Geotechnischer Bericht

Auftraggeber: Pfalzwerke Netz AG
Kurfürstenstraße 29
67061 Ludwigshafen

Planung: SPIE SAG GmbH
CeGIT
Servicebüro Hockenheim
Talhausstr. 4
68766 Hockenheim

Gegenstand: Geotechnischer Bericht der
110-kV-Hochspannungsfreileitung
UW Mutterstadt – UW Otterbach (Pos. XX),
Abschnitt UW Mutterstadt – UW Kerzenheim

Datum: Alsfeld, 15.06.2021

Version	Datum	Bearbeiter	Vermerk / Änderung
1.0	13.10.2020	M. Rehbein	1. Version
1.1	28.10.2020	M. Rehbein	Ergänzungen / Änderungen gemäß E-Mail von Herrn Geib vom 26.10.2020
1.2	14.06.2021	M. Rehbein	Änderungen gemäß neuem Änderungskatalog

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 6
1.1 Standort 6
1.2 Unterlagen 7

2 Geologie 8
2.1 Geologie 8
2.2 Hydrogeologie 9
2.3 Felduntersuchung 10
2.3.1 Beschreibung der geologischen Einheiten 12
2.3.2 Lagerungsdichte und Zustandsform 15
2.3.3 Bautechnische Bewertung der Bodenschichten 16

3 Laboruntersuchungen 17
3.1 Bodenmechanische Laborversuche 17
3.1.1 Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchung 18
3.1.2 Ergebnisse der chemischen Zusammensetzung des Porenwassers 20
3.1.3 Ergebnisse der hydrochemischen Laboruntersuchung aus 2019 20

4 Baugrundbeurteilung 23

5 Bauausführung und Risiken 31
5.1 Baugruben 31
5.2 Baugrubenwand/ -verbau 31
5.3 Wasserhaltung 31

6 Schlussbemerkung 32

Anhang 33
5.1.1 Bodenspezifische Abkürzungen und Zeichenerklärung 33
5.1.2 Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse 33
5.1.3 Laborergebnisse 34

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersichtskarte der untersuchten Maststandorte der 110kV-Hochspannungsfreileitung UW Mutterstadt – UW Otterbach (Pos. XX), Teilstück UW Mutterstadt – UW Kerzenheim. 6

Abbildung 2: Geologische Übersichtskarte (1:300 000) mit Verlauf der 110kV-Hochspannungsfreileitung UW Mutterstadt - UW Otterbach, Teilstück UW Mutterstadt – UW Kerzenheim (blau). Die Karte zeigt die hauptsächlich vorkommenden geologischen Einheiten im Verlauf der Freileitung. Zum besseren Verständnis wurde die Geologie in drei Zonen (rot gestrichelt) unterteilt. 8

Abbildung 3: Übersichtskarte der Entnahmestellen der vorhandenen Wasserproben aus der Erkundung aus 2019 (rote Kreise) sowie Darstellung des in der Nähe verlaufenden Trassenabschnitts der 110-kV-Leitung UW Mutterstadt bis UW Otterbach. 21

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenstellung der Erkundungspunkte mit dem gemessenen Grundwasserstand und den Entnahmetiefen der Bodenproben. 11
Tabelle 2: Darstellung der erkundeten Bodenschichten mit der im Gelände ermittelten Zustandsform / Lagerungsdichte und der Einteilung in die Bodengruppen nach DIN 18196.....16
Tabelle 3: Einteilung der Bodenschichten in Bodenklassen nach DIN 18300 (VOB 2012) und Homogenbereiche (VOB 2016). 16
Tabelle 4: Zusammenstellung des bodenmechanischen Laborversuchsprogramms der Bodenproben. 17
Tabelle 5: Zusammenstellung der Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen. In Klammer gestellte Bodengruppen nach DIN 18196 sind nach Beobachtungen im Feld bestimmt worden. 19
Tabelle 6: Laborergebnisse mit Beurteilung des Angriffgrades des untersuchten Porenwassers am Maststandort 10. 20
Tabelle 7: Auflistung der hydrochemischen Laborergebnisse der Wasserproben aus 2019 und Auswertung nach Sanierungszielen (ALEX). 21
Tabelle 8: Zusammenstellung bodenmechanischer Kenngrößen und der Bodenklassifizierung für bautechnische Zwecke der erkundeten Bodenschichten sowie die Bestimmung des Baugrunds für Gründungen und eine Gründungsempfehlung auf Grundlage der vorgefundenen Bodenverhältnisse. 24

Abkürzungsverzeichnis

GOK	Geländeoberkante
k. W.	kein Wasser
Kf-Wert	Durchlässigkeitsbeiwert
LAGA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall
MP	Mischprobe
NN	Normalnull
UK	Unterkante
VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen

Die spezifischen Abkürzungen und Zeichenerklärung für die Beschreibung des Bodens und der Bodengruppen sind im Anhang unter Abschnitt 5.1.1 zu finden.

1 Einleitung

Die Firma Pfalzwerke Netz AG beabsichtigt den Umbau der 110-kV-Hochspannungsfreileitung vom UW Mutterstadt bis zum UW Otterbach (Pos. XX), Teilstück UW Mutterstadt – UW Kerzenheim. Die SPIE SAG GmbH, CeGIT, Ingenieurgeologie wurde damit beauftragt vor Beginn der Bauarbeiten eine geologisch / geotechnische Bewertung des Untergrundes abzugeben.

Der vorliegende Bericht zum Umbau der 110-kV-Hochspannungsfreileitung beschreibt die geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten.

1.1 Standort

Die geplante 110-kV-Hochspannungsfreileitung soll vom UW Mutterstadt bis zum UW Otterbach verlaufen. Der geplante Verlauf ist der Übersichtskarte (Abbildung 1) zu entnehmen und zeigt das Teilstück UW Mutterstadt – UW Kerzenheim. Die Länge des dargestellten Trassenabschnitts beträgt etwa 31,4 km.

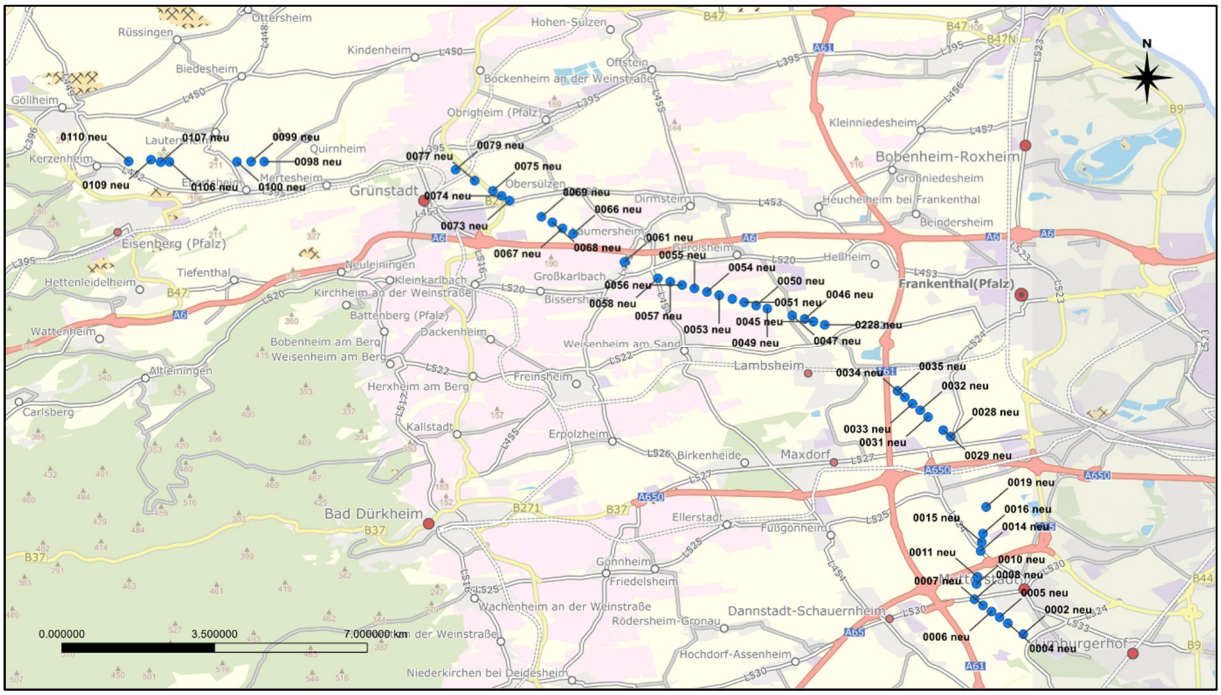

Abbildung 1: Übersichtskarte der untersuchten Maststandorte der 110kV-Hochspannungsfreileitung UW Mutterstadt – UW Otterbach (Pos. XX), Teilstück UW Mutterstadt – UW Kerzenheim.

