbaustoffen kann zugestimmt werden. Diese bedürfen jedoch einer besonderen Freigabe.

Die Verdichtungsgüte sollte zweckmäßigerweise im Rahmen einer Fremdprüfung nachgewiesen werden.

Als Verdichtungsziel wird genannt:

$$\begin{array}{lll} E_{v2} & = 80 \text{ MN / m}^2 & \text{Verformungsmodul} \\ E_{v2} / E_{v1} & = 2,5 & \text{Verdichtungsverhältnis} \end{array}$$

Zwischen der vorbeschriebenen Unterbauschicht und der Fußbodenkonstruktion sollte des Weiteren eine $d = 0,20$ m betragende kapillarbrechende Schicht aus Kies 8 / 16 nach DIN 4226, Teil 1, eingebaut und darüber ein Geotextil (Vlies) verlegt werden.

Die Schicht ist ebenfalls sorgfältig zu verdichten, wobei eingehalten werden sollte:

$$\begin{array}{lll} E_{v2} & = 100 \text{ MN / m}^2 & \text{Verformungsmodul} \\ E_{v2} / E_{v1} & = 2,3 & \text{Verdichtungsverhältnis} \end{array}$$

Die Nachweise erfolgen mit Lastplattendruckversuchen nach DIN 18134.

Anmerkung: Die im Rahmen der orientierenden ingenieurgeologischen Voruntersuchungen lediglich punktuell gewonnenen Erkenntnisse erlauben naturgemäß keinen umfassenden Überblick über die Baugrundverhältnisse und deren Eigenschaften. Insbesondere auch vor dem Hintergrund einer wirtschaftlichen und sicheren Gründungsausführung werden nach Fertigstellung der Entwurfsgestaltung vertiefende Erkundungen mit Hilfe weiterer Rammkernsondierungen empfohlen. Zumindest sollten im Bereich der zukünftigen Gebäudeecken Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH) ausgeführt werden. Der hierin gemessene Widerstandsverlauf ermöglicht eindeutig die notwendige Tiefe der Fundamenteinbindung anzugeben.

Gründung mit Kellergeschoss

Eine übliche Unterkellerungshöhe liegt bei ca. 2,80 m unterhalb der Fußbodenoberkante des Erdgeschosses. Wird weiterhin angenommen, dass die Konstruktionsdicke für Fußboden und Fundament mit insgesamt etwa 0,80 m bemessen wird, ist mit einer Einbindetiefe, abzüglich einer Differenzhöhe zwischen OK. Erdgeschossfußboden und Gelände um etwa 3,50 m zu rechnen.

Wird die Einbindetiefe bestätigt und die Ansatzhöhe der punktuellen Prüfstellen als Ausgangshöhe zugrunde gelegt, kommen die Fundamente entweder in weich bis steifen Lehm oder wie in RKS 2 festgestellt in kiesig - schluffig zersetzten Ton- / Schluffstein zu liegen.

Notwendige Überbrückungen zur Durchfahrung örtlich vorhandener Weichschichten sollten mit Füllbeton in statischer Fundamentbreite vorgenommen werden.

Für die Bemessung der Fundamente wird bei Einbindung steif bis halbfesten Baugrund ein vorläufiger, mittlerer und aufnehmbarer Sohldruck angegeben von

$$\sigma_{zul} = 200 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Da nicht mit letzter Sicherheit auszuschließen ist, ob in der Absetztiefe der Fundamente gewisse naturbedingte Steifigkeitsunterschiede vorhanden sind und Belastungswechsel aus der Bauwerkskonstruktion auftreten, empfiehlt sich auch hier eine konstruktive Bewehrung der statischen Streifenfundamente vorzusehen. Diese sollte das Einlegen von durchlaufend 6 $\emptyset$ 12 oben und unten, einschließlich Bügelumschließung als Mattenkorb (R 188A) sowie kraftschlüssigem Verbinden an Kreuzungs- und Eckpunkten umfassen.

Bei Geländeabgrabungen zur Profilierung der Baugrube wird folgende Eigenstandssicherheit erwartet:

$$\beta \geq 45^\circ \leq 60^\circ \text{ (ohne Grundwassereinfluss!)}$$

Die Abgrabungen sollten mit leistungsfähigem Tieflöffelbaggergerät und glatter Schneidekante in Geländehöhe ausgeführt werden. Eine Reißzähnebestückung ist nicht erforderlich.

Bei Antreffen von Labilisierungen entlang des Einschnittes sind unverzüglich Maßnahmen zur weiteren Abflachung oder andere geeignete Stützmaßnahmen einzuleiten. Auf die prinzipielle Beachtung der DIN 4124 "*Baugruben und Gräben - Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau*" sowie alle anderen einschlägigen Vorschriften und insbesondere die Unfallverhütungsvorschriften wird hingewiesen.

An den Bohrstellen wurde vereinzelt Grundwasser nahe der Tiefe der Bearbeitungsebene angetroffen. Bauzeitliche Wasserhaltungen sind grundsätzlich in Anpassung an die örtlichen Verhältnisse vorzunehmen. Zur Festlegung notwendiger Wasserhaltungsmaßnahmen sollte eine Ergänzungsprüfung mittels Baggerschürfen durchgeführt werden. Hierin lassen sich die Verhältnisse gegenüber kleinkalibrigen Bohrungen eindeutiger klären.

Für die Grundbauwerke wird ein Schutz gegen Grundwasser erforderlich. Die Normen DIN 4095 und DIN 18533 sind zu beachten.

Auf der Grundlage des labortechnischen Befundes liegen an den Untersuchungsstellen Durchlässigkeiten des Untergrundes bei $k_f < 10^{-6} \text{ m/s}$ (s. Abschnitt 5.8 - "*Durchlässigkeit und Versickerungsfähigkeit*"). Gemäß DIN 18130, Teil 1, ist der untersuchte Bereich einheitlich als "**schwach durchlässig**" zu beschreiben.

Wird auf eine Dränierung gem. DIN 4095 verzichtet, gilt folgendes:

- Bemessungswasserstand 1,5 m über Aushubsohle
- zeitweiser Aufstau kann zu drückendem Grundwasser in den Arbeitsräumen führen

Im vorliegenden Fall liegt gemäß DIN 18533 die **Wassereinwirkungsklasse W2.1-E** vor (mäßige Einwirkung von drückendem Wasser $\leq 3 \text{ m}$ Eintauchtiefe.).

Die Wassereinwirkung wird gemäß WU-Richtlinie in die **Beanspruchungsklasse 1** eingeteilt:

- ständig oder zeitweise drückendes Wasser (Grundwasser, Schichtenwasser, Hochwasser oder anderes Wasser, das einen hydrostatischen Druck ausübt (auch zeitlich begrenzt))

Die Ausführung geschieht bei wasserberührten Bauteilen als geschlossene Wanne aus Beton ("Wu - Beton") mit hohem Wassereindringwiderstand nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2.

Technische Regeln für wasserundurchlässigen Beton sind:

- DAfStb - Richtlinie
"Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton" (WU - Richtlinie); 11 / 2003
- Heft 555 DAfStb:
"Erläuterungen zur WU - Richtlinie"; 2006

Hinweis: Die Planung der Abdichtung eines Bauwerkes muss bei einwandfreier handwerklicher Ausführung zu einer fachlich richtigen, vollständigen und dauerhaften Abdichtung führen.

Im Rahmen der maßgeblichen Leistungsphase ist der Planer verpflichtet, die Ausführungsdetails umfassend zeichnerisch darzustellen. Insbesondere die gefahrenträchtige Abdichtung gegen Feuchtigkeit ist sorgfältig im Sinne einer bis ins kleinste Detail gehenden Ausführungsplanung zu planen, die dem Auftragnehmer alle maßgeblichen Details in einer jedes Risiko ausschließenden Weise verdeutlicht.

Die handwerkliche Ausführung der Abdichtung muss von Seiten der Planung und der Bauleitung besonders überwacht werden.

Für die Arbeitsraumverfüllung umlaufend entlang des Grundbauwerkes sollte der Einbau von verdichtungsfähigen Erdbaustoffen z.B. Kiessand oder Hartsteinsplitt der Körnung 0 - 32 mm durchgeführt werden. Die Baustoffe sind lagenweise (Lagendicke $d \leq 0,30$ m) einzubauen und zu verdichten ($D_{pr} \geq 100$ %).

6. Analyseergebnis Umweltuntersuchung

Hinsichtlich der umwelttechnischen Analytik und Abfalleinstufung der anstehenden Böden wurde eine abfallcharakterisierende Materialbeprobung im Sinne der Probenentnahmerichtlinie PN 98 nach LAGA vorgenommen. Das entnommene Material wurde homogenisiert, in luftdicht verschlossene Eimer gefüllt und gekühlt transportiert.

Nach den LAGA - Probennahmenvorschriften (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall - M20) wurden zur orientierenden Erstbewertung folgende Mischproben entnommen:

Mischprobe MP 1

RKS 1	0,65 - 1,0 m
RKS 1	1,0 - 2,5 m
RKS 1	2,5 - 3,0 m
RKS 1	0,3 - 1,0 m
RKS 1	3,0 - 3,5 m
RKS 1	3,5 - 5,0 m
RKS 2	0,65 - 1,0 m
RKS 2	1,0 - 2,4 m
RKS 2	2,4 - 3,0 m
RKS 2	3,0 - 5,0 m
RKS 3	0,7 - 1,0 m
RKS 3	1,0 - 2,2 m
RKS 3	2,5 - 3,0 m
RKS 3	3,0 - 5,0 m

Tabelle 12a: Zusammenstellung Mischprobe MP 1

Mischprobe MP 2

RKS 4	0,5 - 1,0 m
RKS 4	1,0 - 3,0 m
RKS 4	3,0 - 4,5 m
RKS 4	4,5 - 5,0 m
RKS 5	1,0 - 1,6 m
RKS 5	1,6 - 3,0 m
RKS 5	3,0 - 4,2 m
RKS 5	4,2 - 5,0 m
RKS 6	0,8 - 1,0 m
RKS 6	1,0 - 2,2 m
RKS 6	2,2 - 3,0 m
RKS 6	3,0 - 5,5 m
RKS 6	5,5 - 6,0 m

Tabelle 12b: Zusammenstellung Mischprobe MP 2

Die Proben wurden fachgerecht verpackt und per Kurier an die AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg geliefert.

Das Analyseergebnis ist in den Prüfberichten in der **Anlage 6** einzusehen.

Untersuchungsergebnisse und Bewertung nach LAGA

Die Auswertung der chemischen Analytik der Mischproben erfolgt nach der Parameterliste der LAGA TR Boden (2004) für Feststoff und Eluat. Maßgeblich sind zur Beurteilung die höchsten Überschreitungswerte.

Die Einstufung nach LAGA TR Boden ergab folgende Ergebnisse:

Misch- probe	Analytik / auffälliges Messergebnis	Zuordnungswert nach LAGA TR Boden,
MP 1 (Bereich RKS 1 bis RKS 3)	Keine Überschreitung (Lehm- Ton)	Z0
MP 2 (Bereich RKS 4 bis RKS 6)	Arsen = 20,5 mg/kg	Z1.1

Tabelle 11b: Ergebnis der Untersuchungen nach LAGA

Bewertungsgrundlagen

Die abfalltechnische Einstufung von Aushubböden im Hinblick auf dessen (Wieder-) Verwertung erfolgt nach den Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen nach den Technischen Regeln der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), deren übergeordnetes Gesetz das Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) bzw. die Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) ist. Eine Bewertung der Ergebnisse erfolgt abstimmungsgemäß nach LAGA.

Im Teil II der Regeln der LAGA werden Zuordnungswerte für Böden und andere mineralische Reststoffe genannt. Die Zuordnungswerte geben Grenzgehalte des Feststoffs und Grenzkonzentrationen der Eluate wieder, bei deren Überschreitung eine Verwertung stufenweise eingeschränkt wird. Dabei stellt der Zuordnungswert Z 2 den höchsten Grenzwert für eine Verwertung dar.

Die Einstufung des Materials erfolgt nach den Einbauklassen:

Z 0: uneingeschränkte Verwertung / offener Einbau

Z 1: eingeschränkter offener Einbau

Z 1.1: allgemein gültig in "unempfindlichen" Flächen

Z 1.2: in hydrogeologisch günstigen Gebieten zulässig, mit Erosionsschutz

Z 2: eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen

Gemäß der Einordnung halten die Mischproben den Grenzwert der LAGA - Zuordnung Z0 / Z0* (für Lehm bzw. Sand) ein. Die Geogenböden können somit als nahezu uneingeschränkt, bodenähnlich verwertbar angesehen werden.

7. Schlussbemerkungen

Die Erkundungen besitzen orientierenden Charakter. Nach Fertigstellung der Entwurfsplanung und der Statik bitten wir um Vorlage, um die allgemeinen Hinweise und Empfehlungen projektbezogen überarbeiten zu können.

Sollten während der erd- und bautechnischen Arbeiten Abweichungen von den bodenkundlichen Feststellungen vorgefunden werden, bitten wir rechtzeitig um Benachrichtigung. Dies gilt auch bei Änderungen gegenüber den bisherigen Vorgaben.

