



**Bauvorhaben Aachen-Lichtenbusch,
Raafstraße und Sanddornweg
Erschließungsplanung: Straßen- und Kanalbau (Los 2)**

Bearbeitungs-Nr.: 19.132

Aachen, Februar 2021



**Bauvorhaben Aachen-Lichtenbusch, Raafstraße und Sanddornweg
Erschließungsplanung: Straßen- und Kanalbau (Los 2)**

Auftraggeber: G. Quadflieg GmbH Projektentwicklung
Schumanstr. 18
D – 52146 Würselen

Ansprechpartner: Hr. Malzahn

Auftragsdatum: 06.05.2020

Auftragnehmer: Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH
Neuenhofstraße 112
52078 Aachen

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. J. Giesder

Bearbeitungsnummer: 19.132

Berichtsdatum: 08.02.2021

Berichtsumfang: 52 Seiten (einschließlich Deckblatt und Inhaltsverzeichnis)
12 Abbildungen, 8 Tabellen und 7 Anlagen
(s. Abbildungs-, Tabellen- und Anlagenverzeichnis)



Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung, Bauvorhaben, Unterlagen, Untersuchungen	1
1.1	Veranlassung	1
1.2	Aufgabenstellung	1
1.3	Bauvorhaben.....	2
1.4	Lage, Abmessungen und Angaben zu den Straßen und Kanälen.....	3
2	Verwendete Unterlagen	5
3	Standortverhältnisse	7
3.1	Untersuchungsgebiet und Morphologie, Bebauung und Bewuchs	7
3.2	Geologische Verhältnisse	8
3.3	Allgemeine hydrologische Verhältnisse und Angaben zu Wasserständen.....	10
3.4	Schutzgebiete.....	12
3.5	Tektonik	12
3.6	Erdbebengefährdung des Standortes	12
3.7	Angaben zum Bergbau.....	14
4	Durchgeführte Untersuchungen	15
4.1	Außenarbeiten.....	15
4.2	Bodenmechanische Laboruntersuchungen	16
4.3	Chemische Untersuchungen	16
5	Darstellung und Beschreibung der geotechnischen Untersuchungs- ergebnisse.....	17
5.1	Baugrund.....	17
5.1.1	Ergebnisse der Felduntersuchungen – Bodenschichten / Schichtenaufbau	17
5.2	Versickerungsfähigkeit.....	20
5.3	Bodenkennwerte	21



6	Ergebnisse, Bewertung geotechnischer Untersuchungsergebnisse.....	22
6.1	Bodenfestigkeit, Tragfähigkeit	22
6.2	Bohr- und Rammbarkeit.....	23
6.4	Grundwasserstände.....	23
6.3	Homogenbereiche.....	24
7	Chemische Untersuchungen.....	27
7.1	Bodenschutzrechtliche Untersuchungen	27
7.2	Bewertung der Abfallqualitäten.....	30
7.3	Allgemeine Hinweise zur Verwertung und Entsorgung der untersuchten Erdstoffe und Baustoffe...33	
8	Gründungstiefen und Hinweise zur Gründung.....	34
8.1	Gründungshinweise, Gründungsboden und Gründungsart – Planstraßen 1 und 2.....	34
8.2	Gründungshinweise, Gründungsboden, Gründungshöhen– Abwasserkanäle DN 300.....	37
8.2.1	Angabe zu den Gründungsböden und Gründungshöhen	37
8.2.2	Gründungsempfehlung für Abwasserkanäle DN 300 in den Planstraßen.....	38
8.2.3	Angaben zu Ersatztragschichten	40
8.2.4	Verfüllung von Leitungsgräben.....	40
9	Hinweise und Empfehlungen für die Bauausführung.....	41
9.1	Befahrbarkeit.....	41
9.2	Erdarbeiten.....	41
9.3	Baugruben, Rohrgräben und Baugrubenböschungen	42
9.4	Wasserhaltung, Maßnahmen zur Entwässerung.....	44
10	Schlussbemerkungen.....	45



Abbilungsverzeichnis

Abbildung 1:	Übersichtsplan zum Bauvorhaben: grüne Markierung geplantes Wohngebiet; rote Markierung: Planstraße 1 und blaue Markierung: Planstraße 2 [1]	2
Abbildung 2:	Regelquerschnitt für den Aufbau der Erschließungs- bzw. Planstraßen im Baugebiet gemäß Belastungsklasse Bk 1,8 der RStO 12 [2]	4
Abbildung 3:	Angaben zum Aufbau der Straßen im Baugebiet gemäß Bk 1,8 der RStO 12 [2]	4
Abbildung 4:	Angaben zum Aufbau der Fußwege im Baugebiet gemäß RStO 12 [2]	5
Abbildung 5:	Ausschnitt aus der hydrologischer Karte von Aachen (o. Maßstab); blaue Markierung: Untersuchungsbereich [18] 9	
Abbildung 6:	Ausschnitt aus der Legende der hydrologischen Karte von Aachen mit den relevanten Schichten [18]	9
Abbildung 7:	Lage der Grundwasser-messstelle (rote Markierung) im Bereich des Untersuchungsgebietes (blaue Markierung) [17]	10
Abbildung 8:	Ganglinie der Grundwassermessstelle 030201 Stadt Aachen (Abbildung unten / blaue Markierung) und Niederschlagsmengen pro Monat im Bereich des Pegels (Abbildung oben) [17]	11
Abbildung 9:	Elastisches Antwortspektrum gemäß DIN EN 1998 (dort Abbildung NA.3) [7]	13
Abbildung 10:	Darstellung des Kornverteilungsbandes: Lösslehme (n = 5)	19
Abbildung 11:	E_{v2} -Modul auf der Frostschutzschicht in Abhängigkeit von deren Dicke und dem Verformungsmodul auf dem Planum (aus FLOSS, R. "Handbuch ZTVE-StB 2017, Kommentar und Leitlinien", 5. Aufl., 2019)	36
Abbildung 12:	Ausführung der Rohrbettung nach DIN EN 1610 – Typ 1 [15]	38

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Werte der Parameter zur Beschreibung des elastischen horizontalen Antwortspektrums nach DIN EN 1998 (dort Tabelle NA.4) [8]	14
Tabelle 2:	Kenngößen und Gewichtsanteile der enthaltenen Kornfraktionen: Lösslehme	18
Tabelle 3:	Zusammenstellung der Ergebnisse der Bestimmung der Konsistenzgrenzen: Lösslehme	19
Tabelle 4:	Kenngößen und Gewichtsanteile der enthaltenen Kornfraktionen: Sande	20
Tabelle 5:	Zusammenstellung der Boden- bzw. Mischproben u. die Ergebnisse der chemischen Analytik	32
Tabelle 6:	Homogenbereiche nach Gewerken gemäß DIN 18300 und DIN 18304	25
Tabelle 7:	Kennwerte und Eigenschaften der Homogenbereiche - DIN 18300 und DIN 18304	25
Tabelle 8:	Kennwerte und Eigenschaften des Homogenbereiches nach 18320	27



Verzeichnis der Anlagen

Anl. 1 Lagepläne

- Anl. 1.1 Übersichtslageplan
- Anl. 1.2 Lageplan der Bohr- und Sondieransatzpunkte mit Achsen der Straßen
- Anl. 1.3 Lageplan der Bohr- und Sondieransatzpunkte

Anl. 2 Geotechnische Schnitte durch den Baugrund

- Anl. 2.1 Schnitt 1 - 1 und 2 - 2
- Anl. 2.2 Schnitt 3 - 3 und 4 - 4

Anl. 3 Baugrundaufschlüsse

- Anl. 3.1 Zusammenstellung der Daten der Baugrundaufschlüsse: Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen
- Anl. 3.2 Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen
- Anl. 3.2.1 Bohrprofile der Kleinrammbohrungen u. Diagramme der Rammsondierungen
- Anl. 3.2.2 Schichtenverzeichnisse der Kleinrammbohrungen

Anl. 4 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

- Anl. 4.1 Zusammenstellung der Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen
- Anl. 4.2 Laborprotokolle - Bodenmechanische Laboruntersuchungen
- Anl. 4.2.1 Bestimmung der Korngrößenverteilung
- Anl. 4.2.2 Bestimmung der Zustandsgrenzen: Fließ- und Ausrollgrenze
- Anl. 4.2.3 Bestimmung des Wassergehaltes

Anl. 5 Chemische / umweltanalytische Untersuchungen

- Anl. 5.1 Untersuchungen gemäß LAGA TR Boden 2004 im Feststoff und Eluat.
- Anl. 5.1.1 Zusammenstellung - Chemische / umweltanalytische Untersuchungen
- Anl. 5.1.2 Prüfbericht der Eurofins Umwelt West GmbH

- Anl. 5.2 Untersuchungen gemäß Bundesbodenschutzverordnung (BBodenV)
- Anl. 5.2.1 Zusammenstellung - Chemische / umweltanalytische Untersuchungen
- Anl. 5.2.2 Prüfbericht der Eurofins Umwelt West GmbH

- Anl. 6 Stellungnahme des LANUV NRW zu den Grundwasserverhältnissen im Bereich des Untersuchungsgebietes - Aachen-Lichtenbusch, Raafstraße / Sanddornweg**



Anl. 7 Daten der Grundwassermessstelle in der Umgebung des geplanten Wohngebietes:
Aachen-Lichtenbusch, Raafstraße / Sanddornweg; Grundwassermessstellen: 30201 – Dachs-
berg Stadt Aachen



1 Veranlassung, Bauvorhaben, Unterlagen, Untersuchungen

1.1 Veranlassung

Die G. Quadflieg GmbH plant den Bau eines Wohngebietes zwischen dem Sanddornweg und der Raafstraße (Flurstück 799) in Aachen-Lichtenbusch. Im Vorfeld der geplanten Bebauung ist die Erschließung des Baugebiets durch den Bau der Planstraßen 1 und 2 sowie der Verlegung der Abwasserleitungen (Regen- u. Schmutzwasser) bzw. der erforderlichen Versorgungsleitungen vorgesehen.

1.2 Aufgabenstellung

Die Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH (GBD) wurde mit Schreiben vom 06.05.2020 beauftragt, ein Gutachten über die Baugrundverhältnisse für den geplanten Straßen- und Kanalbau im Bereich des Flurstückes zu erstellen sowie mögliche Gründungskonzepte für die Kanäle und Straße zu erarbeiten.

Folgende Punkte wurden hierzu bearbeitet:

- Auswertung und Darstellung der Ergebnisse der bodenmechanischen Feld- u. Laborversuche (Bestimmung der Korngrößenverteilung u. Konsistenz);
- Baugrundbeurteilung (Gruppierung nach DIN 18196, Einteilung in Homogenbereiche nach DIN 18300);
- Abschätzung der Grundwasserstände und des Schwankungsbereiches;
- Angaben zur Erdbebenzone;
- Angabe der bodenmechanischen Kennwerte (Rechenwerte);
- Angaben zum Gefährdungspotenzial und der Wiederverwendbarkeit der anfallenden Erdstoffe;
- Hinweise und Empfehlungen für die Bauausführung;
- Hinweise zur Herstellung der Leitungsräben für die Kanäle;
- Angaben zur Gründung der Straßen und Wege unter Berücksichtigung des geplanten Aufbaues;
- Angaben zur Versickerungsfähigkeit des anstehenden Baugrunds;
- Allgemeine Hinweise und Empfehlungen zur Bauausführung.



Die Basis für die Baugrundbeurteilung inkl. Gründungsempfehlung bilden die Baugrundaufschlüsse (Kleinrammbohrungen und schwere Rammsondierungen) und die bodenmechanischen Laboruntersuchungen.

Neben der allgemeinen Baugrundbeschreibung erfolgen Bewertungen zu möglichen Belastungen (abfalltechnische Voreinstufung) der aufgeschlossenen Böden bzw. Auffüllungen auf der Grundlage der LAGA TR Boden 2004.

1.3 Bauvorhaben

Auf dem Flurstück 847, südlich der Raafstraße und westlich des Sanddornweges in Aachen-Lichtenbusch, ist der Bau eines Wohngebietes mit 18 Einfamilienhäusern und zwei Mehrfamilienhäusern oder Reihenhäusern inkl. Außenanlagen und PKW-Stellflächen geplant [1].



Abbildung 1: Übersichtsplan zum Bauvorhaben: grüne Markierung geplantes Wohngebiet; rote Markierung: Planstraße 1 und blaue Markierung: Planstraße 2 [1]



Das o.g. Wohngebiet soll durch die Planstraßen 1 und 2 von der Raafstraße im Norden und dem Sanddornweg erschlossen werden. Die Abbildung 1 zeigt das geplante Bauvorhaben auf dem o.g. Flurstück, südlich der Raafstraße.

Im Vorfeld der Errichtung der geplanten Wohnbebauung ist der Bau der erwähnten Erschließungsstraßen und der Kanäle für die Ableitung des Regen- und Schmutzwassers bzw. die Verlegung der Versorgungsleitungen geplant.

1.4 Lage, Abmessungen und Angaben zu den Straßen und Kanälen

Das beplante Baufeld für das o.g. Wohngebiet befindet sich südlich der Raafstraße und westlich des Sanddornweges sowie nördlich der Wohnbebauung am Holunderweg in Aachen-Lichtenbusch.

Das Flurstück 847 für das geplante Wohngebiet hat eine Fläche von ca. 15.000 m² [1].

Die Planstraße 1 hat eine Länge von ca. 130 m und die Planstraße 2 hat eine Länge von 140 m.

Im Bereich der Planstraße 1 ist die Verlegung eines Kanals (DN 300) in Tiefen zwischen 284,26 m NHN (südliches Ende der Planstr. 1, Achse 20) und 283,82 m NHN (östliches Ende der Planstr. 1, Achse 21) geplant. Dieser Kanal schließt an den vorhandenen Kanal im Sanddornweg an (KS: 283,31 m NHN) [2].

Die Sohle des Kanals (DN 300) in der Planstraße 2 weist am südlichen Ende der Straße (Achse 1) ein Niveau von 285,52 m und am östlichen Ende der Straße eine Höhe von 285,08 m NHN (Achse 2) auf. Dieser Kanal schwenkt am östlichen Ende der Planstraße 2 in den nördlichen Teil der Straße ab (Achse 3) und die Kanalsohle weist in diesem Bereich Höhen zwischen 285,08 m und 284,69 m NHN (an der nördlichen Flurstücksgrenze) auf. Die Kanalsohle im Übergabeschacht in der Raafstraße hat ein Niveau von 284,21 m NHN [2].

Nach den planungsseitigen Ausführungen zum Bau der Planstraßen 1 und 2 erfolgt der Straßen-
aufbau gemäß der Belastungsklasse Bk 1,8 nach RStO 12. Der frostsichere Aufbau hat entsprechend der Bk 1,8 eine Mächtigkeit von 0,6 m (u.a. 0,32 m mächtige FFS und



0,14 m mächtige STT). Die Oberfläche der Straßen wird von einem Betonsteinpflaster gebildet (Verlegung in Brechsand-Splittgemisch) (vgl. Abb. 3) [2].

Die folgenden Abbildungen 2 und 3 zeigen den Aufbau der Straßen und Stellflächen im geplanten Wohngebiet.

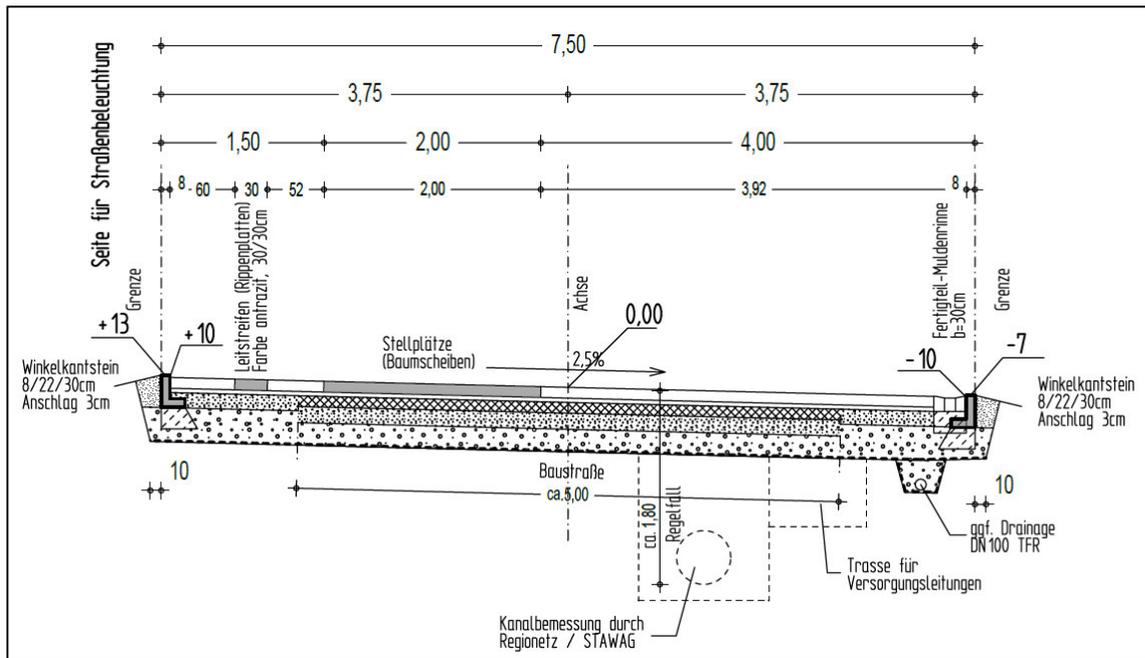


Abbildung 2: Regelquerschnitt für den Aufbau der Erschließungs- bzw. Planstraßen im Baugebiet gemäß Belastungsklasse Bk 1,8 der RStO 12 [2]

<u>Fahrbahn und Seitenbereiche</u>	<u>Baustraße</u>
RStO 2012, Belastungsklasse 1,8	RStO 2012, Belastungsklasse 1,8
10 cm Betonsteinpflaster 20/10/10 (grau)	10 cm Betonsteinpflaster 20/10/10 (grau) (Endausbau)
4 cm Brechsand-Splittgemisch 0/5	4 cm Brechsand-Splittgemisch 0/5 (Endausbau)
14 cm Schottertragschicht	10 cm Asphalttragdeckschicht wasserdurchlässig (oder beim Endausbau gebrochen)
32 cm Frostschuttschicht, erf. Ev2= mind. 120 MN/m ²	15 cm Schottertragschicht
Vlies	21 cm Frostschuttschicht, erf. Ev2= mind. 120 MN/m ²
Planum, erf. Ev2= mind. 45 MN/m ²	Vlies
60 cm Gesamtaufbau	Planum, erf. Ev2= mind. 45 MN/m ²
	46cm Gesamtaufbau
	60cm Gesamtaufbau
<u>Stellplätze</u>	<u>Baustraße Seitenbereiche</u>
RStO 2012, Belastungsklasse 1,8	RStO 2012, Belastungsklasse 1,8
10 cm Betonsteinpflaster 20/10/10 (antrazit)	10 cm Betonsteinpflaster 20/10/10 (grau) (Endausbau)
sonst wie vor	4 cm Brechsand-Splittgemisch 0/5 (Endausbau)
	14 cm Schottertragschicht (Endausbau)
	-14 cm Frostschuttschicht (Rückbau beim Endausbau)
	46 cm Frostschuttschicht, erf. Ev2= mind. 120 MN/m ²
	Vlies
	Planum, erf. Ev2= mind. 45 MN/m ²
	60 cm Gesamtaufbau

Abbildung 3: Angaben zum Aufbau der Straßen im Baugebiet gemäß Bk 1,8 der RStO 12 [2]



Gemäß der aktuellen Straßenplanung liegt die Oberkante der Straßen je nach der Lage der aktuellen Geländeoberkante im Maximum ca. 0,2 m oberhalb und im Minimum ca. 0,3 m unterhalb der aktuellen Oberkante des Geländes [2].

Die Abbildung 4 zeigt den Aufbau der geplanten Fußwege.