1.2 Unterlagen

Für die Bearbeitung dieses Berichtes standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Bodenschutz – Alex-Merkblatt 02, Orientierungswerte für die abfall- und wasserwirtschaftliche Beurteilung vom Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, 2011
- Geologische Karte von Rheinland-Pfalz GÜK300 (1:300 000)
- Hydrogeologische Karte von Rheinland-Pfalz HÜK200 (1:200 000)
- Digitale Bodenkarte von Rheinland-Pfalz BÜK200 (1:200.000)
- Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB 2012)“
- Empfehlungen des Arbeitskreises „Ufereinfassungen“ (EAU 2012)
- DIN 18121
- DIN 18122
- DIN 18123
- DIN 18196
- DIN 18300
- DIN 18301
- DIN 4022
- DIN 4124
- DIN EN 50341-1
- LAGA M 20, Nov. 2004
- VOB (2012)
- VOB (2016)

2 Geologie

2.1 Geologie

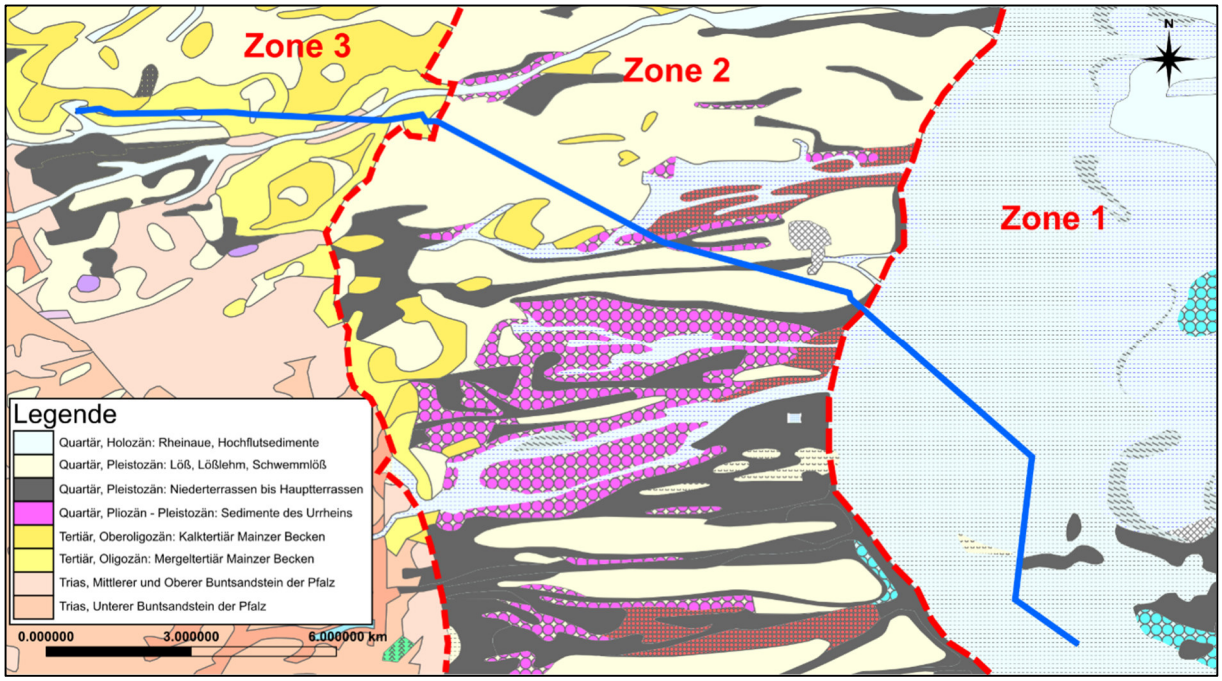

Abbildung 2: Geologische Übersichtskarte (1:300 000) mit Verlauf der 110kV-Hochspannungsfreileitung UW Mutterstadt - UW Otterbach, Teilstück UW Mutterstadt – UW Kerzenheim (blau). Die Karte zeigt die hauptsächlich vorkommenden geologischen Einheiten im Verlauf der Freileitung. Zum besseren Verständnis wurde die Geologie in drei Zonen (rot gestrichelt) unterteilt.

Die geologischen Einheiten im Bereich der Trasse können vereinfacht über drei dem Trassenverlauf entsprechende Zonen beschrieben werden und sind in der geologischen Karte, 1:300 000 (Abbildung 2) eingezeichnet.

Zone 1 ist dabei überwiegend geprägt vom Einfluss des naheliegenden Rheins. Die vorkommenden Sedimente sind dem Quartär (Holozän) zuzuordnen und sind Ablagerungen der Rheinaue mit alten Mäandersystemen sowie Hochflutsedimente der Altauen, abgelagert über Niederterrassen. Vorkommende Sedimente sind Lehm, sandiger Lehm, Sand und kiesiger Sand mit tonigen Anteilen.

Zone 2 besteht im Bereich der Trasse hauptsächlich aus periglazialen Ablagerungen des Pleistozäns, welche sich in Form von hellbraunen bis ockerfarbenen Löß-, Lößlehm-, Schwemmlöß- und Sandlößablagerungen zeigen. Das vor Ort anzutreffende Material ist dementsprechend überwiegend lehmig bis schluffig und sandig, teils auch umgelagert. Weiterhin sind Flussterrassenablagerungen der Nieder- und Hauptterrassen in Form von grauen Sand- bis Kiesablagerungen vorzufinden sowie vereinzelt Ablagerung von Altarmen des Mäandersystems der Rheinaue. Lokal können zudem geringmächtige Sedimente aus dem

klimatisch wärmeren Pliozän angetroffen werden, die als Sedimente des Urrheins und des Oberrheingrabens beschrieben sind. Diese bestehen überwiegend aus Sand mit teils tonigen und kiesigen Einschaltungen.

Zone 3 lässt sich im Feld bereits anhand der Morphologie des beginnenden Pfälzer Waldes erkennen. Dieser ist hauptsächlich aus triassischen Sedimentablagerungen (Buntsandstein) aufgebaut, der im Pfälzer Wald eine Mächtigkeit von mehreren hundert Metern aufweist. Lithologisch handelt es sich hierbei um Fein-, Mittel- und Grobsandsteine, teils tonig, teils kieselig gebunden und von roter, braunroter, hellroter und teils grau gebleichter Farbe. Im Bereich des Trassenverlaufs wurde der Buntsandstein jedoch nur vereinzelt angetroffen bzw. im Untergrund vermutet. Vielmehr überwiegen hier Kalk- und Mergelablagerungen aus dem Tertiär (Oligozän), welche darüber abgelagert sind. Diese marinen Ablagerungen entstanden durch eine kurzzeitigen entstandene Bucht eines Meeresarmes, welche im Oligozän abgelagert wurden und heute als das „Mainzer Becken“, ein fossiles Sedimentbecken bekannt sind. Überwiegend ist ein weißgrauer Kalkstein mit olivgrauen tonig bis mergeligen Einschaltungen vorzufinden. Lokal können dünne Kalksteinbänke und Braunkohleflöze auftreten.

2.2 Hydrogeologie

Im Bereich der Maststandorte 0002 bis 0035 sowie am Maststandort 0046 wurde im Zuge der geotechnischen Felderkundung Wasser im oberflächennahen Bereich angetroffen. In dieser Region ist laut geologischer Übersichtskarte 1:300.000 (GÜK300) von Rheinland-Pfalz mit Hochflutsedimenten der Altauen über Niederterrassen zu rechnen. Diese setzen sich aus sandigem Lehm bis lehmigen Sand zusammen.

Laut hydrogeologischer Übersichtskarte (HÜK200) von Rheinland-Pfalz ist im gesamten geplanten Trassenbereich von einem Porengrundwasserleiter auszugehen. Das Gebiet gehört zu dem Teilraum der Rheingrabenscholle und hat mit seinen silikatischen und karbonatischen Bestandteilen eine mäßige Durchlässigkeitsklasse.

Anhand der Felduntersuchung ist von einem Wasserstand von mindestens 1,10 bis 3,50 m u. GOK auszugehen. Dabei ist zu beachten, dass durch die Trockenperioden der letzten 3 Jahre der Wasserstand als besonders niedrig anzusehen ist.

Die Probenahme fand im August und September 2020 statt. Im Vergleich mit bestehenden Grundwassermessstellen ist zu erkennen, dass der Wasserstand im Oktober seinen Jahrestiefststand erreicht. Die Schwankung des Wasserstandes beträgt ca. 1 m. Somit muss davon ausgegangen werden, dass der Wasserstand zu dem Wasserstand am Tag der Probenahme je nach Jahreszeit und Niederschlag bis zu 1 m abweichen kann.

Durch starke Regenereignisse kann es Aufgrund der ggf. geringen Versickerungsfähigkeit des Wassers in den Tonschichten zu einer Wasseransammlung im oberflächennahen Bereich kommen. In diesem Fall sollten Schutzmaßnahmen (z.B. Fanggräben) außerhalb der Baugrube getroffen werden.

2.3 Felduntersuchung

Die Felduntersuchungen fanden in den KW34 – KW39 (2021) statt. Dabei wurden zur Gewinnung von Bodenproben im Bereich des Bauvorhabens insgesamt 55 Rammkernbohrungen nach DIN EN ISO 22 475-1 bis maximal 6,0 m unter die bestehende Geländeoberkante (GOK) abgeteuft. Die Erkundungspunkte sind in Abbildung 1 dargestellt. Folgende Bodenproben wurden im Rahmen der Felduntersuchungen genommen:

- 48 Bodenproben für die Deklarationsanalyse nach LAGA (Die Auswertung nach LAGA wird in einem separatem umwelttechnischen Bericht eingereicht)
- 25 gestörte Bodenproben für Bestimmung des Wassergehalts, der Korngrößenverteilung und der Konsistenzgrenzen. Davon wurden an
    - 24 gestörte Bodenproben der Wassergehalt bestimmt
    - 7 gestörten Bodenproben die Korngrößenverteilung ermittelt und der Durchlässigkeitsbeiwert *kf* bestimmt
    - 1 gestörten Bodenprobe die Konsistenzgrenzen bestimmt
- 1 Porengrundwasserprobe zur Überprüfung auf Korrosivität und Betonaggressivität
- 2 Porengrundwasserproben zur Überprüfung auf Schadschoffgehalte (genommen in 2019)

Der Baugrund wurde mittels des geförderten Bodenmaterials nach DIN 4022 angesprochen und in Schichtenverzeichnissen dokumentiert. Insgesamt wurden 55 Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse erstellt. Diese Ergebnisse der Rammkernsondierungen sind in der Anlage in Form von Bohrprofilen mit zugehörigen Schichtenverzeichnissen graphisch aufgeführt.
In Tabelle 1 werden die Erkundungspunkte mit gemessenem Grundwasserstand und den entsprechenden Erkundungstiefen aufgezeigt.