Das Gutachten gilt nur vollständig und nach Prüfung bzw. Abnahme der Empfehlungen sowie den Hinweisen zur Bauausführung durch den Baugrundsachverständigen. Wir bitten um Verständnis, dass nur nach örtlicher Prüfung während der bautechnischen Arbeiten Gewähr für die Richtigkeit des Gutachtens sowie der umgesetzten Baugrundbeurteilungen übernommen werden kann.

Für weitere ingenieurgeologische Beratungen stehen wir Ihnen selbstverständlich gerne zur Verfügung.

Aufgestellt: Trendelburg, den 12.03.2025

ppa. 
Dr. Malte Schindler
BBU Dr. Schubert GmbH / Geschäftsführer
 Personenzertifizierter Sachverständiger
 nach DIN EN ISO/IEC 17024:2012 für die UBB

gez. M. Kimm

Dipl. - Geol. Marcus Kimm
BBU Dr. Schubert GmbH

Anlage 1	-	Lageplan mit Einkartierung der Erkundungs- und Prüfstellen sowie Übersichtsplan
Anlage 2	-	Profilbalkendarstellung der Rammkernsondierungen
Anlage 3	-	Summenkurven der Kornverteilung
Anlage 4	-	Widerstandslinien der dynamischen Rammsondierungen
Anlage 5	-	Schnitte 1 bis 3
Anlage 6	-	Analysebefund der bauchemischen Bodenbeprobung und der Umweltbeprobung



Borgentreich, Lütgeneder
BG Flur 3, Furstück 331

Projektnummer:
224489

Anlage:
2.1

Profil einer Rammkernsondierung

Maßstab der Höhe ca.: 1:40

RKS 1

180,00 m NN

m NN

180.0

179.0

178.0

177.0

176.0

175.0

0.65 (179.35)

1.00 (179.00)

2.50 (177.50)

3.00 (177.00)

3.50 (176.50)

5.00 (175.00)

Endtiefe

Schluff, schwach feinsandig,
schwach tonig, weich - steif,
leicht bohrbar, erdfeucht
- feucht, dunkelbraun, Oberboden,
Quartär

OU

Schluff, feinsandig, schwach
tonig, weich - steif, leicht
bohrbar, erdfeucht - feucht,
braun, Lößlehm, Quartär

UM

Schluff, sandig, kiesig, steif,
mittelschwer bohrbar, erdfeucht,
graubraun - rotbraun, Verwitterungslehm,
Quartär

UL

Kies, sandig, schluffig, Tonstein,
halbfest - fest, schwer bohrbar,
sehr schwach feucht - erdfeucht,
grau - rotbraun, Verwitterungszone,
Mittlerer Keuper

GU

Ton, schluffig, schwach sandig,
sehr stark kiesig, steif,
mittelschwer bohrbar, erdfeucht
- feucht, graubraun, Verwitterungslehm,
Mittlerer Keuper

TM

Kies, schluffig, Tonstein,
Schluffstein, schwer bohrbar,
sehr mürb, grau - rotbraun,
Verwitterungszone, Mittlerer
Keuper

GU

Bemerkungen:
keine Wasserführung
zum Erkundungszeitpunkt
festgestellt

Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten

halbfest - fest

steif

weich - steif

Ton

Schluff

Kies



Borgentreich, Lütgeneder
BG Flur 3, Furstück 331

Projektnummer:
224489

Anlage:
2.2

Profil einer Rammkernsondierung

Maßstab der Höhe ca.: 1:40

RKS 2

179,68 m NN

m NN

180.0

179.0

178.0

177.0

176.0

175.0

174.0

0.65 (179.03)

1.00 (178.68)

2.40 (177.28)

3.00 (176.68)

5.00 (174.68)

Endtiefe

Schluff, schwach sandig, schwach
tonig, weich - steif, leicht
bohrbar, erdfeucht - feucht,
dunkelbraun, Oberboden, Quartär

OU

Schluff, feinsandig, schwach
tonig, weich - steif, leicht
bohrbar, erdfeucht - feucht,
braun, Lößlehm, Quartär

UM

Schluff, feinsandig, tonig,
schwach kiesig, weich - steif,
leicht bohrbar - mittelschwer
bohrbar, erdfeucht, braun,
Lößlehm - Verwitterungslehm,
Quartär

UM

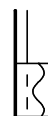
Schluff, kiesig, Schluffstein,
sehr mürb, halbfest, mittelschwer
bohrbar - schwer bohrbar,
sehr schwach feucht - erdfeucht,
grau - rotbraun, Verwitterungszone,
Mittlerer Keuper

UL - GU

Tonstein, Schluffstein, kiesig,
schluffig, schwer bohrbar,
sehr mürb, rotbraun, Verwitterungszone,
Mittlerer Keuper

Bemerkungen:
keine Wasserführung
zum Erkundungszeitpunkt
festgestellt

Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten



halbfest

weich - steif



Schluff



Tonstein



Schluffstein



Borgentreich, Lütgeneder
BG Flur 3, Furstück 331

Projektnummer:
224489

Anlage:
2.3

Profil einer Rammkernsondierung

Maßstab der Höhe ca.: 1:40

RKS 3

178,23 m NN

m NN
179.0

178.0

0.70 (177.53)

177.0

1.00 (177.23)

176.0

2.20 (176.03)

175.0

Bohrloch zugeschlämmt 3.60

174.0

5.00 (173.23)

173.0

Endtiefe

Schluff, feinsandig, schwach
tonig, weich - steif, leicht
bohrbar, erdfeucht - feucht,
dunkelbraun, Oberboden, Quartär

OU

Schluff, feinsandig, schwach
tonig, weich - steif, leicht
bohrbar, erdfeucht - feucht,
braun, Lößlehm, Quartär

UM

Schluff, feinsandig, schwach
tonig, schwach kiesig, wassergesättigt,
weich - steif, leicht bohrbar
- mittelschwer bohrbar, erdfeucht
- feucht, braun, Lößlehm -
Verwitterungslehm, Quartär

UL

Schluff, feinsandig, schwach
tonig, steif, mittelschwer
bohrbar, erdfeucht, braun,
Lößlehm, Quartär

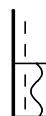
UM - UL

Schluff, feinsandig, tonig,
wassergesättigt, weich -
steif, leicht bohrbar - mittelschwer
bohrbar, erdfeucht - feucht,
braun, Lößlehm, Quartär

UM

Bemerkungen:
keine Wasserführung
zum Erkundungszeitpunkt
festgestellt

Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten



steif

weich - steif



Schluff



Borgentreich, Lütgeneder
BG Flur 3, Furstück 331

Projektnummer:
224489

Anlage:
2.4

Profil einer Rammkernsondierung

Maßstab der Höhe ca.: 1:40

RKS 4

178,32 m NN

m NN
179.0

178.0

177.0

176.0

175.0

174.0

173.0

0.50 (177.82)

1.00 (177.32)

3.00 (175.32)

4.50 (173.82)

4.90

5.00 (173.32)

Endtiefe

Schluff, tonig, sandig, weich,
leicht bohrbar, erdfeucht
- feucht, dunkelbraun, Oberboden,
Quartär

OU

Schluff, feinsandig, tonig,
weich - steif, leicht bohrbar,
erdfeucht - feucht, braun,
Lößlehm, Quartär

UM

Schluff, feinsandig, tonig,
steif - halbfest, mittelschwer
bohrbar, erdfeucht - feucht,
braun, Lößlehm, Quartär

UM - UL

Schluff, tonig, schwach kiesig,
feinsandig, weich - steif,
mittelschwer bohrbar - schwer
bohrbar, erdfeucht, braun
- rotbraun, Lößlehm - Verwitterungslehm,
Quartär

UM

Tonstein, Schluffstein, schwer
bohrbar, sehr mürb, rotbraun,
Verwitterungszone, Mittlerer
Keuper

Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten



steif - halbfest

weich - steif

weich



Schluff



Tonstein



Schluffstein

Bemerkungen:

4,9 GW gemessen
10.02.2025

Borgentreich, Lütgeneder
BG Flur 3, Furstück 331

Projektnummer:
224489

Anlage:
2.5

Profil einer Rammkernsondierung

Maßstab der Höhe ca.: 1:40

RKS 5

179,05 m NN

m NN
180.0

179.0

178.0

177.0

176.0

175.0

174.0

1.00 (178.05)

1.60 (177.45)

4.20 (174.85)

5.00 (174.05)

Bohrloch zugeschlämmt 3.50

Endtiefe

Schluff, tonig, schwach sandig,
weich, leicht bohrbar, erdfeucht
- feucht, dunkelbraun, Oberboden,
Quartär

OU

Schluff, tonig, feinsandig,
weich - steif, leicht bohrbar
- mittelschwer bohrbar, erdfeucht
- feucht, braun, Lößlehm,
Quartär

UM

Schluff, feinsandig, tonig,
steif, mittelschwer bohrbar,
erdfeucht, braun, Lößlehm,
Quartär

UM - UL

Ton, schluffig, steif - halbfest,
mittelschwer bohrbar - schwer
bohrbar, erdfeucht, graubraun,
Lößlehm, Quartär

TM

Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten

steif - halbfest

steif

weich - steif

weich

Ton

Schluff



Borgentreich, Lütgeneder
BG Flur 3, Furstück 331

Projektnummer:
224489

Anlage:
2.6

Profil einer Rammkernsondierung

Maßstab der Höhe ca.: 1:40

RKS 6

m NN

179,59 m NN

180.0

179.0

0.80 (178.79)

Schluff, sandig, tonig, weich
- steif, leicht bohrbar, erdfeucht
- feucht, dunkelbraun, Oberboden,
Quartär

OU

178.0

1.00 (178.59)

Schluff, tonig, schwach sandig,
weich - steif, leicht bohrbar,
erdfeucht - feucht, braun,
Lößlehm, Quartär

UM

177.0

2.20 (177.39)

Schluff, feinsandig, tonig,
wassergesättigt, weich -
steif, leicht bohrbar - mittelschwer
bohrbar, erdfeucht - feucht,
braun, Lößlehm, Quartär

UM

Bohrloch zugeschlämmt 2.50

176.0

Schluff, tonig, feinsandig,
steif, leicht bohrbar - mittelschwer
bohrbar, erdfeucht - feucht,
braun, Lößlehm, Quartär

UM - TM

175.0

5.50 (174.09)

Ton, schluffig, schwach feinsandig,
breiig - weich, leicht bohrbar,
sehr feucht, grau, Quartär

TL

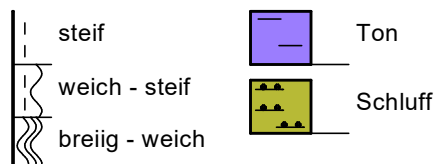
174.0

6.00 (173.59)

Endtiefe

173.0

Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten





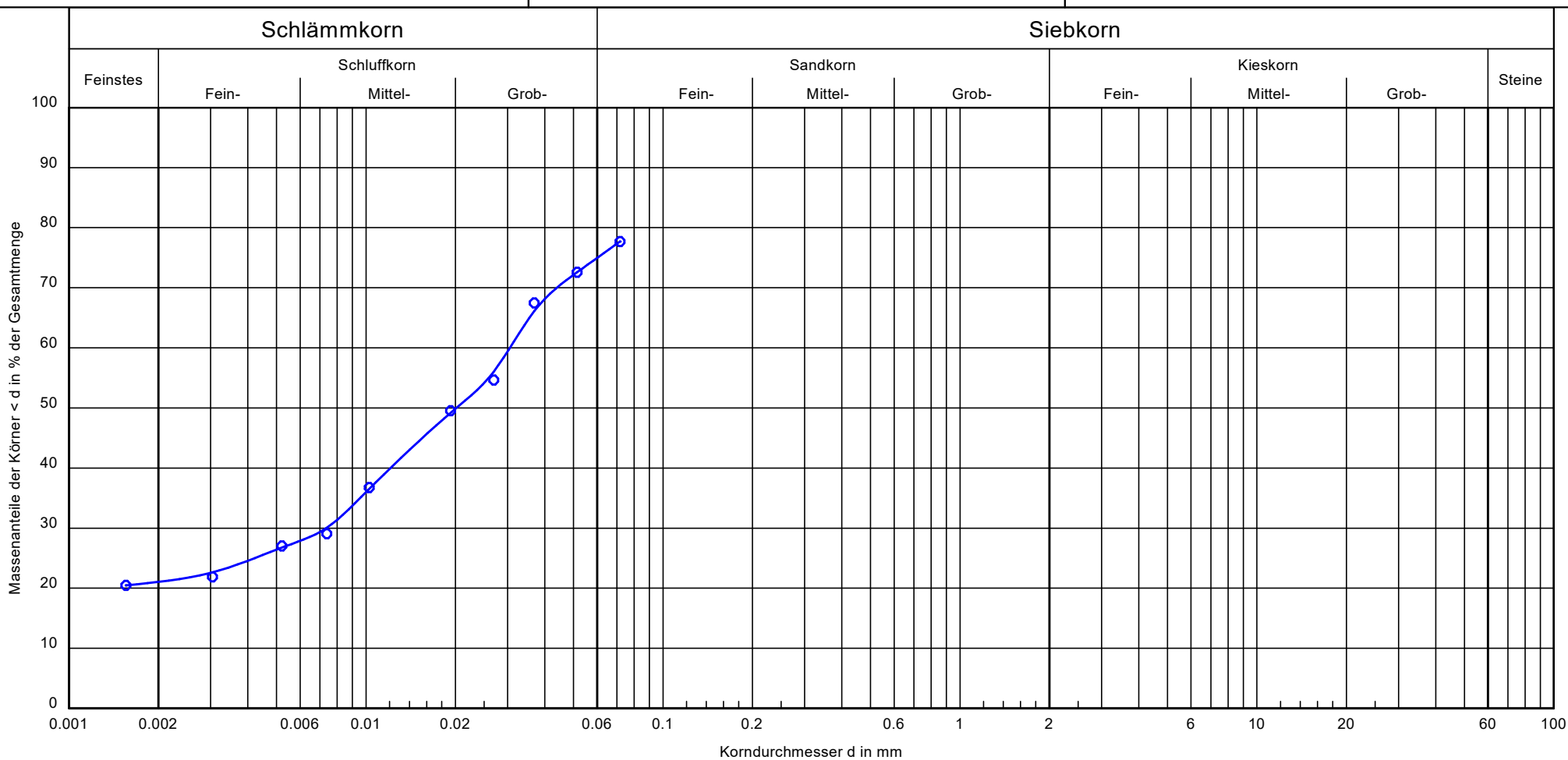
Bearbeiter: T. Gödicke

Datum: 27.02.2025

Körnungslinie

Borgentreich, Flur 3, Flurstück 331
Bebauung des Grundstückes in der Gemarkung Lütgeneder