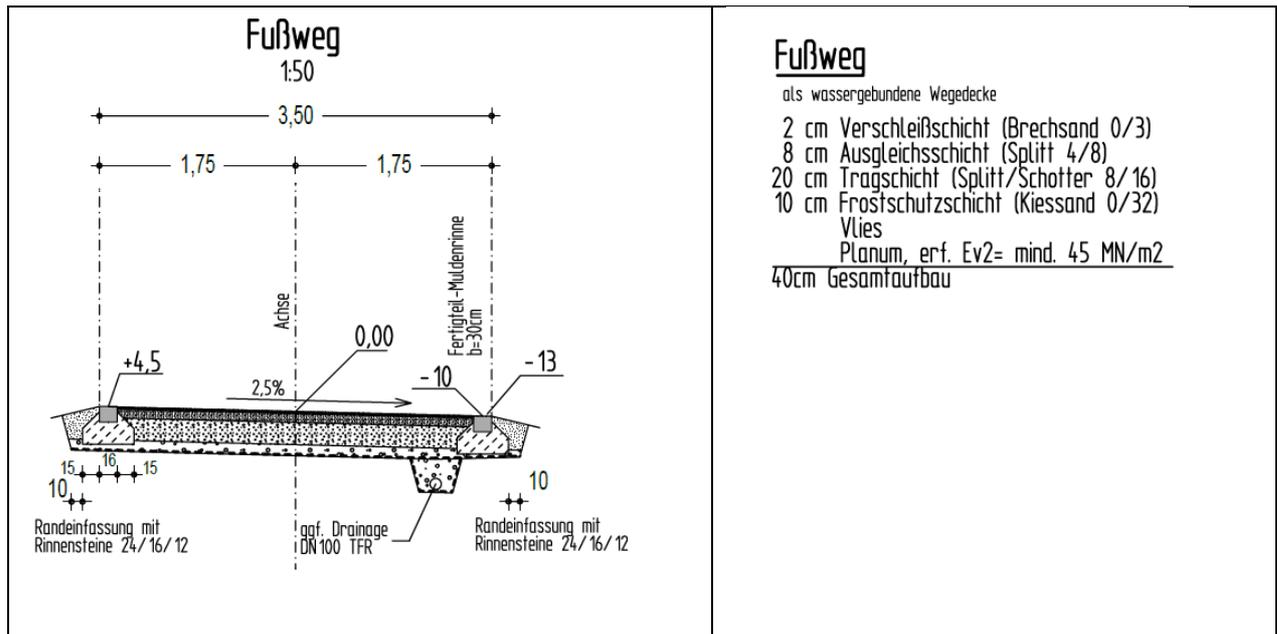


Abbildung 4: Angaben zum Aufbau der Fußwege im Baugebiet gemäß RStO 12 [2]

2 Verwendete Unterlagen

vom Auftraggeber wurden zur Verfügung gestellt:

- [1] Stadt Aachen, Lichtenbusch; Raafstr. und Sanddornweg; Lageplan des geplanten Wohngebietes; Raumplan Aachen; Maßstab: 1:1000; Stand: 15.04.2020,
- [2] Erschließungsgebiet Neubaugebiet Aachen-Lichtenbusch, Raafstr. / Sanddornweg; Höhen-schnitte / Lagepläne im Bereich der Planstr. 1 (Achsen: 10, 20 u. 21) u. der Planstr. 2 (Achsen: 1, 2 u. 3); Maßstab: 1: 200 (Länge) u. 1: 20 (Höhe) (vereinfacht) / Maßstab: 1: 250 und Regelquerschnitte Straßenbau; Stand: 26.10.2020; Ingenieurbüro Dolfen GmbH, Promenadenstr. 2, 52428 Jülich.



DIN-Normen, Vorschriften, Regelwerke und Stellungnahmen:

- [3] DIN EN 1997-1 (09/2009): Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 1: Allgemeine Regeln, einschließlich DIN EN 1997-1/NA:2010-12, Nationaler Anhang,
- [4] DIN 1054 (12/2010): Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, Ergänzende Regeln zu DIN 1997-1,
- [5] DIN EN 1997-2 (10/2010): Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrundes, einschließlich DIN EN 1997-2/NA:2010-12 Nationaler Anhang,
- [6] DIN 4020 (12/2010): Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN 1997,
- [7] DIN EN 1998-1/NA:2011-01 (01/2011): Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – T. 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbau (ehem. DIN 4149),
- [8] Gefährdungspotentiale des Untergrundes Nordrhein-Westfalen - [http://www.gdu.nrw.de / GDU_ Buerger/Bürger.html](http://www.gdu.nrw.de/GDU_Buerger/Buerger.html); Recherchedatum: 02.12.2020,
- [9] Stellungnahme des LANUV NRW zu den Grundwasserverhältnissen im Bereich des Projektgebietes Aachen-Lichtenbusch; Raafstr. und Sanddornweg Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, FB 52: Grundwasser Wasserversorgung und Trinkwasser und Lagerstättenbau; 30.04.2020,
- [10] Recherche zu Natur- u. FFH-Schutz- sowie Trinkwasserschutzgebieten im Fachinformationssystem „ELWAS“ des Landes NRW; Recherchedatum: 01.12.2020
- [11] VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Stand: 09/2016,
- [12] Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20; Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln; Allgemeiner Teil; Stand: 06.11.2003; Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA),
- [13] Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil 2: Technische Regeln für die Verwertung; 1.2 Bodenmaterial (TR Boden); Stand: 05.11.2004; Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA),
- [14] RStO 12: Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaues v. Verkehrsflächen; Ausgabe 2012; Forschungsgesellschaft für Straßen- u. Verkehrswege, An Lyskirchen 14, 50676 Köln,
- [15] DIN EN 1610 (12/2015): Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und –kanälen
- [16] DWA-A 139 (04/2017): Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und –kanälen; DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser u. Abfall e.V., Theodor Heuss-Allee 17, 53773 Hennef,



- [17] Daten der Grundwassermessstelle 30201 – Dachsberg Stadt Aachen; per Email am 18.12.2020 von der Stadt Aachen, Fachbereich Umwelt (FB 36/502), Untere Bodenschutzbehörde, Reumontstr. 1, 52058 Aachen,
- [18] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 102 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist,
- [19] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, BMUB (02/2017): Referentenentwurf - Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung,
- [20] Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Freistaat Sachsen (11/2015): Bewertungshilfen bei der Gefahrenverdachtsermittlung in der Altlastenbehandlung, Teil A
- [21] Institut für Umweltanalyse IFUA-Projekt-GmbH (2001): IFUA 2001: Ableitung von Prüfwerten für Bodenbelastungen mit Kupfer, Barium, Zink. Im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Frauen, Arbeit und Soziales,
- [22] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2014): Weitere Sachverhaltsermittlung bei Überschreitung von Prüfwerten nach der BBodSchV für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze, LANUV-Arbeitsblatt 22

Archiv des Geotechnischen Büros:

- [23] Baugrundkarte des Aachener Stadtgebietes, Blatt 5202, Aachen-Lichtenbusch (Blatt 50); Lehrstuhl für Ingenieurgeologie und Hydrologie der RWTH Aachen; Maßstab: 1:5000; Stand: 1989,
- [24] Hydrologische Karte von Nordrhein-Westfalen; Blatt 5202 – Blatt Aachen; Stand: 2013; Maßstab: 1:25.000 (Länge) und 1: 5000 (Höhe); Landesumweltamt von Nordrhein-Westfalen.

3 Standortverhältnisse

3.1 Untersuchungsgebiet und Morphologie, Bebauung und Bewuchs

Das Projektgebiet für die geplante Bebauung befindet sich im Aachener Stadtteil Lichtenbusch, zwischen der Raafstraße und dem Sanddornweg. Ca. 500 m nordöstlich des Grundstückes befindet sich die Autobahnanschlussstelle Aachen-Lichtenbusch der BAB A 44 (SW-NO-Verlauf).



Das Planungsareal wird im Norden bzw. im Süden durch die rückwärtigen Grundstücke der Raafstraße bzw. des Lichtenbuscher Weges und des Holunderweges begrenzt. Die östliche Grundstücksgrenze bildet der Sanddornweg und die westliche Grundstücksgrenze wird von einer Grünfläche gebildet (Flurstück 530).

Das betreffende Grundstück ist aktuell nicht bebaut und weist keinen Bewuchs außer Gräser und kleine Büsche auf.

Die Umgebung des Grundstückes wird von Wohnbebauung und Grünfläche bzw. landwirtschaftlich genutzten Flächen bestimmt.

Die Geländehöhe (Grundlage: Höhen d. Bohransatzpunkte) im Bereich des Projektgebietes liegt zwischen 287,4 m (im Norden) und 285,9 m bzw. 286,9 m NHN (im Süden) sowie 285,6 m (im Osten) und 287,1 m (im Westen). Das Gelände steigt somit von Südosten nach Nordwesten an.

Der östlich angrenzende Sanddornweg (parallel zum Grundstück) weist Höhen zwischen 284,9 m (im Süden) und 286,1 m NHN (im Norden) auf.

3.2 Geologische Verhältnisse

Nachfolgend werden die im Untersuchungsgebiet zu erwartenden geologischen Einheiten kurz beschrieben. Grundlage hierfür bilden die Inhalte der Baugrunderkarte der Stadt Aachen (Blatt 5202/74 Lichtenbusch) und die hydrologische Karte von Nordrhein-Westfalen für Aachen (Blatt 5202) sowie die Erläuterungen zu den o.g. Karten [23, 24].

Gemäß der hydrologischen Karte bzw. der Baugrunderkarte der Stadt Aachen stehen im Projektgebiet unter ggfs. vorhandenen Resten einer Lößdecke die Schichten der sogenannten Aachener Sande (Oberkreide) an. Diese Schichtenfolge wird aus meist grauen, enggestuften Feinsanden aufgebaut, die kohlige Einschlüsse und örtlich (insbesondere an der Basis der Schichtenfolge) auch tonige Lagen aufweisen können [23, 24].

Das Liegende dieser Schichten wird von den unteren Stolberger und Walhorner Schichten (oberkarbonische Schichten) in Form von Tonstein (dunkelgrau, mit Sandsteinen u. Konglomeraten, vereinzelt mit Steinkohlenanteilen) bestimmt (vgl. Abb. 5) [23, 24].



Abbildung 5: Ausschnitt aus der hydrologischer Karte von Aachen (o. Maßstab); blaue Markierung: Untersuchungsbereich [24]

IV VII	cmg	Gulpen-Schichten	Mergel- und Kalkmergelstein, kräidig, stellenweise entkalkt, weiß, hellgrau, an der Basis glaukonitisch (Vülen-Schichten IV) Mergelkalkstein, meist glaukonitisch, weiß, hellgrau, grünlichgrau (Zevenwegen-Schichten VII),		Oberkreide	Kreide
5	caV	Vaals-Schichten	Schluff und Sand, untergeordnet Kies, humos, braun	Campan		
5	saA	Aachen-Schichten	Feinsand, weiß, hellgrau, lokal Sandstein und Quarzit, am Top Schluff, tonig, grau	Santon		
6	saH	Hergenrath-Schichten, im SE Mospert-Schichten	Ton, Schluff, tonig, stellenweise sandig mit Holzkohle, grau, im SE Mittelsand, kiesig, bunt (saM IV)			
VIII	cwa	Kohlscheid-Schichten u. Obere Stolberg-Schichten	Tonstein, dunkelgrau, mit Einlagerungen von Sandstein, z.T. konglomeratisch und Steinkohle	Westfal A	Oberkarbon	Karbon
VIII	cn	Untere Stolberg-Schichten und Walhorn-Schichten	Tonstein, dunkelgrau, mit Sandstein und Konglomeraten, vereinzelt Steinkohle, schwarz	Namur		
II	ck	Oberer Kohlenkalk	Kalkstein, Mergelkalkstein, grau, partiell oolithisch, brekziös	Dinant	Unterkarb.	
I	cdk	Unterer u. Mittlerer Kohlenkalk	Dolomitstein, hellgelb und Tonmergelstein, feinsandig, gelbbraun (Mittl. Kohlenkalk) Kalkstein, Mergelkalkstein, fossilreich, an der Basis feinsandig (Unt. Kohlenkalk)			
VI	dfa	Condroz-Schichten, Cheiloceras-Kalk, Famenne-Schiefer	Sandstein, kalkhaltig, grau, grünlichgrau mit Einlagerung von Kalkstein, fossilführend, rot und Tonstein mit Kalkknollen- u. -linsen, grau, grüngrau	Famenne	Oberdevon	Devon
VI	dfr,t	Frasnes-Schiefer und Frasnes-Knollenkalk	Ton- und Mergelstein, kalkhaltig, dunkelgrau mit Einlagerungen von Kalkknollen, an der Basis Knollenkalk, grau	Frasnes		
II	frk	Oberer Massenkalk und Grenzschiefer	Kalkstein, fossilreich, grau, an der Basis Mergelstein, grau			
			Grundwasserfreies Gebirge			

Abbildung 6: Ausschnitt aus der Legende der hydrologischen Karte von Aachen mit den relevanten Schichten [24]



3.3 Allgemeine hydrologische Verhältnisse und Angaben zu Wasserständen

Gemäß der Stellungnahme des LANUV [9] sind in der Umgebung des Projektstandortes keine Grundwassermessstellen vorhanden.

In der Kleinrammbohrung KRB I-2 erfolgt der Anschnitt eines grundwasser- bzw. schichtwasserführenden Horizontes in einer Tiefe von 3,59 m u. GOK (284,03 m NHN). Dieser Wasserspiegel wurde innerhalb des Lösslehmhorizontes gelotet.

In den übrigen Aufschlüssen (KRB I-1, I-3 bis I-8) erfolgt kein Anschnitt von grundwasser- und schichtwasserführenden Horizonten.

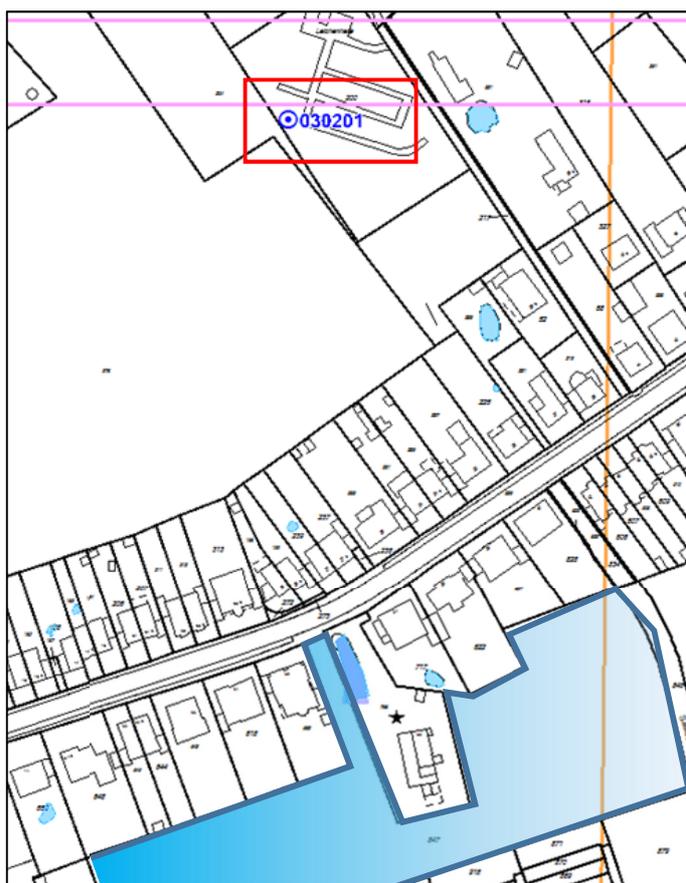


Abbildung 7: Lage der Grundwassermessstelle (rote Markierung) im Bereich des Untersuchungsgebietes (blaue Markierung) [17]

Aufgrund des angetroffenen Bodenprofils kann es jedoch, insbesondere nach länger anhaltenden Niederschlägen über bindigeren Lagen, zur Ausbildung von Schichtwasserhorizonten kommen. Aus diesen Ereignissen können höhere Wasserstände resultieren. Ob es sich bei den gemessenen



Wasserspiegeln um einen teilgespannten Hang- oder Schichtwasser- bzw. den Grundwasserspiegel handelt, kann auf der Grundlage einer einmaligen Messung nicht bewertet werden.

Für die Planung der Baumaßnahme werden auch Pegelraten der nördlich gelegenen Grundwassermessstelle (Entfernung ca. 250 m) der Stadt Aachen (30201 - Dachsberg) berücksichtigt (vgl. Abb. 7). Für diese Messstelle liegen Daten im Zeitraum zwischen März 1988 und August 2020 vor. In der Messstelle wurden im genannten Zeitraum Grundwasserstände zwischen 279,09 m NHN (Dezember 1991) und 284,36 m NHN (März 2007) gemessen (vgl. Anlage 7). Diese Werte stellen den niedrigsten bzw. höchsten gemessenen Grundwasserstand dar [17].

Die Abbildung 8 zeigt die Ganglinie der o.g. Grundwassermessstelle und die Niederschlagsmengen pro Monat im Bereich des Pegels [17].

Die o.g. Grundwasserstände werden auch die Angaben der hydrologischen Karte (Grundwassergleichenplan) von Aachen bestätigt, die für das Untersuchungsgebiet einen Grundwasserstand von ca. 280 m NHN angibt.

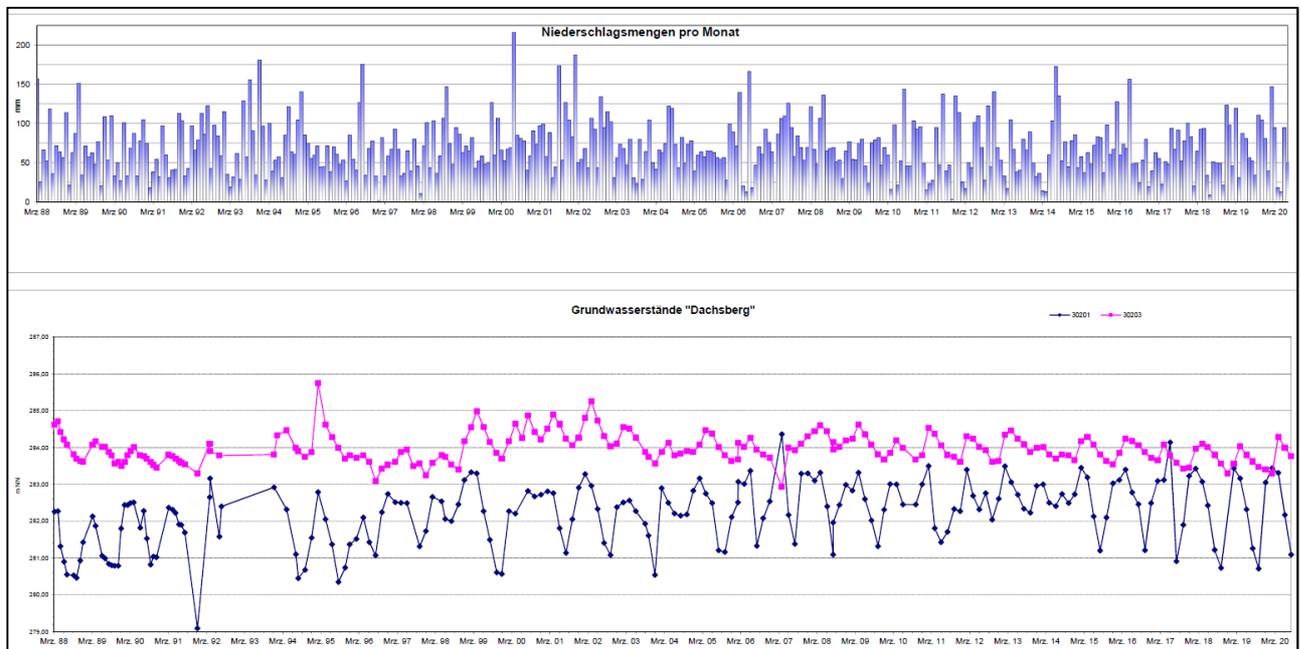


Abbildung 8: Ganglinie der Grundwassermessstelle 030201 Stadt Aachen (Abbildung unten / blaue Markierung) und Niederschlagsmengen pro Monat im Bereich des Pegels (Abbildung oben) [17]



3.4 Schutzgebiete

Das Planungsareal liegt nicht innerhalb einer geplanten oder festgesetzten Trinkwasserzone eines Wasserwerkes [10]. Das Untersuchungsgebiet liegt auch nicht in einem Landschafts- oder Naturschutz- bzw. FFH-Gebiet [10].

3.5 Tektonik

Gemäß [8] sind im unmittelbaren Projektgebiet keine bewegungsaktiven, geologischen Störungen dokumentiert.

3.6 Erdbebengefährdung des Standortes

Nach DIN EN 1998-1/NA (2011-01) liegt das Gelände im Bereich der Erdbebenzone 2 in der Baugrundklasse B (grobkörnige Lockergesteine in mitteldichter bzw. mindestens steifer Konsistenz) und ist der Untergrundklasse R (Felsartiger Gesteinsuntergrund) zuzuordnen. In statischen Berechnungen sind somit auch der Lastfall „Erdbeben“ und die Ausführungshinweise der DIN EN 1998-1 (12/2010) zu berücksichtigen [7].

Die Erdbebenzone 2 umfasst Gebiete, denen gemäß des zugrunde gelegten Gefährdungsniveaus ein Intensitätsintervall von 7,0 bis < 7,5 zugeordnet ist. Der zugehörige Bemessungswert der Bodenbeschleunigung a_g beträgt in dieser Erdbebenzone 0,6 m/s². Für das Projektgebiet ist die Baugrundklasse B und somit das Normspektrum B-R der DIN EN 1998-1 heranzuziehen [7].