Tabelle 1: Zusammenstellung der Erkundungspunkte mit dem gemessenen Grundwasserstand und den Entnahmetiefen der Bodenproben.

Erkundungs-punkt	Ansatzhöhe	Endteufe		Grund-wasser	Boden-probe	Datum
	m ü. NN	m u. GOK	m ü. NN	m u. GOK	m u. GOK	
2	96,27	6,00	90,27	1,80	1,80-6,00	03.09.2020
4	96,4	6,00	90,40	1,70	0,80-6,00	03.09.2020
5	96,24	6,00	90,24	1,50	0,70-6,00	03.09.2020
6	95,83	6,00	89,83	1,70	1,70-6,00	17.09.2020
7	96,03	6,00	90,03	2,00	1,70-6,00	17.09.2020
8	96,08	6,00	90,08	1,40	1,20-6,00	20.08.2020
10	95,82	6,00	89,82	1,50	0,90-1,50	20.08.2020
11	95,99	6,00	89,99	1,50	1,00-6,00	20.08.2020
14	95,95	6,00	89,95	1,50	1,50-6,00	20.08.2020
15	95,5	6,00	89,50	1,70	-	21.08.2020
16	96	6,00	90,00	2,70	-	20.08.2020
19	95,27	6,00	89,27	1,40	5,00-6,00	20.08.2020
28	94,85	6,00	88,85	1,70	-	21.08.2020
29	94,4	6,00	88,40	1,70	5,00-6,00	20.08.2020
31	94,5	6,00	88,50	0,70	-	20.08.2020
32	94,14	6,00	88,14	2,10	-	21.08.2020
33	94	5,00	89,00	1,10	-	21.08.2020
34	93,97	6,00	87,97	1,70	1,70-6,00	20.08.2020
35	94,27	6,00	88,27	1,90	-	25.08.2020
228	100,8	5,00	95,80	k. W.	-	25.08.2020
45	102,2	5,00	97,20	k. W.	-	25.08.2020
46	103,1	6,00	97,10	3,50	-	03.09.2020
47	104,33	6,00	98,33	k. W.	-	25.08.2020
48	108,7	6,00	102,70	k. W.	-	25.08.2020
49	112,1	6,00	106,10	k. W.	-	03.09.2020
50	115,3	5,00	110,30	k. W.	-	03.09.2020
51	112,83	6,00	106,83	k. W.	-	24.09.2020
52	116,7	3,00	113,70	k. W.	-	24.09.2020
53	123,9	5,00	118,90	k. W.	-	24.09.2020
54	122,92	5,00	117,92	k. W.	-	24.09.2020
55	120,7	4,50	116,20	k. W.	-	24.09.2020

56	119	3,00	116,00	k. W.	-	26.08.2020
57	120,62	3,00	117,62	k. W.	1,30-3,00	26.08.2020
58	121,9	3,00	118,90	k. W.	1,10-3,00	26.08.2020
59	109,9	3,20	106,70	k. W.	-	17.09.2020
60	111,2	3,00	108,20	k. W.	-	27.08.2020
61	118,5	3,00	115,50	k. W.	0,60-3,00	27.08.2020
62	135,54	3,00	132,54	k. W.	-	17.09.2020
65	173	3,50	169,50	k. W.	-	17.09.2020
66	177,17	4,00	173,17	k. W.	0,30-3,00	27.08.2020
67	170,15	1,50	168,65	k. W.	0,60-1,10	27.08.2020
68	158,4	6,00	152,40	k. W.	1,50-4,00	27.08.2020
69	151,7	6,00	145,70	k. W.	0,70-3,00	27.08.2020
73	151,6	4,00	147,60	k. W.	0,30-0,50	27.08.2020
74	151,7	3,00	148,70	k. W.	0,30-1,50	27.08.2020
75	152,99	2,20	150,79	k. W.	0,30-0,50	27.08.2020
77	157,35	6,00	151,35	k. W.	-	01.09.2020
79	169,35	5,00	164,35	k. W.	-	01.09.2020
98	195,15	3,20	191,95	k. W.	0,30-1,30	28.08.2020
99	184,7	3,20	181,50	k. W.	1,70-3,00	28.08.2020
100	181,8	1,30	180,50	k. W.	0,30-0,70	28.08.2020
106	241,64	1,10	240,54	k. W.	-	24.09.2020
107	238,48	1,10	237,38	k. W.	-	24.09.2020
109	206,86	1,10	205,76	k. W.	-	24.09.2020
110	212,45	5,00	207,45	k. W.	-	24.09.2020

2.3.1 Beschreibung der geologischen Einheiten

Im Folgenden werden die verschiedenen Schichten, die im Verlauf der Freileitung bei den Felderkundungen vorgefunden worden sind in sogenannte Homogenbereiche (siehe auch Abschnitt 2.3.3), die sich in deren Eigenschaften von den angrenzenden Schichten unterscheiden, eingeordnet und zusammenfassend erläutert. Für spezifische Angaben zu jedem einzelnen untersuchten Maststandort wird auf die Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse im Anhang verwiesen.

Homogenbereich A – Oberboden

Die als Oberboden deklarierte Schicht wurde in Form von Äckern, Reben und Mutterboden bis in eine Tiefe von ca. 0,30 m u. GOK vorgefunden. Diese besteht überwiegend aus Schluff und Ton, teils auch sandig und ist generell geprägt von stark humosen Anteilen. Die Schichten sind daher typischerweise reich an organischem Material in Form von Wurzeln, Pflanzenresten, und Detritus. Die Farbe dieser Ablagerungen ist hauptsächlich braun bis dunkelbraun, teils auch schwarz.

Homogenbereich B – Ton, schluffig, schwach feinsandig

Der Homogenbereich B ist im Verlauf der Trasse geprägt von tonigen und schluffigen Ablagerungen mit schwach feinsandigen Beimengungen. An einzelnen Maststandorten (vor allem im Pfälzer Wald, Zone 3, Abbildung 2) sind zusätzlich kiesige bis steinige Beimengungen anzutreffen. An den Maststandorten, wo kein Oberboden anzutreffen ist, umfasst Homogenbereich B diesen ebenfalls. Bis auf wenige Ausnahmen ist die Schicht an allen Maststandorten anzutreffen, wobei die Mächtigkeit im Verlauf der Trasse stark variiert und zwischen 0,20 m bis zur 3,70 m liegen kann. Die Konsistenz des Bodens ist zusammengefasst trocken bis erdfeucht und steif bis halbfest mit geringfügiger Abweichung. Die Farbe ist meist braun, rotbraun, teils hellbraun.

Homogenbereich C – Lösslehm, Schluff, feinsandig

Homogenbereich C ist als Lößlehm zu beschreiben und vor allem im mittleren Bereich der Trasse (Zone 2, Abbildung 2) dominierend. Dieser Bereich besteht überwiegend aus schluffigen bis feinsandigen Ablagerungen mit teils schwach tonigen und schwach kiesigen Beimengungen. Die Mächtigkeit variiert zwischen 0,70 m bis 5,30 m, mit deutlich ausgeprägt mächtigeren Schichten innerhalb von Zone 2. Der Zustand ist generell als trocken bis erdfeucht und je nach bindigen Anteilen in der Schicht entweder als steif bis halbfest oder als mitteldicht bis dicht gelagert zu beschreiben. Farblich ist der Lößlehm als hellbraun bis ockergelb zu beschreiben.

Homogenbereich D – Sand, schluffig

Dieser Bereich ist aus Sandablagerungen der Flussterrassen des Rheins aufgebaut und überwiegend in Zone 1, in den Altarmen des Rheins auch in Zone 2 (Abbildung 2) vorzufinden. Die Hauptbodenart ist Sand mit Beimengungen aus schluffigen Anteilen. Lokal können auch schwach tonige Beimengungen auftreten. Die Mächtigkeit dieser Schicht variiert von 1,30 m

bis 5,70 m, wobei generell die mächtigeren Ablagerungen in den Niederterrassen des Rheins in Zone 1 vorgefunden wurden.
Generell ist diese Schicht als erdfeucht und je nach Grundwasserstand als nass vorzufinden. Die Lagerungsdichte ist nach den Beobachtungen im Feld als mitteldicht bis dicht zu betrachten. Die Farbe ist grau bis graubraun oder hellbraun. Hydrogeologisch ist dieser Sand als Porengrundwasserleiter zu betrachten.

Homogenbereich E – Sand, kiesig

Der Homogenbereich E ist ebenfalls aus Sandablagerungen der Flussterrassen des Rheins aufgebaut und überwiegend in Zone 1 (Abbildung 2) vorzufinden. Die Hauptbodenart ist Sand mit Beimengungen aus schwach bis stark kiesigen Anteilen und teils schluffigen und tonigen Beimengungen. Im Untersuchungsgebiet ist diese Schicht aufgrund des hohen Grundwasserpegels generell nass vorzufinden und nur vereinzelt bei niedrigerem Grundwasserspiegel als erdfeucht vorzufinden. Die Lagerungsdichte ist als mitteldicht bis dicht zu betrachten. Die Farbspektren in dieser Schicht reicht von überwiegend grau bis graubraun bis hin zu einzeln gelbbraun. Hydrogeologisch ist dieser Sand ebenfalls als Porengrundwasserleiter zu betrachten.