Prüfungsnummer: 224489
Probe entnommen am: 11.02.25
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4



Bezeichnung:	
Bodenart:	U, t, fs
Tiefe:	1,0 - 2,4
U/Cc	-/-
Entnahmestelle:	RKS 2
k [m/s] (Hazen):	-
T/U/S/G [%]:	21.0/53.9/25.0/ -

Bemerkungen:
Vorabsiebung 0/100

Bericht:
224489-1
Anlage:
3.1



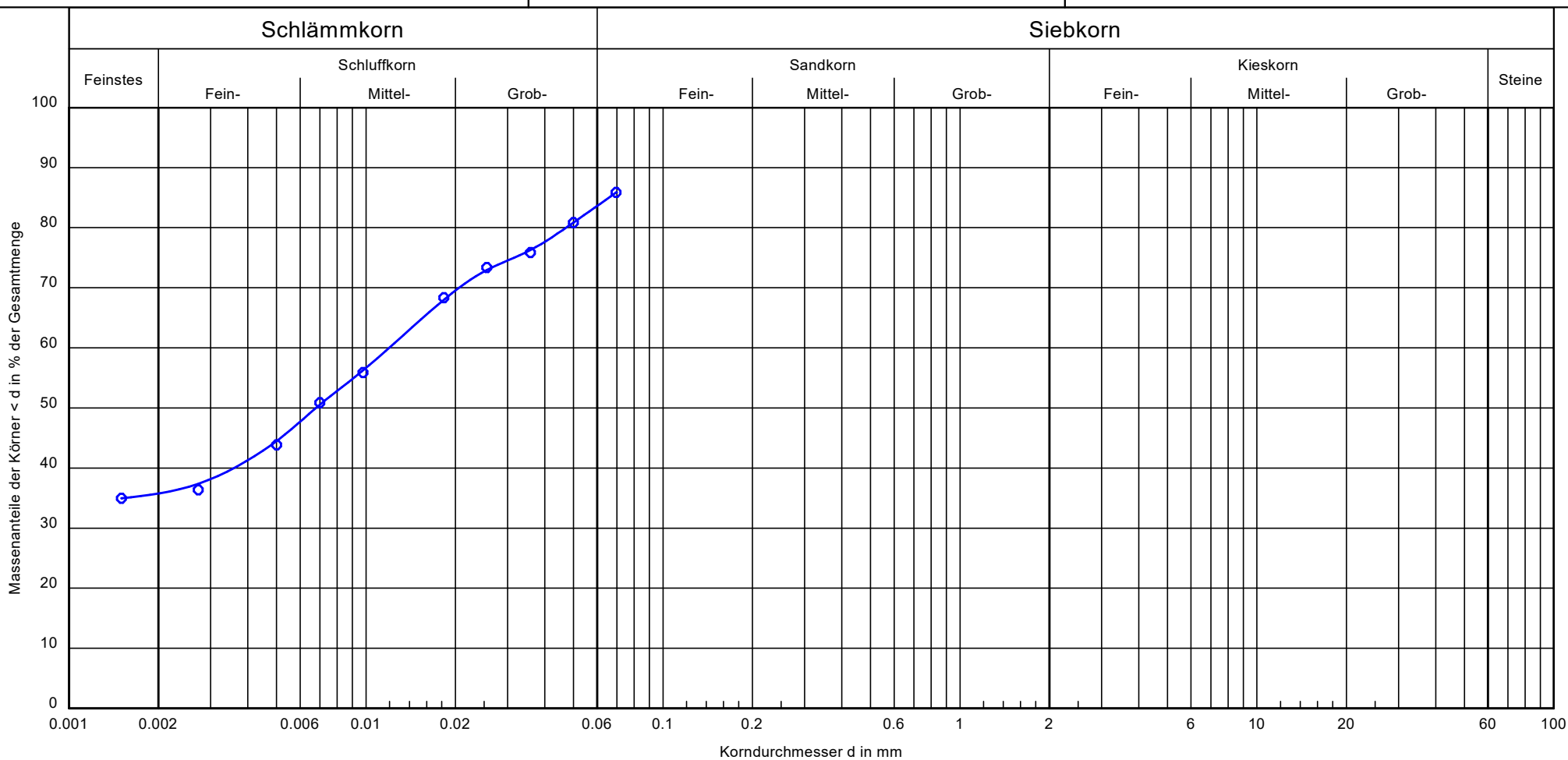
Bearbeiter: T. Gödicke

Datum: 27.02.2025

Körnungslinie

Borgentreich, Flur 3, Flurstück 331
Bebauung des Grundstückes in der Gemarkung Lütgeneder

Prüfungsnummer: 224489
Probe entnommen am: 10.02.2025
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4



Bezeichnung:	
Bodenart:	U, $\bar{t}$, fs
Tiefe:	1,0 - 3,0
U/Cc	-/-
Entnahmestelle:	RKS 4
k [m/s] (Hazen):	-
T/U/S/G [%]:	35.8/47.9/16.4/ -

Bemerkungen:
Vorabsiebung 0/100

Bericht:
224489-1
Anlage:
3.2



Borgentreich-Lütgeneder
BG Flur 3, Flurstück 331

Projektnummer:
224489-1

Anlage:
4.1

Profil einer Rammsondierung

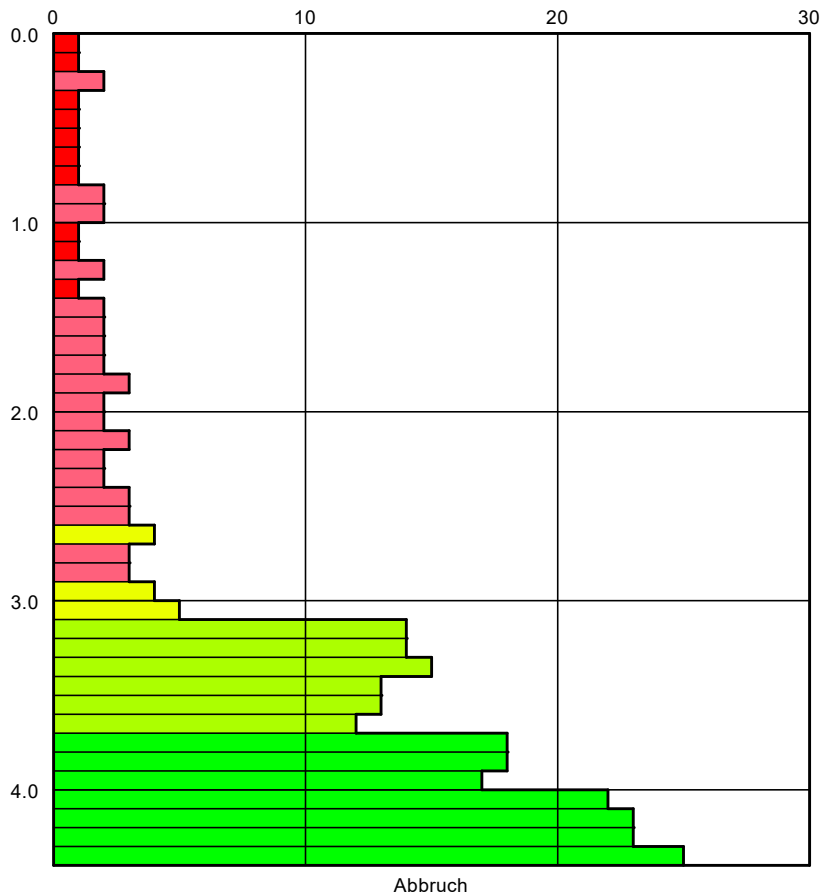
Maßstab der Höhe ca.: 1:40

DPH 1
179,98 m NN

Schlagzahlen je 10 cm

Legende DPH

- breiig
- weich
- steif
- halbfest
- fest



Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	1
0.20	1
0.30	2
0.40	1
0.50	1
0.60	1
0.70	1
0.80	1
0.90	2
1.00	2
1.10	1
1.20	1
1.30	2
1.40	1
1.50	2
1.60	2
1.70	2
1.80	2
1.90	3
2.00	2
2.10	2
2.20	3
2.30	2
2.40	2
2.50	3
2.60	3
2.70	4
2.80	3
2.90	3
3.00	4
3.10	5
3.20	14
3.30	14
3.40	15
3.50	13
3.60	13
3.70	12
3.80	18
3.90	18
4.00	17
4.10	22
4.20	23
4.30	23
4.40	25



Borgentreich-Lütgeneder
BG Flur 3, Flurstück 331

Projektnummer:
224489-1

Anlage:
4.2

Profil einer Rammsondierung

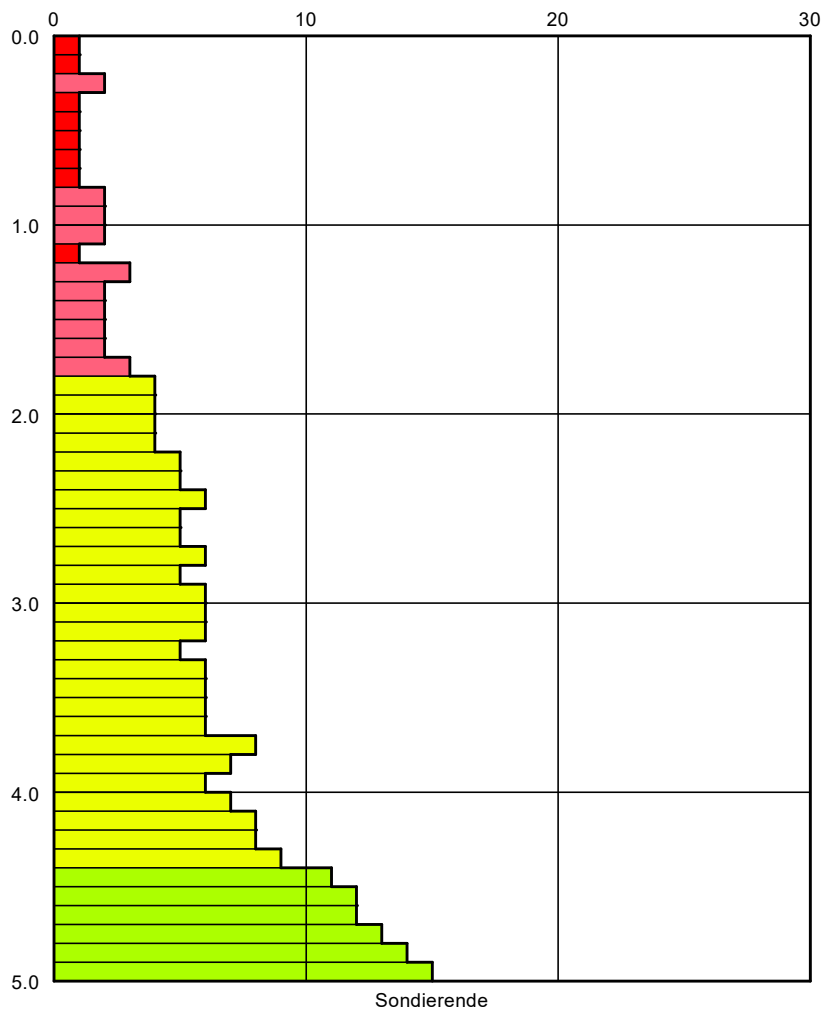
Maßstab der Höhe ca.: 1:40

DPH 2
178,41 m NN

Schlagzahlen je 10 cm

Legende DPH

- breiig
- weich
- steif
- halbfest
- fest



Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	1
0.20	1
0.30	2
0.40	1
0.50	1
0.60	1
0.70	1
0.80	1
0.90	2
1.00	2
1.10	2
1.20	1
1.30	3
1.40	2
1.50	2
1.60	2
1.70	2
1.80	3
1.90	4
2.00	4
2.10	4
2.20	4
2.30	5
2.40	5
2.50	6
2.60	5
2.70	5
2.80	6
2.90	5
3.00	6
3.10	6
3.20	6
3.30	5
3.40	6
3.50	6
3.60	6
3.70	6
3.80	8
3.90	7
4.00	6
4.10	7
4.20	8
4.30	8
4.40	9
4.50	11
4.60	12
4.70	12
4.80	13
4.90	14
5.00	15