Für die horizontalen elastischen Antwortspektren wird das elastische Antwortspektrum $S_e(T)$ für die Referenz-Wiederkehrperiode durch folgende Ausdrücke bestimmt [7]:

$$\begin{aligned} T_A \leq T \leq T_B : & \quad S_e(T) = a_{gR} \cdot \gamma_i \cdot S \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right] \\ T_B \leq T \leq T_C : & \quad S_e(T) = a_{gR} \cdot \gamma_i \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \\ T_C \leq T \leq T_D : & \quad S_e(T) = a_{gR} \cdot \gamma_i \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \frac{T_C}{T} \end{aligned}$$



$$T_D \leq T : \quad S_e(T) = a_{gR} \cdot \gamma_i \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2}$$

Dabei ist:

- $S_e(T)$ die Ordinate des elastischen Antwortspektrums;
 T die Schwingungsdauer eines linearen Einmassenschwingers;
 a_{gR} der Referenz-Spitzenwert der Bodenbeschleunigung, hier 0,6 m/s²;
 γ_i der Bedeutungsbeiwert n. Tabelle NA.6, DIN EN 1998, hier: Gewerbehalle mit $\gamma_i = 1,0$;

T_A, T_B, T_C, T_D jeweils die Kontrollperioden des Antwortspektrums, mit $T_A = 0$; zur Darstellung im Frequenzbereich kann an Stelle der Periode 0 s die Frequenz 25 Hz gesetzt werden, mit konstantem S_e zu höheren Frequenzen, s. Tab. 1;

S der Untergrundparameter, s. Tab 1;

η der Dämpfungs-Korrekturbeiwert mit dem Referenzwert $\eta = 1$ für 5 % viskose Dämpfung, er kann auch bestimmt werden mit:

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5+\xi}} \geq 0,55 \text{ mit } \xi\text{-Wert der viskosen Dämpfung des Bauwerkes in Prozent.}$$

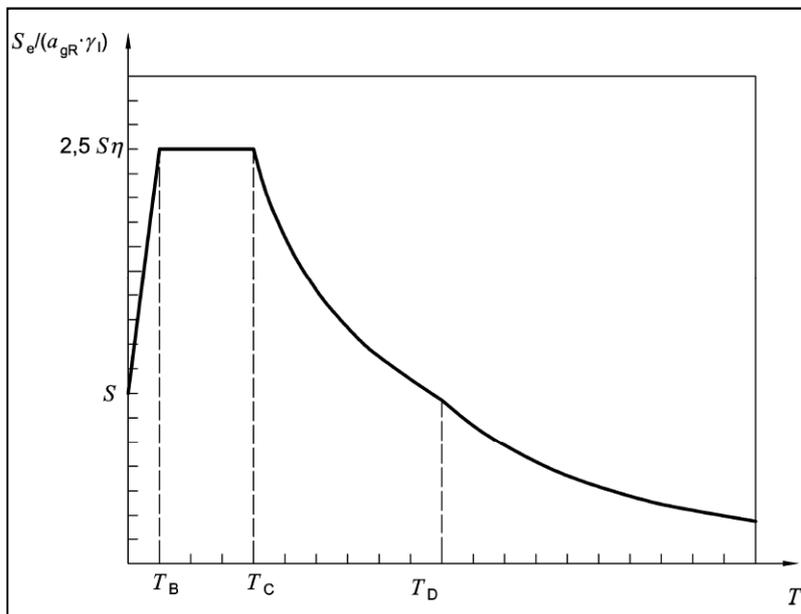


Abbildung 9: Elastisches Antwortspektrum gemäß DIN EN 1998 (dort Abbildung NA.3) [7]

Der Einfluss der Untergrundverhältnisse auf das elastische Antwortspektrum wird für die horizontale Bodenbewegung durch die Wahl der Parameter nach Tabelle 1 berücksichtigt.



Tabelle 1: Werte der Parameter zur Beschreibung des elastischen horizontalen Antwortspektrums nach DIN EN 1998 (dort Tabelle NA.4) [7]

Untergrundverhältnisse	S	T_B s	T_C s	T_D s
A-R	1,00	0,05	0,20	2,0
B-R	1,25	0,05	0,25	2,0
C-R	1,50	0,05	0,30	2,0
B-T	1,00	0,1	0,30	2,0
C-T	1,25	0,1	0,40	2,0
C-S	0,75	0,1	0,50	2,0

Das vertikale elastische Antwortspektrum $S_{ve}(T)$ für die Referenz-Wiederkehrperiode wird durch folgende Ausdrücke bestimmt:

$$T_A \leq T \leq T_B : \quad S_e(T) = a_{vg} \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 3,0 - 1) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : \quad S_e(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3,0$$

$$T_C \leq T \leq T_D : \quad S_e(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3,0 \frac{T_C}{T}$$

$$T_D \leq T : \quad S_e(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2}$$

Dabei beträgt

- die Kontrollperiode T_B für alle Bodenklassen $T_B = 0,05$ s,
- die Kontrollperiode $T_C = 0,2$ s und
- die Kontrollperiode $T_D = 2,0$ s.

Weiter gilt

$$a_{vg} = 0,5 \cdot a_{gR} \cdot \gamma_i$$

3.7 Angaben zum Bergbau

Gemäß der Karte des Geologischen Dienstes von Nordrhein-Westfalen sind keine Gefährdungspotentiale bzgl. Berg- oder Altbergbau bekannt [9].



4 Durchgeführte Untersuchungen

4.1 Außenarbeiten

Am 18.05. und 19.05.2020 wurden die folgenden Kleinrammbohrungen und schweren Rammsondierungen im Bereich der Planstraßen und der Abwasserkanäle ausgeführt.

- 8 Kleinrammbohrungen (\varnothing 35 - 50 mm), nach DIN EN ISO 22475; Endtiefe jeweils: 6,0 m u. GOK, Bezeichnung: KRB I-1 - KRB I-8;
- 8 Schwere Rammsondierungen nach DIN EN ISO 22476-2 (DPH, Fallmasse 50 kg, Spitzenquerschnitt 15 cm², Fallhöhe 0,5 m) Endtiefe jeweils 6,0 m u. GOK, Bezeichnung: DPH I-1 bis DPH I-8;
- Ausbau der Kleinrammbohrung KRB I-2 zu einem temporären 2“-Grundwasserbeobachtungspegel; Filterstrecke zwischen 1,0 m u. 4,0 m u. GOK.

Die ausgeführten Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen erreichten die jeweils vorge-sehene Erkundungsendtiefe von 6,0 m u. GOK (vgl. Anlagen 2 und 3).

Die Lage der Bohransatzpunkte ist in Anlage 1 verzeichnet. Die Ergebnisse der Kleinrammbohrun-gen und schweren Rammsondierungen sind als vereinfachte geotechnische Schnitte in der Anlage 2 und die Schichtenverzeichnisse sowie Bohrprofile (gemäß DIN 4022, DIN 4023) bzw. die Ramm-diagramme (gemäß DIN EN ISO 22476) in der Anlage 3 dargestellt.

Das mit den Aufschlüssen erbohrte Bodenmaterial wurde vor Ort durch den bearbeitenden Dip-lom-Geologen gemäß DIN EN ISO 14688 nach organoleptischen und ingenieurgeologischen Kri-terien angesprochen und in den Schichtenverzeichnissen nach DIN 4023 bezeichnet.

Je laufenden Meter bzw. bei organoleptischer Auffälligkeit sowie bei Schichtwechselln wurden gestörte Bodenproben in luftdichte Behälter abgefüllt und zur Beweissicherung inventarisiert.



4.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

An den im Rahmen der Erkundungsarbeiten gewonnenen Bodenproben wurden im Baugrundlabor des Geotechnischen Büros die klassifizierenden Eigenschaften bestimmt. Folgende Untersuchungen wurden ausgeführt:

- 7 Bestimmungen der Kornverteilung nach DIN 18123 durch kombinierte Sieb- / Schlämmanalyse,
- 5 Bestimmungen der Konsistenzgrenzen nach DIN 18122,
- 5 Bestimmungen des Wassergehaltes nach DIN 18128.

In der Anlage 4.1 sind die Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen zusammengestellt und in der Anlage 4.2 sind die Laborprotokolle enthalten.

4.3 Chemische Untersuchungen

Durch die Eurofins Umwelt West GmbH wurden im Auftrag des Geotechnischen Büros folgende Untersuchungen ausgeführt:

- 3 Untersuchungen an Mischproben aus dem Oberboden und geogenen Schichten nach LAGA TR Boden 2004 im Feststoff und Eluat,
- 1 Untersuchung an einer Mischprobe aus dem Oberboden gemäß der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) – Wirkungspfad Boden⇒Mensch/Nutzpflanze

Die Darstellung der Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen gemäß TR LAGA Boden 2004 bzw. nach BBodenSchV erfolgt im Punkt 5.4 bzw. 5.6 und in Anlage 5.1.2 bzw. 5.2.2 ist der Prüfbericht enthalten. Des Weiteren zeigt die Anlage 5.1.1 bzw. 5.2.1 eine Zusammenstellung der ausgewählten Proben und die Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen.



5 Darstellung und Beschreibung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse

5.1 Baugrund

5.1.1 Ergebnisse der Felduntersuchungen – Bodenschichten / Schichtenaufbau

Nach der Materialansprache in den durchgeführten Kleinrammbohrungen und der Auswertung der schweren Rammsondierungen stellt sich die Schichtenfolge im Untersuchungsgebiet wie folgt dar (von oben nach unten):

Schicht 1: Oberboden / Auffüllungen

Das Bodenprofil setzt im Allgemeinen mit 0,2 m (KRB I-2) bis 0,5 m (KRB I-8) mächtigem Mutterboden ein, der von sehr schwach feinsandigen bis mittelsandigen, humosen Schluffen bestimmt wird.

In der KRB I-1 wurde aufgrund der Lage des Aufschlusses (Feldweg, südlich der Raafstr.) eine 0,6 m mächtige Auffüllung vorgefunden, welche von feinkiesigen, feinsandigen, schwach schluffigen Grobkiesen bestimmt wird und die Befestigung des Weges darstellt. Diese anthropogenen Schichten weisen überwiegend mitteldichte bis dichte Lagerungsverhältnisse auf (Schlagzahlen N_{10} DPH zw. 9 u. 81).

Organoleptische Auffälligkeiten (Verfärbung, Geruch usw.) wurden innerhalb der Auffüllungen nicht festgestellt.

Schicht 2: Lösslehm

Das Liegende der lokal vorhandenen Auffüllungen und der Oberbodenschicht wird von einer zwischen 1,8 m (KRB I-2) und 5,6 m (KRB I-5) mächtigen Lösslehmschicht (zwischen 0,2 m u. 6,0 m u. GOK; entspricht: 284,93 m u. 281,14 m NHN) bestimmt.

Diese Schichten werden durch schwach tonige bis tonige sowie schwach feinsandige bis feinsandige Schluffe (UL, TL, SU* gem. DIN 18196) charakterisiert. Das Material wurde gemäß der Bodenansprache in einer weichen und weichen bis steifen Konsistenz angesprochen. Innerhalb dieser Schichten wurden mit den Rammsondierungen (DPH) Schlagzahlen (N_{10}) zwischen 1 und 6 bzw. N_{10} zwischen 2 u. 7 aufgenommen. Die genannten Schlagzahlen entsprechen den aufgeführten Konsistenzen der Schichten.



Die Basis dieser Schichten wurde in den ausgeführten Aufschlüssen mit Ausnahme der KRB I-5 in Form des Sandhorizontes erbohrt (UK zwischen 2,4 m u. 3,9 m u. GOK; entspricht: 285,03 m und 281,74 m NHN).

In der KRB I-1 ist innerhalb des o.g. Sandhorizontes eine 0,8 m mächtige, weiche bis steife Lösslehmschicht als Zwischenlage vorhanden (OK: 283,93 m NHN).

Die ermittelten Gewichtsanteile der Kornfraktionen und die Kennzahlen der untersuchten Einzel- und Mischproben aus dem Lösslehm sind in folgender Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Kenngrößen und Gewichtsanteile der enthaltenen Kornfraktionen: Lösslehme

KRB / Probe	Tiefe	Boden- art	Boden- gruppe	d ₁₀	d ₃₀	d ₆₀	U	C	Ton	Schluff	Sand	Kies	k _f - Wert ¹⁾
	[m]			[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[m/s]
MP 1: KRB 1, KRB 2 u. KRB 3	1,0 – 2,4	U, fs, t'	TL		0,01	0,0324	-	-	14,6	63,6	21,3	0,6	4,3 x 10 ⁻⁸
MP 2: KRB 4 + KRB 5	1,5 - 2,5	U, fs, t'	TL	0,0018	0,013	0,0352	19,8	3,0	10,4	69,3	19,6	0,7	1,4 x 10 ⁻⁹
MP 4: KRB 6 - KRB 8	1,0 – 2,6	U, t, ' fs'	TL	-	0,015	0,0321	-	-	11,7	71,8	16,4	--	1,4 x 10 ⁻⁹
MP 5: KRB 6, KRB 7 u. KRB 8	2,6 – 4,3	U, fs, t'	TL	-	0,013	0,0386	-	-	13,4	60,2	26,4	-	5,4 x 10 ⁻⁸
KRB 5 – P 5/4	2,5 – 3,8	U, t, fs	TL	-	0,007	0,0243	-	-	17,6	64,4	18,0	-	6,4 x 10 ⁻⁹

Die Abbildung 10 zeigt das Kornverteilungsband der Lösslehme / der Schluffe.

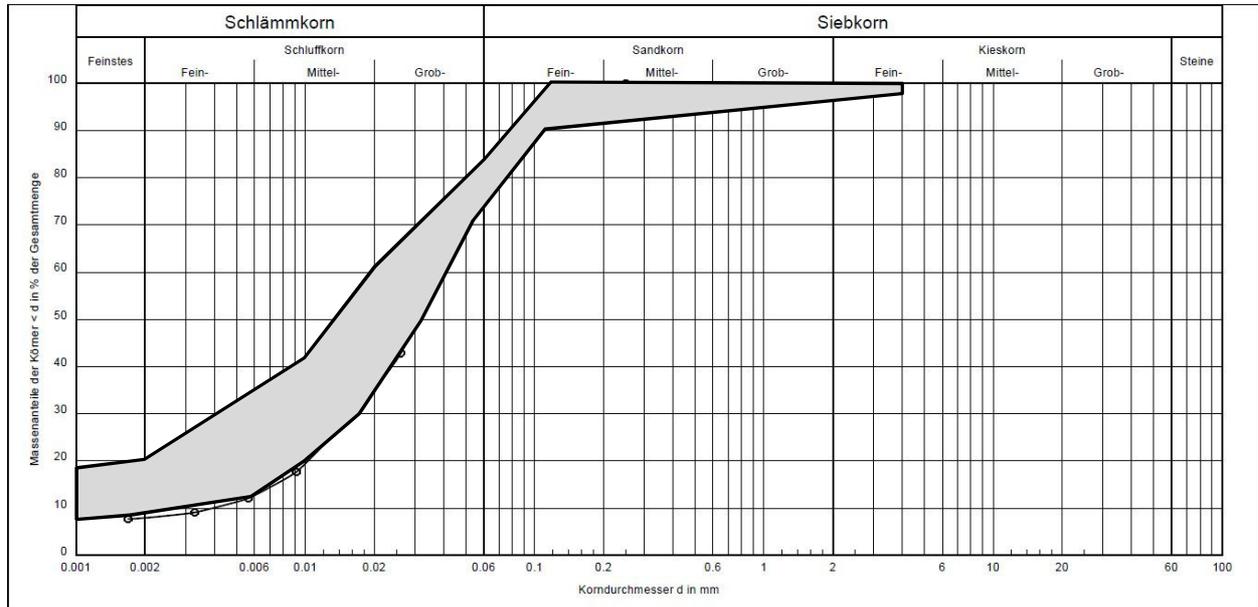


Abbildung 10: Darstellung des Kornverteilungsbandes: Lösslehme (n = 5)

In der Tabelle 3 sind die Fließ- und Ausrollgrenze sowie die Plastizitäts- bzw. die Konsistenzzahlen für die untersuchten Proben aus dem Lösslehm zusammengestellt.

Tabelle 3: Zusammenstellung der Ergebnisse der Bestimmung der Konsistenzgrenzen: Lösslehme

KRB / Probe	Tiefe [m]	Boden- art	Boden- gruppe	Wasser- gehalt	Fließ- grenze	Ausroll- grenze	Platizitäts- zahl	Konsistenz- zahl
				w	w _L	w _P	I _p	I _c
				[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
MP 1: KRB 1, KRB 2 u. KRB 3	1,4 – 2,8	U, fs, t'	TL	20,2	32,1	15,3	16,8	0,71
MP 2: KRB 4 + KRB 5	1,5 – 2,5	U, fs, t'	TL	19,8	27,4	15,0	12,4	0,61
MP 4: KRB 6 - KRB 8	2,5 – 3,8	U, t', fs'	TL	20,7	28,3	18,0	10,3	0,74
MP 5: KRB 6, KRB 7 u. KRB 8	2,6 – 4,3	U, fs, t'	TL	20,9	27,8	16,6	11,2	0,61
KRB 5 – P 5/4	2,5 – 3,8	U, t, fs	TL	17,8	31,0	13,5	17,5	0,76

Die Einzeldarstellungen der Kornverteilungen und die Ergebnisse der Bestimmung der Konsistenz können der Anlage 4.2.1 entnommen werden.



Schicht 3: Feinsande (Aachener Sande bzw. Aachener Schichten)

Die Basis des Lösslehmhorizontes wird von den Schichten der Aachener Sande gebildet (ab 2,4 m bis > 6,0 m u. GOK; entspricht: 281,43 m bis > 279,64 m NHN). Diese Schichten werden durch schwach schluffige Feinsande bestimmt (graue Färbung). Die Lagerungsdichte der Schichten ist mehrheitlich mitteldicht bis dicht (Schlagzahlen DPH N_{10} zw. 7 u. > 45).

Lokal begrenzt, weisen diese Schichten in der KRB I-3 bzw. KRB I-6, in Tiefen zwischen 3,4 m und 4,6 m u. GOK (283,55 m u. 282,35 m NHN) bzw. 3,6 m und 4,3 m u. GOK (282,3 m u. 281,6 m NHN), eine lockere Lagerung auf (N_{10} zw. 2 bis < 7).

In den Bohrungen KRB I-1 bis KRB I-8 wurde diese Schicht nicht durchteuft (max. Erkundungstiefe: 6,0 m u. GOK; entspricht 279,64 m NHN).

Die ermittelten Gewichtsanteile der Kornfraktionen und die Kennzahlen der untersuchten Mischproben aus dem Feinsanden sind in folgender Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Kenngrößen und Gewichtsanteile der enthaltenen Kornfraktionen

KRB / Probe	Tiefe	Boden- art	Boden- gruppe	d_{10}	d_{30}	d_{60}	U	C	Ton	Schluff	Sand	Kies	k_f - Wert ¹⁾
	[m]			[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[m/s]
MP 3: KRB 1, KRB 2 u. KRB 3	2,4 - 6,0	fS, u*	SU*	0,0116	0,031	0,0824	7,1	1,1	2,7	39,6	57,7	-	$3,7 \times 10^{-7}$
MP 6: KRB 6, KRB u. KRB 8	2,7 - 5,0	U, fS, t'	ST*	0,0117	0,031	0,0670	5,7	1,3	5,3	52,0	42,7	-	$1,4 \times 10^{-7}$

Bzgl. der Darstellung der Kornverteilungskurven der o.g. Mischproben aus den Feinsanden wird auf die Anlage 4.2.1 verwiesen.

5.2 Versickerungsfähigkeit

Für die Versickerung kommen gemäß dem DWA-Merkblatt A 138 nur Lockergesteine in Betracht, deren k_f -Werte im Bereich von 1×10^{-3} m/s bis 1×10^{-6} m/s liegen.



Nach den vorliegenden Untersuchungen werden die o.g. Bedingungen durch die anstehenden oberflächennahen Lösslehmschichten (k_f -Wert zw. $1,4 \times 10^{-9}$ m/s u. $6,5 \times 10^{-8}$ m/s) und schluffigen Feinsande (k_f -Wert zw. $1,4 \times 10^{-7}$ m/s u. $3,7 \times 10^{-7}$ m/s) nicht erfüllt.

Die tieferen bindigen bis schwach bindigen Bodenschichten liegen teilweise bereits unterhalb des Grund- und Schichtwasserspiegels und sind aufgrund ihrer geringen Durchlässigkeit und des Wasserstandes somit ebenfalls für eine Versickerung des Niederschlagswassers nicht geeignet.

5.3 Bodenkennwerte

Den für den Bau der Erschließungsstraße und der Entwässerungskanäle relevanten Bodenschichten können folgende charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte) nach den Ergebnissen der Material- und Konsistenzansprache in den Kleinrammbohrungen, dem Bohrwiderstand und den Ergebnissen der Rammsondierungen sowie auf der Basis von Erfahrungswerten (Erfahrungswerte sowie nach DIN 1055, T2) zugewiesen werden (Streubereiche und Mittelwerte).

Auf die Angabe von Kennwerten für den Oberboden bzw. die Auffüllungen wird aus gutachterlicher Sicht verzichtet, da diese Schichten vor Beginn der Baumaßnahme abgetragen werden bzw. nur lokal begrenzt auftreten und somit keine bodenmechanische Relevanz für das Bauvorhaben im Planungsgebiet haben.

Schicht 2: Lösslehm

Wichte des feuchten Bodens	$\gamma = 18,0 - 20,0$, i.M. $19,5 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel	$\varphi' = 25 - 30^\circ$, i.M. $27,5^\circ$
Kohäsion	$c' = 2 - 6 \text{ kN/m}^2$, i.M. 5 kN/m^2
Steifemodul	$E_s = 4 - 10 \text{ MN/m}^2$, i.M. 6 MN/m^2
Wasserdurchlässigkeit	$k_f = 10^{-7} - 10^{-9} \text{ m/s}$
Bodengruppe DIN 18196	TL, ST*, TM, SU*
Frostempfindlichkeitsklasse ZTV E - StB 2017	F 3
Verdichtbarkeitsklasse ZTV E - StB 2009	V 3



Schicht 3: Feinsande (Aachener Schichten)

Wichte des feuchten Bodens	$\gamma = 18 - 21$, i.M. $19,5 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel	$\varphi' = 27,5 - 32,5^\circ$, i.M. $30,0^\circ$
Kohäsion	$c' = 0 - 5 \text{ kN/m}^2$, i.M. $2,5 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul	$E_s = 20 - 40 \text{ MN/m}^2$, i.M. 20 kN/m^2
Wasserdurchlässigkeit	$k_f = 10^{-6} - 10^{-8} \text{ m/s}$
Bodengruppe DIN 18196	SU*, ST*, ST, SU
Frostsicherheit ZTV E - StB 2017	F 2 - F 3
Verdichtbarkeitsklasse ZTV E - StB 2009	V 2 - V 3

6 Ergebnisse, Bewertung geotechnischer Untersuchungsergebnisse

6.1 Bodenfestigkeit, Tragfähigkeit

Zur Ermittlung der Bodenfestigkeiten bzw. Tragfähigkeiten wurden ergänzend zu den Kleinrammbohrungen leichte und schwere Rammsondierungen ausgeführt. Die Dokumentation der schweren Rammsondierungen nach DIN EN ISO 22476-2 können Anlage 3 entnommen werden.