Homogenbereich F – Fels (zersetzt): Kalkstein-Tonmergel-Wechselschichtung

Dieser Bereich ist als Felsverwitterungszone zu betrachten und gekennzeichnet von einer Wechselschichtung mit geringmächtigen zersetzten Kalksteinbänken und Tonmergeln des Mainzer Beckens. Die Mächtigkeit dieser Schicht beträgt an den erbohrten Lokationen zwischen 0,40 m und 3,10 m. Diese Ablagerungen kommen an einigen der erkundeten Lokationen in Zone 3 (Abbildung 2) in Form von kiesigen, steinigen und blockigen Ablagerungen vor. Teils befinden sich die Elemente in einer steifen tonigen Matrix. Der Bohrfortschritt in dieser Schicht ist als schwer bis sehr schwer zu bezeichnen und es konnte in der Regel nach wenigen Dezimetern kein Bohrfortschritt mehr erzielt werden. Die Farbe des Materials ist weißgrau bis grau.

Homogenbereich G – Fels (unverwittert): Buntsandstein

Der Homogenbereich G stellt den anstehenden Buntsandstein dar. Dieser konnte bei den Felduntersuchungen lediglich angebohrt und nicht durchdrungen werden. Aufgrund der Informationen der geologischen Karte (Zone 3, Abbildung 2) und der Beobachtungen im Feld wird an den Maststandorten 98, 99 und 100 die Präsenz des Buntsandsteins im Untergrund vermutet.

2.3.2 Lagerungsdichte und Zustandsform

Da nach DIN 18196 die Bodenarten für bautechnische Zwecke nach ähnlichem Stoffaufbau und ähnlichen physikalischen Eigenschaften in Bodengruppen klassifiziert werden, zeigt Tabelle 2 die Zustandsform / Lagerungsdichte der erkundeten Bodenschichten auf Grundlage der im Gelände durchgeführten Bohrverfahren und unterteilt diese nach DIN 18196 in die zutreffenden Bodengruppen.

Tabelle 2: Darstellung der erkundeten Bodenschichten mit der im Gelände ermittelten Zustandsform / Lagerungsdichte und der Einteilung in die Bodengruppen nach DIN 18196.

Bodenschicht / Homogenbereich	Zustandsform / Lagerungsdichte	Bodengruppe (DIN 18196) / Verwitterungsgrad Festgestein
Schicht 1 / A	locker	OH
Schicht 2 / B	steif-halbfest	TL-TM
Schicht 3 / C	steif-halbfest / mitteldicht-dicht	UL-UM
Schicht 4 / D	mitteldicht-dicht	SU / SU* / ST
Schicht 5 / E	mitteldicht-dicht	SW, SE, GW
Schicht 6 / F	Festgestein, verwittert, zersetzt	VA-VZ
Schicht 7 / G	Festgestein	VU

2.3.3 Bautechnische Bewertung der Bodenschichten

Durch die Änderung in der VOB 2016 werden Boden und Fels nicht mehr in Klassen eingeteilt, sondern können nun einzeln oder zusammengefasst in Homogenbereiche eingeteilt werden. Dabei wird nach VOB 2016 ein Homogenbereich wie folgt definiert:

„Begrenzter Bereich von Boden oder Fels, dessen Eigenschaften eine definierte Streuung aufweisen und sich von den Eigenschaften der abgrenzenden Bereiche abheben“.

Tabelle 3 zeigt die Einteilung der Bodenschichten in Bodenklassen nach VOB 2012 und die Einteilung in Homogenbereiche nach VOB 2016.

Tabelle 3: Einteilung der Bodenschichten in Bodenklassen nach DIN 18300 (VOB 2012) und Homogenbereiche (VOB 2016).

Bodenschicht	Bodenklasse (DIN 18300; VOB 2012)	Homogenbereiche (VOB 2016)
Schicht 1	1	A
Schicht 2	4	B
Schicht 3	4	C
Schicht 4	3-4	D
Schicht 5	3	E
Schicht 6	5-6	F
Schicht 7	7	G

3 Laboruntersuchungen

Neben den Felduntersuchungen im Gelände wurden Untersuchungen im bodenmechanischen Labor durchgeführt. Dazu wurden gestörte Bodenproben aus den relevanten Schichten der Bohrungen entnommen. Diese Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt. Darüber hinaus wurden Bodenmischproben aus einzelnen Bohrungen entnommen und auf ihre chemischen Bestandteile (Untersuchung nach LAGA) beprobt. Die Ergebnisse der LAGA-Untersuchungen werden in einem separaten umwelttechnischen Bericht eingereicht. Zusätzlich wurde eine Porenwasserprobe hinsichtlich Betonaggressivität chemisch untersucht sowie vorhandene Ergebnisse aus einer früheren Untersuchung herangezogen.

3.1 Bodenmechanische Laborversuche

Aus den entnommenen Bodenproben wurden die in Tabelle 4 aufgeführten Bodenproben im Labor auf die aufgelisteten bodenmechanischen Eigenschaften untersucht.

Tabelle 4: Zusammenstellung des bodenmechanischen Laborversuchsprogramms der Bodenproben.

Erkundungs-punkt	Bezeichnung der Probe	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Laborversuch(e)	DIN	Homogen-bereich
2	MP2	1,80-6,00	Wassergehalt	18121	D
4	MP4	0,80-6,00	Wassergehalt	18121	D
8	MP8	1,20-6,00	Wassergehalt	18121	D
10	MP10	0,90-1,50	Wassergehalt Korngrößenverteilung	18121 18123	D
11	MP11	1,00-6,00	Wassergehalt	18121	D
14	MP14	1,50-6,00	Wassergehalt Korngrößenverteilung	18121 18123	D
19	MP19	5,00-6,00	Wassergehalt Korngrößenverteilung	18121 18123	D
29	MP29	5,00-6,00	Wassergehalt Korngrößenverteilung	18121 18123	D
34	MP34	1,70-6,00	Wassergehalt Korngrößenverteilung	18121 18123	D
45	MP45	1,90-5,00	Wassergehalt	18121	E
46	MP46	2,00-6,00	Wassergehalt Korngrößenverteilung	18121 18123	E
57	MP57	1,30-3,00	Wassergehalt	18121	C
58	MP58	1,10-3,00	Wassergehalt	18121	C
61	MP61	1,50-3,00	Wassergehalt	18121	D
66	MP66	0,30-3,00	Wassergehalt	18121	B
67	MP67	0,60-1,10	Wassergehalt	18121	F
68	MP68	1,50-4,00	Wassergehalt	18121	C
69	MP69	0,70-3,00	Wassergehalt	18121	C
73	MP73	0,30-0,50	Wassergehalt	18121	B
74	MP74	0,30-1,50	Wassergehalt	18121	B
75	MP75	0,30-0,50	Wassergehalt	18121	B

98	MP98	0,30-1,30	Wassergehalt	18121	B
99	MP99	1,70-3,00	Wassergehalt	18121	F
100	MP100	0,30-0,70	Wassergehalt	18121	B

3.1.1 Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchung

Die nachfolgende Tabelle 5 enthält zusammenfassend die Ergebnisse der durchgeführten bodenmechanischen Laboruntersuchungen.
Dabei wurden an 24 ausgewählten Proben, jeweils der natürliche Wassergehalt nach DIN 18121 bestimmt. An sechs Proben (MP10, MP14, MP19, MP29, MP34 und MP46) wurde mittels Siebung und Schlämmanalyse nach DIN 18123 die Korngrößenverteilung sowie der Durchlässigkeitswert *kf* bestimmt. Zusätzlich wurde an einer Probe die Konsistenzgrenze nach DIN 18122 ermittelt.

Tabelle 5: Zusammenstellung der Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen. In Klammer gestellte Bodengruppen nach DIN 18196 sind nach Beobachtungen im Feld bestimmt worden.