Borgentreich-Lütgeneder
BG Flur 3, Flurstück 331

Projektnummer:
224489-1

Anlage:
4.3

Profil einer Rammsondierung

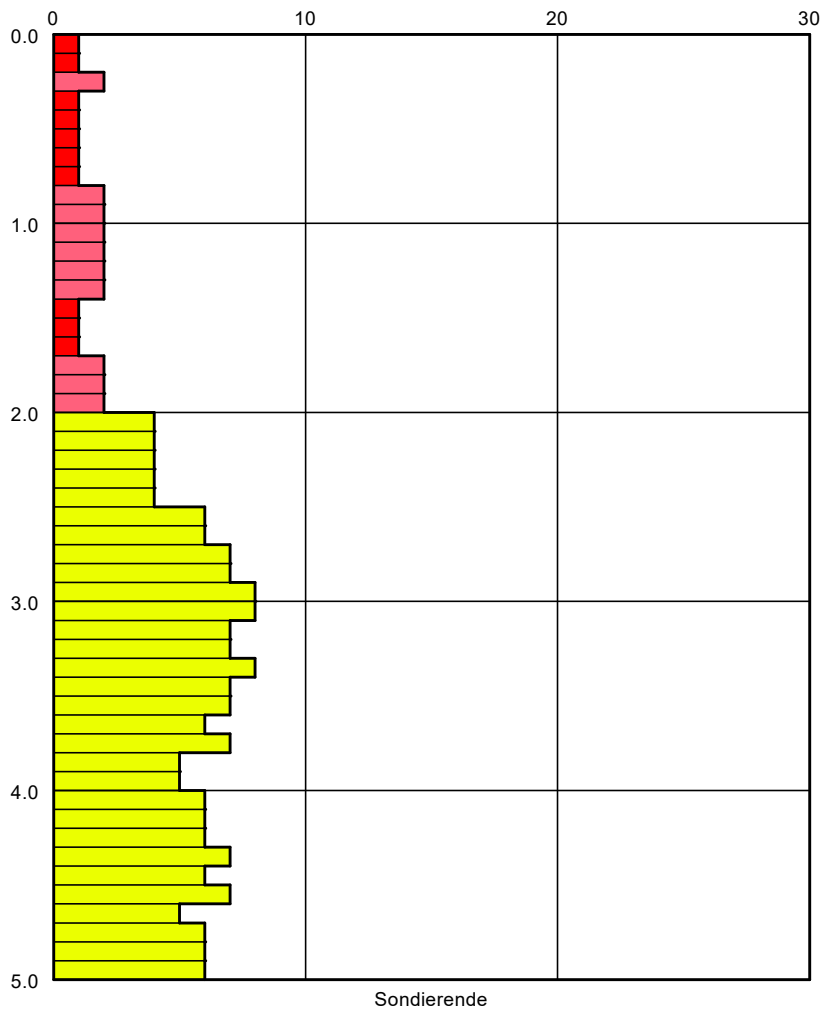
Maßstab der Höhe ca.: 1:40

DPH 3
179,32 m NN

Schlagzahlen je 10 cm

Legende DPH

	breiig
	weich
	steif
	halbfest
	fest



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



Borgentreich-Lütgeneder
BG Flur 3, Flurstück 331

Projektnummer:
224489-1

Anlage:
4.4

Profil einer Rammsondierung

Maßstab der Höhe ca.: 1:40

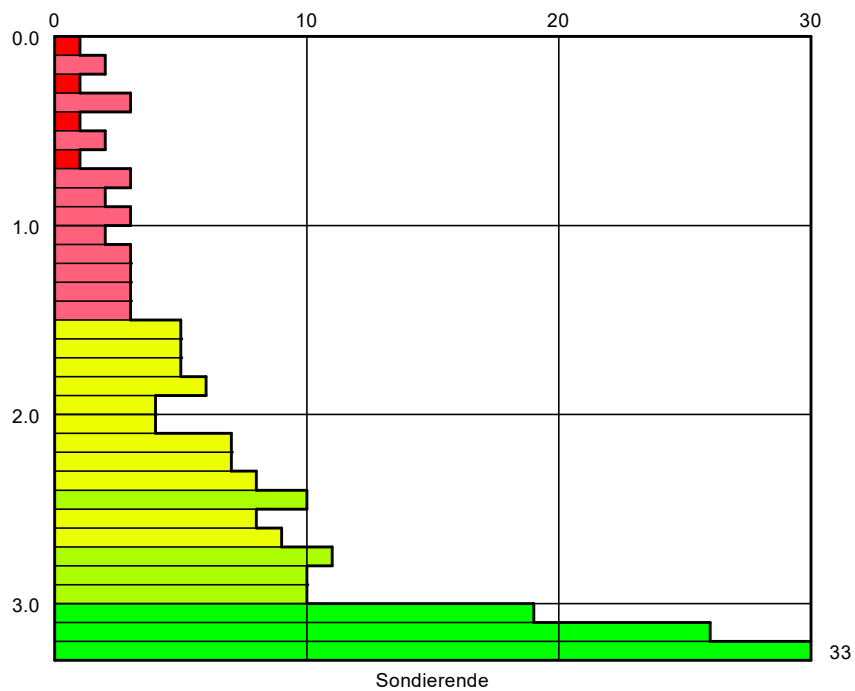
DPH 4

179,78 m NN

Schlagzahlen je 10 cm

Legende DPH

- breiig
- weich
- steif
- halbfest
- fest



Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	1
0.20	2
0.30	1
0.40	3
0.50	1
0.60	2
0.70	1
0.80	3
0.90	2
1.00	3
1.10	2
1.20	3
1.30	3
1.40	3
1.50	3
1.60	5
1.70	5
1.80	5
1.90	6
2.00	4
2.10	4
2.20	7
2.30	7
2.40	8
2.50	10
2.60	8
2.70	9
2.80	11
2.90	10
3.00	10
3.10	19
3.20	26
3.30	33