Auf die Beurteilung der Bodenfestigkeit und der Tragfähigkeit der lokal begrenzt erbohrten Auffüllungen wird aus gutachterlicher Sicht verzichtet, da diese Schichten oberflächennah, in geringen Mächtigkeiten, anstehen und vor Beginn der Baumaßnahme abgetragen werden und somit keine bodenmechanische Relevanz für die Bauvorhaben im Planungsgebiet haben.

Die Bodenfestigkeiten können nach DIN EN ISO 22476-2 und Erfahrungswerten wie folgt abgeschätzt werden:

Schicht 2 (Lösslehm):

Die unterhalb der Auffüllungen und der Oberböden anstehenden, geogenen Lösslehme weisen mehrheitlich eine weiche und weiche bis steife Konsistenz auf (Schlagzahlen N_{10} zw. 1 u. 6 bzw. N_{10} zw. 2 u. 7). Die Schicht verfügt somit nur über eine eingeschränkte Tragfähigkeit für den geplanten Bau der Straßen und die Verlegung der Abwasserkanäle.



Schicht 3 (Feinsande – Aachener Schichten):

Die relativ enggestuften, schluffigen Feinsande können im Ergebnis der schweren Rammsondierungen (Schlagzahlen N_{10} zw. 7 u. > 45) als überwiegend mitteldicht bis dicht gelagert eingestuft werden.

Hier ist zu beachten, dass im Bereich der KRB I-3 bzw. KRB I-6 in Tiefen zwischen 3,4 m und 4,6 m u. GOK (283,55 m u. 282,35 m NHN) bzw. 3,6 m (NHN) und 4,3 m u. GOK (282,3 m u. 281,6 m NHN) die Feinsande eine lockere Lagerung aufweisen (N_{10} zw. 2 bis 6).

Im Übergangsbereich der Lösslehme zu den Schichten der Aachener Sande weisen die Feinsande eine geringere Lagerungsdichte als in tiefer liegenden Bereichen auf (Schlagzahlen N_{10} zw. 4 bis 7). Die Lagerungsdichte dieser Schichten nimmt mit der Tiefe zu.

Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass diese Schichten ab Tiefen von ca. 3,5 m (KRB I-4) und ab 4,0 m bzw. 4,5 m u. GOK (KRB I-1, -2, -3, -5 bis -8) durchgängig als dicht gelagert ($N_{10} > 15$) zu bewerten sind. Oberhalb dieses Niveaus sind die Erdstoffe mitteldicht bis dicht gelagert (N_{10} zw. 7 bis 15).

In Bereichen mit Schlagzahlen $N_{10} > 7$ ist die ausreichende Tragfähigkeit der Schichten für die geplanten Baumaßnahmen gegeben.

6.2 Bohr- und Rammbarkeit

Die Bohr- und Rammbarkeit ist in den erkundeten Auffüllungen, in den weichen bis steifen Lösslehmschichten und den schluffigen Feinsanden gegeben. In den schluffigen Feinsanden (mitteldicht bis dicht gelagert) ist ggf. mit erhöhten Widerständen zu rechnen, die ggf. Lockerungsbohrungen erforderlich machen.

6.4 Grundwasserstände

Nur in der Kleinrammbohrung KRB I-2 erfolgt der Anschnitt von grund- und schichtwasserführenden Schichten in einer Tiefe von 3,59 m u. GOK (284,03 m NHN).



Unter Berücksichtigung der Daten der im Punkt 3.3 erwähnten Grundwassermessstelle der Stadt Aachen (Pegeloberkante: 288,0 m NHN) und der erbohrten Wasserstände ist ein Bemessungsgrundwasserstand (BGW) von $285,4 \pm 1,0$ m NHN für die geplanten Bauvorhaben (Planungsstraßen 1 u. 2 bzw. Abwasserkanäle) zu berücksichtigen.

Der Bauwasserstand wird für die geplanten Baumaßnahmen mit 284,4 m NHN angegeben.

Der Bauwasserstand bzw. der Bemessungsgrundwasserstand hat aus gutachterlicher Sicht keine Auswirkungen auf den Bau der Straßen im geplanten Wohngebiet.

Aufgrund der Tiefenlage der geplanten Abwasserkanäle (DN 300) in der Planstraße 1 (Rohrsohle zw. 284,3 m u. 283,8 bzw. 283,31 m NHN) und in der Planstraße 2 (Rohrsohle zw. 285,6 m u. 285,2 bzw. 284,2 m NHN) haben die o.g. Grundwasserstände einen Einfluß auf die geplante Verlegung der Rohrleitung. Die Kanalsohlen liegen im Bereich der Planstraße 1 unterhalb des Bauwasserstandes und des Bemessungsgrundwasserstandes. Im Abschnitt der Planstraße 2 liegen die Kanalsohlen überwiegend oberhalb des Bauwasserstandes bzw. nur geringfügig oberhalb des Bemessungsgrundwasserstandes.

In den Bereichen, in denen die Rohrleitungen unterhalb des Bemessungsgrundwasserstandes liegen, ist für den Bau- und den Endzustand die Auftriebssicherheit der Bauteile nachzuweisen und zu gewährleisten.

Aufgrund der Entfernung der Grundwassermessstelle zum Baugebiet wird eine Fortsetzung der Messungen in dem Pegel KRB I-22 für die Schaffung von Messwerten im unmittelbaren Baugebiet empfohlen.

6.3 Homogenbereiche

Für den Bau der Erschließungsstraßen und der Entwässerungskanäle gelten die in der Tabelle 6 aufgeführten Homogenbereiche.

Die Homogenbereiche entsprechen hier nicht streng den im Baugrundgutachten beschriebenen Schichten. Die Einstufung des anstehenden Baugrundes in Homogenbereiche nach VOB/C für die möglichen anfallenden Arbeiten (Erdarbeiten nach DIN 18300 und, Ramm-, Rüttel- u. Press-



arbeiten nach DIN 18304) im Zusammenhang mit dem Bau der Erschließungsstraße und der Entwässerungskanäle sind der Tabelle 5 zu entnehmen und enthalten die Anforderungen der VOB/C.

Tabelle 5: Homogenbereiche nach Gewerken gemäß DIN 18300 und DIN 18304

Schichten		Homogenbereiche nach Gewerken (Voreinstufung)		
Nr.	Baugrundsicht (o. Oberboden)	Erdarbeiten (DIN 18300)		Ramm-, Rüttel- u. Pressarbeiten (DIN 18304)
		Lösen und Laden	Einbauen	
1	Auffüllungen	LÖS I	EIN I	RRP I
2	Lösslehm	LÖS II	EIN II	
3	Schluffige Feinsande			

Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Einteilung der Homogenbereiche mit fortschreitender Planung, insbesondere unter Berücksichtigung des vorgesehenen Geräteeinsatzes sowie von Bauzuständen und Bauphasen, überprüft und ggf. fortgeschrieben werden muss.

Die Kennwerte und Eigenschaften sowie deren mittlere Bandbreite für die o.g. Homogenbereiche unter Berücksichtigung der einzelnen Gewerke (Erdbauarbeiten gemäß DIN 18300 und Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten gemäß DIN 18304) sind der Tabelle 6 zu entnehmen.

Tabelle 6: Kennwerte und Eigenschaften der Homogenbereiche - DIN 18300 und DIN 18304 [25]

Homogenbereich	DIN 18300	LÖS I	LÖS II	
	DIN 18304	RRP I		
Schichteinheit		1	2	3
ortsübliche Bezeichnung	Einheit	Auffüllung	Lösslehm	Feinsande
Tonmassenanteil (DIN 18123)	[%]	0 – 15	0 - 20	0 - 15
Schluffmassenanteil (DIN 18123)	[%]	0 – 30	0 - 70	0 - 60
Sandmassenanteil (DIN 18123)	[%]	0 - 50	0 - 30	0 - 60
Kiesmassenanteil (DIN 18123)	[%]	0 - 30	0 - 10	0 - 20
Massenanteil Steine (DIN 18123)	[%]	0 - 10	0 - 5	0 - 10
Fortsetzung der Tabelle auf der folgenden Seite				



Homogenbereich	DIN 18300	LÖS I	LÖS II	
	DIN 18304	RRP I		
Schichteinheit		1	2	3
ortsübliche Bezeichnung	Einheit	Auffüllung	Lösslehm	Feinsande
Massenanteil Blöcke (DIN 18123)	[%]	0 – 5	0 - 5	0
Massenanteil große Blöcke (DIN 18123)	[%]	0 - 5	0	0
Wichte, feucht	[KN/m ³]	17 - 19	18 - 21	18 - 21
Wichte, unter Auftrieb	[KN/m ³]	9,5 – 11,5	8 - 11	9- 12
Konsistenz (DIN EN ISO 14688-1)	[-]	-	weich - steif	
Konsistenzzahl (DIN 18122-1)	[-]	-	0,5 – 1,0	-
Plastizitätszahl (DIN 18122-1)	[-]	-	10 - 20	-
Lagerungsdichte (DIN 18129)	[-]	locker - mitteldicht	-	locker bis dicht
Wassergehalt DIN EN ISO 17892-1	[%]	5 - 15	15 - 25	10 - 18
Organischer Anteil (DIN 18128)	[%]	0 - 5	0 - 2	0
Bodengruppe (DIN 18196)	[-]	[GW], [GI], [SU], [SU*], [GU], [GU*]	TL, SU*, ST*, TM	SU*, ST*, ST, SU, SW
Ortsübliche Bezeichnung	[-]	Nicht bindige Auffüllungen – Sand-Kies-Gemisch	Schluff	Feinsande
Zuordnungswerte	[-]	-	Z 0 – Z 2	

Die bindigen Böden der Schicht 2 (Lösslehm) und der Schicht 3 (schluffige Feinsande) können im Zusammenwirken mit dynamischen Beanspruchungen (z.B. Verdichtungsarbeiten) in den Zustand fließender Bodenarten übergehen. Sie sind außerdem sehr frostempfindlich.

Der Oberboden ist nach DIN 18320 als eigener Homogenbereich auszuweisen. Die Kennwerte zum Homogenbereich für die Landschaftsbauarbeiten gemäß DIN 18320 sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.



Tabelle 7: Kennwerte und Eigenschaften des Homogenbereiches nach 18320

Homogenbereich		Oberboden
Schicht n. Baugrundgutachten		1
Ortsübliche Bezeichnung		Oberboden – schwach tonige bis feinsandige Schluffe
Eigenschaften / Kennwerte	Norm / Richtlinie	
Bodengruppe	DIN 18196	OH / OU
Massenanteil an Steinen [%]	DIN EN ISO 14688-2	10
Massenanteil Blöcke [%]		0
Massenanteil große Blöcke [%]		0

7 Chemische Untersuchungen

7.1 Bodenschutzrechtliche Untersuchungen

Im Vorfeld der geplanten Bebauung des Grundstückes mit Wohnhäusern ist nachzuweisen, dass der Oberboden für die Nutzung im Bereich der Wohngärten geeignet ist.

Die Ergebnisse der Oberflächenmischproben (Niveau zw. 0,0 m und 0,6 u. GOK) sind tabellarisch in der Anlage 5.2.1 zusammengefasst. Bewertungsmaßstab sind in erster Linie die Prüfwerte der BBodSchV für die Wirkungspfade Boden⇒Mensch [18].

Da aktuell nicht für alle untersuchten Parameter Prüfwerte definiert sind, wurden zusätzliche Hilfs- werte herangezogen. Dazu zählen die im Entwurf der Novellierung der BBodSchV (Stand 06.02.2017) [19] aufgeführten und verschärften Prüfwerte für Benzo(a)pyren für den Wirkungspfad Boden⇒Mensch. Zudem werden die Vorsorgewerte für PAK in Böden mit einem Humusgehalt ≤ 8% sowie für Metalle in der Bodenart Lehm/Schluff herangezogen.

Die Metallverbindungen sind in allen untersuchten Proben durchweg unauffällig und liegen unter- halb der für Kinderspielflächen definierten Prüfwerte.



Für Kupfer ist in der BBodSchV kein Prüfwert für den Wirkungspfad Boden⇒Mensch definiert. Die Vorsorgewerte für Lehm und Schluff von 40 mg/kg wird in der Mischprobe MP 1 nicht überschritten. Damit sind die Kupferkonzentrationen als unkritisch zu bewerten.

In der Mischprobe MP 1 wurde ein Zink-Gehalt von 370 mg/kg festgestellt (vgl. Anl. 5.2.1). Zink gilt humantoxikologisch als wenig relevant. Daher ist weder in der derzeit geltenden Fassung der BBodSchV ein Prüfwert für den Wirkungspfad Boden⇒Mensch angegeben noch ist ein solcher für die Überarbeitung der BBodSchV im Zuge des Inkrafttretens der Mantelverordnung geplant. In [20] wird unter Bezug auf [21] ein Orientierungswert für das Nutzungsszenarium Kinderspielflächen von 10.000 mg/kg vorgeschlagen. Vor diesem Hintergrund sind die Konzentrationen ist der Gehalt in Oberflächenmischprobe als unbedenklich einzustufen.

Gemessen an dem Vorsorgewert der BBodSchV für Böden mit einem Humusgehalt $\leq 8\%$ (3 mg/kg) ist der PAK-Gehalt mit 0,15 mg/kg in der Mischprobe MP 1 nicht erhöht (vgl. Anl. 5.2.1).

Die toxikologische Bewertung der Ergebnisse erfolgt anhand des Leitparameters Benzo(a)pyren (BaP). Der Prüfwert der BBodSchV für Kinderspielflächen beträgt aktuell 2 mg/kg, für Wohngebiete 4 mg/kg, für Park- und Freizeitflächen 10 mg/kg sowie für Industrie- und Gewerbegrundstücke 12 mg/kg. Der Prüfwert für Kinderspielflächen wurde in der Mischprobe nicht überschritten.

Der Prüfwert für Benzo(a)pyren soll im Rahmen der anstehenden Überarbeitung der BBodSchV auf 0,5 mg/kg für Kinderspielflächen bzw. 1 mg/kg für Wohngebiete und Park- und Freizeitflächen sowie 5 mg/kg für Industrie- und Gewerbegrundstücke abgesenkt werden. In den tabellarischen Zusammenstellungen in Anlage 5.2.1 sind auch bereits die geplanten Werte angegeben. Auch die Verschärfung führt zu keiner Überschreitung der Prüfwerte.

Polychlorierte Biphenyle (PCB) wurden in der Oberflächenmischprobe nur in sehr geringen Konzentrationen nachgewiesen (vgl. Anl. 5.2.1). Eine Gefährdung über den Wirkungspfad Boden⇒Mensch kann ausgeschlossen werden.

Die Ergebnisse der durchgeführten Oberbodenuntersuchungen sind im Hinblick auf die geplante Neunutzung des Standortes für Wohnzwecke wie folgt zu bewerten.



Die BBodSchV differenziert beim Wirkungspfad Boden⇒Mensch (Direktpfad) zwischen verschiedenen Nutzungsszenarien mit unterschiedlichen Expositionsbedingungen:

- Kinderspielfläche
- Wohngarten und Kleingarten
- Nutzgarten
- Wohngebiet
- Park- und Freizeitanlage

Die geplante Neunutzung des Geländes würde mehrheitlich dem Nutzungsszenario Wohngebiete sowie Wohn- und Kleingärten zuzuordnen sein, die auch als Kinderspielflächen genutzt werden.

In der untersuchten Fläche liegen für diese Nutzungsszenarien keine Prüfwertüberschreitungen für die Parameter der BBodSchV vor (s. Anl. 5.2.1). Daher können die anstehenden Böden als Oberboden in einem Wohngarten Verwendung finden.

Dies gilt auch vor dem Hintergrund der geplanten Aktualisierung der BBodSchV, die eine deutliche Verschärfung des Prüfwertes für Benzo(a)pyren mit sich bringt (s. Anl. 5.2.1).

Im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden⇒Nutzpflanze sollen generell die Bodenqualitäten der Bodenhorizonte von 0,0 bis 0,3 m untersucht werden. Zur orientierenden Bewertung wurde im vorliegenden Fall der Bodenhorizont zwischen 0,0 bis 0,6 m untersucht. Die Prüfwerte für die Parameter Arsen und Quecksilber gelten für die im Königswasser gemessenen Gesamtgehalte. Die Stoffkonzentrationen im Königswasser unterschreiten die Prüfwerte, so dass dahingehend der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung ausgeräumt ist.

Wie für den Wirkungspfad Boden⇒Mensch ist auch für den Wirkungspfad Boden⇒Nutzpflanze der Parameter Benzo(a)pyren ausschlaggebend. Für eine Bewertung der Situation sind die Wirkungspfade des direkten Bodenkontaktes spielender Kinder und des Nutzpflanzenverzehr über selbst angebautes Obst und Gemüse zu verknüpfen, um eine integrative Bewertung vornehmen zu können. In der Mischprobe MP 1 wird der Prüfwert der Benzo(a)pyren-Konzentration für den Wirkungspfad Boden⇒Nutzpflanze nicht überschritten.



Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass der vorhandene Oberboden weiterhin als solcher genutzt werden kann.

Geeignet für

6.2 Abfalltechnische Untersuchungen

Was kann ich mit Aushubböden machen

7.2 Bewertung der Abfallqualitäten

Aus den Aushubböden, die im Rahmen des Baus der Erschließungsstraßen und Kanäle im Planungsgebiet anfallen können und ggf. entsorgt werden müssen, wurden die in der Tabelle 4 aufgeführten Einzel- und Mischproben entnommen und analysiert.

Für die Beurteilung der o.g. Aushubböden im Bereich des Baufeldes wurden Mischproben (MP) aus dem Probenmaterial der Kleinrammbohrungen zusammengestellt (vgl. Tab. 5) und analysiert. Die Bildung der Mischproben erfolgte schicht- und lagebezogen für die Auffüllungen und Löss- bzw. Lösslehmschichten.

Aufgrund der Kornzusammensetzung der Erdstoffe sind für die Einstufung der folgenden Mischproben (MP 2 und MP 3) die nachstehenden Zuordnungswerte von Z 0 bis Z 2 für Lehm / Schluff relevant [12,13].

Im Bereich der durchgeführten Probenahmen waren die aufgeschlossenen Böden organoleptisch unauffällig.

Die Analytik erfolgte durch die Eurofins Umwelt West GmbH als zertifiziertes Analyiselabor. Der Analysenumfang umfasste die Parameter gemäß LAGA M20 TR Boden (2004), Tab. II.1.2-2 bzw. II.1.2-4 sowie II.1.2-3 bzw. II.1.2-5 [12, 13].



Natürlich anstehende Schichten und Oberboden

In der Mischprobe MP 2 (Lösslehm; Planstraße 1) wurden keine Überschreitungen der Zuordnungswerte der LAGA M20 TR Boden (2004) für Z 0 festgestellt [12, 13], somit wird die Probe in die Zuordnungsklasse Z 0 eingestuft (vgl. auch Tabelle 5).

Die Zuordnung der Mischprobe MP 3 (Lösslehm; Planstraße 2) in die Zuordnungsklasse Z 1.2 erfolgt aufgrund der Überschreitung des Zuordnungswertes von Z 1.1 (Eluat) für den Parameter pH-Wert (vgl. Tab. 5) [12, 13].

Aufgrund seines Humusgehaltes eignet sich "Mutterboden" (humoses Oberbodenmaterial) nicht für die in der Technischen Regel für die Verwertung (LAGA M20 TR Boden, 2004) erfassten Verwertungsbereiche. Mögliche Verwertungswege für "Mutterboden" sind das Auf- oder Einbringen auf oder in eine durchwurzelbare Bodenschicht oder die Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht. Hierbei sind die Anforderungen des § 12 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) zu beachten.

Es wird daher empfohlen, den Oberboden im Rahmen der Baumaßnahme seitlich zu lagern und im Anschluss an Ort und Stelle wieder zu verwenden.

Falls der Oberboden nicht vor Ort verwertet werden kann und entsorgt werden muss, erfolgt die Bewertung gemäß LAGA M20 TR Boden (2004). In Mischprobe MP 1b (Oberboden; Planstraßen 1 u. 2) überschreiten die Konzentrationen für Blei und Zink die Vorsorgewerte der BBodSchV und liegen im Bereich der Z0*-Zuordnungswerte. Aufgrund des TOC-Gehaltes von 3,3 Ma.-% und eines pH-Wertes von 5,9 kann der Oberboden der Probe MP 1b als Z2-Material eingestuft werden. Bei einer externen Entsorgung muss der Boden dann theoretisch innerhalb technischer Bauwerke unterhalb einer Dichtung eingebaut werden.



Tabelle 8: Zusammenstellung der Boden- bzw. Mischproben u. die Ergebnisse der chemischen Analytik

Mischprobe MP	Schicht	Aufschluss	Probe	Tiefe	Zuordnungsclassen gem. TR LAGA Boden 2004	Maßgebende Parameter
				[m u. GOK]		
MP 1b	Oberboden – Schicht 1	KRB 1	P 1	0,0 - 0,6	Z 2	TOC: 3,3 Ma-% Eluat: pH-Wert: 5,9
		KRB 2	P 1	0,0 – 0,2		
		KRB 3	P 1	0,0 – 0,2		
		KRB 4	P 1	0,0 – 0,2		
		KRB 5	P 1	0,0 – 0,4		
		KRB 6	P 1	0,0 – 0,3		
		KRB 7	P 1	0,0 – 0,3		
		KRB 8	P 1	0,0 – 0,5		
MP 2	Geogen – Schicht 2	KRB 1	P3 + P4	0,6 – 2,4	Z 0	-
		KRB 2	P2 - P4	0,2 – 3,0		
		KRB 3	P2 + P3	0,2 – 2,4		
		KRB 4	P2 - P4	0,2 – 2,7		
		KRB 5	P2 + P3	0,4 – 2,5		
MP 3	Geogen – Schicht 2	KRB 6	P2 + P3	0,3 – 2,8	Z 1.2	Eluat: pH-Wert: 6,3
		KRB 7	P2 + P3	0,3 – 2,7		
		KRB 8	P2 + P3	0,5 – 2,6		

Die Untersuchungsergebnisse basieren auf punktuellen Aufschlüssen. Lokal erhöhte Schadstoffkonzentrationen können nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Es wird daher empfohlen, im Rahmen der Erdarbeiten eine baubegleitende Deklarationsanalytik der Aushubmassen durchzuführen.