Allgemein				Wasser-gehalt nach DIN 18121	Konsistenzgrenzen nach DIN 18122					Korngrößenverteilung nach DIN 18123		
Erkundungspunkt	Mischprobe	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Schicht / Homogenbereich	Wasser-gehalt [%]	Fließ-grenze w_L [%]	Ausroll grenze w_P [%]	Konsistenz-zahl I_c [-]	Plastizitäts-zahl I_p [-]	Konsistenz nach Atterberg	≤ 0,063 mm [%]	≤ 2,00 mm [%]	Bodengruppe nach DIN 18196
2	MP2	1,80-6,00	D	15,48	-	-	-	-	-	-	-	(SU)
4	MP4	0,80-6,00	D	16,68	-	-	-	-	-	39,9	58,5	SU*
8	MP8	1,20-6,00	D	21,57	-	-	-	-	-	-	-	(SU)
10	MP10	0,90-1,50	D	21,44	-	-	-	-	-	6,6	91,8	SU
11	MP11	1,00-6,00	D	21,12	-	-	-	-	-	-	-	(SU)
14	MP14	1,50-6,00	D	19,81	-	-	-	-	-	29,7	70,1	SU*
19	MP19	5,00-6,00	D	8,91	-	-	-	-	-	19,6	78,3	SU*
29	MP29	5,00-6,00	D	26,08	-	-	-	-	-	37,0	62,1	SU*
34	MP34	1,70-6,00	D	27,68	-	-	-	-	-	16,5	82,8	SU*
45	MP45	1,90-5,00	E	6,19	-	-	-	-	-	-	-	(SW)
46	MP46	2,00-6,00	E	2,49	-	-	-	-	-	20,5	76,5	SU*
57	MP57	1,30-3,00	C	14,22	-	-	-	-	-	-	-	(UM-UL)
58	MP58	1,10-3,00	C	10,31	-	-	-	-	-	-	-	(UM-UL)
61	MP61	1,50-3,00	D	14,29	-	-	-	-	-	-	-	(ST)
66	MP66	0,30-3,00	B	9,69	-	-	-	-	-	-	-	(TM-TL)
67	MP67	0,60-1,10	F	9,61	-	-	-	-	-	-	-	(VA-VZ)
68	MP68	1,50-4,00	C	16,15	-	-	-	-	-	-	-	(UM-UL)
69	MP69	0,70-3,00	C	14,86	-	-	-	-	-	-	-	(UM-UL)
73	MP73	0,30-0,50	B	12,52	-	-	-	-	-	-	-	(TM-TL)
74	MP74	0,30-1,50	B	14,07	-	-	-	-	-	-	-	(TM-TL)
75	MP75	0,30-0,50	B	8,35	-	-	-	-	-	-	-	(TM-TL)
98	MP98	0,30-1,30	B	13,65	-	-	-	-	-	-	-	(TM-TL)
99	MP99	1,70-3,00	F	23,66	-	-	-	-	-	-	-	(VA-VZ)
100	MP100	0,30-0,70	B	9,38	-	-	-	-	-	-	-	(TM-TL)
110	MP110	1,90-5,00	VA-VZ / F	20,10	59,7	23,2	1,085	36,5	halbfest	-	-	TA

3.1.2 Ergebnisse der chemischen Zusammensetzung des Porenwassers

An einem Maststandort (M10) wurde Porenwasser aus dem Porengrundwasserleiter entnommen, um dies auf die maßgeblichen Parameter bezüglich Betonaggressivität nach DIN 4030 zu untersuchen. Generell wird dies in vier Angriffsgrade unterteilt. Im Folgenden (Tabelle 6) sind die Ergebnisse mit Beurteilung des Angriffsgrades dargestellt. Das Porenwasser ist damit aufgrund der leicht erhöhten Sulfat-Konzentration als schwach betonangreifend zu beurteilen.

Tabelle 6: Laborergebnisse mit Beurteilung des Angriffsgrades des untersuchten Porenwassers am Maststandort 10.

Parameter	Ergebnis [mg/l]	Angriffsgrad (nicht angreifend, schwach angreifend, stark angreifend, sehr stark angreifend)
pH-Wert	8	nicht angreifend
Sulfat	214	schwach angreifend
Ammonium	<0,04	nicht angreifend
Kohlensäure, kalklösend	<3,00	nicht angreifend
Magnesium	20,2	nicht angreifend

3.1.3 Ergebnisse der hydrochemischen Laboruntersuchung aus 2019

Zusätzlich wurden im Rahmen einer früheren Beauftragung und Felderkundung im Oktober 2019 bereits zwei Wasserproben an zwei nahe der Trasse gelegenen Orten genommen (Abbildung 3).

Die untersuchten Wasserproben wurden anhand des Merkblattes ALEX (Bodenschutz – Alex-Merkblatt 02, Orientierungswerte für die abfall- und wasserwirtschaftliche Beurteilung) vom Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz ausgewertet. Für die Sanierung von Boden und Wasser werden 4 Zielebenen unterschieden (Zielebene 1: Quasi natürlich; Zielebene 1/2: nicht mehr natürlich, aber ohne Funktionsstörungen; Zielebene 2: Gefahrenabwehr für den Menschen; Zielebene 3: Gefahrenabwehr für den Menschen unter Hinnahme von Nutzungseinschränkungen).

Die Orientierungswerte für Grundwasser werden in 2 Kategorien eingeteilt: Den orientierten Sanierungswert (oSW) und den orientierten Prüfwert (oPW), wird dieser Wert bei Erkundung überschritten, sind in der Regel weitere Detailuntersuchungen erforderlich. Danach wird entschieden ob eine Altlastensanierung erforderlich ist und es wird eine Konzentration (oEL) angegeben, die kontaminiertes Wasser in der Regel unterschreiten muss, um in Grundwasser oder ein Gewässer eingeleitet zu werden. Jedoch ist bei Einleiten in das Grundwasser idealerweise grundsätzlich der orientierte Sanierungswert (oSW) anzustreben.

„Die Festlegung der Sanierungszielebene und der einzelnen Sanierungsziele muss immer eine Einzelfallentscheidung der zuständigen Behörde sein“, (ALEX-Merkblatt, 2011). In Tabelle 7 werden die Orientierungswerte des Merkblattes ALEX und die Laborergebnisse der Untersuchten Wasserproben 1 und 2 aufgelistet und bewertet. Dabei bedeutet grün „innerhalb der Orientierungswerte“, gelb „Prüfwert wird überschritten, jedoch liegt der Wert unterhalb oEL“ und rot „außerhalb der Orientierungswerte“.

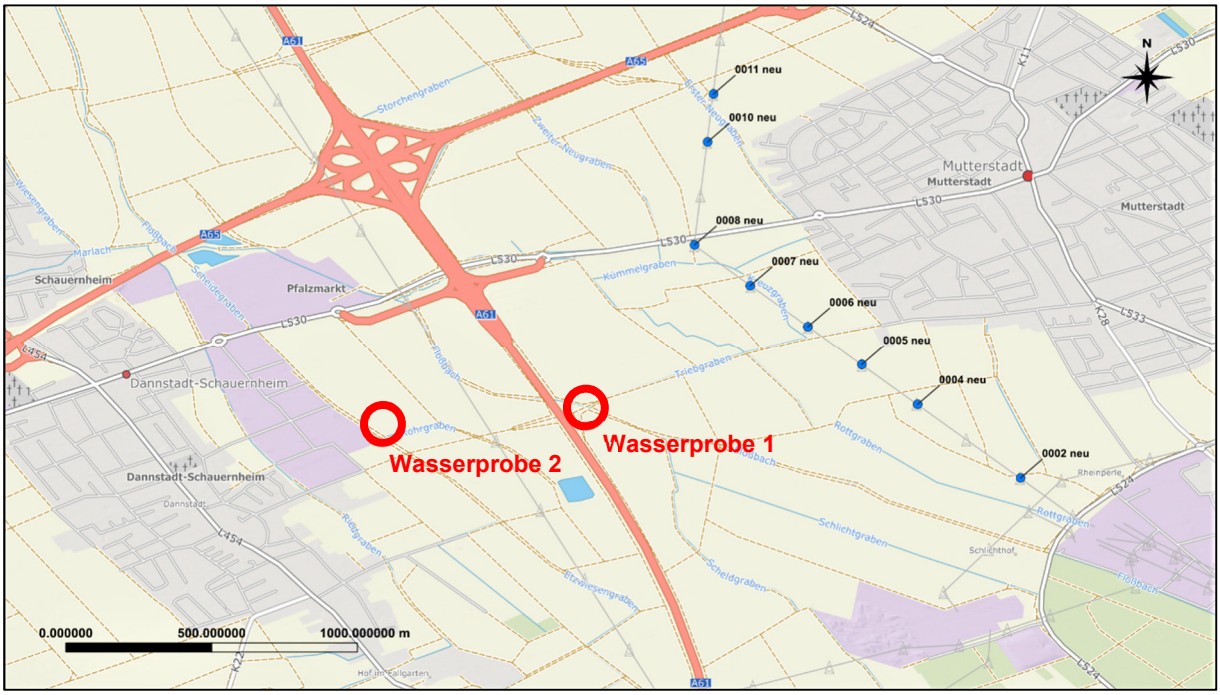

Abbildung 3: Übersichtskarte der Entnahmestellen der vorhandenen Wasserproben aus der Erkundung aus 2019 (rote Kreise) sowie Darstellung des in der Nähe verlaufenden Trassenabschnitts der 110-kV-Leitung UW Mutterstadt bis UW Otterbach.

Tabelle 7: Auflistung der hydrochemischen Laborergebnisse der Wasserproben aus 2019 und Auswertung nach Sanierungszielen (ALEX).

Parameter	Einheit	oSW	oPW	oEL	Labor Ergebnis
Wasserprobe 1					
Chlorid	mg/l	40	100	250	49,1
Sulfat	mg/l	200	240	240	197
Nitrat	mg/l	25	50	50	124
Nitrit	mg/l	0,05	0,1	0,1	0,05
Ammonium	mg/l	0,1	0,5	0,5	<0,04
Gesamtphosphat	mg/l	-	5	10	-
Aluminium	mg/l	0,1	0,2	0,2	0,08
Calcium	mg/l	100	200	400	126
Eisen, ges.	mg/l	-	-	-	0,03
Kalium	mg/l	3	5	12	13,9
Magnesium	mg/l	-	50	50	22,9
Mangan	mg/l	-	-	-	<0,005
Natrium	mg/l	-	150	200	37,1

Wasserprobe 2					
Chlorid	mg/l	40	100	250	49,4
Sulfat	mg/l	200	240	240	205
Nitrat	mg/l	25	50	50	118
Nitrit	mg/l	0,05	0,1	0,1	0,07
Ammonium	mg/l	0,1	0,5	0,5	<0,04
Gesamtphosphat	mg/l	-	5	10	0,36
Aluminium	mg/l	0,1	0,2	0,2	<0,05
Calcium	mg/l	100	200	400	166
Eisen, ges.	mg/l	-	-	-	<0,01
Kalium	mg/l	3	5	12	5,1
Magnesium	mg/l	-	50	50	31,4
Mangan	mg/l	-	-	-	<0,005
Natrium	mg/l	-	150	200	37,0

Die Orientierungswerte werden überwiegend eingehalten. Jedoch ist bei beiden Proben der Kalium-Wert erhöht und der Nitrat-Wert stark erhöht. Dies kann ein Hinweis auf intensivere Düngung in unmittelbarer Nähe sein.