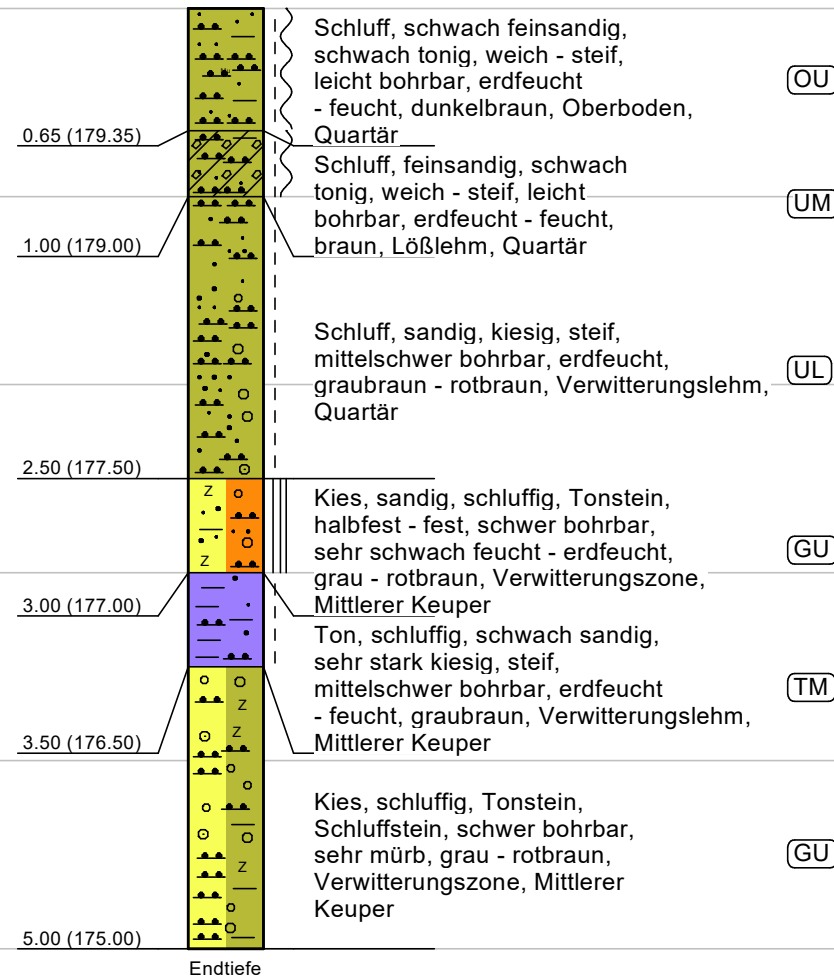


Borgentreich, Lütgeneder
BG Flur 3, Furstück 331

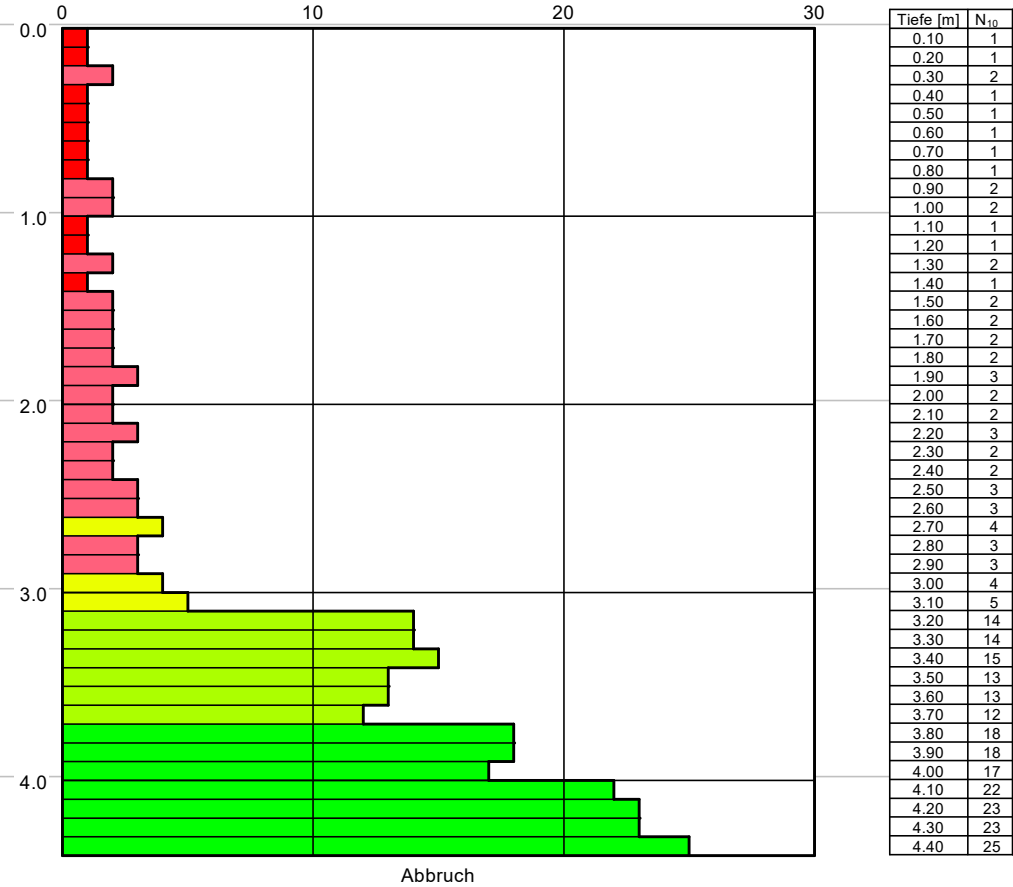
Projektnummer:
224489
Anlage:
5.1

Schnitt 1
Maßstab der Höhe ca.: 1:40

m NN
181.0
RKS 1
180,00 m NN

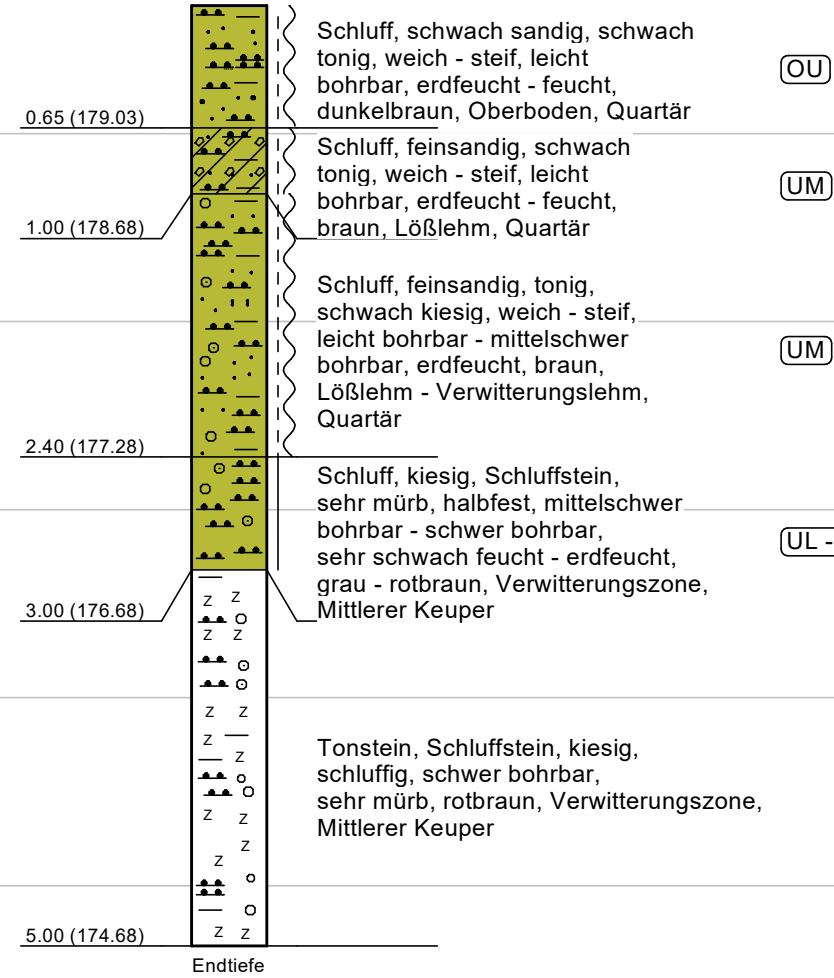


DPH 1
179,98 m NN
Schlagzahlen je 10 cm

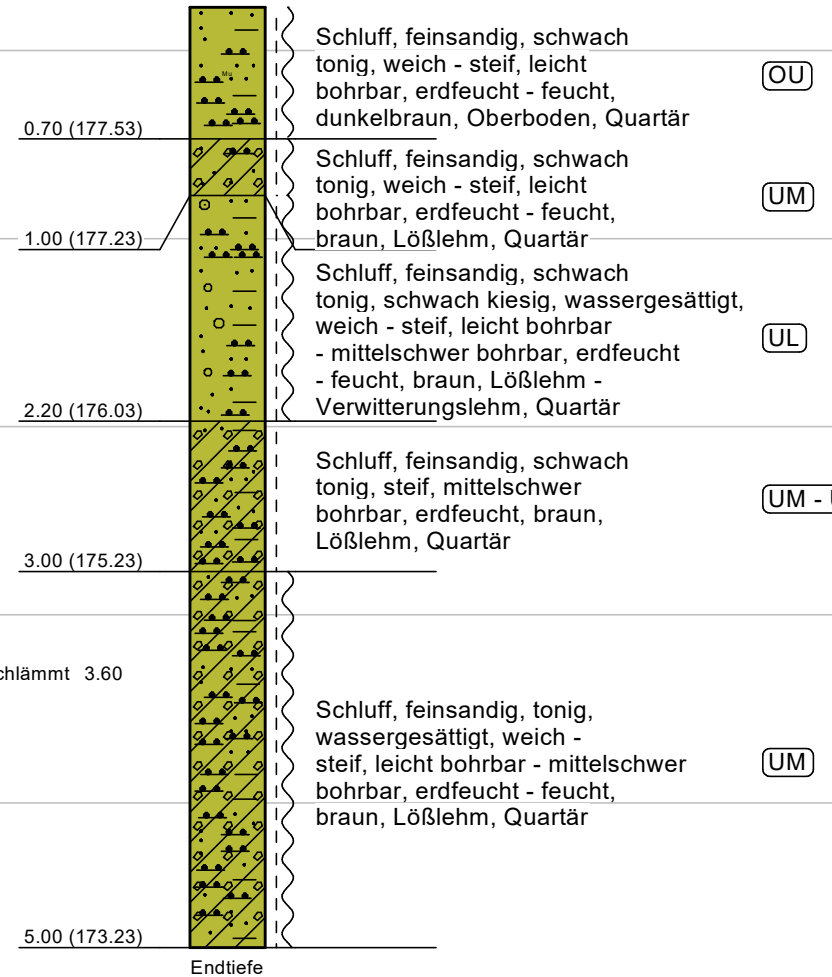


Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	1
0.20	1
0.30	2
0.40	1
0.50	1
0.60	1
0.70	1
0.80	1
0.90	2
1.00	2
1.10	1
1.20	1
1.30	2
1.40	1
1.50	2
1.60	2
1.70	2
1.80	2
1.90	3
2.00	2
2.10	2
2.20	3
2.30	2
2.40	2
2.50	3
2.60	3
2.70	4
2.80	3
2.90	3
3.00	4
3.10	5
3.20	14
3.30	14
3.40	15
3.50	13
3.60	13
3.70	12
3.80	18
3.90	18
4.00	17
4.10	22
4.20	23
4.30	23
4.40	25

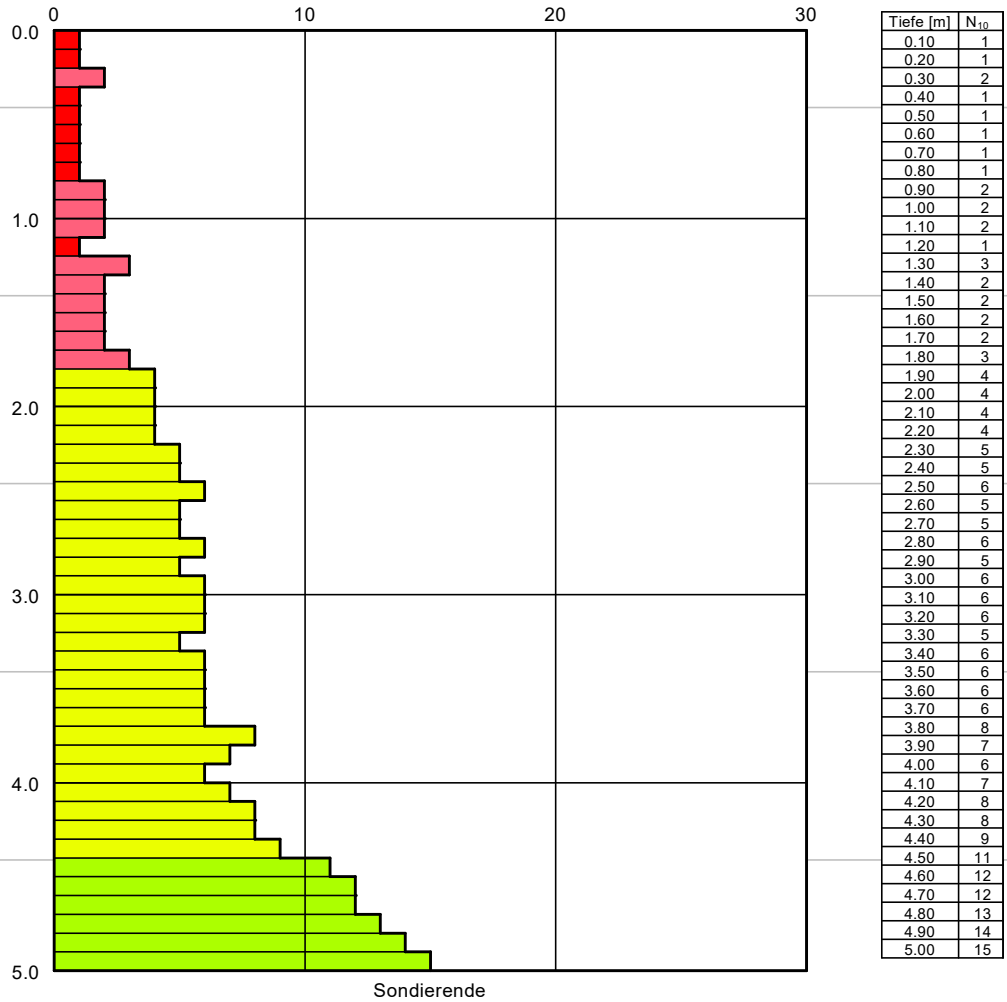
RKS 2
179,68 m NN



RKS 3
178,23 m NN

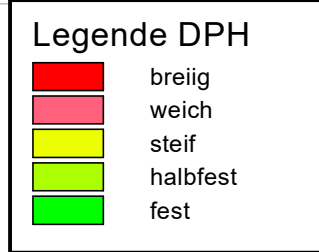
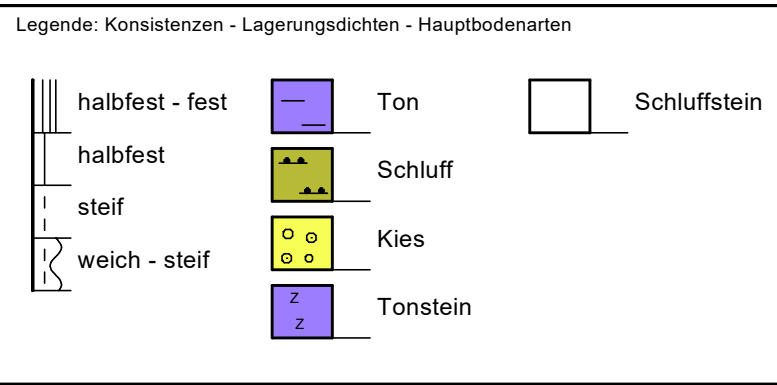


DPH 2
178,41 m NN
Schlagzahlen je 10 cm



Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	1
0.20	1
0.30	2
0.40	1
0.50	1
0.60	1
0.70	1
0.80	1
0.90	2
1.00	2
1.10	2
1.20	1
1.30	3
1.40	2
1.50	2
1.60	2
1.70	2
1.80	3
1.90	4
2.00	4
2.10	4
2.20	4
2.30	5
2.40	5
2.50	6
2.60	5
2.70	5
2.80	6
2.90	5
3.00	6
3.10	6
3.20	6
3.30	5
3.40	6
3.50	6
3.60	6
3.70	6
3.80	6
3.90	7
4.00	6
4.10	7
4.20	8
4.30	8
4.40	9
4.50	11
4.60	12
4.70	12
4.80	13
4.90	14
5.00	15