Der Prüfbericht der chemischen Analysen ist Anlage 5.1.2 beigefügt. Eine vollständige Auswertung der Ergebnisse findet sich als Anlage 5.1.1 zu diesem Bericht. Überschreitungen der Zuordnungswerte sind dort farblich hervorgehoben.



7.3 Allgemeine Hinweise zur Verwertung und Entsorgung der untersuchten Erdstoffe und Baustoffe

Erdstoffe und Baustoffe, die in die Einbauklasse Z 0 eingestuft werden, können für den uneingeschränkten Einbau bei bodenähnlichen Anwendungen genutzt werden [13, 14].

Die Zuordnungswerte Z 1 im Feststoff und Z 1.1 bzw. Z 1.2 im Eluat stellen die Obergrenze für den offenen Einbau von Bodenmaterial in technischen Bauwerken dar [20, 21]. Im Eluat gelten grundsätzlich die Z 1.1-Werte [15, 16].

Erdstoffe können in hydrologisch günstigen Gebieten mit Gehalten bis zu den Zuordnungswerten Z 1.2 eingebaut werden. Die hydrologisch günstigen Gebiete sind landesspezifisch festzulegen. Ist dies nicht der Fall, müssen die erforderlichen Standorteigenschaften der zuständigen Behörde nachgewiesen werden [15, 16].

Hydrologisch günstig sind u.a. Standorte, bei denen der Grundwasserleiter nach oben durch flächig verbreitete, ausreichend mächtige und homogene Deckschichten mit geringer Durchlässigkeit und hohem Rückhaltevermögen gegenüber Schadstoffen überdeckt ist. Dieses Rückhaltevermögen ist in der Regel bei mindestens 2 m mächtigen Deckschichten aus Tonen, Schluffen oder Lehm gegeben [15, 16].

Bei der Unterschreitung der Zuordnungswerte Z 1 (Z 1.1 und ggf. Z 1.2) ist ein offener Einbau von mineralischen Abfällen u.a. in folgenden technischen Bauwerken möglich [15, 16]:

- Straßen, Wege und Verkehrsflächen (Ober- und Unterbau),
- Unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht für Erdbaumaßnahmen (Lärm- u. Sichtschutzwälle), die u.a. begleitend zu den Straßen, Wegen und Verkehrsflächen errichtet werden.

Die Zuordnungswerte Z 2 stellen die Obergrenze für den Einbau von Bodenmaterial in technischen Bauwerken mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen gemäß LAGA M20 TR Boden (2004) dar.

Es wird empfohlen, die geplante Verwertung der Erdstoffe mit der zuständigen Bodenschutz- bzw. Wasserbehörde abzustimmen.



Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die o.g. Ergebnisse und Einstufungen eine abfalltechnische Voreinstufung der anfallenden Erdstoffe darstellen.

Im Rahmen der Bauausführung werden baubegleitende abfalltechnische Untersuchungen der tatsächlich anfallenden Erdstoffe empfohlen. Aufgrund der vorhandenen Richtlinien wird je 500 m³ bis 1000 m³ Bodenmaterial eine Analyse vorgeschlagen.

8 Gründungstiefen und Hinweise zur Gründung

8.1 Gründungshinweise, Gründungsboden und Gründungsart – Planstraßen 1 und 2

Gemäß der aktuellen Straßenplanung liegt die Oberkante der Straßen je nach der Lage der aktuellen Geländeoberkante im Maximum ca. 0,2 m oberhalb und im Minimum ca. 0,3 m unterhalb der aktuellen Oberkante des Geländes.

Das Planungsareal für die Straßen liegt gemäß der RStO 12 innerhalb der Frosteinwirkungszone I [14].

Nach den planungsseitigen Ausführungen erfolgt der Straßenaufbau gemäß der Belastungsklasse Bk 1,8 nach RStO 12. Der frostsichere Aufbau hat entsprechend der Belastungsklasse eine Mächtigkeit von 0,6 m (u.a. 0,32 m mächtige FFS u. 0,14 m mächtige STT).

Das Erdplanum für den geplanten Straßenaufbau im Bereich der Planstraße 1 (KRB I-6 bis KRB I-8) und Planstraße 2 (KRB I-1 bis KRB I-5) wird somit von den weichen bis steifen Lösslehmschichten gebildet. Gemäß der ZTV E - STB 2017 sind diese Schichten als sehr frostempfindlich (Klasse F 3) und sehr wasserempfindlich zu bewerten. Sie sind daher im Bereich der Verkehrsflächen gegen geeignetes, insbesondere auch frostsicheres Material auszutauschen.

In der weiteren Schichtenfolge stehen unter den Erdplanum (weiche bis steife Konsistenz) im Bereich der Planstraße 1 bis in Tiefen zwischen 3,6 m und 4,3 m u. GOK (282,87 m und 281,59 m NHN) die erwähnten weichen bis steifen Lösslehmschichten und ab dieser Tiefe die überwiegend mitteldicht bis dicht gelagerten Feinsande an.

Auch in der Planstraße 2 sind unterhalb des Niveaus des Erdplanums die weichen bis steifen Lösslehme bis in Tiefen zwischen 2,4 m (2845,03 m NHN) und > 6,0 m u. GOK (> 281,14 m NHN) vor-



handen, die im Bereich der KRB I-1 bis KRB I-4 von den mitteldicht bis dicht gelagerten Feinsanden unterlagert werden.

Auf dem Erdplanum ist entsprechend der Bk 1,8 ein E_{V2} -Wert von 45 MN/m² und auf der Frostschuttschicht ein E_{V2} -Wert von 120 MN/m² prüftechnisch nachzuweisen [14].

Nach Erfahrungswerten an anderen vergleichbaren Standorten ist auf dem Lösslehmplanum von einem $E_{V2} < 25$ MN/m² auszugehen.

Zur Schaffung von tragfähigen Baugrundverhältnissen werden ein lokaler Bodenaustausch bis ca. 0,7 m unterhalb der Oberkante des o.g. Erdplanums und der Einbau einer Ersatztragschicht empfohlen. Weiterhin wird vorgeschlagen, dass im Bereich des Erdplanums für den Einbau der Ersatztragschicht in die weichen bis steifen Schichten Grobschlag (Dicke mind. 0,3 m) eingewalzt wird (statisch). Dies führt zu einer Verbesserung der Tragfähigkeit und reduziert den Bodenaustausch.

Die Stärke der ungebundenen Tragschicht kann in Abhängigkeit von dem E_{V2} -Wert und nach Erfordernis für den nach RStO 12 geforderten Wert auf der ungebundenen Tragschicht aus dem folgenden Diagramm (vgl. Abb. 11) abgegriffen werden. Die genaue Stärke der Tragschicht ist auf der Grundlage von Plattendruckversuchen in einem Probefeld vor Beginn der Arbeiten festzulegen. Hieraus kann sich eine Abweichung zu der o.g. Mindeststärke der Ersatztragschicht ergeben.

Für den Aufbau der Ersatztragschichten kommen weitgestufte, frostsichere und raumbeständige Materialgemische in Form von Sand-Kies-Gemischen z.B. Kiessande mit einer Körnung 0/32 ($U > 7$) oder Schotter-Splitt-Sand-Gemische mit einer Körnung 0/45 ($U > 7$) bzw. RCL-Material mit entsprechendem Eignungszeugnis (abschlämbbare Bestandteile $< 5\%$) und chemischer Unbedenklichkeit in Betracht. Für den Einbau von Recyclingmaterial ist im Voraus eine wasserrechtliche Genehmigung einzuholen.

Alternativ besteht in diesen Bereichen auch die Möglichkeit der Bodenconditionierung mittels hydraulischer Mischbindemittel zur Schaffung des o.g. Verdichtungswiderlagers zum Einbau der o.g. Ersatztragschicht bzw. zur Herstellung eines tragfähigen Erdplanums.

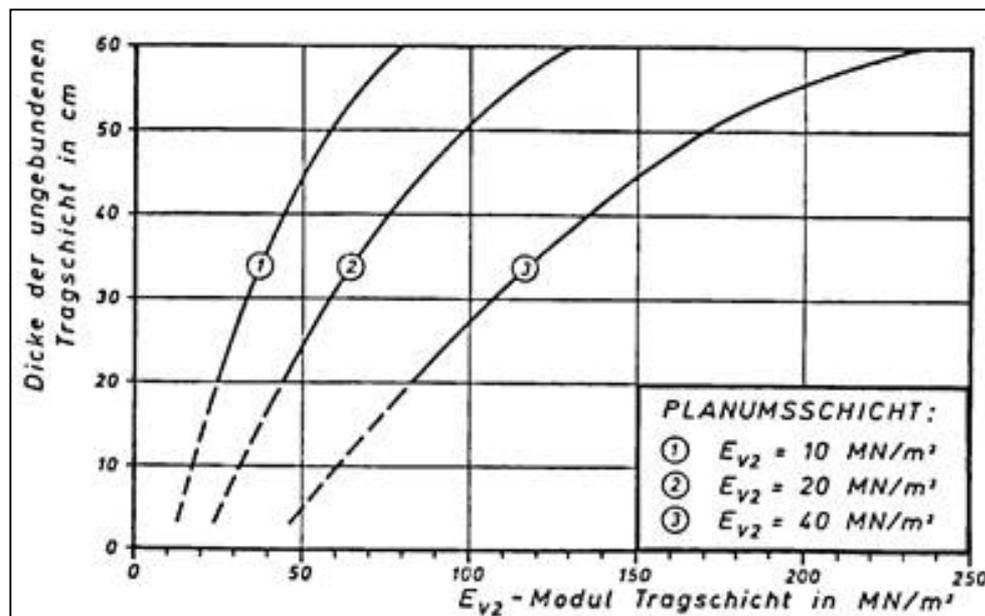


Abbildung 11: E_{V2} -Modul auf der Frostschuttschicht in Abhängigkeit von deren Dicke und dem Verformungsmodul auf dem Planum (aus FLOSS, R. "Handbuch ZTVE-StB 2017, Kommentar und Leitlinien", 5. Aufl., 2019)

Die erforderliche Zugabemenge von Mischbindemittel (Kalk-Zement-Gemisch) für die o.g. Bodenstabilisierung hängt neben dem Wassergehalt zum Bauzeitpunkt auch von der genauen Mineralogie ab. Die Zugabemenge ist daher anhand von Eignungsversuchen im bodenmechanischen Labor oder in Probefeldern vor Ort zu bestimmen. I.d.R. ergeben sich dabei Bindemittelzugaben von ca. 2 bis 6 %. Zudem ist im Zuge der Ausführung das Merkblatt über Bodenverbesserungen und Bodenverfestigung mit Bindemitteln (FGSV Köln) zu beachten.

Die Anforderungen an die Verdichtung und die Tragfähigkeit des Erdplanums, der Frostschuttschicht und der Schottertragschicht sind gemäß den Methoden der ZTV E - StB 2017 prüftechnisch nachzuweisen.



8.2 Gründungshinweise, Gründungsboden, Gründungshöhen– Abwasserkanäle DN 300

8.2.1 Angabe zu den Gründungsböden und Gründungshöhen

Kanal – Planstraße 1

Die Kanalsohle für den Abwasserkanal (DN 300) in der Planstraße 1 wird gemäß der aktuellen Planung mit Tiefen zwischen 283,26 m NHN (südliches Ende Planstr. 1, Achse 20) und 283,82 m NHN (östliches Ende Planstr. 1, Achse 21) angegeben. Dieser Kanal schließt an den vorhandenen Kanal an (KS im Sanddornweg: 283,31 m NHN) [2].

Die Gründungsebene für den o.g. Kanal wird von den weichen Schichten des Lösslehms bestimmt. Unterhalb der Ebene stehen bis in Tiefen zwischen 3,6 m und 4,3 m u. GOK ebenfalls Lösslehme (weiche bis steife Konsistenz) an. Diese Schichten weisen Restmächtigkeiten zwischen 1,3 m (KRB I-7) und 2,6 m (KRB I-6) unterhalb der Rohrsohle auf. In der weiteren Schichtenfolgen stehen die mitteldicht bis dicht gelagerten Feinsande an.

Die erwähnten weichen bis steifen Lösslehme sind nur als bedingt tragfähig bis nicht tragfähig für die geplante Verlegung des Kanals zu bewerten.

Kanal – Planstraße 2

Im Bereich der Planstraße 2 ist ebenfalls die Verlegung eines Abwasserkanals DN 300 geplant. Die Kanalsohle liegt im Abschnitt des südlichen Endes (Achse 1) im Niveau von 285,52 m NHN und am östlichen Ende der Straße im Niveau von 285,08 m NHN (Achse 2).

Dieser Kanal wird im nördlichen Teil der Planstraße 2 (Achse 3: Nord-Süd-Verlauf) fortgeführt. Die Kanalsohle weist in diesem Bereich Höhen zwischen 285,08 m und 284,52 m NHN (Flurstücksgrenze) auf. Die Kanalsohle im Übergabeschacht in der Raafstraße hat ein Niveau von 284,21 m NHN [9].

Auch in diesem Bauabschnitt wird für die Verlegung des Kanals die Gründungsebene mit Ausnahme der (KRB I-1) von o.g. weichen und weichen bis steifen Lösslehmen bestimmt. Im Bereich der KRB I-1 stehen in der Gründungsebene mitteldicht gelagerte Feinsande an.



Unterhalb der Gründungsebene stehen diese bindigen Schichten mit Restmächtigkeiten zwischen 0,8 m (KRB I-4) und 1,5 m (KRB I-3) an. Die liegenden Schichten der Lösslehme werden mit Ausnahme der KRB I-5 überwiegend von den ebenfalls erwähnten Feinsanden (mitteldicht bis dicht gelagert) gebildet.

Die in diesem Bauschnitt anstehendem weichen bis steifen Lösslehme sind als gering tragfähig bis nicht tragfähig für die geplante Verlegung des Kanals einzustufen. Die erwähnten mitteldicht bis dicht gelagerten Feinsande sind als ausreichend tragfähig zu bewerten.

8.2.2 Gründungsempfehlung für Abwasserkanäle DN 300 in den Planstraßen

Aufgrund der anstehenden Schichten in der jeweiligen Gründungsebene der Kanäle wird für die Rohrbettung gemäß der DIN 1610 der Typ 1 empfohlen (vgl. Abb. 12) [15].

Im Bereich der weichen bindigen Böden und somit gering tragfähigen Schichten ist gemäß der DWA-A 139 ein Bodenaustausch von mind. 0,3 m unter der Rohrsohle und der Einbau von gut verdichtbaren und tragfähigen Erdstoffen vorzunehmen. Hierbei ist zu beachten, dass der Bodenaustausch auch über die gesamte Grabenbreite vorgenommen wird [16].

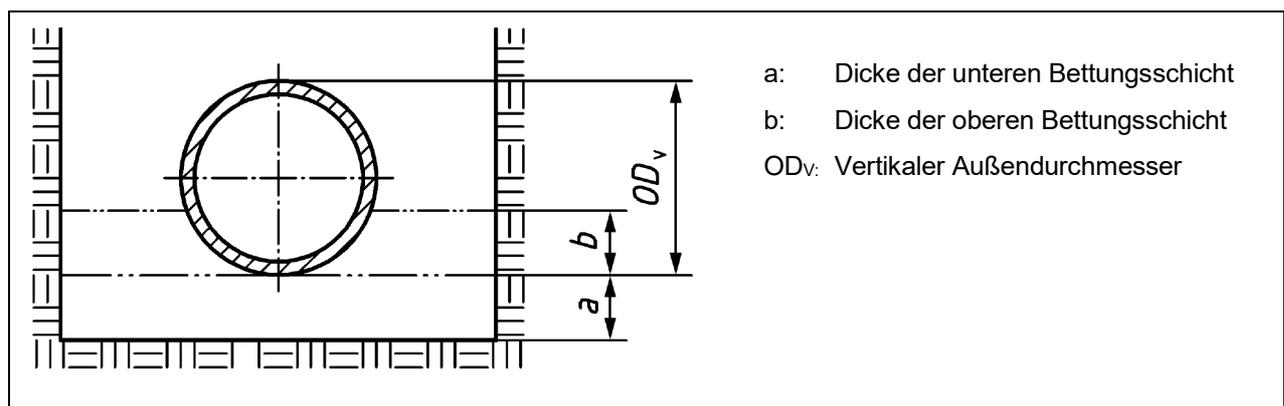


Abbildung 12: Ausführung der Rohrbettung nach DIN EN 1610 – Typ 1 [15]

In den Abschnitten, in denen in der Gründungssohle der Rohrleitungen die Feinsande anstehen, wird empfohlen diese nachzuverdichten um die Tragfähigkeit zu erhöhen.



Als Gründungsschicht aus mineralischem Material ist ein Boden der Gruppe G 1 oder G 2 entsprechend der Tabelle 1 der DWA-A 139 einzubauen [16].

Alternativ hierzu ist der Einbau einer Magerbetonschicht möglich. Gemäß der Richtlinie DWA-A 139 soll der Beton für die Rohrbettung mind. die Qualität B 15 aufweisen [16].

Die Rohraufleger sind gemäß den Anforderungen der DIN EN 1610 herzustellen [15].

Aufgrund der z.T. weichen und somit schwer entwässerbaren Böden im Bereich der Grabensohle kann eine Stabilisierung der unteren Bettungsschicht erforderlich werden. Die Sohlstabilisierung (Bodenpolster / Ersatztragschicht) muss filterstabil zum Untergrund und zur Bettung ausgebildet sein. Diese Schicht ist daher ringsum mit einem Geotextil zu umgeben. Es wird ein Geotextil der Geotextilrobustheitsklasse GRK 3 empfohlen. Die Überlappungslängen sind den Angaben des Herstellers zu entnehmen [15].

Im Rohrauflegerbereich sollten die Baustoffe für die Bettung nach Abs. 5.3.1 der DIN 1610 [15] keine Bestandteile (z.B. Überkorn) enthalten, die größer sind als

- 22 mm bei $DN \leq 200$ mm / 40 mm bei $DN > 200$ bis $DN \leq 600$ mm.

Bei der Verwendung von gebrochenen Baustoffen im Rohrauflegerbereich dürfen diese nach Anhang B 3.5 der DIN EN 1610 für die Bettung keine Bestandteile enthalten, die größer sind als

- 11 mm bei $DN < 900$ mm / 20 mm bei $DN \leq 1000$ mm.

Diese Forderungen müssen von den verwendeten Materialien eingehalten werden.

Für die Leitungszonen eignen sich nach der DWA-A 139 in der Regel Baustoffe aus der Boden- gruppe G1, die die Anforderungen der DWA-A 139 erfüllen [16].

Bei der Herstellung der Gründungsebene, bei der Verfüllung und bei der Verdichtung der Erdstoffe in der Leitungszone sind die Vorgaben der DIN EN 1610 und der DWA-A 139 zu berücksichtigen und einzuhalten [15,16].



Aufgrund der Höhenlagen der Rohrleitungen liegen die Rohrleitungen im Bereich der Planstraße 1 und im Abschnitt der Planstraße 2 unterhalb des Bemessungswasserstandes von 285,4 m NHN. Somit ist für diese Bereiche für den Bauzustand und den Endzustand die Auftriebssicherheit der Bauteile nachzuweisen und zu gewährleisten und die Hinweise zu erforderlichen Wasserhaltungsmaßnahmen in der Bauphase gemäß dem Abschnitt 8.4 des Berichtes zu berücksichtigen.

8.2.3 Angaben zu Ersatztragschichten

Für den Aufbau der Polster- und Tragschichten kommen weitgestufte, frostsichere und raumbeständige Materialgemische in Form von Sand-Kies-Gemischen z.B. Kiessande mit einer Körnung 0/32 ($U > 7$) oder Schotter-Splitt-Sand-Gemische mit einer Körnung 0/45 ($U > 7$) bzw. RCL-Material mit entsprechendem Eignungszeugnis (abschlämbbare Bestandteile $< 5\%$) und chemischer Unbedenklichkeit in Betracht. Für den Einbau von Recyclingmaterial ist im Voraus eine wasserrechtliche Genehmigung einzuholen.

Die Polsterschicht ist auf mindestens 98 % der einfachen Proctordichte zu verdichten.

Bei der Planung der Erschließstraßen sind die aktuell gültigen Merkblätter für die Entwässerung von Straßen zu berücksichtigen.

8.2.4 Verfüllung von Leitungsräben

Die Verfüllung der Kanalgräben besteht aus einer Seitenverfüllung, der Abdeckung innerhalb der Leitungszone und der Hauptverfüllung. Die Materialien zur Verfüllung sind lagenweise einzubringen und zu verdichten.

Hierbei sind die Vorgaben der DWA-A 139 (Punkt 11) und der DIN EN 1610 sowie der ZTV E - StB 2017 zu beachten und einzuhalten.

Die erzielten Verdichtungen der Verfüllungen sind prüftechnisch gemäß den Vorgaben der DWA-A 139 (Punkt 11) und DIN EN 1610 mit den entsprechenden Geräten nachzuweisen.