4 Baugrundbeurteilung

In Tabelle 8 werden auf Grundlage der Einteilung in Bodengruppen nach DIN 18196 die Bodenschichten nach ihren bautechnischen Zwecken beurteilt und die bodenmechanische Kenngrößen aufgezeigt.

Wie in Kapitel 2 beschrieben wird, kann die Geologie und der Boden im untersuchten Gebiet vereinfacht in drei Zonen unterteilt werden (siehe Abbildung 2). Dementsprechend kann auch der Baugrund zusammengefasst wie folgt beschrieben werden: In Zone 1 finden sich überwiegend tonige und schluffige Sedimente an der Oberfläche, die bis in eine Tiefe von ca. 1,50 m reichen können. Es schließt sich eine gut tragfähige Schicht aus Sand mit Beimengungen von Schluff an, die als guter Baugrund angesehen werden kann. Diese ist mehrere Meter mächtig und setzt sich ausnahmslos bis hin zur maximalen Erkundungsteufe von 6,00 m u. GOK fort.

Zone 2 ist generell von ähnlichem Aufbau wie Zone 1: Unter einer geringmächtigen Oberboden und Tonschicht von etwa 0,3 m bis maximal 3 m u. GOK schließt sich eine Schicht aus schluffig bis sandigem Löß und Lößlehm an, die meist bis zur maximalen Erkundungstiefe von 6,00 m u. GOK reicht. An einem Maststandorten (z.B. M75) findet sich hier im Untergrund eine Felsverwitterungszone mit Kalkmergelstein. Aufgrund des geringen Bohrfortschritts lässt sich anstehender Fels an einzelnen anderen Maststandorten ebenfalls vermuten.

Zone 3 ist gekennzeichnet durch generell geringere Erkundungstiefen (überwiegend ca. 1,1 m bis 3,2 m) bei den Bohrungen und dem Vorkommen relativ oberflächennaher Felsverwitterungszonen, die sich durch das Auftreten von Kalksteinen und (Ton-) Mergelsteinen oder von steinigen und blockigen Material eingebettet in Ton erkenntlich machen. Diese sind überlagert von geringmächtigen Oberboden und Tonschichten (meist nur bis 0,70 m Mächtigkeit, vereinzelt auch bis zu 3 m Mächtigkeit).

Die mechanischen Eigenschaften der erkundeten Schichten sind Tabelle 8 zu entnehmen.

Tabelle 8: Zusammenstellung bodenmechanischer Kenngrößen und der Bodenklassifizierung für bautechnische Zwecke der erkundeten Bodenschichten sowie die Bestimmung des Baugrunds für Gründungen und eine Gründungsempfehlung auf Grundlage der vorgefundenen Bodenverhältnisse.

Erkundungspunkt	Schicht (Tiefe bis m u. GOK)	Bodengruppe (DIN 18196)	Bodenklasse (DIN 18300;VOB 2012)	Bohrklassen (DIN 18301)	Homogenbereich	Konsistenz/Lagerungsdichte (im Gelände)	Verdichtungsfähigkeit (nach DIN 18196)	Zusammendrückbarkeit (nach DIN 18196)	Erosionsempfindlichkeit (nach DIN 18196)	Frostempfindlichkeit (nach DIN 18196)	Undränierte Scherfestigkeit ($c_{u,k}$ [kN/m2])	Reibungswinkel ϕ'_k [Grad]	Wichte ohne Auftrieb Y [kN/m³]	Wichte mit Auftrieb Y' [kN/m³]	Erdauflastwinkel ßA [°]	Erdauflastwinkel ßS [°]	Zulässige Bodenpressung bis 1,5 m Tiefe (nach DIN EN 50341-1 (VDE 0210-1):2013-11, Tabelle M.4)	Wasserspiegel	Baugrund für Gründung (DIN 18196, Tab. 4)	Gründungsempfehlung
2	0,90	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135	1,80	brauchbar	Platten-gründung
	6,00	SU	3-4	BN2	D	mitteldicht	gut	sehr gering	mittel	mittel	-	32,5-37,5	17	9,5	20-23	18-20	405		gut geeignet	
4	0,80	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135	1,70	brauchbar	Platten-gründung
	6,00	SU	3-4	BN2	D	mitteldicht	gut	sehr gering	mittel	mittel	-	32,5-37,5	17	9,5	20-23	18-20	405		gut geeignet	
5	0,70	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135	1,50	brauchbar	Platten-gründung
	6,00	SU	3-4	BN2	D	mitteldicht	gut	sehr gering	mittel	mittel	-	32,5-37,5	17	9,5	20-23	18-20	405		gut geeignet	
6	0,40	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135	1,70	brauchbar	Platten-gründung
	6,00	SU	3-4	BN2	D	mitteldicht	gut	sehr gering	mittel	mittel	-	32,5-37,5	17	9,5	20-23	18-20	405		gut geeignet	
7	0,50	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135	2,00	brauchbar	Platten-gründung
	6,00	SU	3-4	BN2	D	mitteldicht	gut	sehr gering	mittel	mittel	-	32,5-37,5	17	9,5	20-23	18-20	405		gut geeignet	
8	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	1,40	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,20	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	6,00	SU	3-4	BN2	D	mitteldicht	gut	sehr gering	mittel	mittel	-	32,5-37,5	17	9,5	20-23	18-20	405		gut geeignet	
10	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	1,50	weniger geeignet	Platten-gründung
	0,90	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	6,00	SU	3-4	BN2	D	mitteldicht	gut	sehr gering	mittel	mittel	-	32,5-37,5	17	9,5	20-23	18-20	405		gut geeignet	
11	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	1,50	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,00	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	6,00	SU	3-4	BN2	D	mitteldicht	gut	sehr gering	mittel	mittel	-	32,5-37,5	17	9,5	20-23	18-20	405		gut geeignet	
14	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	1,50	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,00	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	6,00	SU*	4	BN2	D	mitteldicht	mittel	gering bis mittel	groß	sehr groß	(30±10)	32,5-37,5	18	10,5	20-23	18-20	405		geeignet	
15	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	1,70	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,70	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	

	6,00	SU*	4	BN2	D	mitteldicht	mittel	gering bis mittel	groß	sehr groß	(30±10)	32,5-37,5	18	10,5	20-23	18-20	405		gut geeignet	
16	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	2,70	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,00	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	2,70	SU	3-4	BN2	D	mitteldicht	gut	sehr gering	mittel	mittel	-	32,5-37,5	17	9,5	20-23	18-20	405		gut geeignet	
	6,00	SU*	4	BN2	D	mitteldicht	mittel	gering bis mittel	groß	sehr groß	(30±10)	32,5-37,5	18	10,5	20-23	18-20	405		geeignet	
19	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	1,40	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,10	SU	3-4	BN2	D	mitteldicht	gut	sehr gering	mittel	mittel	-	32,5-37,5	17	9,5	20-23	18-20	405		gut geeignet	
	6,00	SU*	4	BN2	D	mitteldicht	mittel	gering bis mittel	groß	sehr groß	(30±10)	32,5-37,5	18	10,5	20-23	18-20	405		geeignet	
28	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	1,70	weniger geeignet	Platten-gründung
	0,50	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	6,00	SW	3	BN1	E	mitteldicht	sehr gut	vernachlässigbar klein	gering bis mittel	vernachlässigbar klein	-	32,5-37,5	18-19	10,5-11,5	20-23	18-20	405		sehr gut geeignet	
29	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	1,70	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,70	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	6,00	SU*	4	BN2	D	mitteldicht	mittel	gering bis mittel	groß	sehr groß	(30±10)	32,5-37,5	18	10,5	20-23	18-20	405		geeignet	
31	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	0,70	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,70	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	6,00	SU*	4	BN2	D	mitteldicht	mittel	gering bis mittel	groß	sehr groß	(30±10)	32,5-37,5	18	10,5	20-23	18-20	405		geeignet	
32	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	2,10	weniger geeignet	Platten-gründung
	0,60	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	2,10	SW	3	BN1	E	mitteldicht	sehr gut	vernachlässigbar klein	gering bis mittel	vernachlässigbar klein	-	32,5-37,5	18-19	10,5-11,5	20-23	18-20	405		sehr gut geeignet	
	6,00	SW	3	BN1	E	mitteldicht bis dicht	sehr gut	vernachlässigbar klein	gering bis mittel	vernachlässigbar klein	-	32,5-37,5	18-21	10,5-13,5	20-23	18-20	405-540		sehr gut geeignet	
33	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	1,10	weniger geeignet	Platten-gründung
	0,60	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	1,10	SE	3	BN1	E	mitteldicht	sehr gut	vernachlässigbar klein	gering bis mittel	vernachlässigbar klein	-	32,5-37,5	18-19	10,5-11,5	20-23	18-20	405		gut geeignet	
	5,00	SE	3	BN1	E	mitteldicht	sehr gut	vernachlässigbar klein	gering bis mittel	vernachlässigbar klein	-	32,5-37,5	18-19	10,5-11,5	20-23	18-20	405		gut geeignet	
34	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	1,70	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,70	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	