Bemerkungen:
keine Wasserführung
zum Erkundungszeitpunkt
festgestellt





Borgentreich, Lütgeneder
BG Flur 3, Furstück 331

Projektnummer:
224489
Anlage:
5.2

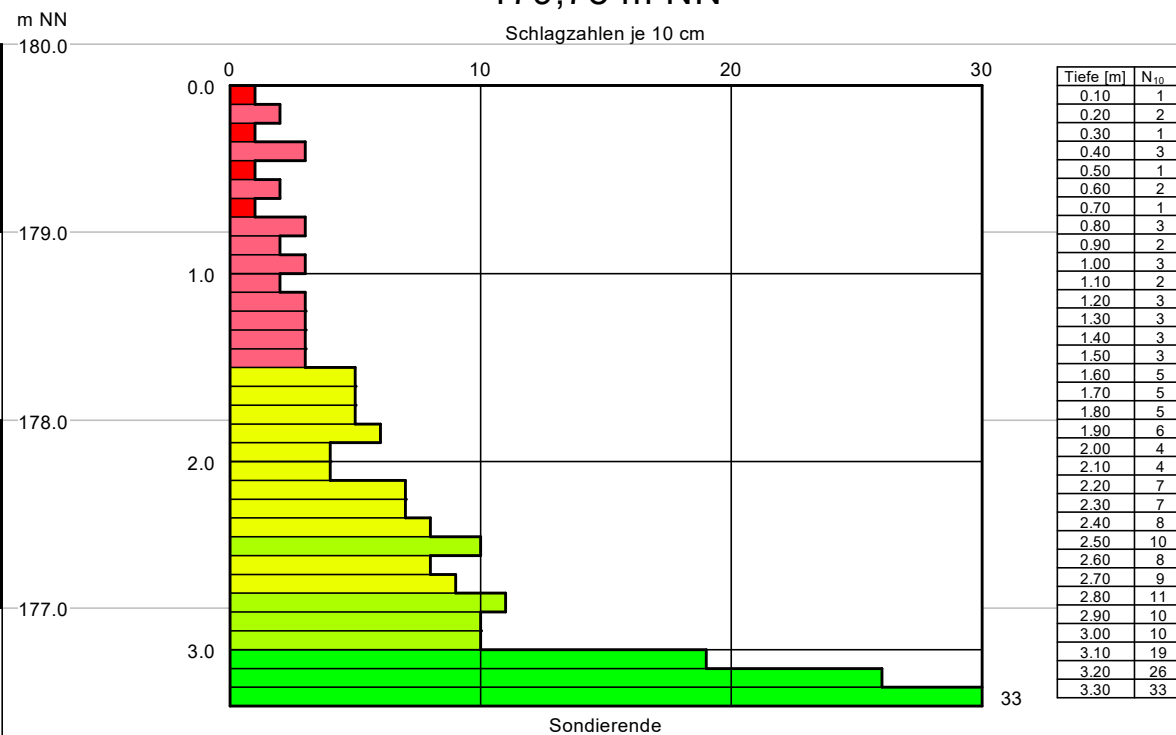
Schnitt 2

Maßstab der Höhe ca.: 1:40

DPH 4

179,78 m NN

Schlagzahlen je 10 cm



Legende DPH

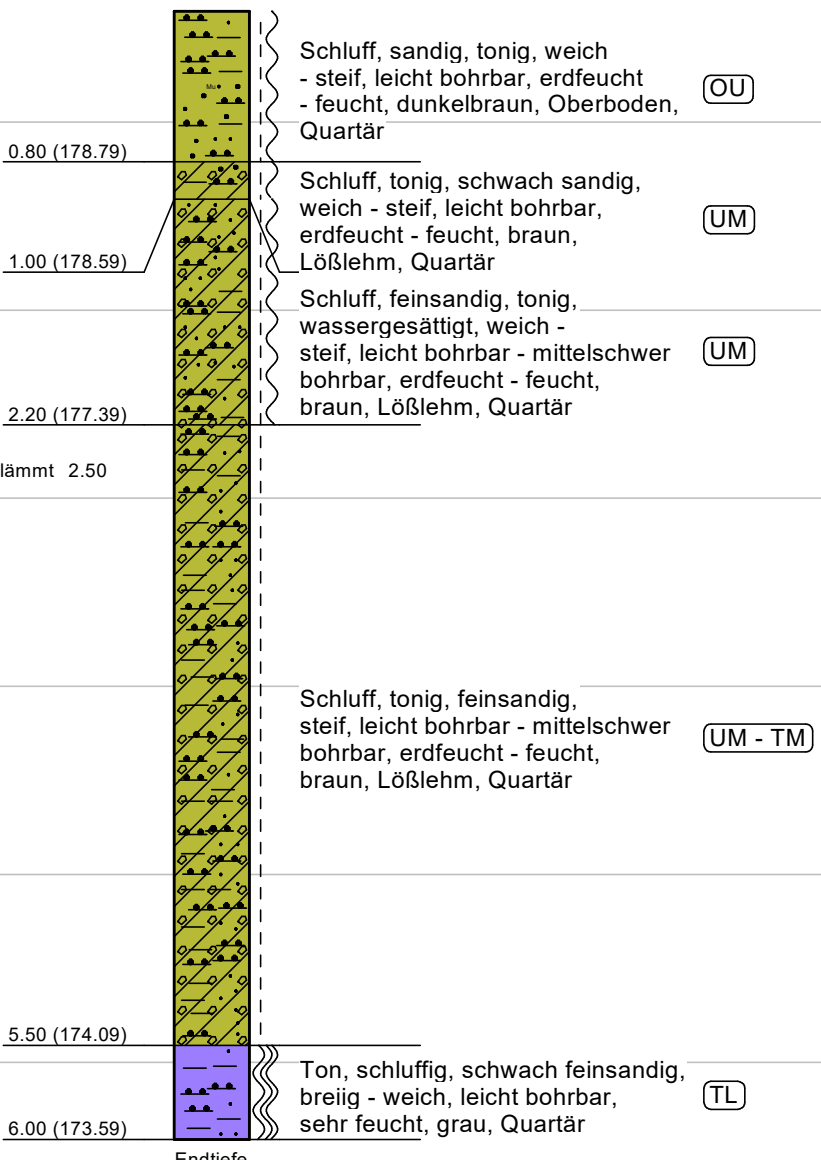
- breiig
- weich
- steif
- halbfest
- fest

Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten

- steif - halbfest
- steif
- weich - steif
- weich
- breiig - weich
- Ton
- Schluff
- Tonstein
- Schluffstein