9 Hinweise und Empfehlungen für die Bauausführung

9.1 Befahrbarkeit

Die anstehenden bindigen Böden der Schicht 2 und der Schicht 3 sind nur in Trockenzeiten bedingt mit Reifenfahrzeugen befahrbar. In Nasszeiten ist die Anlage von Baustraßen in diesen Bereichen erforderlich. Bei entsprechender Eignung des Materials (bevorzugt Schotter / Grobschlag, inertes RCL-Material) können die Baustraßen im Anschluss mit in den ungebundenen Aufbau der Straße als Frostschutzschicht integriert werden.

9.2 Erdarbeiten

Die beim Aushub anfallenden, bindigen Böden und gemischtkörnige Böden können aufgrund der hohen bindigen Anteile nicht für die sackungsfreie Verfüllung von Arbeitsräumen verwendet oder unter Park- und Stellflächen wiedereingebaut werden.

Diese Erdstoffe lassen sich bei Wasserzutritt bzw. weicher Konsistenz nicht auf einen ausreichenden Verdichtungsgrad von 95 % bzw. 97 % der einfachen Proctordichte verdichten.

Stattdessen kann das Material z.B. zur Profilierung der Geländeoberfläche in Bereichen verwendet werden, in denen keine größeren Lasten zu erwarten sind.

Für die Verfüllung von Arbeitsräumen sowie für den Einbau unterhalb von Zuwegungen ist das Material generell durch weitgestufte Sand-Kies-Gemische oder RCL-Materialien gleicher Körnung zu ersetzen.

Für die Ausführung der Erdarbeiten sind die Vorschriften der ZTV E - StB 2017 maßgebend.

Auf die Abhängigkeit der Erdarbeiten von der Witterung wird besonders hingewiesen.

Die Aachener Sande (Schicht 4) können lokal eng gestuft sein und insbesondere unter Einwirkungen von Grund- und Schichtenwasser zum Ausfließen neigen. Dies ist bei den Schachtarbeiten zu berücksichtigen und bei der Verwendung von Verbausystemen zu berücksichtigen.

Organische Oberböden sind vor dem Beginn der Erdarbeiten vollständig abzuschleppen.



Des Weiteren sind während der Planungen und der Bauausführung die Hinweise zur hydrologischen Situation im Punkt 3.3 zu berücksichtigen.

9.3 Baugruben, Rohrgräben und Baugrubenböschungen

Die Rohrgräben für die Verlegung der Kanäle sollten erst unmittelbar vor Baubeginn, möglichst bei trockener Witterung, geöffnet werden.

Im Bereich des Erdplanums für die Verlegung der Kanäle und des Erdplanums für den Bodenaustausch stehen bindige und schwach bindige Schichten an (Schicht 2: Lösslehme u. Schicht 3: schluffige Feinsande).

Die Böden der Schichten 2 und 3 sind stark witterungs- und bewegungsempfindlich. Aushubarbeiten bei Niederschlägen führen dann zu einer schnellen Konsistenzverschlechterung der Böden (breiig-weich), die eine bautechnische Wiederverwendung ausschließt. Es wird empfohlen, die Erdarbeiten nur bei trockener Witterung durchzuführen, die Böden nur auf befestigten Baustraßen zu überfahren und Aushubflächen stauwasserfrei zu halten. Der Aushub ist vorzugsweise rückschreitend und mit glatter Schneide durchzuführen, so dass das Erdplanum für das jeweilige Bodenpolster bzw. das Planum nicht mehr befahren wird.

Freigelegte Flächen sind möglichst umgehend durch das Aufbringen des Bodenpolsters vor Auflockerungen bzw. Konsistenzänderungen zu schützen.

Oberhalb der Endaushubsohle ist zunächst eine Schutzschicht von ca. 30 cm zu belassen und erst unmittelbar vor Herstellung des Unterbetons / Gründungspolsters rückschreitend freizulegen.

Für die Herstellung der Baugruben für die geplanten Kanäle mit Höhen h zwischen ca. 2,0 m bis ca. 3,5 m ist in Abhängigkeit des Bauzeitplanes und des Bauablaufes aufgrund der aktuell nicht vorhandenen Bebauung ausreichend Platz für die Herstellung von Böschungen nach den Maßgaben der DIN 4124 (Herstellung von Böschungen ohne weitere statische Nachweise).

Bei Anlage von Böschungen sind die Vorgaben der DIN 4124 bzgl. Böschungswinkel und lastfreien Streifen zu berücksichtigen.



Bei der Anlage von Baugruben sind die in den Punkten 6.3 und 8.4 des Berichtes aufgeführten Angaben und Informationen zur Wasserhaltung bzw. der Entwässerung zu berücksichtigen.

Für die hier anstehenden Böden können dabei die folgenden Böschungswinkel realisiert werden. Die Böschungen sind mittels Baufolien gegen das Aufweichen durch Niederschlagswasser zu schützen.

- Bodenschicht 2: $\beta \leq 60^\circ$
- Bodenschicht 3: $\beta \leq 45^\circ$

Die Böschungsflanken der Baugruben (Schächte und Kanalgräben) in den Schichten 2 und 3 sind gegen Niederschläge, Austrocknung und konzentrierte Wasserabläufe zu schützen, z.B. durch Abdecken mit Baufolien und / oder einer kleinen Umwallung / Kontergefälle am Böschungskopf.

Für die Herstellung der Kanalgräben sind die Vorgaben bzgl. der Mindestbreiten unter Berücksichtigung des Außendurchmessers der Rohre der DIN EN 1610 zu beachten. Für die Anlage der Baugruben der Kanäle gelten auch die Vorgaben der DIN 4124.

Für die Berechnung und Bemessung der Baugruben sind die Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB) und die im Punkt 5.3 des geotechnischen Berichts angegebenen charakteristischen Bodenkennwerte maßgebend.

Für den Fall, dass in Folge des Baulaufes im Bereich der Planstraßen 1 und 2 nicht ausreichend Platz für die Anlage von Böschungen zur Sicherung der Kanalgräben ist, sind der Einsatz von technischen Sicherungsmaßnahmen in Form eines Verbaus (Trägerbohlwandverbau o.ä. bzw. Einsatz von Kanalverbau-Elementen) erforderlich.

Beim Einsatz von Kanalverbau-Elementen ist auf den kraftschlüssigen Anschluss der Elemente an den anstehenden Boden besonders zu beachten. Des Weiteren ist bei der Anwendung dieser Elemente zu berücksichtigen, dass der anstehende Boden nicht vorlaufend, sondern nur im Schutz der eingestellten Tafeln entnommen werden darf.

Der Ein- und Rückbau des Verbaus muss so erfolgen, dass nachteilige Auswirkungen auf bestehende Bauwerke ausgeschlossen sind. Es sind die Vorgaben der DWA-A 139 einzuhalten. Des Weiteren ist darauf zu achten, dass es hierbei nicht zu Lageveränderungen des Kanals kommt.



Für die Verfüllungen der Arbeitsräume der Baugruben bzw. der Kanalgräben gelten die Angaben der ZTVE-StB 2017 bzw. der DIN EN 1610, diese sind auch bzgl. der Verdichtung der Verfüllungen zu beachten.

9.4 Wasserhaltung, Maßnahmen zur Entwässerung

Nach den vorliegenden Untersuchungen und den Angaben zu den Grundwasserständen (BGW: 285,4 m NHN) liegen die Rohrsohlen im Bereich der Planstraße 1 (zw. 283,82 m u. 284,26 m NHN) und der Planstraße 2 (zw. 284,69 m u. 285,56 m NHN) im Bereich der Grundwasserschwankungszone bzw. bereichsweise unterhalb bzw. oberhalb des Bauwasserstandes und des Bemessungsgrundwasserstandes.

Es ist auch zu beachten, dass der Grundwasserbemessungsstand (im Fall Planstraße 1 u. 2) bzw. der Bauwasserstand (im Fall Planstr. 1) oberhalb des jeweiligen Erdplanumsniveaus für den Einbau der Ersatztragschicht im Bereich der Rohrleitungen liegt.

Der Bemessungsgrundwasserstand von 285,4 m NHN hat keinen Einfluss auf den Bau der Erschließungsstraßen 1 und 2.

Aufgrund der im Erdplanum der Straßen anstehenden z.T. wasserempfindlichen Böden ist eine ausreichende Profilierung des Erdplanums (mind. 4% Quergefälle bei wasserempfindlichen Böden) sicherzustellen. Abflusslose Senken innerhalb des Planums sind zu vermeiden.

In den anstehenden Böden der Schichten 2 und 3 ist mit dem Zulauf von Schichtwasser bzw. Staunässe nach Niederschlägen zu rechnen.

Für den Bau der Entwässerungskanäle ist eine offene Wasserhaltung (Tagwasserhaltung mit Pumpensumpf) vorzuhalten, da Niederschlagswasser in den überwiegend bindigen Schichten nicht schnell genug versickert. Hiermit ist evtl. anfallendes Tag- und Schichtwasser im Bauzustand abzuleiten. Oberflächenwasserzuflüsse in die offenen Baugruben und Kanalgräben sind durch geeignete Maßnahmen (z.B. Verwallung) zu verhindern.



Für die Ausführung der Erdarbeiten und des Einbaues der Ersatztragschichten sowie der Verlegung der Rohrleitungen ist im Falle von sehr hohen Grundwasserständen ggf. eine Grundwasserhaltung in Form einer Vakuum-Entwässerung in Abhängigkeit der Entwicklung des Grundwasserstandes erforderlich. Um eine trockene Baugrubensohle herzustellen, sollte das Grundwasser mindestens bis 0,5 m unter die Baugrubensohle abgesenkt werden.

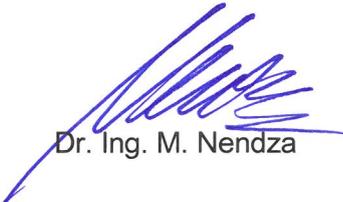
10 Schlussbemerkungen

Die Beschreibung der Baugrundverhältnisse beruht auf punktuellen Aufschlüssen, zwischen denen linear interpoliert wurde. Abweichungen zwischen Aufschlüssen sind möglich.

Eine Begleitung der Erdarbeiten durch den geotechnischen Gutachter und eine Kontrolle im Zuge der Herstellung der entsprechenden Planumsebenen wird empfohlen.

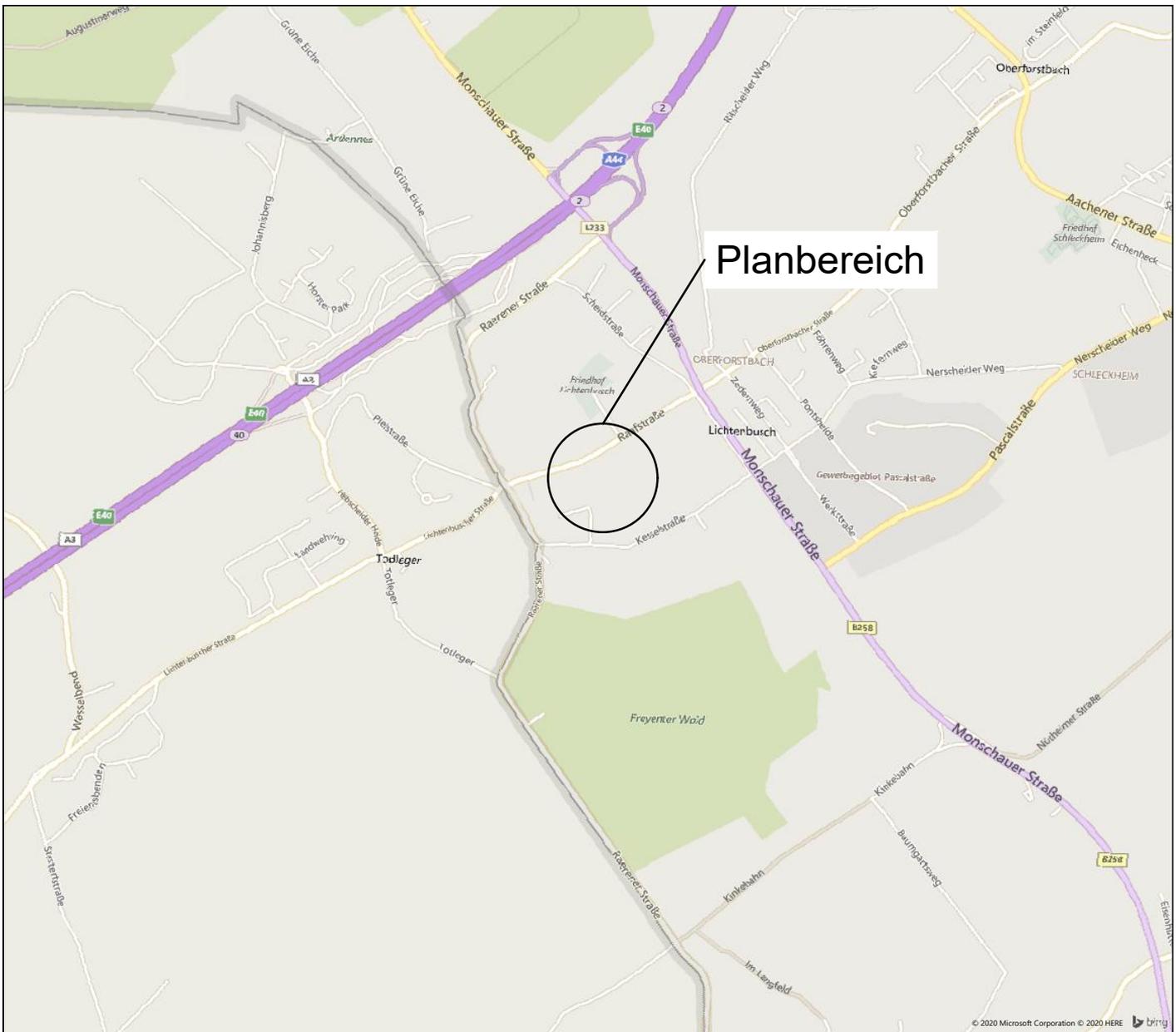
Sachbearbeiter


Dipl.-Ing. J. Giesder


Dr. Ing. M. Nendza

Anlage 1

Lagepläne



Datei: X:\Karakus\19132 Raafstr. Lichtenbusch\Anlagen\ACAD\19132_AC Lichtenbusch II_VE_Layout: Anl 1.1 Übersichtspl

Nr.	Änderung oder Ergänzung	Datum	Name

GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel.:0241 / 92839-0					
AUFTRAGGEBER	G. Quadflieg GmbH, Projektentwicklung Schumanstr. 18 52146 Würselen				
PROJEKT	Bauvorhaben Aachen Lichtenbusch - Raafstraße/Sanddornweg - Erschließungsplanung	Bearb. - Nr.: 19.132			
TITEL	Übersichtslageplan	Anlage - Nr.: 1.1			
Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft	Aachen, den	Maßstab d. Länge	Maßstab d. Höhe
Giesder	Hoffmann	Nendza	27.05.2020	1:20.000	--



Legende:

 KRB/DPH... Kleinrammbohrung / Schwere Rammsondierung

Quelle: Plangrundlage Stand 16.04.2020, erhalten von RaumPlan Aachen am 05.05.2020

Nr.	Änderung oder Ergänzung	Datum	Name

GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel.:0241 / 92839-0					
AUFTRAGGEBER	G. Quadflieg GmbH, Projektentwicklung Schumanstr. 18 52146 Würselen				
PROJEKT	Bauvorhaben Aachen Lichtenbusch - Raafstraße/Sanddornweg - Erschließungsplanung				Bearb. - Nr.: 19.132
TITEL	Lageplan der Bohr- und Sondieransatzpunkte				Anlage - Nr.: 1.2
Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft	Aachen, den	Maßstab d. Länge	Maßstab d. Höhe
Giesder	Hoffmann	Nendza	08.12.2020	1:1000	--



Legende:

 KRB/DPH... Kleinrammbohrung / Schwere Rammsondierung

Quelle: Plangrundlage Stand 16.04.2020, erhalten von RaumPlan Aachen am 05.05.2020

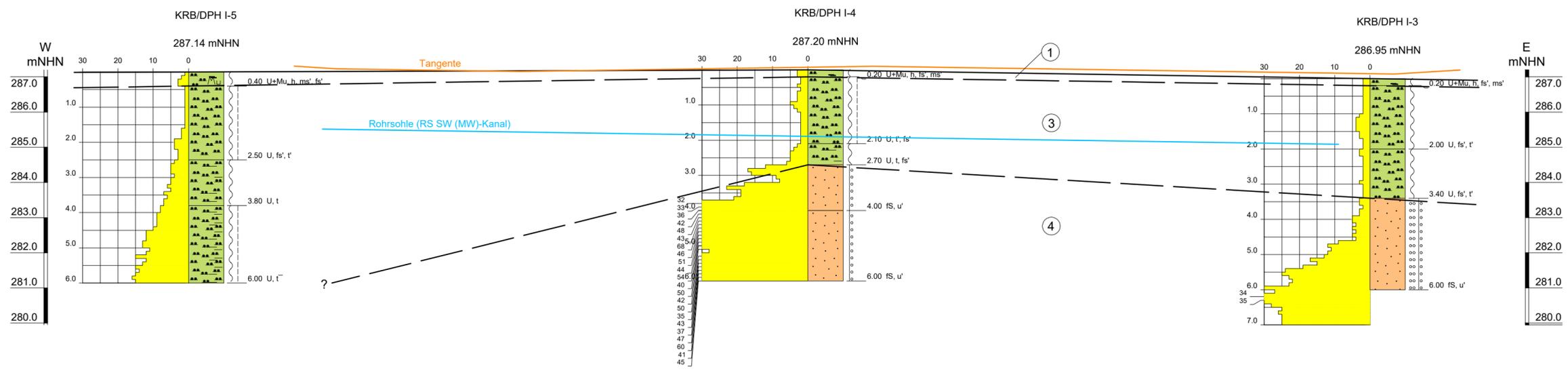
Nr.	Änderung oder Ergänzung	Datum	Name

<p>GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel.:0241 / 92839-0</p>					
AUFTRAGGEBER		G. Quadflieg GmbH, Projektentwicklung Schumanstr. 18 52146 Würselen			
PROJEKT		Bauvorhaben Aachen Lichtenbusch - Raafstraße/Sanddornweg - Erschließungsplanung			Bearb. - Nr.: 19.132
TITEL		Lageplan der Bohr- und Sondieransatzpunkte			Anlage - Nr.: 1.3
Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft	Aachen, den	Maßstab d. Länge	Maßstab d. Höhe
Giesder	Hoffmann	Nendza	08.12.2020	1:1000	--

Anlage 2

Geotechnische Schnitte durch den Baugrund

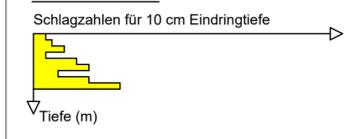
PROFIL 1 - 1



Legende:

- | | | | | | |
|--|----------------------|--|--------------|--|----------------|
| | Auffüllung | | Feinsand | | Grobkies |
| | Mutterboden | | Schluff | | feinkiesig |
| | feinsandig | | humos | | kiesig |
| | mittelkiesig | | mittelsandig | | sandig |
| | schluffig | | tonig | | dicht gelagert |
| | mitteldicht gelagert | | steif | | weich |
| | Grundwasserstand | | | | |

RAMMDIAGRAMM



RAMMSONDIERUNG NACH DIN EN ISO 22476

	leicht	mittelschwer	schwer
Spitzendurchmesser	2.52 cm	3.57 cm	4.37 cm
Spitzenquerschnitt	5.00 cm ²	10.00 cm ²	15.00 cm ²
Gestängedurchmesser	2.20 cm	2.20 cm	3.20 cm
Rambbärgewicht	10.00 kg	30.00 kg	50.00 kg
Fallhöhe	50.00 cm	50.00 cm	50.00 cm

KRB.. Kleinrammbohrung

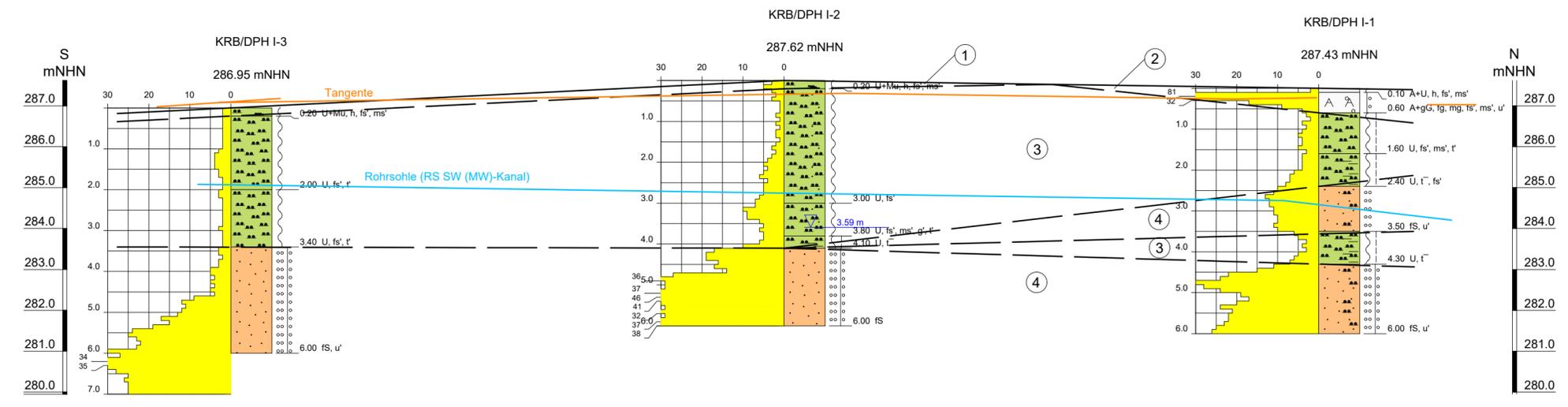
DPH.. Schwere Rammsondierung

- | | |
|--------------|---------------------------------|
| ① Oberboden | ③ Lösslehm |
| ② Auffüllung | ④ Feinsand / Aachener Schichten |