	5,00	SU*	4	BN2	D	mitteldicht	mittel	gering bis mittel	groß	sehr groß	(30±10)	32,5-37,5	18	10,5	20-23	18-20	405		geeignet	
35	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	1,90	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,90	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	6,00	SU*	4	BN2	D	mitteldicht	mittel	gering bis mittel	groß	sehr groß	(30±10)	32,5-37,5	18	10,5	20-23	18-20	405		geeignet	
228	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	2,10	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	5,00	SW	3	BN1	E	mitteldicht	sehr gut	vernachlässigbar klein	gering bis mittel	vernachlässigbar klein	-	32,5-37,5	18-19	10,5-11,5	20-23	18-20	405		sehr gut geeignet	
45	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,90	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	3,50	SW	3	BN1	E	mitteldicht	sehr gut	vernachlässigbar klein	gering bis mittel	vernachlässigbar klein	-	32,5-37,5	18-19	10,5-11,5	20-23	18-20	405		sehr gut geeignet	
	5,00	SW	3	BN1	E	mitteldicht	sehr gut	vernachlässigbar klein	gering bis mittel	vernachlässigbar klein	-	32,5-37,5	18-19	10,5-11,5	20-23	18-20	405		sehr gut geeignet	
46	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	3,50	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,10	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	2,00	UL-UM	4	BB2	C	steif	schlecht bis mäßig	gering bis groß	groß bis sehr groß	sehr groß	40±10	25,0-32,5	18-18,5	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar-geeignet	
	6,00	SW	3	BN1	E	dicht	sehr gut	vernachlässigbar klein	gering bis mittel	vernachlässigbar klein	-	32,5-37,5	18-21	10,5-13,5	20-23	18-20	540		sehr gut geeignet	
47	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,10	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	6,00	UL-UM	4	BB2	C	steif	schlecht bis mäßig	gering bis groß	groß bis sehr groß	sehr groß	40±10	25,0-32,5	18-18,5	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar-geeignet	
48	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,30	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	6,00	UL-UM	4	BB2	C	steif	schlecht bis mäßig	gering bis groß	groß bis sehr groß	sehr groß	40±10	25,0-32,5	18-18,5	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar-geeignet	
49	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,10	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	6,00	UL-UM	4	BB2	C	steif	schlecht bis mäßig	gering bis groß	groß bis sehr groß	sehr groß	40±10	25,0-32,5	18-18,5	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar-geeignet	
50	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung

	0,60	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	2,80	UM-UL	4	BB2	C	steif	schlecht bis mäßig	gering bis groß	groß bis sehr groß	sehr groß	40±10	25,0-32,5	18-18,5	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar-geeignet	
	5,00	GW	3	BN1	E	dicht	sehr gut	vernachlässigbar klein	gering bis mittel	vernachlässigbar klein	-	32,5-37,5	18-21	10,5-13,5	20-23	18-20	540		sehr gut geeignet	
51	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	0,50	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	1,80	SE	3	BN1	E	mitteldicht	sehr gut	vernachlässigbar klein	gering bis mittel	vernachlässigbar klein	-	32,5-37,5	18-19	10,5-11,5	20-23	18-20	405		gut geeignet	
	6,00	GW	3	BN1	E	mitteldicht	sehr gut	vernachlässigbar klein	gering bis mittel	vernachlässigbar klein	-	32,5-37,5	18-21	10,5-13,5	20-23	18-20	540		sehr gut geeignet	
52	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,50	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	3,00	TM-TL	4	BB2	B	steif-halbfest	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	18,5-20	9,5-10,5	15-19	11-15	135-270		brauchbar	
53	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	5,00	UM-UL	4	BB2	C	steif/dicht	schlecht bis mäßig	gering bis groß	groß bis sehr groß	sehr groß	40±10	25,0-32,5	18-18,5	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar-geeignet	
54	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	5,00	UM-UL	4	BB2	C	steif/dicht	schlecht bis mäßig	gering bis groß	groß bis sehr groß	sehr groß	40±10	25,0-32,5	18-18,5	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar-geeignet	
55	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	4,50	UM-UL	4	BB2	C	steif/mitteldicht	schlecht bis mäßig	gering bis groß	groß bis sehr groß	sehr groß	40±10	25,0-32,5	18-18,5	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar-geeignet	
56	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,50	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	3,00	UM-UL	4	BB2	C	steif-halbfest	schlecht bis mäßig	gering bis groß	groß bis sehr groß	sehr groß	40±10	25,0-32,5	18-19,5	9,5-11	13-17	10-13	135		brauchbar-geeignet	
57	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,30	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	3,00	UM-UL	4	BB2	C	steif-halbfest	schlecht bis mäßig	gering bis groß	groß bis sehr groß	sehr groß	40±10	25,0-32,5	18-19,5	9,5-11	13-17	10-13	135		brauchbar-geeignet	
58	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,10	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	

	3,00	UM-UL	4	BB2	C	steif	schlecht bis mäßig	gering bis groß	groß bis sehr groß	sehr groß	40±10	25,0-32,5	18-18,5	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar-geeignet	
59	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,40	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	3,20	UM-UL	4	BB2	C	steif	schlecht bis mäßig	gering bis groß	groß bis sehr groß	sehr groß	40±10	25,0-32,5	18-18,5	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar-geeignet	
60	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	0,50	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	3,00	ST	3-4	BN2	D	mitteldicht	gut bis mittel	gering bis mittel	mittel	groß bis mittel	-	32,5-37,5	17	9,5	20-23	18-20	405		gut geeignet	
61	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	0,60	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	3,00	ST	3-4	BN2	D	mitteldicht	gut bis mittel	gering bis mittel	mittel	groß bis mittel	-	32,5-37,5	17	9,5	20-23	18-20	405		gut geeignet	
62	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,50	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	3,00	ST	3-4	BN2	D	mitteldicht	gut bis mittel	gering bis mittel	mittel	groß bis mittel	-	32,5-37,5	17	9,5	20-23	18-20	405		gut geeignet	
65	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	3,50	UL-UM	4	BB2	C	steif	schlecht bis mäßig	gering bis groß	groß bis sehr groß	sehr groß	40±10	25,0-32,5	18-18,5	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar-geeignet	
66	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	4,00	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
67	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	0,60	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	1,10	VA-VZ	5-6	FV1-FV2	F	-	-	-	-	-	50±20	-	20	-	-	-	1350		gut geeignet	
	1,50	VU	7	FV4-FV6	G	-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	4050		sehr gut geeignet	
68	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,50	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	6,00	UM-UL	4	BB2	C	steif	schlecht bis mäßig	gering bis groß	groß bis sehr groß	sehr groß	40±10	25,0-32,5	18-18,5	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar-geeignet	
69	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	0,70	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	6,00	UM-UL	4	BB2	C	steif	schlecht bis mäßig	gering bis groß	groß bis sehr groß	sehr groß	40±10	25,0-32,5	18-18,5	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar-geeignet	

73	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	0,50	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	6,00	UM-UL	4	BB2	C	steif	schlecht bis mäßig	gering bis groß	groß bis sehr groß	sehr groß	40±10	25,0-32,5	18-18,5	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar-geeignet	
74	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,50	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	3,00	UM-UL	4	BB2	C	steif	schlecht bis mäßig	gering bis groß	groß bis sehr groß	sehr groß	40±10	25,0-32,5	18-18,5	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar-geeignet	
75	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	0,50	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	1,20	UM-UL	4	BB2	C	steif	schlecht bis mäßig	gering bis groß	groß bis sehr groß	sehr groß	40±10	25,0-32,5	18-18,5	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar-geeignet	
	2,00	VA-VZ	5-6	FV1-FV2	F	-	-	-	-	-	50±20	-	20	-	-	-	1350		gut geeignet	
	2,20	VU	7	FV4-FV6	G	-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	4050		sehr gut geeignet	
77	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	2,50	UM-UL	4	BB2	C	fest/sehr dicht	schlecht bis mäßig	gering bis groß	groß bis sehr groß	sehr groß	40±10	30,0-35,0	19	11	17-26	13-21	270-540		brauchbar-geeignet	
	6,00	UM-UL	4	BB2	C	steif/dicht	schlecht bis mäßig	gering bis groß	groß bis sehr groß	sehr groß	40±10	25,0-32,5	18-18,5	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar-geeignet	
79	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,80	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	5,00	UM-UL	4	BB2	C	steif	schlecht bis mäßig	gering bis groß	groß bis sehr groß	sehr groß	40±10	25,0-32,5	18-18,5	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar-geeignet	
98	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,50	TM-TL	4	BB2	B	steif-halbfest	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-21	9,5-11	13-26	10-21	135-270		brauchbar	
	3,00	VA-VZ	5-6	FV1-FV2	F	-	-	-	-	-	50±20	-	20	-	-	-	1350		gut geeignet	
	3,20	VU	7	FV4-FV6	G	-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	4050		sehr gut geeignet	
99	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,70	TM-TL	4	BB2	B	steif-halbfest	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-21	9,5-11	13-26	10-21	135-270		brauchbar	
	3,00	VA-VZ	5-6	FV1-FV2	F	-	-	-	-	-	50±20	-	20	-	-	-	1350		gut geeignet	
	3,20	VU	7	FV4-FV6	G	-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	4050		sehr gut geeignet	
100	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung

	0,70	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	1,10	VA-VZ	5-6	FV1-FV2	F	-	-	-	-	-	50±20	-	20	-	-	-	1350		gut geeignet	
	1,30	VU	7	FV4-FV6	G	-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	4050		sehr gut geeignet	
106	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	0,50	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	1,10	VA-VZ	5-6	FV1-FV2	F	-	-	-	-	-	50±20	-	20	-	-	-	1350		sehr gut geeignet	
107	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	0,70	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	1,10	VA-VZ	5-6	FV1-FV2	F	-	-	-	-	-	50±20	-	20	-	-	-	1350		sehr gut geeignet	
109	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	0,50	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	1,10	VA-VZ	5-6	FV1-FV2	F	-	-	-	-	-	50±20	-	20	-	-	-	1350		sehr gut geeignet	
110	0,30	OH	1	BO1	A	-	mäßig	groß bis mittel	gering bis mittel	groß bis mittel	-	-	17	8	-	-	-	k. W.	weniger geeignet	Platten-gründung
	1,90	TM-TL	4	BB2	B	steif	schlecht bis mäßig	groß bis mittel	groß bis mittel	sehr groß bis mittel	60±10	25,0-30,0	19,5-20	9,5-10	13-17	10-13	135		brauchbar	
	5,00	VA-VZ	5-6	FV1-FV2	F	halbfest (Matrix)	(schlecht bis mäßig)	(groß bis mittel)	(groß bis mittel)	(sehr groß bis mittel)	80±10	(25,0-30,0)	(19,5-20)	(9,5-10)	(13-17)	(10-13)	(135)		vermutlich min. brauchbar	

5 Bauausführung und Risiken

5.1 Baugruben

Bei der Errichtung von Baugruben ist für die Homogenbereiche A und B und C mit mittelschwer lösbaren Bodenarten zu rechnen. Die Homogenbereiche D, E und F sind als leicht lösbare Bodenarten zu betrachten. Der Homogenbereich G ist als schwer lösbarer Fels einzuordnen. Während der Aushubarbeiten ist im Bereich von Schichtgrenzen und auftretenden Tonschichten auf mögliche Gleitflächen zu achten, da diese je nach Einfallsrichtung der Schichtung zu kleineren Erdrutschungen im Bereich der Baugrubenwand führen können. Außerdem ist bei der Herstellung der Baugruben ein Vergleich der angetroffenen Bodenverhältnisse zu den erstellten Schichtverzeichnissen durchzuführen. Bei deutlichen Abweichungen muss umgehend der Auftraggeber informiert und die Bauarbeiten den neuen Gegebenheiten angepasst werden. Treten im Verlauf der Bauarbeiten Unregelmäßigkeiten auf oder kündigen sich Schäden an ist sofort ein Gutachter zu verständigen.

5.2 Baugrubenwand/ -verbau

Ohne Baugrubenverbau ist für die Homogenbereiche Bereich A, B und C ein Böschungswinkel β von mindestens 60° auszuführen. Etwaige vorkommende Steine und Blöcke im Bereich B sind gegen Herabstürzen zu sichern. Für die Homogenbereiche D und E ist ein Böschungswinkel β von mindestens 40° auszuführen. Die Homogenbereiche F und G können mit einem Böschungswinkel β von mindestens 80° ausgeführt werden. Besonders im Bereich F sind allerdings potentiell herabsturzgefährdete Steine und Blöcke zu sichern.
Bei möglichen Verbauarbeiten der Baugrubenwände wird ein Verbau aus Trägerbohlenwänden oder ein Spritzbetonverbau empfohlen. Bei der Errichtung der Baugruben sind weiterhin alle Vorgabe der DIN 4124 einzuhalten.

5.3 Wasserhaltung

Maßnahmen zur Wasserhaltung werden in einem gesonderten Bericht mit dem Titel „Konzept zur Grundwasserhaltung der 110-kV-Hochspannungsfreileitung UW Mutterstadt – UW Otterbach (Pos. XX), Abschnitt UW Mutterstadt – UW Kerzenheim“ aufgeführt.

6 Schlussbemerkung

Im Rahmen der vorliegenden geologischen und geotechnischen Stellungnahme wurden sowohl die geologischen als auch die hydrogeologischen Verhältnisse für die 110-kV-Hochspannungsfreileitung vom UW Mutterstadt bis UW Otterbach (Pos. XX), Teilstück UW Mutterstadt – UW Kerzenheim recherchiert, dokumentiert, zusammengestellt und bewertet.
Ziel der Dokumentation ist es, sowohl die hydrogeologischen als auch die geologischen Untergrundverhältnisse im Bereich der 110-kV-Hochspannungsfreileitung zu beschreiben, und die Bodenarten für die technische Ausführung aufzubereiten. Da dem Baugrundsachverständigen derzeit nicht alle relevanten Gesichtspunkte bekannt sein können, erhebt dieser Bericht keinen Anspruch auf Vollständigkeit in allen Detailpunkten. Im Zuge der weiteren Planung und Bauausführung können in diesem Zusammenhang weitere Untersuchungen und geotechnische Beurteilungen erforderlich werden.
Es ist weiterhin zu beachten, dass während der Bauarbeiten die anstehenden Gesteinsschichten mit den Ergebnissen weiterer Baugrunduntersuchungen zu vergleichen sind, da Abweichungen der Untergrundverhältnisse außerhalb der punktuell erschlossenen Gesteinsformationen nicht auszuschließen sind. Bei Abweichungen der Verhältnisse und bei weiteren Fragen ist ein Baugrundsachverständiger einzuschalten. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass die an der Planung und Bauausführung beteiligten Personen unter Zugrundelegung der hier aufgezeichneten Untergrunddaten und Angaben alle erforderlichen Nachweise etc. entsprechend dem Stand der Technik führen.

Für weitere geotechnische Beratungen im Zuge dieses Projektes stehen wir gerne zur Verfügung.

Alsfeld, den 31. August 2021

i. A. M. Rehbein

Matthias Rehbein
M. Sc. Geowissenschaften

i. A. T. Rybak

Thomas Rybak
Dipl. Ing. Angewandte Geowissenschaften

i. A. S. Herbig

Sarah Herbig
M. Sc. Geowissenschaften

Anhang

Die dem Bericht zugehörige Anhänge sind für jeden Maststandort in einer separaten pdf-Datei in der Ordnerstruktur abgelegt worden. Folgende Dateien sind zu finden:

5.1.1 Bodenspezifische Abkürzungen und Zeichenerklärung

- Anhang 5.1.1_Bodenspezifische Abkürzungen und Zeichenerklärung

5.1.2 Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse

- Anhang 5.1.2.1_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0002
- Anhang 5.1.2.2_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0004
- Anhang 5.1.2.3_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0005
- Anhang 5.1.2.4_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0006
- Anhang 5.1.2.5_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0007
- Anhang 5.1.2.6_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0008
- Anhang 5.1.2.7_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0010
- Anhang 5.1.2.8_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0011
- Anhang 5.1.2.9_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0014
- Anhang 5.1.2.10_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0015
- Anhang 5.1.2.11_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0016
- Anhang 5.1.2.12_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0019
- Anhang 5.1.2.13_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0028
- Anhang 5.1.2.14_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0029
- Anhang 5.1.2.15_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0031
- Anhang 5.1.2.16_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0032
- Anhang 5.1.2.17_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0033
- Anhang 5.1.2.18_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0034
- Anhang 5.1.2.19_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0035
- Anhang 5.1.2.20_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0228
- Anhang 5.1.2.21_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0045
- Anhang 5.1.2.22_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0046
- Anhang 5.1.2.23_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0047
- Anhang 5.1.2.24_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0048
- Anhang 5.1.2.25_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0049
- Anhang 5.1.2.26_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0050
- Anhang 5.1.2.27_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0051
- Anhang 5.1.2.28_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0052
- Anhang 5.1.2.29_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0053
- Anhang 5.1.2.30_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0054
- Anhang 5.1.2.31_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0055
- Anhang 5.1.2.32_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0056
- Anhang 5.1.2.33_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0057
- Anhang 5.1.2.34_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0058

- Anhang 5.1.2.35_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0059
- Anhang 5.1.2.36_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0060
- Anhang 5.1.2.37_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0061
- Anhang 5.1.2.38_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0062
- Anhang 5.1.2.39_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0065
- Anhang 5.1.2.40_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0066
- Anhang 5.1.2.41_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0067
- Anhang 5.1.2.42_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0068
- Anhang 5.1.2.43_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0069
- Anhang 5.1.2.44_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0073
- Anhang 5.1.2.45_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0074
- Anhang 5.1.2.46_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0075
- Anhang 5.1.2.47_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0077
- Anhang 5.1.2.48_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0079
- Anhang 5.1.2.49_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0098
- Anhang 5.1.2.50_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0099
- Anhang 5.1.2.51_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0100
- Anhang 5.1.2.52_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0106
- Anhang 5.1.2.53_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0107
- Anhang 5.1.2.54_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0109
- Anhang 5.1.2.55_Bohrprofil und Schichtenverzeichnis_Mast 0110

5.1.3 Laborergebnisse

- Anhang 5.1.3.1_Konsistenzgrenzen_Mast 0110
- Anhang 5.1.3.2_Korngrößenverteilung_Mast 0004
- Anhang 5.1.3.3_Korngrößenverteilung_Mast 0010
- Anhang 5.1.3.4_Korngrößenverteilung_Mast 0014
- Anhang 5.1.3.5_Korngrößenverteilung_Mast 0019
- Anhang 5.1.3.6_Korngrößenverteilung_Mast 0029neu
- Anhang 5.1.3.7_Korngrößenverteilung_Mast 0034
- Anhang 5.1.3.8_Korngrößenverteilung_Mast 0046