RKS 6

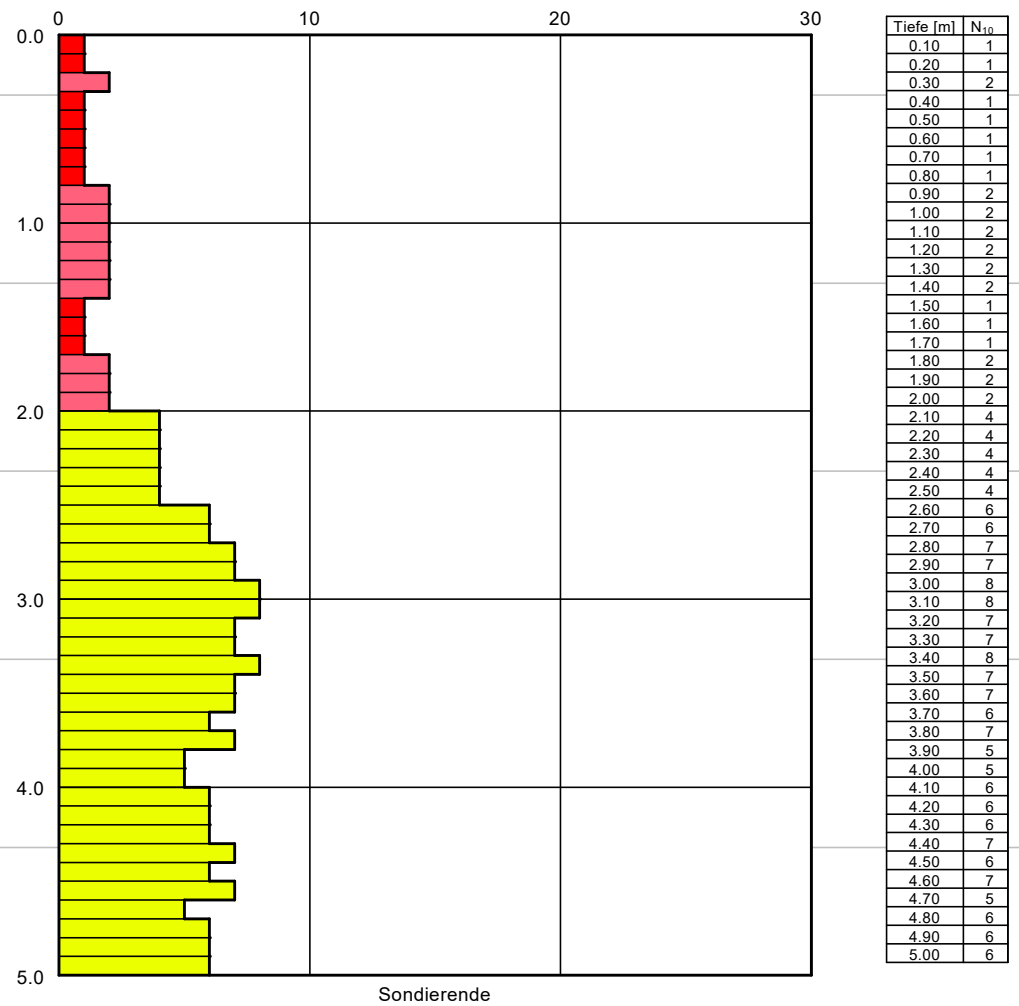
179,59 m NN



DPH 3

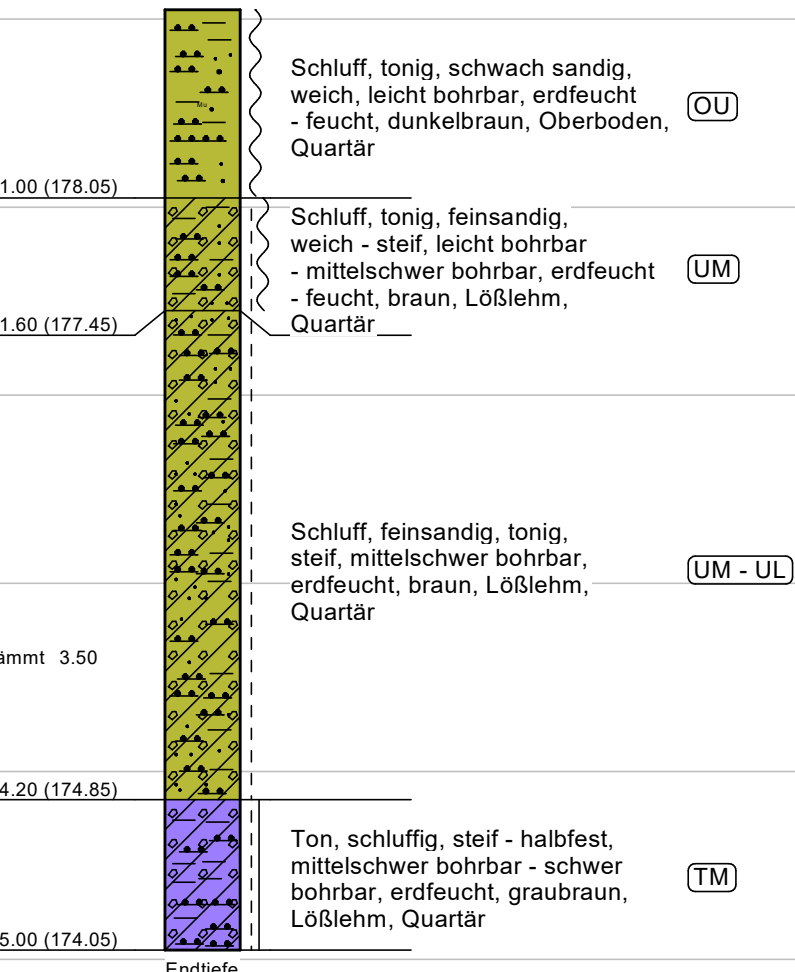
179,32 m NN

Schlagzahlen je 10 cm



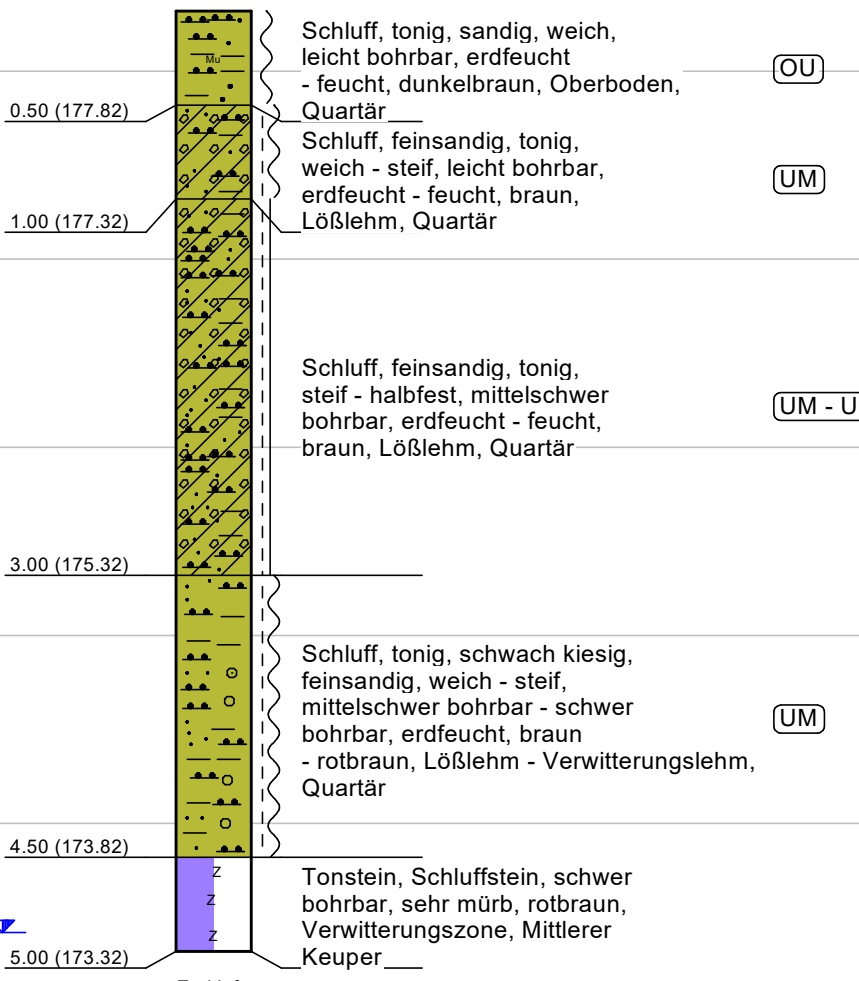
RKS 5

179,05 m NN



RKS 4

178,32 m NN





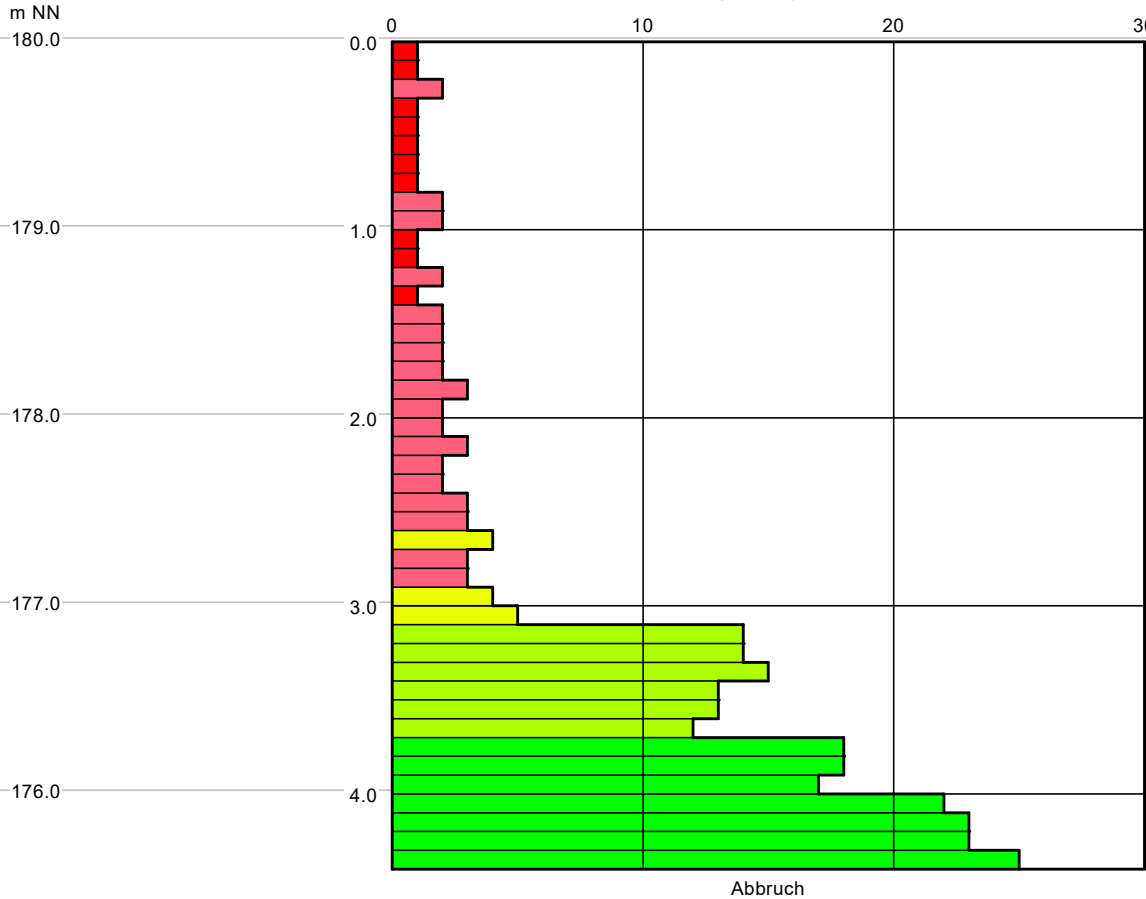
Borgentreich, Lütgeneder
BG Flur 3, Furstück 331

Projektnummer:
224489
Anlage:
5.3

Schnitt 3
Maßstab der Höhe ca.: 1:40

DPH 1
179,98 m NN

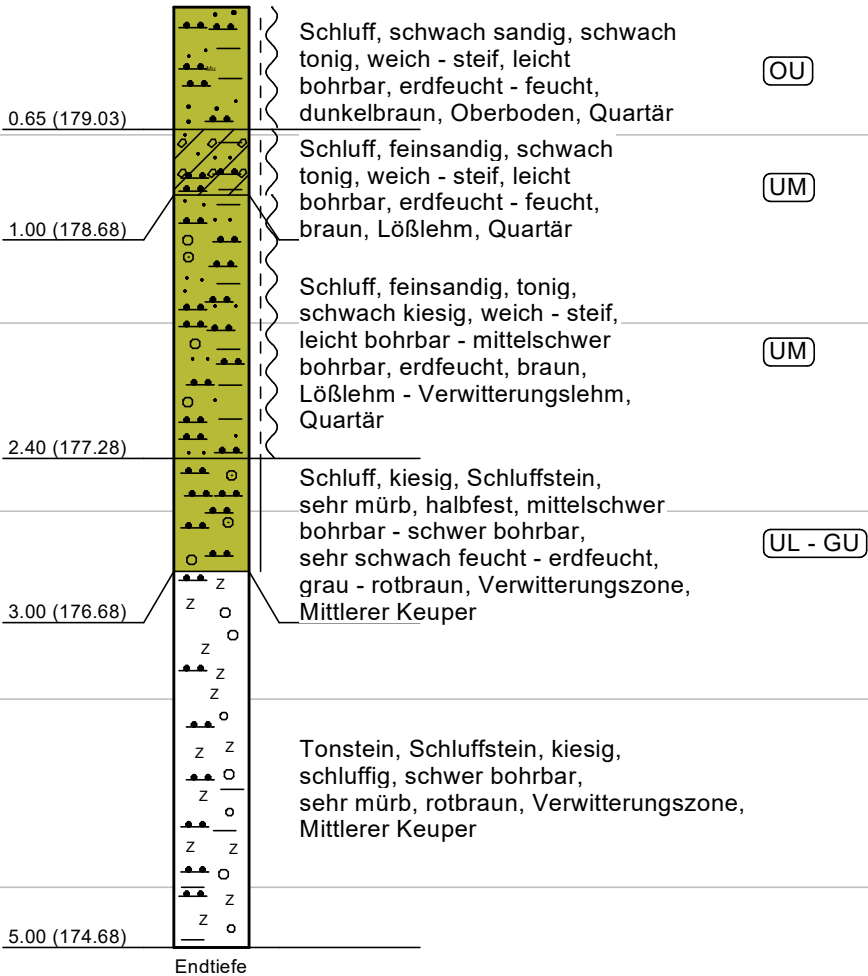
Schlagzahlen je 10 cm



Tiefe [m]	N ₁₀
0.10	1
0.20	1
0.30	2
0.40	1
0.50	1
0.60	1
0.70	1
0.80	1
0.90	2
1.00	2
1.10	1
1.20	1
1.30	2
1.40	1
1.50	2
1.60	2
1.70	2
1.80	2
1.90	3
2.00	2
2.10	2
2.20	3
2.30	2
2.40	2
2.50	3
2.60	3
2.70	4
2.80	3
2.90	3
3.00	4
3.10	5
3.20	14
3.30	14
3.40	15
3.50	13
3.60	13
3.70	12
3.80	18
3.90	18
4.00	17
4.10	22
4.20	23
4.30	23
4.40	25

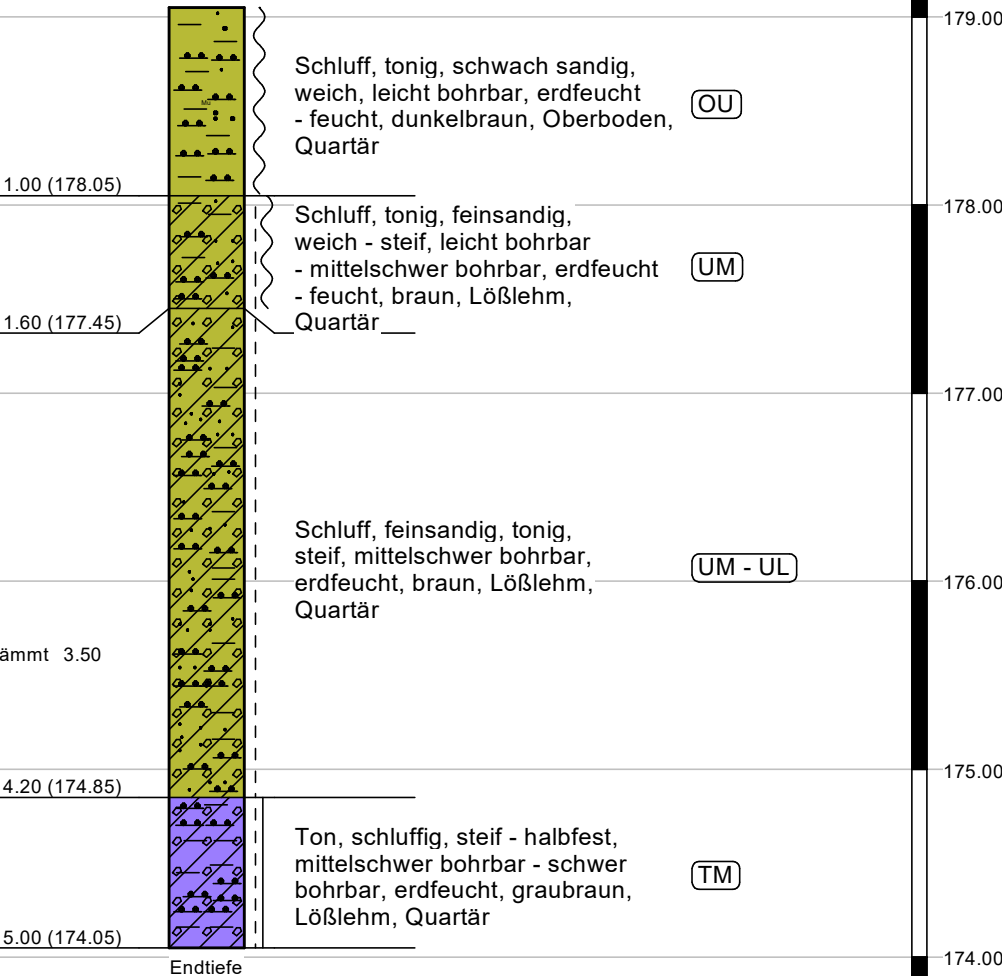
RKS 2

179,68 m NN



RKS 5

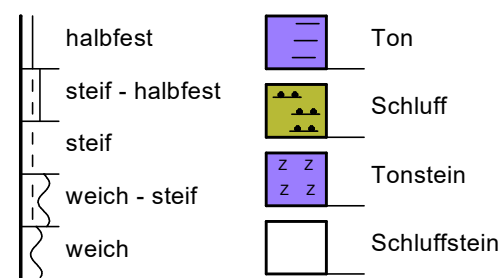
179,05 m NN



Legende DPH



Legende: Konsistenzen - Lagerungsdichten - Hauptbodenarten



AGROLAB Umwelt GmbH

Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel, Germany
Tel.: +49 431 22138-500, Fax: +49 431 22138-598
eMail: kiel@agrolab.de www.agrolab.de



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

AGROLAB Umwelt Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel

BBU Dr. Schubert GmbH
Glockenplatz 1
34388 Trendelburg

Datum 21.02.2025

Kundennr. 20097889

PRÜFBERICHT

Auftrag 2442272 224489 Lütgeneder; Probennehmer: M. Kimm; Entnahmeort: Lütgeneder
Analysenr. 642278 Mineralisch/Anorganisches Material
Probeneingang 13.02.2025
Probenahme 10.-11.02.2025
Probennehmer Auftraggeber (M. Kimm)
Kunden-Probenbezeichnung MP1

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

Feststoff

Analyse in der Gesamtfraktion					DIN 19747 : 2009-07
Sulfat ^{u) *)}	mg/kg	221	100		DIN 4030 (mod.)(PL)
Trockensubstanz	%	84,1	0,1		DIN EN 14346 : 2007-03, Verfahren A
Säuregrad n. Baumann-Gully ^{u) *)}	ml/kg	42	0,1		DIN 4030 (mod.)(PL)
Kohlenstoff(C) organisch (TOC)	%	0,15	0,1		DIN EN 15936 : 2012-11
Cyanide ges.	mg/kg	<0,30	0,3		DIN EN ISO 17380 : 2013-10
EOX	mg/kg	<1,0	1		DIN 38414-17 : 2017-01
Königswasseraufschluß					DIN EN 13657 : 2003-01
Arsen (As)	mg/kg	10,1	1		DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Blei (Pb)	mg/kg	11,3	5		DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Cadmium (Cd)	mg/kg	0,13	0,06		DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Chrom (Cr)	mg/kg	34,0	1		DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Kupfer (Cu)	mg/kg	12,6	2		DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Nickel (Ni)	mg/kg	26,9	2		DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Quecksilber (Hg)	mg/kg	<0,066	0,066		DIN EN ISO 12846 : 2012-08
Thallium (Tl)	mg/kg	0,2	0,1		DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Zink (Zn)	mg/kg	72,0	6		DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC)	mg/kg	<50	50		DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2019-09 (Schütteleextr.)
Kohlenwasserstoffe C10-C40 (GC)	mg/kg	<50	50		DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2019-09 (Schütteleextr.)
Naphthalin	mg/kg	<0,050	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Acenaphthylen	mg/kg	<0,050	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Acenaphthen	mg/kg	<0,050	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Fluoren	mg/kg	<0,050	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Phenanthren	mg/kg	<0,050	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Anthracen	mg/kg	<0,050	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Fluoranthren	mg/kg	<0,050	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Pyren	mg/kg	<0,050	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Benzo(a)anthracen	mg/kg	<0,050	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "*" gekennzeichnet.

AG Kiel
HRB 26025
USt-IdNr./VAT-ID No.:
DE 363 687 673

Geschäftsführer
Dr. Paul Wimmer
Dr. Stephanie Nagorny
Dr. Torsten Zurmühl



Seite 1 von 3
Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-22637-01-00

AGROLAB Umwelt GmbH

Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel, Germany
Tel.: +49 431 22138-500, Fax: +49 431 22138-598
eMail: kiel@agrolab.de www.agrolab.de



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Datum 21.02.2025

Kundennr. 20097889

PRÜFBERICHT

Auftrag

2442272 224489 Lütgeneder; Probennehmer: M. Kimm; Entnahmeort:
Lütgeneder

Analysennr.

642278 Mineralisch/Anorganisches Material

Kunden-Probenbezeichnung

MP1

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Methode
Chrysen	mg/kg	<0,050	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Benzo(b)fluoranthen	mg/kg	<0,050	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Benzo(k)fluoranthen	mg/kg	<0,050	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Benzo(a)pyren	mg/kg	<0,050	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg	<0,050	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Benzo(ghi)perylene	mg/kg	<0,050	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg	<0,050	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
PAK-Summe (nach EPA)	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
Dichlormethan	mg/kg	<0,10	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
cis-Dichlorethen	mg/kg	<0,10	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
trans-Dichlorethen	mg/kg	<0,10	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Trichlormethan	mg/kg	<0,10	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg	<0,10	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Trichlorethen	mg/kg	<0,10	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Tetrachlormethan	mg/kg	<0,10	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Tetrachlorethen	mg/kg	<0,10	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
LHKW - Summe	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
Benzol	mg/kg	<0,050	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Toluol	mg/kg	<0,050	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Ethylbenzol	mg/kg	<0,050	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
m,p-Xylol	mg/kg	<0,050	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
o-Xylol	mg/kg	<0,050	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Cumol	mg/kg	<0,10	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Styrol	mg/kg	<0,10	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
BTX - Summe	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
PCB (28)	mg/kg	<0,010	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12 (Schütteleextr.)
PCB (52)	mg/kg	<0,010	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12 (Schütteleextr.)
PCB (101)	mg/kg	<0,010	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12 (Schütteleextr.)
PCB (138)	mg/kg	<0,010	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12 (Schütteleextr.)
PCB (118)	mg/kg	<0,010	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12 (Schütteleextr.)
PCB (153)	mg/kg	<0,010	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12 (Schütteleextr.)
PCB (180)	mg/kg	<0,010	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12 (Schütteleextr.)
PCB-Summe (6 Kongenere)	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
PCB-Summe	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter

Eluat

Eluaterstellung					DIN EN 12457-4 : 2003-01
Temperatur Eluat	°C	20,3	0		DIN 38404-4 : 1976-12
pH-Wert		8,7	2		DIN EN ISO 10523 : 2012-04

Seite 2 von 3

AG Kiel
HRB 26025
USt-IdNr./VAT-ID No.:
DE 363 687 673

Geschäftsführer
Dr. Paul Wimmer
Dr. Stephanie Nagorny
Dr. Torsten Zurmühl



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-22637-01-00

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "*" gekennzeichnet.

AGROLAB Umwelt GmbH

Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel, Germany
Tel.: +49 431 22138-500, Fax: +49 431 22138-598
eMail: kiel@agrolab.de www.agrolab.de



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Datum 21.02.2025

Kundennr. 20097889

PRÜFBERICHT

Auftrag

2442272 224489 Lütgeneder; Probennehmer: M. Kimm; Entnahmeort: Lütgeneder

Analysennr.

642278 Mineralisch/Anorganisches Material

Kunden-Probenbezeichnung

MP1

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Methode
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	26,0	10	DIN EN 27888 : 1993-11
Chlorid (Cl)	mg/l	<1,00 (NWG)	5	DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Sulfat (SO4)	mg/l	<5,00 (+)	5	DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Cyanide ges.	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 14403-2 : 2012-10
Phenolindex	mg/l	<0,010	0,01	DIN EN ISO 14402 : 1999-12
Arsen (As)	mg/l	<0,001	0,001	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Blei (Pb)	mg/l	<0,001	0,001	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Cadmium (Cd)	mg/l	<0,0003	0,0003	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Chrom (Cr)	mg/l	<0,001	0,0014	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Kupfer (Cu)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Nickel (Ni)	mg/l	<0,007	0,007	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Quecksilber (Hg)	mg/l	<0,00003	0,00003	DIN EN ISO 12846 : 2012-08
Zink (Zn)	mg/l	<0,03	0,03	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01

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

Das Zeichen "<... (NWG)" oder n.n. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Parameter ist bei nebenstehender Nachweisgrenze nicht nachzuweisen.

Das Zeichen "<... (+)" in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Parameter wurde im Bereich zwischen Nachweisgrenze und Bestimmungsgrenze qualitativ nachgewiesen.

Die Einwaage zur Untersuchung auf leichtflüchtige organische Substanzen erfolgte im Labor aus der angelieferten Originalprobe. Dieses Vorgehen könnte einen Einfluss auf die Messergebnisse haben.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

u) externe Dienstleistung eines AGROLAB GROUP Labors

Untersuchung durch

(PL) AWW-Dr. Busse GmbH, Plauen (AGROLAB GROUP), Jöbßnitzer Str. 113, 08525 Plauen

Methoden

DIN 4030 (mod.)

Hinweis zum Probenahmedatum: Das Probenahmedatum ist eine Kundeninformation.

Beginn der Prüfungen: 13.02.2025

Ende der Prüfungen: 21.02.2025

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

AGROLAB Umwelt Frau Janin Lo, Tel. 0431/22138-581
Service Team Umwelt 1, Email: umwelt1.kiel@agrolab.de

AG Kiel
HRB 26025
USt-IdNr./VAT-ID No.:
DE 363 687 673

Geschäftsführer
Dr. Paul Wimmer
Dr. Stephanie Nagorny
Dr. Torsten Zurmühl



Seite 3 von 3

Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-22637-01-00

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "u)" gekennzeichnet.

AGROLAB Umwelt GmbH

Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel, Germany
Tel.: +49 431 22138-500, Fax: +49 431 22138-598
eMail: kiel@agrolab.de www.agrolab.de



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

AGROLAB Umwelt Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel

BBU Dr. Schubert GmbH
Glockenplatz 1
34388 Trendelburg

Datum 21.02.2025

Kundennr. 20097889

PRÜFBERICHT

Auftrag 2442272 224489 Lütgeneder; Probennehmer: M. Kimm; Entnahmeort: Lütgeneder
Analysenr. 642293 Mineralisch/Anorganisches Material
Probeneingang 13.02.2025
Probenahme 13.02.2025
Probennehmer Auftraggeber (M. Kimm)
Kunden-Probenbezeichnung MP 2

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

Feststoff

Analyse in der Gesamtfraktion					DIN 19747 : 2009-07
Trockensubstanz	%	76,4	0,1		DIN EN 14346 : 2007-03, Verfahren A
Kohlenstoff(C) organisch (TOC)	%	0,26	0,1		DIN EN 15936 : 2012-11
Cyanide ges.	mg/kg	<0,30	0,3		DIN EN ISO 17380 : 2013-10
EOX	mg/kg	<1,0	1		DIN 38414-17 : 2017-01
Königswasseraufschluß					DIN EN 13657 : 2003-01
Arsen (As)	mg/kg	20,5	1		DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Blei (Pb)	mg/kg	18,0	5		DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Cadmium (Cd)	mg/kg	0,19	0,06		DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Chrom (Cr)	mg/kg	40,9	1		DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Kupfer (Cu)	mg/kg	17,8	2		DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Nickel (Ni)	mg/kg	28,5	2		DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Quecksilber (Hg)	mg/kg	<0,066	0,066		DIN EN ISO 12846 : 2012-08
Thallium (Tl)	mg/kg	0,4	0,1		DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Zink (Zn)	mg/kg	71,6	6		DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC)	mg/kg	<50	50		DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2019-09 (Schütteleextr.)
Kohlenwasserstoffe C10-C40 (GC)	mg/kg	<50	50		DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2019-09 (Schütteleextr.)
Naphthalin	mg/kg	<0,050	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Acenaphthylen	mg/kg	<0,050	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Acenaphthen	mg/kg	<0,050	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Fluoren	mg/kg	<0,050	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Phenanthren	mg/kg	<0,050	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Anthracen	mg/kg	<0,050	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Fluoranthren	mg/kg	<0,050	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Pyren	mg/kg	<0,050	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Benzo(a)anthracen	mg/kg	<0,050	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Chrysen	mg/kg	<0,050	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "*" gekennzeichnet.

AG Kiel
HRB 26025
USt-IdNr./VAT-ID No.:
DE 363 687 673

Geschäftsführer
Dr. Paul Wimmer
Dr. Stephanie Nagorny
Dr. Torsten Zurmühl



Seite 1 von 3

Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-22637-01-00

AGROLAB Umwelt GmbH

Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel, Germany
Tel.: +49 431 22138-500, Fax: +49 431 22138-598
eMail: kiel@agrolab.de www.agrolab.de



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Datum 21.02.2025

Kundennr. 20097889

PRÜFBERICHT

Auftrag

2442272 224489 Lütgeneder; Probennehmer: M. Kimm; Entnahmeort:
Lütgeneder

Analysennr.

642293 Mineralisch/Anorganisches Material

Kunden-Probenbezeichnung

MP 2

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Methode
Benzo(b)fluoranthen	mg/kg	<0,050	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Benzo(k)fluoranthen	mg/kg	<0,050	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Benzo(a)pyren	mg/kg	<0,050	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg	<0,050	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Benzo(ghi)perylene	mg/kg	<0,050	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg	<0,050	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05 (Verfahren A)
PAK-Summe (nach EPA)	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
Dichlormethan	mg/kg	<0,10	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
cis-Dichlorethen	mg/kg	<0,10	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
trans-Dichlorethen	mg/kg	<0,10	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Trichlormethan	mg/kg	<0,10	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg	<0,10	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Trichlorethen	mg/kg	<0,10	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Tetrachlormethan	mg/kg	<0,10	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Tetrachlorethen	mg/kg	<0,10	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
LHKW - Summe	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
Benzol	mg/kg	<0,050	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Toluol	mg/kg	<0,050	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Ethylbenzol	mg/kg	<0,050	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
m,p-Xylol	mg/kg	<0,050	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
o-Xylol	mg/kg	<0,050	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Cumol	mg/kg	<0,10	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Styrol	mg/kg	<0,10	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
BTX - Summe	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
PCB (28)	mg/kg	<0,010	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12 (Schütteleextr.)
PCB (52)	mg/kg	<0,010	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12 (Schütteleextr.)
PCB (101)	mg/kg	<0,010	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12 (Schütteleextr.)
PCB (138)	mg/kg	<0,010	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12 (Schütteleextr.)
PCB (118)	mg/kg	<0,010	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12 (Schütteleextr.)
PCB (153)	mg/kg	<0,010	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12 (Schütteleextr.)
PCB (180)	mg/kg	<0,010	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12 (Schütteleextr.)
PCB-Summe (6 Kongenere)	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
PCB-Summe	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter

Eluat

Eluaterstellung				DIN EN 12457-4 : 2003-01
Temperatur Eluat	°C	19,9	0	DIN 38404-4 : 1976-12
pH-Wert		8,3	2	DIN EN ISO 10523 : 2012-04
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	38,5	10	DIN EN 27888 : 1993-11

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "*" gekennzeichnet.

AG Kiel
HRB 26025
USt-IdNr./VAT-ID No.:
DE 363 687 673

Geschäftsführer
Dr. Paul Wimmer
Dr. Stephanie Nagorny
Dr. Torsten Zurmühl



Seite 2 von 3

Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-22637-01-00

AGROLAB Umwelt GmbH

Dr.-Hell-Str. 6, 24107 Kiel, Germany
Tel.: +49 431 22138-500, Fax: +49 431 22138-598
eMail: kiel@agrolab.de www.agrolab.de



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

Datum 21.02.2025

Kundennr. 20097889

PRÜFBERICHT

Auftrag

2442272 224489 Lütgeneder; Probennehmer: M. Kimm; Entnahmeort: Lütgeneder

Analysennr.

642293 Mineralisch/Anorganisches Material

Kunden-Probenbezeichnung

MP 2

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Methode
Chlorid (Cl)	mg/l	<1,00 (NWG)	5	DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Sulfat (SO ₄)	mg/l	<5,00 (+)	5	DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Cyanide ges.	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 14403-2 : 2012-10
Phenolindex	mg/l	<0,010	0,01	DIN EN ISO 14402 : 1999-12
Arsen (As)	mg/l	<0,001	0,001	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Blei (Pb)	mg/l	<0,001	0,001	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Cadmium (Cd)	mg/l	<0,0003	0,0003	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Chrom (Cr)	mg/l	<0,001	0,0014	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Kupfer (Cu)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Nickel (Ni)	mg/l	<0,007	0,007	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Quecksilber (Hg)	mg/l	<0,00003	0,00003	DIN EN ISO 12846 : 2012-08
Zink (Zn)	mg/l	<0,03	0,03	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Parameter ist bei nebenstehender

Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Das Zeichen "<....(NWG)" oder n.n. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Parameter ist bei nebenstehender Nachweisgrenze nicht nachzuweisen.

Das Zeichen "<....(+)" in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Parameter wurde im Bereich zwischen Nachweisgrenze und Bestimmungsgrenze qualitativ nachgewiesen.

Die Einwaage zur Untersuchung auf leichtflüchtige organische Substanzen erfolgte im Labor aus der angelieferten Originalprobe. Dieses Vorgehen könnte einen Einfluss auf die Messergebnisse haben.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

Hinweis zum Probenahmedatum: Das Probenahmedatum ist eine Kundeninformation.

Beginn der Prüfungen: 13.02.2025

Ende der Prüfungen: 19.02.2025

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

AGROLAB Umwelt Frau Janin Lo, Tel. 0431/22138-581
Service Team Umwelt 1, Email: umwelt1.kiel@agrolab.de

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "*" gekennzeichnet.

AG Kiel
HRB 26025
USt-IdNr./VAT-ID No.:
DE 363 687 673

Geschäftsführer
Dr. Paul Wimmer
Dr. Stephanie Nagorny
Dr. Torsten Zurmühl



Seite 3 von 3

Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-22637-01-00