Quelle: Höhe Tangente und Schachtunterkante erhalten von Dolfen Ingenieurbüro GmbH

Nr.	Änderung oder Ergänzung	Datum	Name

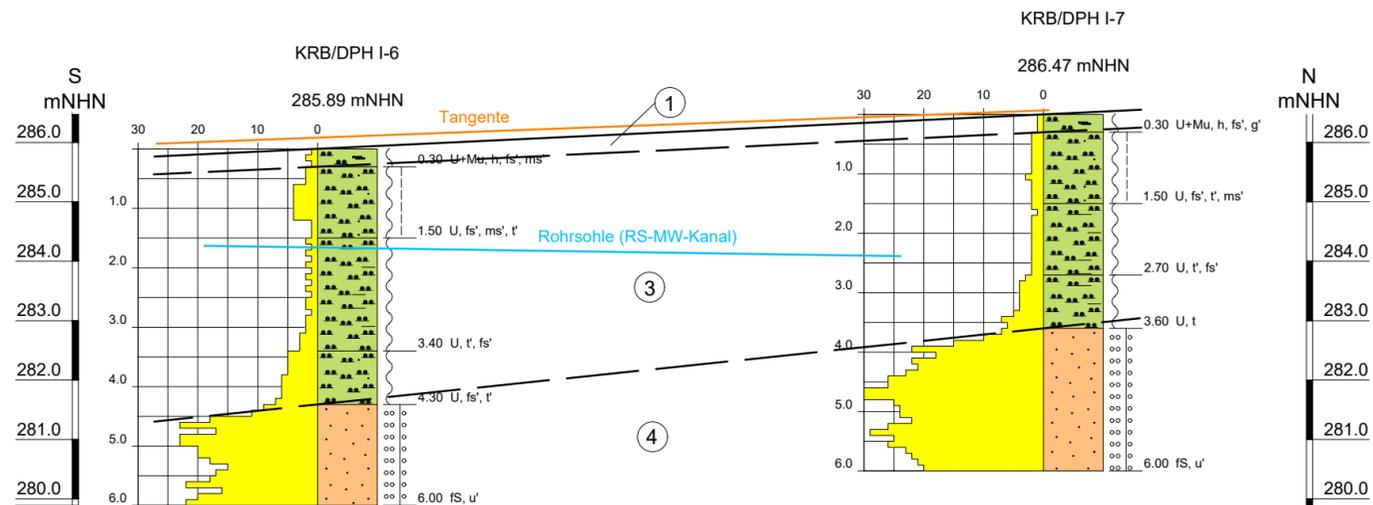
PROFIL 2 - 2



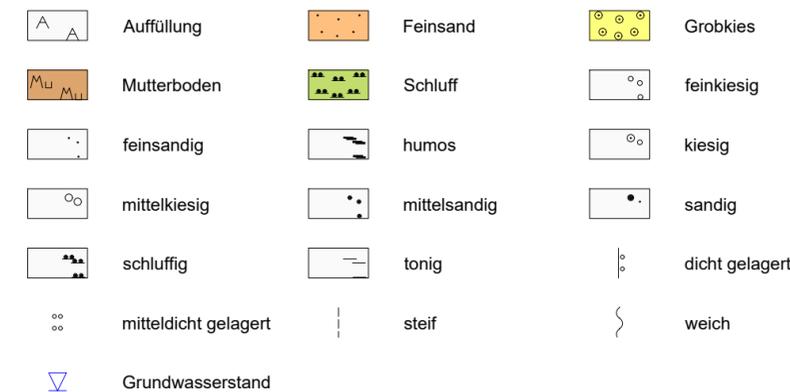
GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH
 Neuenhofstraße 112 52078 Aachen Tel.: 0241 / 92839-0

AUFTRAGGEBER	G. Quadflieg GmbH, Projektentwicklung Schumanstr. 18 52146 Würselen	Bearb. - Nr.:	19.132		
PROJEKT	Bauvorhaben Aachen Lichtenbusch - Raafstraße/Sanddornweg - Erschließungsplanung	Anlage - Nr.:	2.1		
TITEL	Schnitte 1 - 1 und 2 - 2				
Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft	Aachen, den	Maßstab d. Länge	Maßstab d. Höhe
Giesder	Hoffmann	Nendza	08.12.2020	1:250	1:100

PROFIL 3 - 3

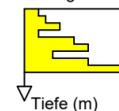


Legende:



RAMMDIAGRAMM

Schlagzahlen für 10 cm Eindringtiefe



Tiefe (m)

RAMMSONDIERUNG NACH DIN EN ISO 22476

	leicht	mittelschwer	schwer
Spitzendurchmesser	2.52 cm	3.57 cm	4.37 cm
Spitzenquerschnitt	5.00 cm ²	10.00 cm ²	15.00 cm ²
Gestängedurchmesser	2.20 cm	2.20 cm	3.20 cm
Rambbürgewicht	10.00 kg	30.00 kg	50.00 kg
Fallhöhe	50.00 cm	50.00 cm	50.00 cm

KRB.. Kleinrammbohrung

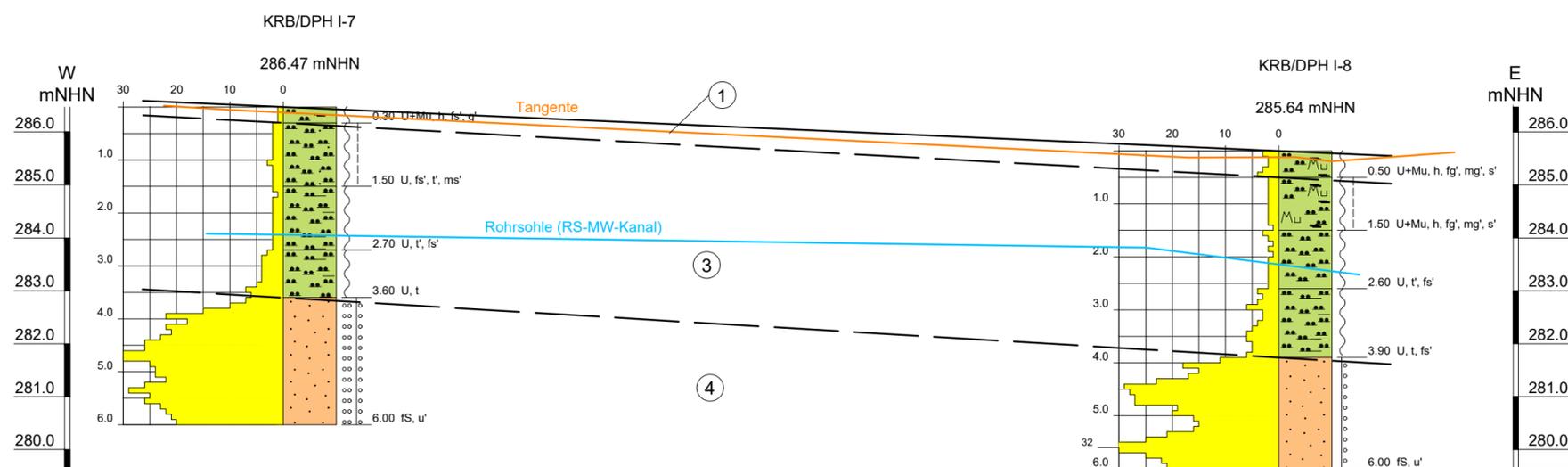
DPH.. Schwere Rammsondierung

- ① Oberboden
- ② Auffüllung
- ③ Lösslehm
- ④ Feinsand / Aachener Schichten

Quelle: Höhe Tangente und Schachtunterkante erhalten von Dolfen Ingenieurbüro GmbH

Nr.	Änderung oder Ergänzung	Datum	Name

PROFIL 4 - 4



GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH

Neuenhofstraße 112

52078 Aachen

Tel.: 0241 / 92839-0



AUFTRAGGEBER	G. Quadflieg GmbH, Projektentwicklung Schumanstr. 18 52146 Würselen	
PROJEKT	Bauvorhaben Aachen Lichtenbusch - Raafstraße/Sanddornweg - Erschließungsplanung	Bearb. - Nr.: 19.132
TITEL	Schnitte 3 - 3 und 4 - 4	Anlage - Nr.: 2.2
Sachbearbeiter	gezeichnet	geprüft
Giesder	Hoffmann	Nendza
	Aachen, den	Maßstab d. Länge
	08.12.2020	1:250
		Maßstab d. Höhe
		1:100

Anlage 3

Baugrundaufschlüsse



Anlage 3.1

Projekt: **BV Raafstraße / Sandornweg, Aachen-Lichtenbusch - Erschließungsplanung**

Bericht: **Gutachten vom 29.01.2021**

Projekt-Nr: **19.132**

AG: **G. Quadflieg GmbH, Würselen**

Daten der Baugrundaufschlüsse - Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen

	KRB / DPH - Nummer	Ansatzhöhe [mNHN]	KRB		DPH		Proben
			Tiefe [m]	Endtiefe [mNHN]	Tiefe [m]	Endtiefe [mNHN]	
	KRB / DPH 1	287,43	6,00	281,43	6,00	281,43	8
	KRB / DPH 2	287,62	6,00	281,62	6,00	281,62	8
	KRB / DPH 3	286,95	6,00	280,95	6,00	280,95	7
	KRB / DPH 4	287,20	6,00	281,20	6,00	281,20	7
	KRB / DPH 5	287,14	6,00	281,14	6,00	281,14	6
	KRB / DPH 6	285,89	6,00	279,89	6,00	279,89	6
	KRB / DPH 7	286,47	6,00	280,47	6,00	280,47	6
	KRB / DPH 8	285,64	6,00	279,64	6,00	279,64	8
Anzahl		8					
KRB - Anzahl			8				
KRB in m				48,00			
DPH - Anzahl					8		
Sondierungen in m						48,00	
Proben							56

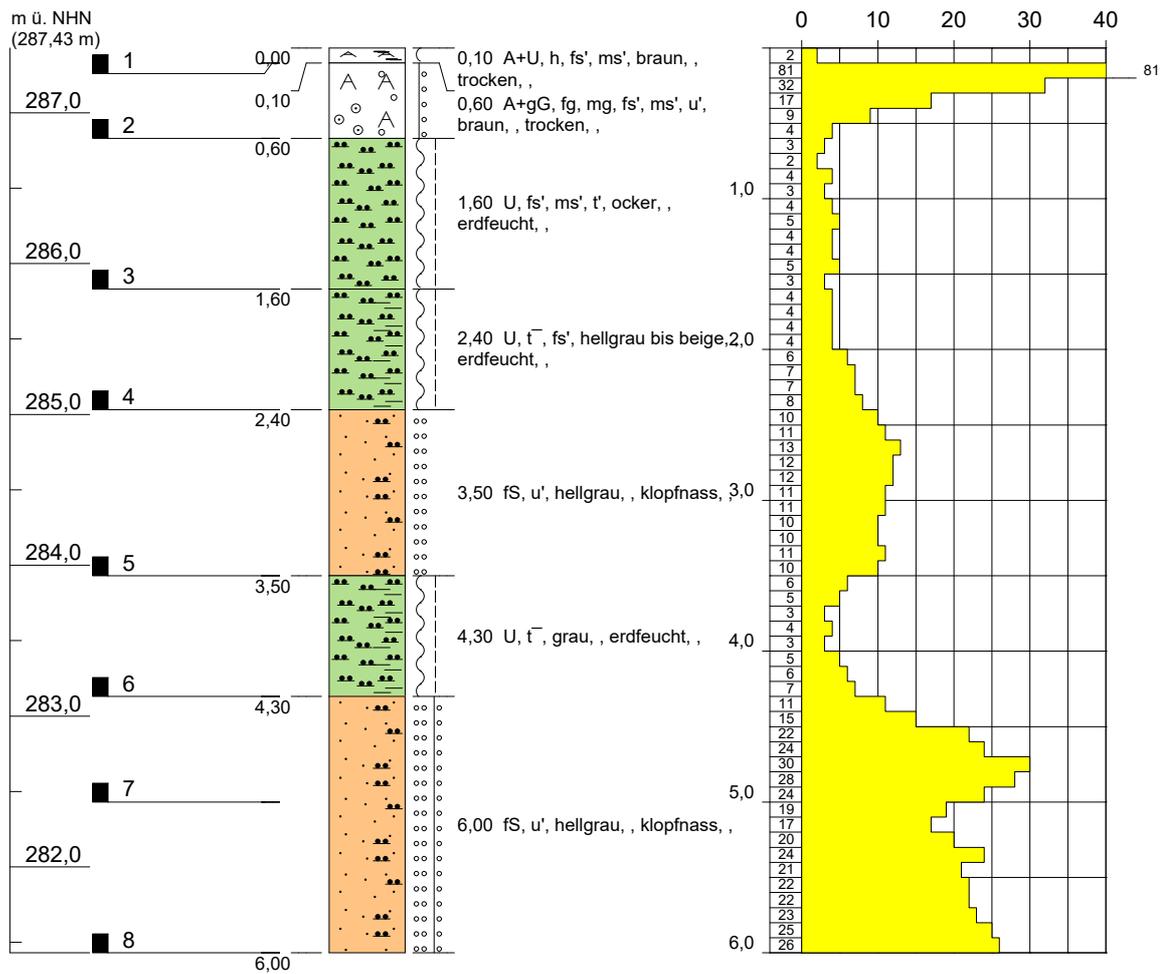
Anlage 3.2

Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen

Anlage 3.2.1

**Bohrprofile der Kleinrammbohrungen u.
Diagramme der Rammsondierungen**

KRB/DPH I-1



Datum: 19.05.2020

Rechtswert: 297167

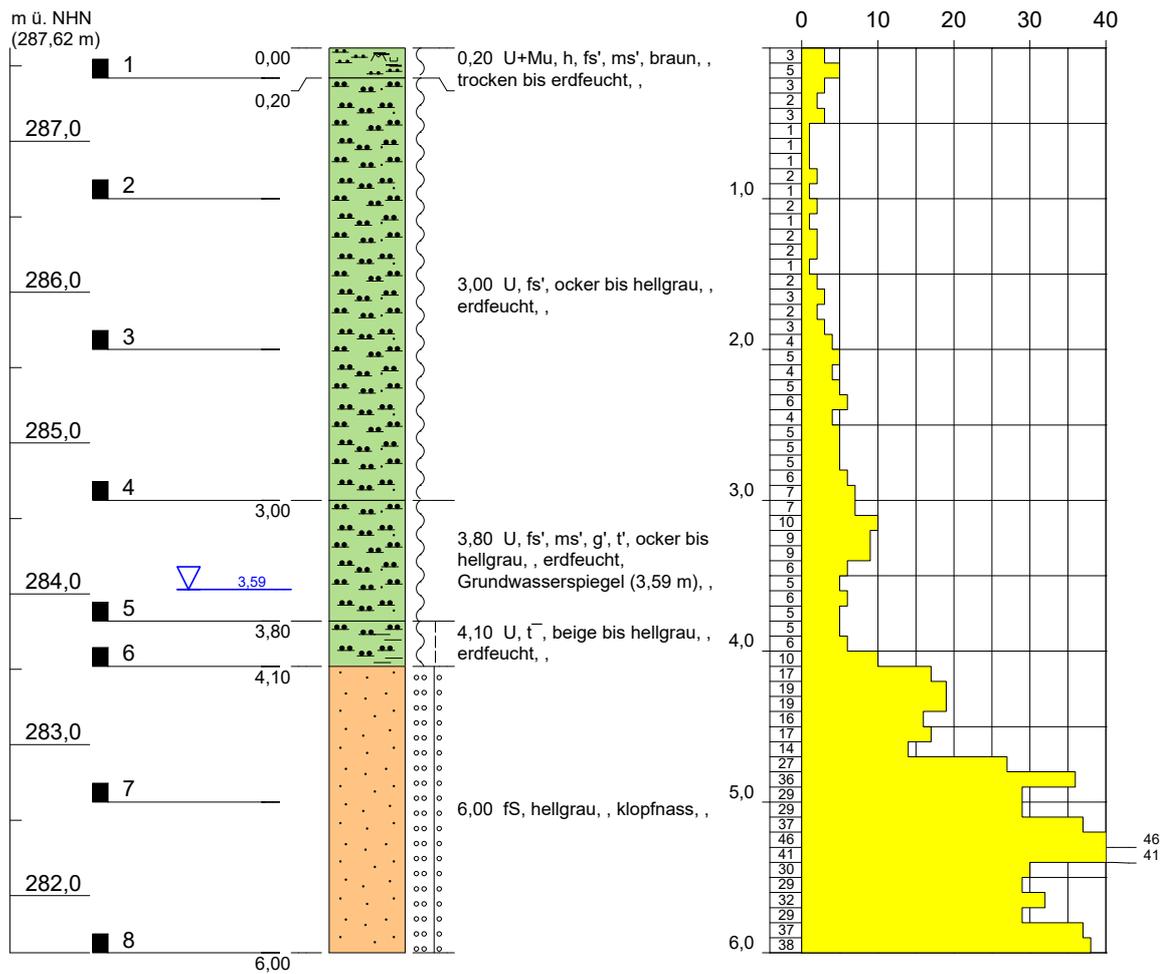
Hochwert: 5621907

Ansatzhöhe: 287,43 m ü. NHN

Blatt 1 von 1

Bohrung: KRB/DPH I-1	Projektnr.: 19.132	
Projekt: BV Lichtenbusch, Raafstr./Sanddornweg	Bearbeiter: Giesder	
Auftraggeber: Fa. G. Quadflieg GmbH, Würselen	Bohrfirma: GTS	
 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762</p>	Höhenmaßstab:	Anlage:
	1:50	

KRB/DPH I-2



Datum: 19.05.2020

Rechtswert: 297177

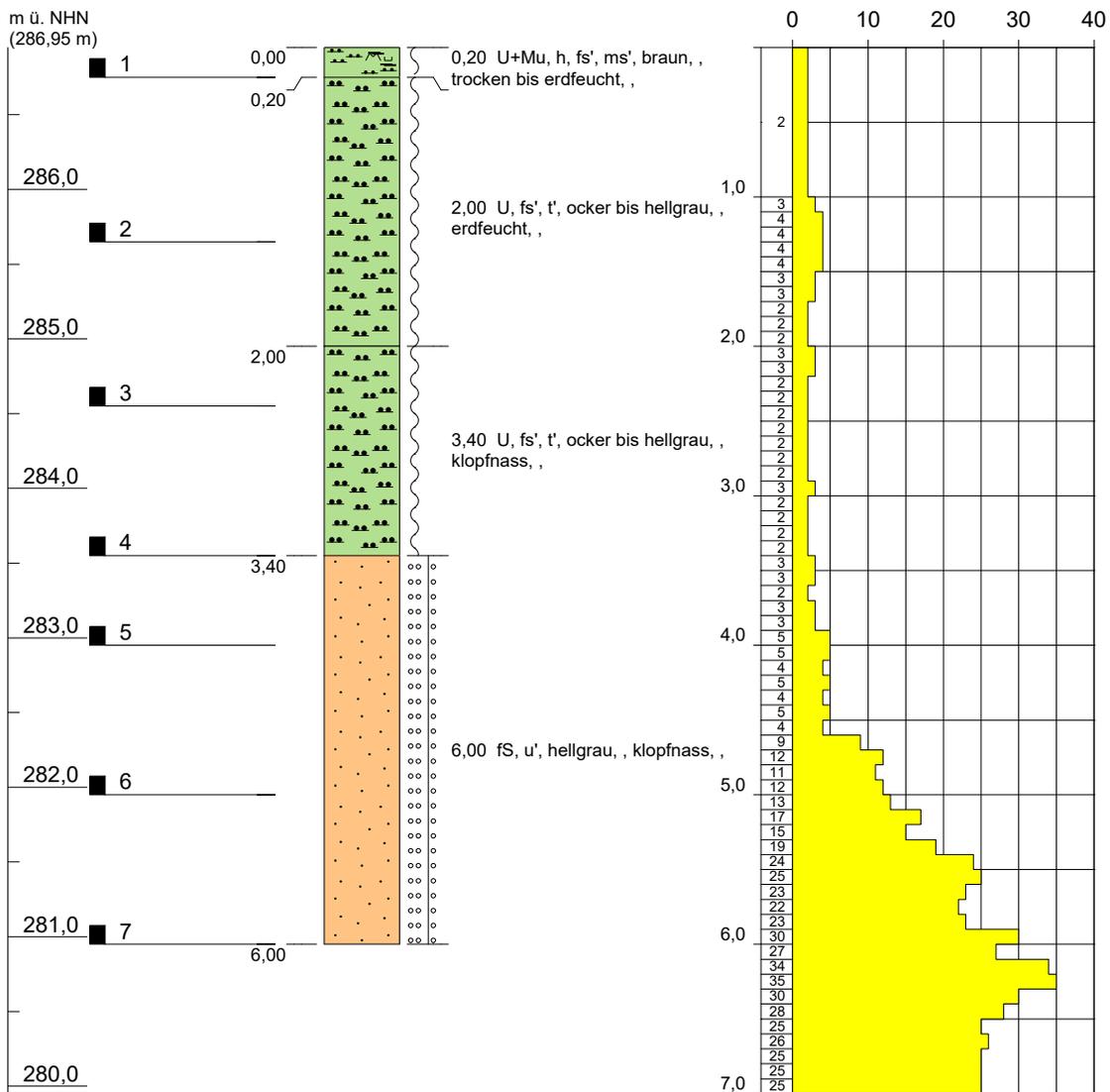
Hochwert: 5621876

Ansatzhöhe: 287,62 m ü. NHN

Blatt 1 von 1

Bohrung: KRB/DPH I-2	Projektnr.: 19.132
Projekt: BV Lichtenbusch, Raafstr./Sanddornweg	Bearbeiter: Giesder
Auftraggeber: Fa. G. Quadflieg GmbH, Würselen	Bohrfirma:
 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762</p>	Höhenmaßstab:
	1:50
Anlage:	

KRB/DPH I-3



Datum: 19.05.2020

Rechtswert: 297185

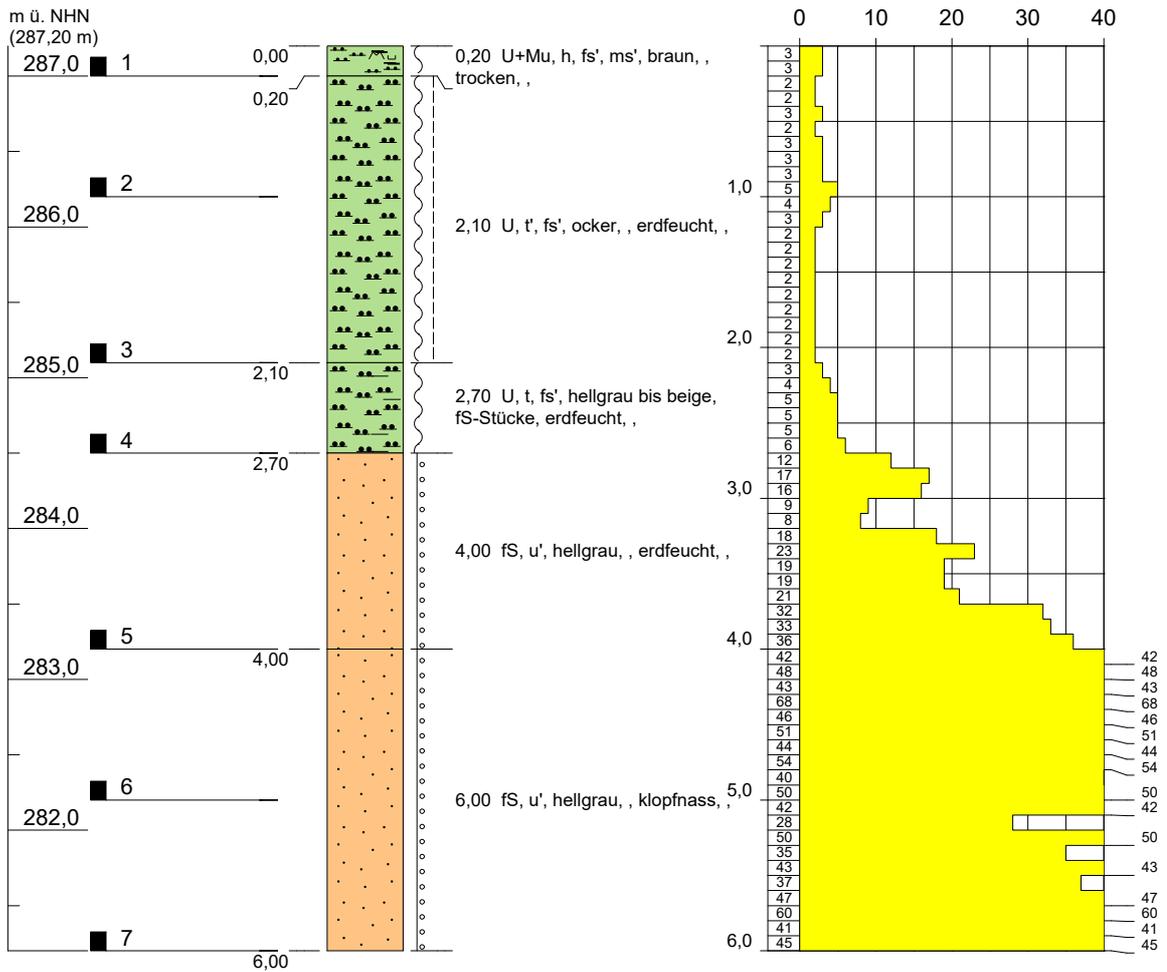
Hochwert: 5621843

Ansatzhöhe: 286,95 m ü. NHN

Blatt 1 von 1

Bohrung: KRB/DPH I-3	Projektnr.: 19.132
Projekt: BV Lichtenbusch, Raafstr./Sanddornweg	Bearbeiter: Giesder
Auftraggeber: Fa. G. Quadflieg GmbH, Würselen	Bohrfirma:
 <p style="text-align: center;">Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762</p>	Höhenmaßstab:
	1:50
	Anlage:

KRB/DPH I-4



Datum: 19.05.2020

Rechtswert: 297147

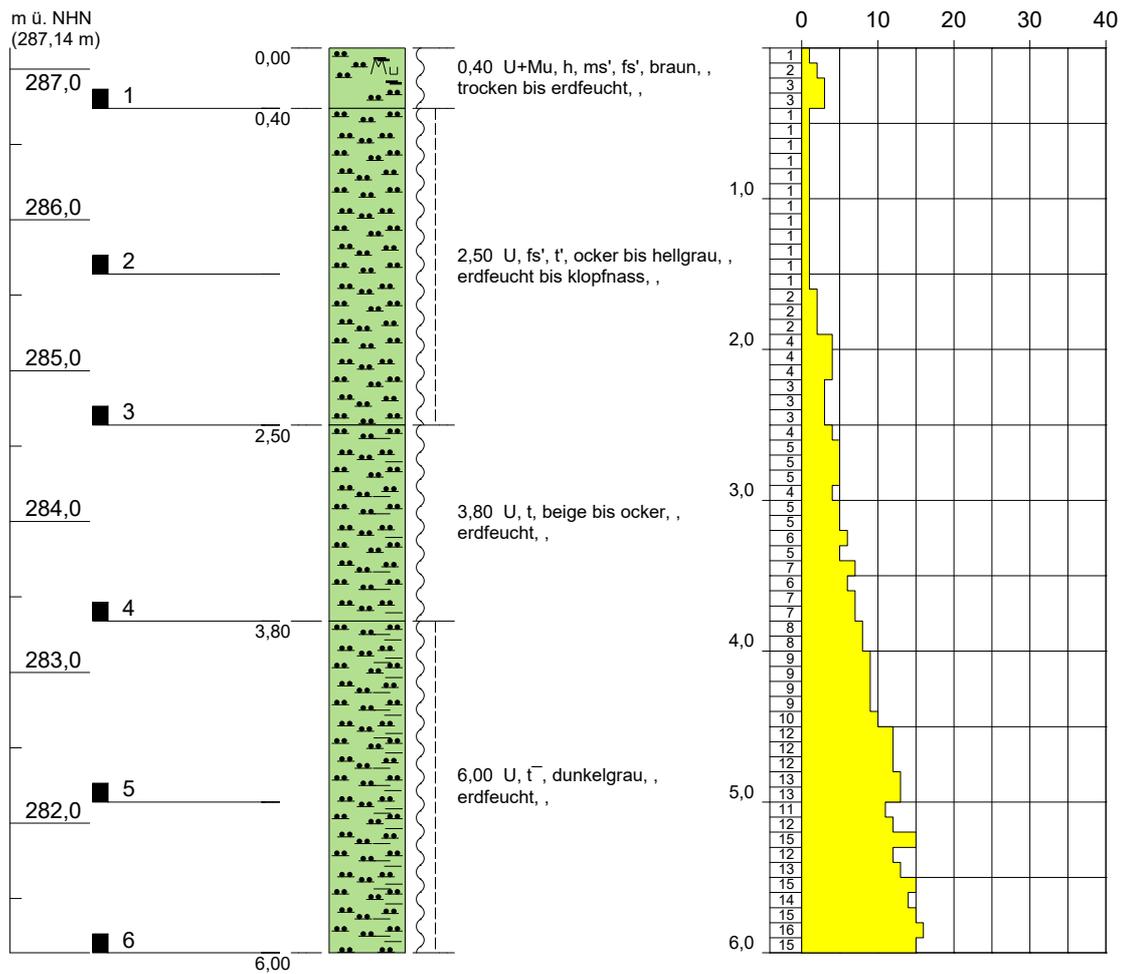
Hochwert: 5621831

Ansatzhöhe: 287,20 m ü. NHN

Blatt 1 von 1

Bohrung: KRB/DPH I-4	Projektnr.: 19.132
Projekt: BV Lichtenbusch, Raafstr./Sanddornweg	Bearbeiter: Giesder
Auftraggeber: Fa. G. Quadflieg GmbH, Würselen	Bohrfirma:
 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762</p>	Höhenmaßstab:
	1:50
Anlage:	

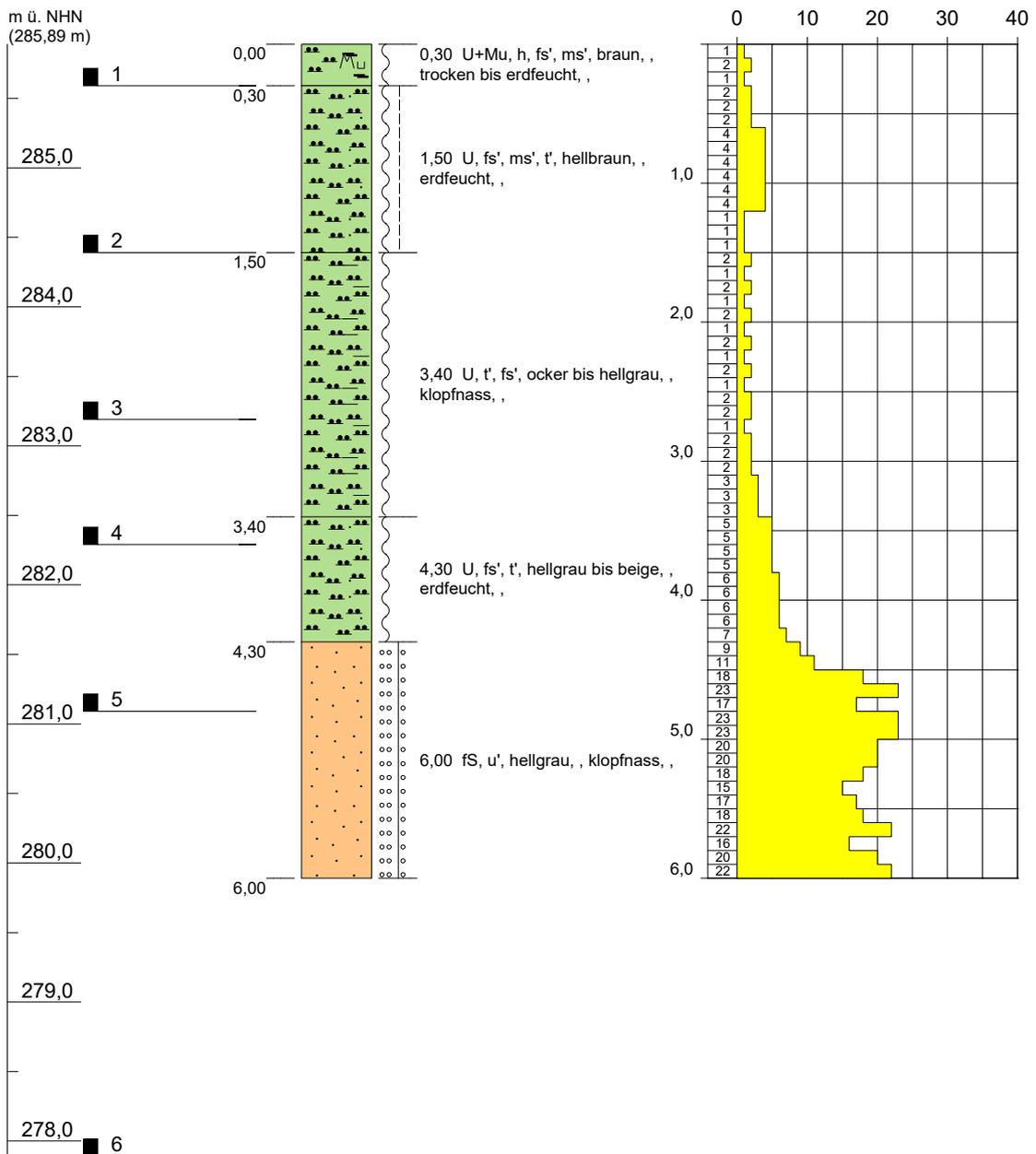
KRB/DPH I-5



Datum: 19.05.2020 Rechtswert: 297105 Hochwert: 5621817 Ansatzhöhe: 287,14 m ü. NHN Blatt 1 von 1

Bohrung: KRB/DPH I-5	Projektnr.: 19.132
Projekt: BV Lichtenbusch, Raafstr./Sanddornweg	Bearbeiter: Giesder
Auftraggeber: Fa. G. Quadflieg GmbH, Würselen	Bohrfirma:
 Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762	Höhenmaßstab:
	1:50
Anlage:	

KRB/DPH I-6



Datum: 19.05.2020

Rechtswert: 297255

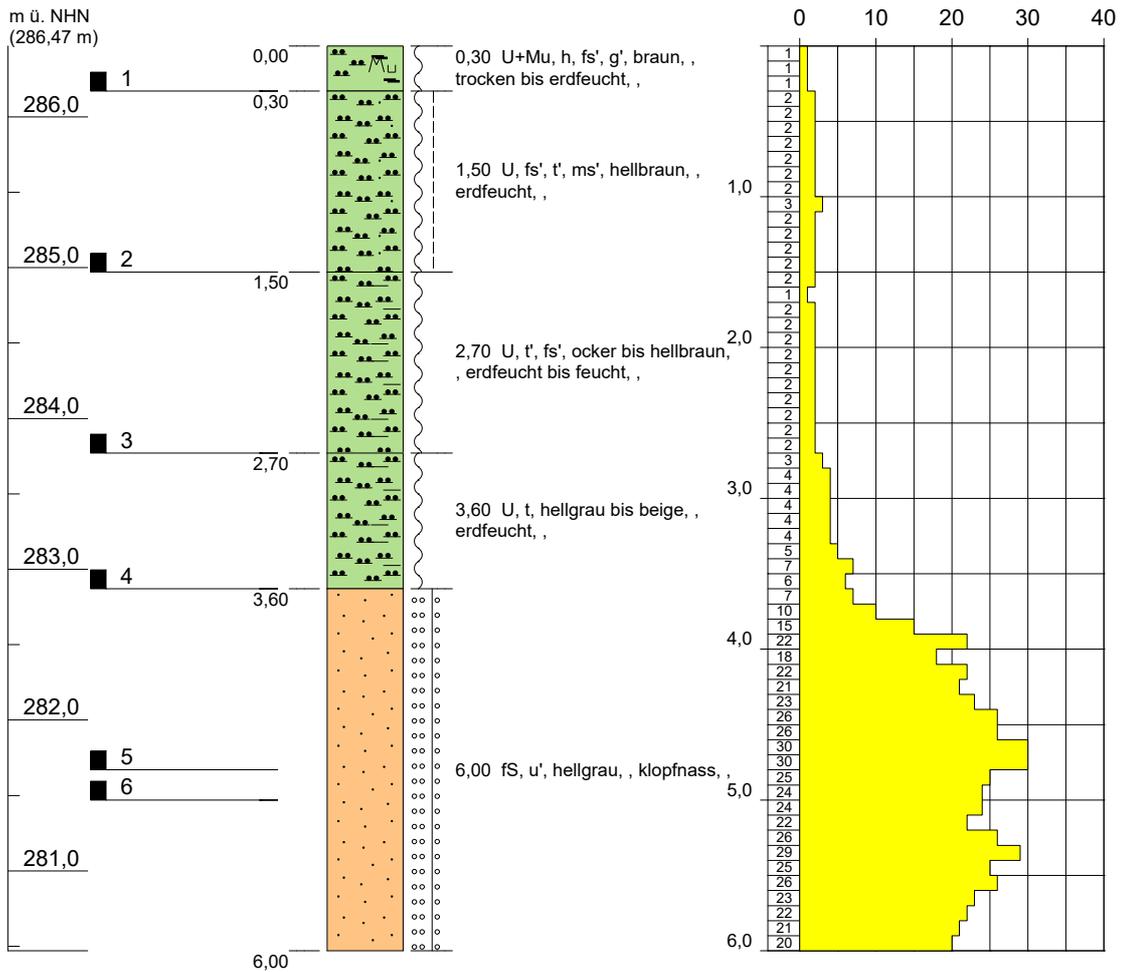
Hochwert: 5621848

Ansatzhöhe: 285,89 m ü. NHN

Blatt 1 von 1

Bohrung: KRB/DPH I-6	Projektnr.: 19.132
Projekt: BV Lichtenbusch, Raafstr./Sanddornweg	Bearbeiter: Giesder
Auftraggeber: Fa. G. Quadflieg GmbH, Würselen	Bohrfirma:
 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762</p>	Höhenmaßstab:
	1:50
Anlage:	

KRB/DPH I-7



Datum: 19.05.2020

Rechtswert: 297248

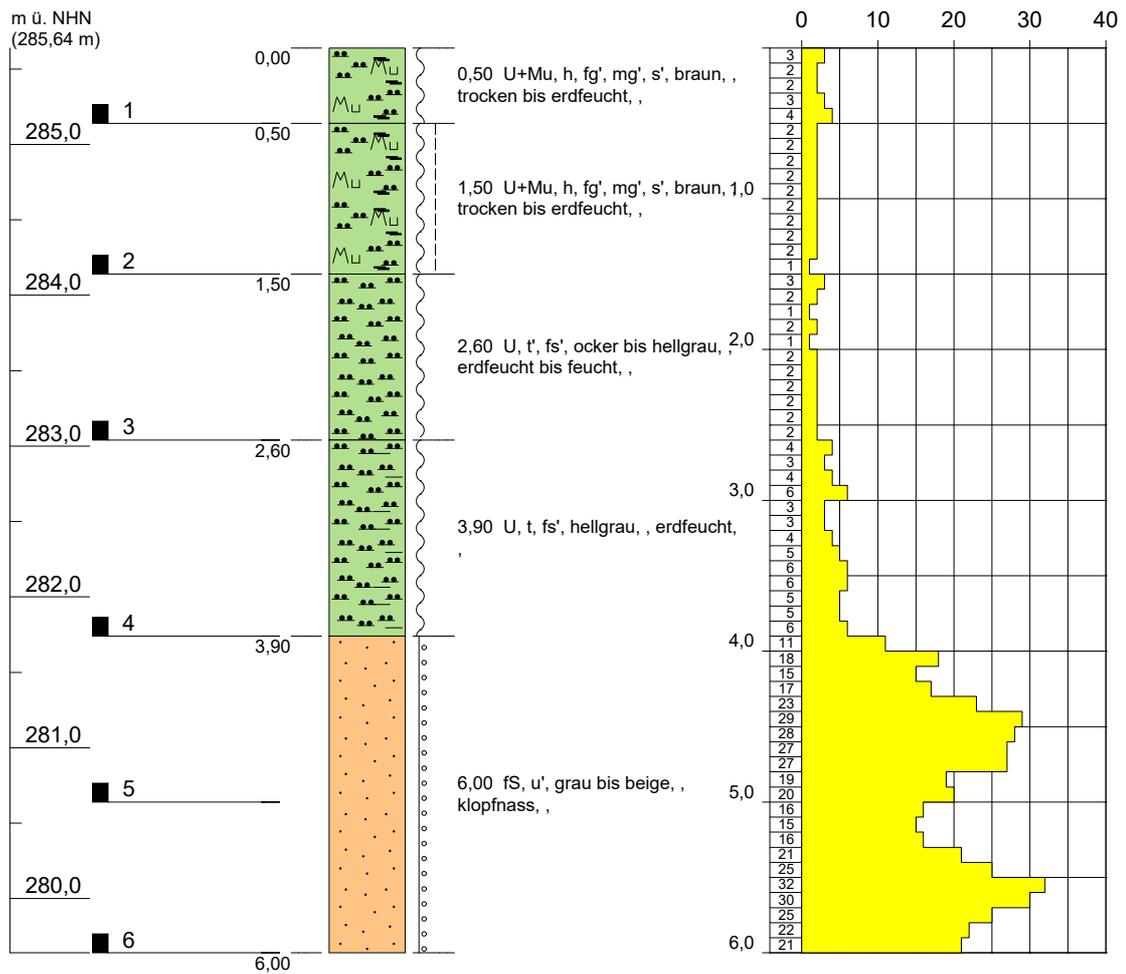
Hochwert: 5621878

Ansatzhöhe: 286,47 m ü. NHN

Blatt 1 von 1

Bohrung: KRB/DPH I-7	Projektnr.: 19.132
Projekt: BV Lichtenbusch, Raafstr./Sanddornweg	Bearbeiter: Giesder
Auftraggeber: Fa. G. Quadflieg GmbH, Würselen	Bohrfirma:
 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762</p>	Höhenmaßstab:
	1:50
Anlage:	

KRB/DPH I-8



Datum: 19.05.2020

Rechtswert: 297292

Hochwert: 5621892

Ansatzhöhe: 285,64 m ü. NHN

Blatt 1 von 1

Bohrung: KRB/DPH I-8	Projektnr.: 19.132
Projekt: BV Lichtenbusch, Raafstr./Sanddornweg	Bearbeiter: Giesder
Auftraggeber: Fa. G. Quadflieg GmbH, Würselen	Bohrfirma:
 <p>Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH Neuenhofstrasse 112 52078 Aachen Tel: 0241/92839-0 Fax: 0241/527762</p>	Höhenmaßstab: 1:50
	Anlage: