

WFEG - RHEINBACH

***BV: Bebauungsplangebiet Nr. 59
„Wolbersacker“ in Rheinbach***

Baugrundgutachten
zur Erschließung (2.Bericht)

Projekt - Nr. 2170032BG_G01

Bonn, den 04.05.2017

Dipl. - Geol. Th. Quiram

Inhaltsverzeichnis:

<u>1 Auftrag und Unterlagen</u>	<u>1</u>
1.1 Auftrag	1
1.2 Unterlagen	1
<u>2 Durchgeführte Untersuchungen</u>	<u>1</u>
<u>3 Untersuchungsergebnisse</u>	<u>2</u>
3.1 Topographie/Geologie	2
3.2 Erdbeben	2
3.3 Hydrogeologie.....	3
3.3.1 Schichtwasser/Grundwasser.....	3
3.3.2 Durchlässigkeit der anstehenden Böden.....	3
3.4 Schichtbeschreibung.....	4
3.4.1 Auffüllung	4
3.4.2 Oberboden	6
3.4.3 Deckschichten (Löß/Lößlehm).....	6
3.4.4 Lokalschotter (Eifelschotter)	7
3.4.5 Untere Schluffe und Tone	8
3.4.6 Charakteristische Baugrundkennwerte/Bodenklassen/Homogenbereiche	9
<u>4 Erschließung</u>	<u>12</u>
4.1 Hochbebauung.....	12
4.1.1 Gründung im Niveau der Decklehme	12
4.1.2 Gründung im Niveau der Eifelschotter.....	15
4.1.3 Zusammenfassung Gründung.....	17
4.1.4 Unterbau Bodenplatte	18
4.1.4.1 Erhöhung der Tragschichtdicke.....	18
4.1.4.2 Bodenverbesserung	18
4.2 Kanalbau.....	19
4.2.1 Kanalsohle	19
4.2.2 Schachtbauwerke	20
4.2.3 Kanalstatik	20
4.3 Außenflächen	21
4.3.1 Bemessung des frostsicheren Straßenoberbaus nach RStO 12.....	21
4.3.2 Planum	22
4.3.2.1 Planum allgemein	22
4.3.3 Verstärkung des Straßenoberbaus	23
4.3.4 Bodenverbesserung.....	23

<u>5 Bauausführung</u>	<u>25</u>
5.1 Aushub	25
5.2 Aushubsohle	25
5.3 Baustraßen	26
5.4 Wiederverfüllung.....	26
5.4.1 Wiederverfüllung allgemein.....	26
5.4.2 Wiederverfüllung Kanalgräben.....	26
5.5 Böschungen	27
5.6 Verbau.....	28
5.7 Wasserhaltung	29
5.8 Abdichtung/Drainage.....	29
<u>6 Bewertung Bodenaushub</u>	<u>30</u>
<u>7 Schlussbemerkung</u>	<u>30</u>

Anlagen

1 Auftrag und Unterlagen

1.1 Auftrag

Von der WFEG Rheinbach erhielt die Kühn Geoconsulting den Auftrag, im Bereich der o.g. Baumaßnahme eine Baugrunduntersuchung durchzuführen und ein Gutachten zu erstellen.

1.2 Unterlagen

Als Arbeitsgrundlage für die Erstellung des Gutachtens wurden uns die folgenden Unterlagen zur Verfügung gestellt:

[U 1] Stadt Rheinbach:

- Bebauungsplan Rheinbach Nr. 59 „Wolbersacker“
- Übersichtslageplan, Maßstab: 1:2000;
- Übersichtsplan; Maßstab: 1:1500; Datum 13.04.2017

[U2] Ingenieurbüro Kleinfeld GmbH:

- Verkehrstechnische Erschließung Gewerbegebiet „Wolbersacker“
- Übersichtslageplan, Entwurf; Datum: 18.04.2017

[U3] Kühn Geoconsulting GmbH:

- Bebauungsplan Nr. 59 „Am Wolbersacker“ in Rheinbach
- Erschließungsgutachten (1. Bericht); Datum: 25.06.1999

Zusätzlich wurde im Rahmen der Untersuchungen vorliegendes Karten- und Datenmaterial ausgewertet sowie eine Internet- und eine Leitungsrecherche durchgeführt.

2 Durchgeführte Untersuchungen

Am 08.03. und 09.03.2017 führten wir im Bereich der o.g. Baumaßnahme insgesamt 21 Rammkernsondierungen (RKS 101 – RKS 121, Ø 36 – 50 mm) durch.

Weiterhin wurden die alten, im Juni 1999 im Bereich der o.g. Baumaßnahme durchgeführten 17 Schlitzbohrungen (B 1 – B 17, Ø 22 mm) zur Auswertung herangezogen.

Die Bohr- und Rammansatzpunkte wurden nach Lage und Höhe eingemessen. Höhenbezug waren dabei im Bereich des Erschließungsgebietes gelegene Kanaldeckel, deren Höhen auf dem uns zur Verfügung gestellten Lageplan [U 3] in Meter bezogen auf [m ü. NN] angegeben sind. Alle Maße und Höhen sind im Verlauf der weiteren Planungen und vor Baubeginn bauseits verantwortlich zu überprüfen.

An 11 aus den Bohrungen entnommen Proben wurden Bestimmungen der Wassergehalte nach DIN 18 121 durchgeführt. Zusätzlich wurden an 3 Proben die Fließ-/Ausrollgrenzen nach DIN 18 122_L1 bestimmt. Weiterhin wurden im Bereich des Versickerungsbeckens zwei Versickerungsversuche nach USBR-Earth-Manual durchgeführt.

Alle Ergebnisse sind in den Anlagen 1 bis 3 dargestellt.

3 Untersuchungsergebnisse

3.1 Topographie/Geologie

Das untersuchte Areal liegt südöstlich der Ortslage Rheinbach und wird begrenzt durch die L158 im Norden, die Autobahn A 61 im Osten, die B 266 im Süden und die L 471 im Westen. Von Süden nach Norden weist das Gelände ein Gefälle mit einer Höhendifferenz von ca. 20 m auf. Die Geländehöhen liegen in etwa zwischen 175,0 m ü. NN im Norden und 195,0 m ü. NN im Süden. Des Erschließungsgebietes.

Das Erschließungsgebiet liegt unmittelbar nördlich des Eifel-Nordrandes und der hier vorhandenen Störung. Im Untergrund des untersuchten Areals liegen die devonischen Gesteine in größerer Tiefe. Darauf folgen tertiäre Schichten (Kiese, Sande, Schluffe und Tone). Darüber finden sich umgelagerte Lehme (untere Schluffe und Tone), die von Eifelschottern überlagert werden. Dabei handelt es sich um einen Schichtaufbau, der im Rahmen von Solifluktiionsprozessen am Nordrand der Eifel entstanden ist. Darüber folgen Decklehme (Löß/Lößlehm) in unterschiedlicher Dicke. Den Abschluss des erbohrten Bodenprofils nach oben bildet der Mutterboden. Auffüllung wurde nur am nördlichen Rand des Erschließungsgebietes angetroffen.

3.2 Erdbeben

Nach Darstellung der Karte zur DIN 4149 (Bauten in deutschen Erdbebengebieten, Ausgabe 31.03.2005), Blatt Nordrhein-Westfalen im Maßstab 1:350000 (Ausgabe

06.2006) liegt Rheinbach in der Erdbebenzone 1 und der Untergrundklasse R. Weiterhin sind aufgrund der o.g. Untergrundverhältnisse unter Berücksichtigung der DIN 4149, Abs. 5.2.3 (1) die Baugrundklassen C (gemischtkörnige Lockergesteine in mitteldichter Lagerung und mind. steife bindige Böden) und B (Eifelschotter mit dichter Lagerung) anzusetzen.

3.3 Hydrogeologie

3.3.1 Schichtwasser/Grundwasser

Das Grundwasser wurde in den durchgeführten Bohrungen nicht erbohrt.

Nach Auswertung der hydrologischen Karte 1:25 000, Blatt 5308 Bad Godesberg ist das Grundwasser in einer Tiefe zwischen etwa 155 m ü. NN (im Norden) und 170 m ü. NN (Südbereich) zu erwarten. Die Grundwassergleichenkarte 1:50 000, Blatt L 5306 Euskirchen, verzeichnet für Okt. 1973 Grundwasserstände zwischen 155 m ü. NN (Nordbereich) und 170 m ü. NN (Südbereich) sowie für Okt. 1963 zwischen etwa 160 m ü. NN (Nordbereich) und ca. 180 m ü. NN (Südbereich). Die Grundwassergleichenkarte des Erftverbandes (1. Grundwasserstockwerk) 1:100 000 verzeichnet für Okt. 2015 Grundwasserstände zwischen 160 m ü. NN (Nordbereich) und 185 m ü. NN (Südbereich). Nach Auskunft des LANUV NRW finden sich im Bereich der gepl. Erschließungsmaßnahme keine auswertbaren Grundwassermessstellen (Internetrecherche).

Damit liegt das Grundwasser im ungünstigsten Falle etwa 10 bis 15 m unterhalb der vorhandenen Geländeoberkante.

In Abhängigkeit von den jeweiligen Niederschlagsverhältnissen muss in den Eifelschottern sowie in den Decklehmen mit dem Auftreten von Schichtwasser gerechnet werden. In der Bohrung RKS 110 wurde es bei ca. 2,20 m unter GOK gemessen. Nach stärkeren Niederschlägen kann vermehrt Schichtwasser auftreten.

3.3.2 Durchlässigkeit der anstehenden Böden

Bei den im Untergrund anstehenden Gesteinen des Devon handelt es sich um Kluftgrundwasserleiter. Die tertiären Schichten weisen entsprechend ihrer Zusammensetzung unterschiedliche Durchlässigkeiten auf. Im Ton beträgt diese in etwa $1 \cdot 10^{-7}$ - $1 \cdot 10^{-10}$ m/s. Dort, wo Feinsande auftreten erhöhen sich die Durchlässigkeiten auf $1 \cdot 10^{-5}$ -

$1 \cdot 10^{-7}$ m/s. Die überlagerten Lehme weisen nur relativ geringe Durchlässigkeiten von ca. $1 \cdot 10^{-7}$ - $1 \cdot 10^{-9}$ m/s auf. Darüber folgend die Lokalschotter (Eifelschotter), die in Abhängigkeit von ihren Lehmgehalten gute - mäßige Durchlässigkeiten aufweisen. Die Durchlässigkeit der Schotter schwankt aufgrund der wechselnden bindigen Abschnitte zwischen $3 \cdot 10^{-3}$ - $1 \cdot 10^{-6}$ m/s (Lehmlagen ca. $1 \cdot 10^{-7}$ - $1 \cdot 10^{-9}$ m/s). Die überlagernden Deckschichten weisen nur eine geringe Durchlässigkeit von ca. $1 \cdot 10^{-6}$ - $1 \cdot 10^{-8}$ m/s auf. Dabei ist zu beachten, dass die angegebenen Durchlässigkeiten auf Erfahrungswerten/Literaturwerten basieren.

Zur Ermittlung der Durchlässigkeiten der Lockergesteinsschichten im Bereich des geplanten Versickerungsbeckens im nordöstlichen Bereich des Erschließungsgebietes wurden hier zwei zusätzliche Bohrungen niedergebracht, in denen Versickerungsversuche nach USBR – Earth Manual durchgeführt wurden. Die Ergebnisse der Versuche können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tab 1: Versickerungsversuche nach USBR – Earth – Manual

Nr. Versickerungsversuch	Bodenart	Durchlässigkeit [m/s]
V 1	U, fs	$2,4 \cdot 10^{-6}$
V 2	U, fs', t' – t*, g	$6,9 \cdot 10^{-8}$

Dabei zeigt sich, dass die Durchlässigkeiten der im Untersuchungsgebiet anstehenden Schichten in etwa dieselben Tendenzen, wie unter Abschnitt 3.2.2 beschrieben, aufweisen. Die Auswertung der Versuche ist in Anlage 3 dargestellt.

3.4 Schichtbeschreibung

3.4.1 Auffüllung

Aufgefülltes Material wurde im Erschließungsgebiet nur im nördlichen Bereich und im Bereich der vorhandenen Zuwegungen angetroffen.

Hier reicht die Auffüllung zwischen 0,20 m (RKS 110) und 1,80 m (B 1) unter Gelände. Die Auffüllung setzt sich aus sandigen, kiesigen Schluffen, z.T. mit geringen Anteilen an Asche und Ziegelresten sowie aus kiesigen Sanden zusammen. Wie oben beschrieben, handelt es sich vermutlich überwiegend um Material, dass bei der Befestigung der Wege aufgebracht wurde. Dort, wo die Auffüllung tiefer reicht (B 1) handelt es sich vermutlich um die Verfüllung alter Gruben.

Untergeordnet findet sich im Wegebereich auch eine dünne Schwarzdecke (Dicke ca. 0,06 m; RKS 104, RKS 106, RKS 110, RKS 113 - RKS 115).

Die nichtbindige Auffüllung ist mitteldicht dicht bis dicht gelagert. Die aufgefüllten Schluffe weisen eine steife bis halbfeste Konsistenz auf.

Bodenkennwerte Auffüllung (geotechnische Kennwerte für den Entwurf):

Nichtbindige Auffüllung:

Raumgewicht	18,0	–	19,0	kN/m ³
Kohäsion	0,0			kN/m ²
Reibungswinkel	30,0	–	35,0	°
Steifeziffer	15,0	–	25,0	MN/m ²
	mind. mitteldichte Lagerung			

Bindige Auffüllung:

Raumgewicht	18,0	–	19,0	kN/m ³
Kohäsion	2,5	–	0,0	kN/m ²
Reibungswinkel	22,5	–	27,5	°
Steifeziffer	5,0	–	10,0	MN/m ²
	mind. steife Konsistenz			

Bautechnische Kennwerte für Homogenbereiche:

Auffüllung, nichtbindig

Raumgewicht	17,0	-	20,0	kN/m ³
Lagerungsdichte D	0,1	-	0,5	
Lagerungsdichte Steinlagen D	> 0,8			

Auffüllung, bindig

Raumgewicht	17,0	-	21,0	kN/m ³
Undrainierte Scherfestigkeit	50,0	-	100,0	kN/m ²
Wassergehalte	10,0	-	30,0	[%]
Plastizitätszahl	5,0	-	20,0	[%]
Konsistenzzahl	0,5	-	1,0	

3.4.2 Oberboden

Da das Gelände zum derzeitigen Zeitpunkt überwiegend landwirtschaftlich genutzt wird, findet sich hier humoser Oberboden in einer Dicke zwischen 0,15 m und 0,55 m. Dort, wo der Oberboden eine größere Stärke erreicht, handelt es sich um einen Pflughorizont (AP-Horizont). Der eigentliche Mutterboden lässt sich hier nur schwer getrennt aushalten. Inwieweit der Oberboden für vegetationstechnische Zwecke geeignet ist, muss ggf. nach DIN 18915 geprüft werden.

3.4.3 Deckschichten (Löß/Lößlehm)

Die Deckschichten wurden im gesamten Bereich des Erschließungsgebietes angetroffen. In den tiefer reichenden Bohrungen wurden sie zum größten Teil durchteuft. Hier reichen sie zwischen 1,70 m (B 7) und 6,15 m (B 3) unter Gelände. Im östlichen/südöstlichen Bereich des Geländes weisen sie die größten Dicken auf. Hier konnten sie bis in Tiefen zwischen 4,20 m und von 6,40 m unter Gelände nicht durchteuft werden. Bei den Deckschichten handelt es sich um zumindest teilweise umgelagerte Löß/Lößlehme.

An drei Proben aus den lehmigen Deckschichten (RKS 104/4, 111/3, 118/3) wurden die Fließ-/Ausrollgrenzen nach DIN 18 122 ermittelt. Hierbei wurden die Wassergehalte für die Fließgrenze mit ca. 34,6 %/ 32,3 %/ 37,5 % sowie für die Ausrollgrenze mit ca. 18,8 %/ 18,9 %/ 17,5 % ermittelt. Weiterhin wurden die Wassergehalte nach DIN 18 121 ermittelt, die hier zwischen 10,2 % und 25,3 % liegen. Damit weisen die bindigen Deckschichten überwiegend eine steife bis halbfeste Konsistenz auf. Bereichsweise können auch weiche bzw. halbfeste bis feste Lagen auftreten.

Bodenkennwerte Deckschichten (geotechnische Kennwerte für den Entwurf):

Raumgewicht	19,0	–	21,0	kN/m ³
Kohäsion	10,0	–	5,0	kN/m ²
Reibungswinkel	27,5	–	30,0	°
Steifeziffer	10,0	–	15,0	MN/m ²
mind. steife Konsistenz				

Bautechnische Kennwerte für Homogenbereiche:

Deckschichten, bindig

Raumgewicht	17,0	-	22,0	kN/m ³
Undrainierte Scherfestigkeit	50,0	-	250,0	kN/m ²
Wassergehalte	7,5	-	30,0	[%]
Plastizitätszahl	10,0	-	30,0	[%]
Konsistenzzahl	0,5	-	1,25	

3.4.4 Lokalschotter (Eifelschotter)

Die Lokalschotter/Eifelschotter beginnen zwischen 1,70 m (B 7) und 6,15 m (B 3) unter Gelände bzw. bezogen auf NN zwischen 169,58 m (B 3) und 188,77 m (RKS 117) ü. NN. In den im östlichen Bereich des Geländes durchgeführten sowie in den flacheren Bohrungen wurden sie nicht erreicht.

Bei den erbohrten Schichten handelt es sich um eine Wechselfolge von Kiesen, Sanden und Schluffen. Z.T. sind die kiesigen Partien stark verlehmt, bereichsweise überwiegt der bindige Anteil. Zusätzlich können in den Kiessanden z.T. größere Steinlagen und Verkittungen auftreten

Die kiesigen und sandigen Abschnitte weisen eine mitteldichte bis dichte Lagerung auf, sie schluffigen Bereiche zeigen eine steife bis halbfeste Konsistenz

Bodenkennwerte Lokalschotter (geotechnische Kennwerte für den Entwurf):

Raumgewicht	19,0	–	20,0	kN/m ³
Kohäsion	5,0	–	0	kN/m ²
Reibungswinkel	32,5	–	40,0	°
Steifeziffer	60,0	–	80,0	MN/m ²

Bodenkennwerte bindige Lagen:

Raumgewicht	20,0	–	21,0	kN/m ³
Kohäsion	10,0	–	5,0	kN/m ²
Reibungswinkel	22,5	–	27,5	°
Steifeziffer	15,0	–	20,0	MN/m ²

Bautechnische Kennwerte für Homogenbereiche:

Lokalschotter, Kiessande

Raumgewicht	17,0	-	22,0	kN/m ³
Lagerungsdichte D	0,3	-	>0,8	
Lagerungsdichte Steinlagen D	> 0,8			

Bindige Lagen

Raumgewicht	18,0	-	22,0	kN/m ³
Undrainierte Scherfestigkeit	50,0	-	250,0	kN/m ²
Wassergehalte	10,0	-	30,0	[%]
Plastizitätszahl	5,0	-	20,0	[%]
Konsistenzzahl	0,5	-	1,25	

3.4.5 Untere Schluffe und Tone

Die unteren Schluffe und Tone wurden eindeutig nur in den 1999 durchgeführten Bohrungen erbohrt. Diese wurde im unteren Bereich der Eifelschotter in den Bohrungen B 2, B 3, B 5, B 8, B 16 angetroffen. Sie beginnt zwischen 5,80 m (B 2, B 8) und 8,30 m (B 3) unter Gelände und bezogen auf NN zwischen 167,43 m (B 3) und 182,66 m (B 16) ü. NN. In den weiteren Bohrungen wurden die unteren Schluffe nicht erreicht.

Bei den erbohrten Schichten handelt es sich um tonige, z.T. sandige Schluffe und Tone mit steifer bis halbfester Konsistenz.

Bodenkennwerte untere Schluffe (geotechnische Kennwerte für den Entwurf):

Raumgewicht	20,0	–	21,0	kN/m ³
Kohäsion	10,0	–	7,5	kN/m ²
Reibungswinkel	25,0	–	27,5	°
Steifeziffer	12,5	–	17,5	MN/m ²
mind. steife Konsistenz				

Bautechnische Kennwerte für Homogenbereiche:

Untere Schluffe und Tone, bindig

Raumgewicht	17,0	-	22,0	kN/m ³
Undrainierte Scherfestigkeit	50,0	-	200,0	kN/m ²
Wassergehalte	10,0	-	40,0	[%]
Plastizitätszahl	10,0	-	20,0	[%]
Konsistenzzahl	0,5	-	1,0	

3.4.6 Charakteristische Baugrundkennwerte/Bodenklassen/Homogenbereiche

Folgende mittlere Baugrundkennwerte können zur Bemessung angesetzt werden:

Tab 2: Charakteristische Baugrundkennwerte nach DIN 1054:2005

	Wichte erdfeucht	Kohäsion	Reibungs- winkel	Steifemodul
	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[°]	[MN/m ²]
Aufgefüllte Böden				
Auffüllung nichtbindig	18,50	0,00	32,50	20,00
Auffüllung bindig	18,50	1,25	25,00	7,50
Deckschichten (mind. steife Konsistenz)	20,00	7,50	28,75	12,50
Lokalschotter				
Schotter	19,50	2,50	36,25	70,00
bindige Lagen	20,50	7,50	25,00	17,50
Untere Schluffe/Tone	20,50	8,25	26,25	15,00

Tab. 3: Bodenklassen (n. DIN 18300-2012)

	Bodenklassen (Bkl.) nach DIN 18 300-2012
Aufgefüllte Böden	
Auffüllung nichtbindig	Bkl. 3 (aufgefüllte Kiessande/Sande) ggf. Bkl. 5-7 (für Steine, Bauschutt usw. in Abhängigkeit von Menge und Steingröße) *2
Auffüllung bindig	Bkl. 3 (aufgefüllte Kiessande/Sande) ggf. Bkl. 4*1 ggf. Bkl. 5-7 (für Steine, usw. in Abhängigkeit von Menge und Steingröße)
Humoser Oberboden	Bkl. 1
Deckschichten	Bkl. 4*1
Lokalschotter	
Schotter	Bkl. 3, ggf. Bkl. 4 *1 für stärker bindige Lagen ggf. Bkl. 5-7 für Verkittungen, Stein-/Blocklagen, Findlinge (in Abhängigkeit von Menge und Steingröße)
bindige Lagen	Bkl. 4 *1 für Schluffe und bindige Sande ggf. Bkl. 5 (stärker plastische Tone) ggf. Bkl. 6 (Schluffe und Tone mit fester Konsistenz)
Untere Schluffe/Tone	Bkl. 4 *1 für Schluffe und bindige Sande

*1 Übergang in Bkl. 2 bei Durchnässung bzw. Wasserzutritt

*2 Der Abbruch der vorhandenen Oberflächenbefestigungen (Schwarzdecke) lässt sich nicht in das Klassifizierungsschema der DIN 18 300 einordnen

Tab 4: Bodenklassen nach DIN 18 196, Bohrbarkeitsklassen nach DIN 18301-2012, Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTVE-StB 09

Bodenart	Bodenklassen nach DIN 18 196	Bohrbarkeitsklassen nach DIN 18 301-2012	Zusatzklassen/Klassen nach DIN 18 301-2012	Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE StB 09
Aufgefüllte Böden				
Auffüllung nichtbindig	A bzw., GU, GW, SU, SW	BN 1	BS 1- BS 4	F 1
Auffüllung bindig	A bzw., SU, SE, SW, GU, GW ggf. UI/TL	BN 1 - 2/ ggf. BB 2 – 3	BS 1- BS 4	F 1, F 2 ggf. F 3
Humoser Oberboden	OH/OU	BO 1 - 2		F 3
Deckschichten	UL/TL, SU, SE	BB 1 - 3 BN 1 - 2	BS 1	F 3
Lokalschotter				
Schotter	GE, GW, GU, SE, SW ggf. UL/TL,.	BB 2 - 4 BN 1 - 2	BS 1 – BS 4	F 1, F 2 (ggf. F 3)
bindige Lagen	UL/UM, TL/TM, SU, SE	BB 2 - 4	-	F 3
Untere Schluffe/Tone	UL/UM, TL/TM, SU, SE	BB 2 - 4	-	F 3

Homogenbereiche

Die im Ergänzungsband 2015 überarbeiteten DIN-Normen und die darin enthaltene Einteilung der Böden in Homogenbereiche können der Tabelle 7 entnommen werden. Dabei muss beachtet werden, dass die Einteilung aufgrund von Erfahrungswerten vorgenommen wurde. Die in der neuen DIN 18300-2015 angegebenen Untersuchungen und die Laborversuche in statistisch ausreichender Anzahl wurden nur eingeschränkt durchgeführt. Gleiches gilt auch für die Einordnung der Auffüllung anhand von chemischen Analysen. Die Homogenbereiche für Aushubarbeiten (DIN 18 300), Bohrarbeiten (DIN 18 301) und Einpress-, Ramm-, Rüttelarbeiten (DIN 18304) können der Tabelle 7 entnommen werden. Angaben zur Abrasion finden sich im Anhang.

Tab. 5: Homogenbereiche nach DIN 18300-2015, DIN 18301-2015 und DIN 18304-2015

Homogenbereiche*1 nach DIN 18 300 - 2015	Homogenbereiche*2 nach DIN 18 301 - 2015	Homogenbereiche*3 nach DIN 18 304 - 2015
Homogenbereich A 1 (aufgefüllte Kiessande/Sande, aufgefüllte gemischtkörnige/bindige Böden)	Homogenbereich B 1 (aufgefüllte Kiessande/Sande, aufgefüllte gemischtkörnige Böden)	Homogenbereich P 1 (aufgefüllte Kiessande/Sande, aufgefüllte gemischtkörnige/bindige Böden)
Homogenbereich A 2 (Steine, Blöcke in der Auffüllung)	Homogenbereich B 2 (Steine, Blöcke in der Auffüllung)	Homogenbereich P 2 (Steine, Blöcke in der Auffüllung)
Homogenbereich A 3 (Humoser Oberboden)	Homogenbereich B 3 (Humoser Oberboden)	Homogenbereich P 3 (Humoser Oberboden)
Homogenbereich A 4 (Deckschichten, Kiessand, Lehmlagen in den Kiessanden, untere Schluffe)	Homogenbereich B 4 (Deckschichten, Lehmlagen in den Kiessanden, untere Schluffe)	Homogenbereich P 4 (Deckschichten, Lehmlagen in den Kiessanden, untere Schluffe)
	Homogenbereich B 5 (Kiessand)	Homogenbereich P 5 (Kiessande)
Homogenbereich A 5 (Verkittungen, Stein-/Blocklagen in den Kiessanden)	Homogenbereich B 6 (Verkittungen, Stein-/Blocklagen in den Kiessanden)	Homogenbereich P 6 (Verkittungen, Stein-/Blocklagen in den Kiessanden)

- *1 Aushub mit Bagger (Homogenbereich A1 – A5, A = Aushub)
- *2 Bohrungen mit Drehbohrgerät (Homogenbereich B1 – B6, B = Bohren)
- *3 Einpress-, Ramm-, Rüttelarbeiten (Homogenbereiche P 1 – P6, P = Pressen)
- Gesonderte Homogenbereiche für belastete Böden sind nicht berücksichtigt und sind getrennt auszuweisen.
- Die angegebenen Homogenbereiche gelten für eine Bearbeitung der Böden außerhalb des Grundwassers

4 Erschließung

Nach den uns vorliegenden Informationen ist das geplante Erschließungsgebiet als Gewerbegebiet konzipiert. Angedacht wird nach den vorliegenden Informationen eine Nutzung als Spedition- bzw. Logistikflächen. Genauere Angaben zur Nutzung der einzelnen Teilflächen liegen uns zur Zeit allerdings noch nicht vor.

4.1 Hochbebauung

Für den Bereich des geplanten Erschließungsgebietes liegen noch keine konkreteren Angaben zur Hochbebauung vor. Bei der vorgesehenen Nutzung als Speditions- bzw. Logistikflächen muss allerdings davon ausgegangen werden, dass auch größere Hallen (Höhe ca. 25 – 40 m) errichtet werden können. Weiterhin kann davon ausgegangen werden, dass zumindest Teile der geplanten Bauwerke unterkellert werden sollen. D.h. die Gründung kann bei Gebäuden mit max. einem Untergeschoß sowohl in den Lehmen, als auch im Bereich der Eifelschotter erfolgen.

Im westlichen Bereich des Erschließungsgebietes erreichen die Deckschichten nur eine geringere Dicke, so dass die Gründungssohlen bei unterkellerten Gebäuden bis in die Eifelschotter reichen dürften. Im Östlichen Bereich konnten die Decklehme zum Teil nicht durchteuft werden.

Generell ist zu beachten, dass die Gründung der nichtunterkellerten Gebäude in jedem Falle frostfrei, d.h. mind. 1,0 m unterhalb der geplanten Geländeoberkante erfolgen muss.

4.1.1 Gründung im Niveau der Decklehme

Wie oben beschrieben, wurde für die Berechnungen der aufnehmbaren Sohldrücke davon ausgegangen, dass die geplanten Fundamente zumindest im östlichen Bereich in den Deckschichten gegründet werden.

Nachfolgend werden die aufnehmbaren Sohldrücke mit einer Teilsicherheit $\gamma_{Gr} = 1,4$ für den Grenzzustand GZ 1 B (Bemessungswert des Widerstandes = GEO 2) für 0,5 m Einbindetiefe berechnet und in Tabelle 6 zusammengestellt. Zwischenwerte können interpoliert werden. Grundlage für die Berechnungen sind die charakteristischen Baugrundkennwerte (siehe Abschnitt 3.4.6). Für die statischen Berechnungen muss berück-

sichtigt werden, dass die einwirkenden Lasten mit den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten der Tabelle 2/DIN 1054:2010-12 zu beaufschlagen sind.

Für die Ermittlung der aufnehmbaren Sohldrücke wurde das Schichtbild, wie auch in der DIN 4019 beschrieben, vereinfachend vereinheitlicht. Für die Berechnung wird von ausreichend biegesteifen Einzel-/ Streifenfundamenten ausgegangen, so dass die Setzungen in den kennzeichnenden Punkten maßgeblich sind. Voraussetzung ist außerdem eine Lastaufbringung nach DIN 1054 sowie eine Mindesteinbindetiefe und -breite der Fundamente von 0,50 m.

Tab 6: Aufnehmbare Sohldrücke für Einzel- und Streifenfundamente unter Berücksichtigung des Grundbruchwiderstandes (Lastfall 1 (= BS-P): $\gamma_{Gr} = 1,4$; Grenzzustand GZ 1B (= GEO-2))

Fundamentbreite in [m]	0,50	1,00	1,50	2,0
	Aufnehmbare Sohldrücke in kN/m²			
Einbindetiefe 0,50 m	317	380	440	500
Einbindetiefe 0,80 m	380	450	510	570

In der nachfolgend aufgeführten Tabelle 7 wurden die zulässigen Sohldrücke unter Berücksichtigung der charakteristischen Lasten für die Gebrauchstauglichkeit/Setzungen (SLS-GZ der Gebrauchstauglichkeit (= GZ 2_{alt})) angegeben. Es muss bei der Prüfung der Gebrauchstauglichkeit beachtet werden, dass die Sohldruckspannungen unter Berücksichtigung der charakteristischen bzw. repräsentativen Beanspruchungen/Einwirkungen unterhalb der Werte in Tabelle 7 (Setzungen nach DIN 4019 $\leq 2,0$ cm; SLS). Entsprechend DIN EN 1997-1, Abschnitt 2.4.8 sollten die Teilsicherheitsbeiwerte_{Beanspruchungen} für die GZ der Gebrauchstauglichkeit gleich 1,0 gesetzt werden.

Zur Vorbemessung wurde davon ausgegangen, dass für den Neubau Setzungen und Setzungsunterschiede bis 2,0 cm (Tabelle 7) zugelassen werden können. Treffen die Annahmen nicht zu, so bitten wir um Rücksprache damit die Sohldrücke entsprechend dem zulässigen Setzungsmaß, das durch den Statiker festzulegen ist, angegeben bzw. anhand ergänzender Setzungsberechnungen ermittelt werden können.

Tab. 7: Aufnehmbare Sohldrücke für Einzel- und Streifenfundamente zur Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit (Lastfall BS-P (LF 1); Grenzzustand SLS (GZ 2); **Setzungen begrenzt auf 2,0 cm**)

Fundamentbreite in [m]	0,50	1,00	1,50	2,0
	Aufnehmbare Sohldrücke in kN/m ²			
Einbindetiefe 0,50 m	280	180	140	125
Einbindetiefe 0,80 m	280	180	140	125

* Die aufnehmbaren Sohldrücke* entsprechen der Tabelle 8, da das Setzungskriterium nicht erreicht wird.

Die Setzungen betragen unter voller Ausnutzung der in den Tabelle 7 genannten Sohldrücke erfahrungsgemäß bis zu 2,0 cm, wobei die Setzungsunterschiede bis 1,5 cm betragen können.

Bei einem geringeren Abstand benachbarter Fundamente ($< 1,5 \dots 2,0 \cdot \text{Fundamentbreite}$ b) kommt es zu einer gegenseitigen Beeinflussung und damit verbunden zu einer Erhöhung der Setzungen. Auch bei größeren Fundamentbreiten als in Tabelle 7 angegeben oder unregelmäßiger Lastverteilung sind größere Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen zu erwarten. Um evtl. notwendige Abminderungen der aufnehmbaren Sohldrücke festzulegen, müssen nach Erstellung des Lastenplanes durch den Statiker noch Setzungsberechnungen nach DIN 4019, Teil 1, durch das Ing.-Büro Kühn Geoconsulting erfolgen.

Bei Berechnung über die Bettungsziffer kann zur Vorbemessung in den Kiessanden, ausgehend von ca. 1,0...2,0 m breiten Laststreifen und charakteristischen Sohldruckspannungen von 200,0...300,0 kN/m², ein mittlerer Bettungsmodul von 5 – 10 MN/m³ angesetzt werden. Die tatsächlich zulässigen Bettungsmoduli müssen nach Festlegung der endgültigen Lasten in Abstimmung mit dem Statiker durch die Kühn Geoconsulting ermittelt werden.

Die Gründungssohlen müssen zum Schutz gegen Aufweichen sofort nach dem Aushub mit Magerbeton abgedeckt werden.

Treten in der Gründungssohle aufgeweichte Bereiche auf, so sind diese in Abstimmung mit dem Gutachter zu entfernen und durch Magerbeton zu ersetzen.

Aufgrund der wechselnden Ausbildung der Decklehme müssen die Streifenfundamente eine konstruktive Bewehrung erhalten.

4.1.2 Gründung im Niveau der Eifelschotter

Im westlichen Bereich des Erschließungsgebietes erreichen die Deckschichten nur eine geringere Dicke, so dass die Gründungssohlen bei unterkellerten Gebäuden bis in die Eifelschotter reichen dürften. Allerdings weisen die Kiessande hier unterschiedliche Dicken auf. Bereichsweise handelt es sich dabei nur um ca. einen Meter. Darunter finden sich dann wiederum umgelagerte Schluffe und Tone. Für die Berechnungen zur Gründung im Kiessand wurde hier vom ungünstigsten Fall ausgegangen. Dort, wo die Kiessande größere Dicken aufweisen, sind auch höhere Sohldrücke zulässig.

Wie oben beschrieben, wurde für die Berechnungen der aufnehmbaren Sohldrücke davon ausgegangen, dass die geplanten Fundamente einheitlich in den Kiessanden gegründet werden.

Nachfolgend werden die aufnehmbaren Sohldrücke mit einer Teilsicherheit $\gamma_{Gr} = 1,4$ für den Grenzzustand GZ 1 B (Bemessungswert des Widerstandes = GEO 2) für 0,5 m Einbindetiefe berechnet und in Tabelle 8 zusammengestellt. Zwischenwerte können interpoliert werden. Grundlage für die Berechnungen sind die charakteristischen Baugrundkennwerte (siehe Abschnitt 3.3.5). Für die statischen Berechnungen muss berücksichtigt werden, dass die einwirkenden Lasten mit den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten der Tabelle 2/DIN 1054:2005-1/ Ber. 4:2010-12 zu beaufschlagen sind.

Für die Ermittlung der aufnehmbaren Sohldrücke wurde das Schichtbild, wie auch in der DIN 4019 beschrieben, vereinfachend vereinheitlicht. Für die Berechnung wird von ausreichend biegesteifen Einzel-/ Streifenfundamenten ausgegangen, so dass die Setzungen in den kennzeichnenden Punkten maßgeblich sind. Voraussetzung ist außerdem eine Lastaufbringung nach DIN 1054 sowie eine Mindesteinbindetiefe und -breite der Fundamente von 0,50 m.

Tab 8: Aufnehmbare Sohldrücke für Einzel- und Streifenfundamente unter Berücksichtigung des Grundbruchwiderstandes (Lastfall 1 (= BS-P): $\gamma_{Gr} = 1,4$; Grenzzustand GZ 1B (= GEO-2))

Fundamentbreite in [m]	0,50	1,00	1,50	2,0
	Aufnehmbare Sohldrücke in kN/m ²			
Einbindetiefe 0,50 m	380	390	500	510
Einbindetiefe 0,80 m	500	520	540	540

In der nachfolgend aufgeführten Tabelle 9 wurden die zulässigen Sohldrücke unter Berücksichtigung der charakteristischen Lasten für die Gebrauchstauglichkeit/Setzungen (SLS-GZ der Gebrauchstauglichkeit (= GZ 2_{alt})) angegeben. Es muss bei der Prüfung der Gebrauchstauglichkeit beachtet werden, dass die Sohldruckspannungen unter Berücksichtigung der charakteristischen bzw. repräsentativen Beanspruchungen/Einwirkungen unterhalb der Werte in Tabelle 9 (Setzungen nach DIN 4019 $\leq 2,0$ cm; SLS). Entsprechend DIN EN 1997-1, Abschnitt 2.4.8 sollten die Teilsicherheitsbeiwerte_{Beanspruchungen} für die GZ der Gebrauchstauglichkeit gleich 1,0 gesetzt werden.

Zur Vorbemessung wurde davon ausgegangen, dass für den Neubau Setzungen und Setzungsunterschiede bis 2,0 cm (Tabelle 9) zugelassen werden können. Treffen die Annahmen nicht zu, so bitten wir um Rücksprache damit die Sohldrücke entsprechend dem zulässigen Setzungsmaß, das durch den Statiker festzulegen ist, angegeben bzw. anhand ergänzender Setzungsberechnungen ermittelt werden können.

Tab. 9: Aufnehmbare Sohldrücke für Einzel- und Streifenfundamente zur Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit (Lastfall BS-P (LF 1); Grenzzustand SLS (GZ 2); **Setzungen begrenzt auf 2,0 cm**)

Fundamentbreite in [m]	0,50	1,00	1,50	2,0
	Aufnehmbare Sohldrücke in kN/m ²			
Einbindetiefe 0,50 m	380*	390*	290	250
Einbindetiefe 0,80 m	500*	390	290	250

* Die aufnehmbaren Sohldrücke* entsprechen der Tabelle 8, da das Setzungskriterium nicht erreicht wird.

Die Setzungen betragen unter voller Ausnutzung der in den Tabelle 9 genannten Sohldrücke erfahrungsgemäß bis zu 2,0 cm, wobei die Setzungsunterschiede bis 1,5 cm betragen können.

Bei einem geringeren Abstand benachbarter Fundamente ($<1,5 \dots 2,0$ * Fundamentbreite b) kommt es zu einer gegenseitigen Beeinflussung und damit verbunden zu einer Erhöhung der Setzungen. Auch bei größeren Fundamentbreiten als in Tabelle 5 angegeben oder unregelmäßiger Lastverteilung sind größere Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen zu erwarten. Um evtl. notwendige Abminderungen der aufnehmbaren Sohldrücke festzulegen, müssen nach Erstellung des Lastenplanes durch den Statiker noch Setzungsberechnungen nach DIN 4019, Teil 1, durch das Ing.-Büro Kühn Geoconsulting erfolgen. Bei Berechnung über die Bettungsziffer kann zur Vorbemessung in den Kiessanden, ausgehend von ca. $1,0 \dots 2,0$ m breiten Laststreifen und charakteristischen Sohldruckspannungen von $200,0 \dots 300,0$ kN/m², ein mittlerer Bettungsmodul von $10,0$ bis $15,0$ MN/m³ angesetzt werden. Die tatsächlich zulässigen Bettungsmoduli müssen nach Festlegung der endgültigen Lasten in Abstimmung mit dem Statiker durch die Kühn Geoconsulting ermittelt werden.

4.1.3 Zusammenfassung Gründung

Wie oben beschrieben stehen im Bereich des Erschließungsgebietes Decklehme und Lokalschotter an, die wiederum von einer weiteren Schluff-/Tonlage (untere Schluffe/Tone) unterlagert werden. Im westlichen Bereich des Erschließungsgebietes erreichen die Deckschichten nur eine geringere Dicke, so dass die Gründungssohlen bei unterkellerten Gebäuden bis in die Eifelschotter reichen dürften. Allerdings weisen die Kiessande hier unterschiedliche Dicken auf. Bereichsweise handelt es sich dabei nur um ca. einen Meter. Darunter finden sich dann wiederum umgelagerte Schluffe und Tone. Im Östlichen Bereich konnten die Decklehme zum Teil nicht durchteuft werden. Dabei erreichen sie Dicken von $> 6,40$ m.

Insgesamt weisen die Schichten überwiegend mittlere Tragfähigkeiten auf. Dort, wo dickere Schotter (mit Dicken $> 2,0$ m) vorhanden sind, zeigen die Böden auch gute Tragfähigkeiten. Für die Berechnungen zur Gründung im Kiessand/Lokalschotter wurde hier vom ungünstigsten Fall ausgegangen. Dort, wo die Kiessande größere Dicken aufweisen, sind auch höhere Sohldrücke zulässig. Hier sind für die jeweiligen Baufelder allerdings Einzelnachweise und zusätzliche Geländeuntersuchungen erforderlich, um die Gründung zu optimieren. Dies kann in Verbindung mit den weitergehenden Planungen erfolgen.

4.1.4 Unterbau Bodenplatte

In der Regel werden im Hallenbereich an den Untergrund für die Bodenplatten besondere Anforderungen gestellt.

Nach Abschieben des Oberbodens stehen im Planum die Löss/Lößlehme an. Hierbei handelt es sich um einen frost- und feuchtigkeitsempfindlichen Boden, der nach den ZTVE-StB 94 zur Frostempfindlichkeitsklasse F 3 gehört. Auf diesen Böden lässt sich keine ausreichende und dauerhafte Tragfähigkeit für den Unterbau der Bodenplatten erreichen. Der in der ZTVE-StB 94 auf dem Planum geforderte E_{v2} -Verformungsmodul von mindestens 45 MN/m² kann erfahrungsgemäß auch durch eine Nachverdichtung nicht erreicht werden. Aus diesem Grund muss die Dicke der Tragschicht erhöht oder eine Bodenverbesserung geplant und durchgeführt werden.

4.1.4.1 Erhöhung der Tragschichtdicke

Unter optimalen Bedingungen, d.h. unter trockenen, sommerlichen Witterungsverhältnissen, wird auf dem im Planum anstehenden steifen bis halbfesten Hochflutlehm erfahrungsgemäß ein E_{v2} -Wert von etwa 10 - 30 MN/m² erreicht.

Soll auf der unter den Bodenplatten erforderlichen Tragschicht ein E_{v2} -Wert von 80 MN/m² (bzw. 100 MN/m²) erreicht werden, so muss diese nach FLOSS auf mindestens 60 cm (bzw. 70 cm) verstärkt werden.

Kommt es zu einer Durchfeuchtung des Planums, so muss eine weitere Verstärkung der Tragschicht erfolgen, wobei die dabei erforderliche Dicke vom jeweiligen Durchfeuchtungsgrad abhängt. Weiterhin ist die Abstimmung der Verdichtungsgeräte auf die Untergrundverhältnisse und die Einbauschichtdicken sehr wichtig, damit es zu keiner Zerstörung des Planums kommen kann. Aus den o.g. Gründen müssen zu Beginn der Baumaßnahme Versuchsfelder hergestellt werden und unter Berücksichtigung der Witterungsverhältnisse die zur Vorbemessung genannten Schichtdicken ermittelt und unter Umständen angepasst werden.

4.1.4.2 Bodenverbesserung

Alternativ zur Erhöhung der Tragschichtdicke kann eine Bodenverbesserung durchgeführt werden.

Bei diesem Verfahren entfällt der ansonsten notwendige Mehraushub. Weiterhin kann eine Fläche von etwa 3.500-4.000 m² innerhalb von 1 Tag verbessert werden und ist damit wesentlich schneller überbaubar. Erfahrungsgemäß sind erhebliche Kosteneinsparungen möglich.

Die erforderlichen Versuche für die Eignungsprüfung, d.h. Wahl des geeigneten Bindemittels (z.B. Weißfeinkalk, Zement o.ä.) und Bindemittelmenge dauern etwa 1-2 Wochen. Sie können durchgeführt werden, wenn die OK Fußboden festgelegt sind und damit die Planumshöhen bekannt sind.

4.2 Kanalbau

Nach den vorliegenden Planunterlagen soll das Erschließungsgebiet über eine Straße, die im zentralen Bereich von Norden nach Süden verläuft sowie zusätzliche Querstraßen, an die bestehenden Straßen angebunden werden. Zum jetzigen Zeitpunkt steht noch nicht fest, ob die Entwässerung über ein Mischwassersystem erfolgt oder ein Trennsystem verlegt werden soll. Durchmesser und Sohltiefe der zur Verlegung kommenden Rohre sind ebenfalls noch nicht bekannt.

Ausgehend von den durchgeführten Bohrungen dürften die gepl. Kanalsohlen sowohl im Niveau der Decklehme als auch (bei entsprechender Tiefe) im Niveau der Eifelschotter liegen.

4.2.1 Kanalsohle

Grundsätzlich weisen die anstehenden Decklehme eine unterschiedliche, in der Regel mittlere Tragfähigkeit auf. Die Eifelschotter weisen generell eine höhere Tragfähigkeit auf. Aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzung weist diese allerdings ebenfalls größere Schwankungen auf.

Um eine einheitliche Bettung zu gewährleisten, muss im Niveau der Lehme generell eine mindestens 0,30 m dicke Tragschicht aus einem verdichtungsfähigen Mineralgemisch (z.B. Splitt oder Kiessand) eingebaut und verdichtet werden. Soll die Tragschicht auch als „untere Bettungsschicht“ genutzt werden, so sollte das Größtkorn gem. DIN EN 1610 einen Korndurchmesser von 22 mm (bei DN < 200) bzw. 40 mm (bei DN > 200 bis DN < 600) nicht überschreiten. Es ist in jedem Fall eine Kornabstufung zu wählen, die

gegenüber dem anstehenden Boden (Grabensohle/Wand) und der Kanalgrabenverfüllung filterstabil ist. Da je-doch mit den üblichen Lieferkörnungen eine filterstabile Ausbildung nur schwierig einzuhalten ist, empfehlen wir, die Tragschicht durch ein Filtervlies (mind. GRK 4 entspr. Merkblatt für die Anwendung von Geotextilien im Erdbau) vom anstehenden Boden und der Kanalgrabenverfüllung zu trennen.

Alternativ kann unter Beachtung der DIN EN 1610 eine untere Bettung aus hydraulisch gebundenem Material eingebracht werden.

Treten in der Aushubsohle aufgeweichte Böden an, so müssen diese vollständig entfernt und durch ein verdichtungsfähiges Mineralgemisch bzw. hydraulisch gebunden Baustoffe ersetzt werden.

4.2.2 Schachtbauwerke

Die Schachtbauwerke reichen mehrere Dezimeter unter die Kanalsohle. Unter der Schachtsohle muss in Bezug auf die Tragschicht, wie unter Punkt 4.2.1 beschrieben verfahren werden.

Wird entsprechend verfahren, so können zur Vorbemessung von Schachtbauwerken bis 2,5 m Durchmesser in dem o.g. Niveau bei der Berechnung über die Bettungsziffer für die Deckschichten 10 MN/m^3 und für die Eifelschotter 20 MN/m^3 angesetzt werden. Die Setzungen werden dann 2 cm betragen und die Setzungsunterschiede 1,5 cm nicht überschreiten. Da die Lasten im Bereich der Schächte allerdings geringer sein dürften, werden die Setzungen die o.g. genannten maximalen Beträge nicht erreichen.

Treten in der Gründungssohle aufgeweichte Bereiche auf, so sind diese vollständig durch ein verdichtungsfähiges Material bzw. Magerbeton zu ersetzen.

4.2.3 Kanalstatik

Bei der statischen Berechnung der Kanäle entspr. ATV-Regelwerk A 127 müssen unterschiedliche Verformungsmoduli E_1 bis E_4 angesetzt werden.

Bei einer offenen Bauweise sind die Verformungsmoduli E_1 bzw. E_2 von der Kanalgra-

benverfüllung abhängig. Dabei sind das verwendete Material sowie die den Überschüttungsbedingungen und Einbettungsbedingungen entsprechenden Verdichtungsgrade zu berücksichtigen.

Für den neben dem Graben anstehenden Boden ist - in Abhängigkeit vom jeweiligen Bodenaufbau - ein unterschiedlicher Verformungsmodul E_3 bzw. E_4 anzusetzen. Die hier auftretenden Bodenarten können dem Abschnitt 3.3 entnommen werden. Die Verformungsmoduln E_3 und E_4 (= anstehender Boden) nach ATV A 127 können aus der unter Kap. 3.3 angegebenen Steifeziffer nach folgender Beziehung abgeleitet werden: Steifeziffer $\times 0,75 \approx$ Verformungsmodul E_3 bzw. E_4 .

Für die Berechnung der Rohrstatik ist der Ansatz von günstigen Einbaubedingungen grundsätzlich problematisch. Wenn hier keine entsprechende Qualitätssicherung erfolgt, sollten grundsätzlich für den Einbau nur Dammbedingungen angesetzt werden.

4.3 Außenflächen

Im Außenbereich der gepl. Bebauung werden voraussichtlich Fahr- und Parkflächen bzw. Lagerflächen vorgesehen. Da hier ein starker LKW-Verkehr zu erwarten ist, werden die Anforderungen an die Verkehrsflächen relativ hoch werden.

Genaue Höhenkoten für die Fahrbahnhöhen liegen uns zur Zeit noch nicht vor. Bei den weiteren Betrachtungen gehen wir davon aus, dass die OK gepl. Fahrbahn in etwa im Niveau des vorhandenen Geländes bzw. knapp oberhalb liegt. Damit liegen die Platumshöhen im Niveau der Deckschichten (Löß/Lößlehm).

Um Kosten einzusparen, sollten LKW- und PKW-Flächen so weit wie möglich voneinander getrennt werden.

4.3.1 Bemessung des frostsicheren Straßenoberbaus nach RStO 12

Nach Abschieben des etwa 0,30 m dicken humosen Oberbodens stehen im Erdplanum, wie oben beschrieben, die Deckschichten an, die bindig ausgebildet sind. Entsprechend handelt es sich um einen F 3-Boden gemäß ZTVE-StB 09. Dort, wo humose Schichten auftreten, die bis unter das Planum reichen, müssen diese in Abstimmung mit dem Gutachter entfernt werden.

Der frostsichere Straßenoberbau muss nach den RStO 2012 die in Tab. 10 aufgeführten Minstdicken für die entsprechenden Belastungsklassen aufweisen.

Tab. 10: Bemessung des frostsicheren Straßenaufbaus nach RStO-12

Frostempfindlichkeitsklasse n. ZTVE-StB 09	Dicke in [cm] bei Belastungsklasse		
	Bk 100 – Bk 10	Bk 3,2 – Bk 1,0	Bk 0,3
F 3	65	60	50

Das Bauvorhaben liegt nach RStO 12 in Frosteinwirkzone I. Weiterhin liegt der GW-Spiegel > 2 m unterhalb des Planums. Damit ergeben sich günstige Grundwasserverhältnisse. Weitere ggf. erforderliche Mehr- oder Minderdicken sind durch den Fachplaner gem. RStO 2012, Tab. 7 festzulegen und zu berücksichtigen.

Die nach den RStO 12 empfohlen Dicken für den frostsicheren Oberbau decken nach dem „Merkblatt zur Verhütung von Frostschäden an Straßen“ nur etwa 60 % der tatsächlichen Frosteindringtiefe ab. Das Risiko von Frostschäden wird aber durch die Einhaltung des in den ZTVE-StB 09 für wasserempfindliche Böden geforderten Quergefälles des Planums von 4 % bzw. 2,5 % (bei Bodenverbesserung) und eine ausreichende Entwässerung des Straßenkörpers erheblich reduziert.

4.3.2 Planum

4.3.2.1 Planum allgemein

Auf den im Planum anstehenden Deckschichten (Löß/Lößlehm) können nur unmittelbar nach Mutterbodenabtrag unter günstigen Witterungsverhältnissen E_{v2} -Werte von ca. 10 - 30 MN/m² erreicht werden. Erfahrungsgemäß kann der nach den ZTVE-StB 09 bzw. RStO 12 im Plattendruckversuch geforderte E_{v2} -Wert von mind. 45 MN/m² für das Erdplanum auch durch eine Nachverdichtung nicht erreicht werden.

Daher muss hier gem. den ZTVE-StB 09 eine Verstärkung der Oberbaus oder eine Bodenverbesserung mit einem geeigneten Bindemittel gem. dem „Merkblatt zur Bodenverbesserung mit Bindemitteln“ erfolgen.

4.3.3 Verstärkung des Straßenoberbaus

Kommt die Verstärkung des Straßenoberbaus zur Ausführung, so muss die tatsächlich erforderliche Dicke des Oberbaus zu Beginn der Baumaßnahme in Versuchsfeldern ermittelt und angepasst werden.

Für einen Bodenaustausch sollte zur Vorbemessung in Anlehnung an Untersuchungen von FLOSS (2011) eine Verstärkung des mineralischen Oberbaus um mind. 0,5 m Dicke vorgesehen werden, wobei sich unter ungünstigen Witterungsverhältnissen bzw. nach Bauweise/Belastungsklasse und verwendetem Material auch höhere Dicken ergeben können. Grundsätzlich sind beim Einbau von rolligen Böden (z.B. Kiessand) gegenüber gebrochenem Material (z.B. Schotter) größere Dicken notwendig. Zur Festlegung der tatsächlich erforderlichen Aufbaudicken müssen unmittelbar vor Baubeginn Versuchsfelder hergestellt werden, damit die während der Bauzeit herrschenden Witterungsverhältnisse sowie die vorgesehenen Baustoffe und Verdichtungsgeräte bei der Dimensionierung berücksichtigt werden können.

Zwischen Bodenaustausch/Tragschicht und anstehendem Boden ist ein Filtervlies (mind. GRK 4) einzubauen.

4.3.4 Bodenverbesserung

Nach unseren Erfahrungen ist die Bodenverbesserung mit Bindemittel wesentlich kostengünstiger (Einsparungen um bis zu 50 % gegenüber Bodenaustausch), da es hierbei im Gegensatz zur Verstärkung des Oberbaus zu keinem Mehraushub und zusätzlichen Entsorgungskosten sowie kein zusätzliches Material für den Bodenaustausch benötigt wird. Auch ist die Bodenverbesserung wesentlich schneller durchzuführen, es werden pro Tag mit einem Gerät ca. 4.000 – 6000 m² verbessert.

Nach einer qualifizierten Bodenverbesserung werden auf dem Planum die geforderten 45 MN/m² (E_{v2}-Wert) sicher erreicht und erfahrungsgemäß Werte über 60 MN/m² nachgewiesen. Damit ist der Einbau des Straßenoberbaus als unproblematisch anzusehen und es besteht eine hohe Planungssicherheit. Weiterhin wird bei einer Bodenverbesserung die Tragfähigkeit des Planums auf Dauer und damit die Lebensdauer der Straßen erhöht.

Erfolgt eine Verbesserung des im Planums anstehenden Bodens mit hydraulischen Bin-

demitteln, so kann für den verbesserten Boden das Planungsgefälle auf 2,5 % nach den ZTVE-StB 09 reduziert werden.

Die im Planum anstehenden Decklehme sind nach dem „Merkblatt für Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln“ (FGSV) generell für eine Bodenverbesserung geeignet, wobei dies nicht für humose Böden gilt. Diese können nur ggf. nach Durchführung von Zusatzmaßnahmen verbessert werden. Für die erforderliche Untersuchung zur Konditionierung des Bodens können wir Ihnen gerne kurzfristig ein Angebot unterbreiten. Für eine erfolgreiche Bodenverbesserung muss in jedem Falle eine Qualitätssicherung erfolgen, die neben der Eigenüberwachung auch Kontrollprüfungen umfassen muss. Im Rahmen der Baubegleitung muss die Kontrolle der Verdichtung, der Bindemittelzugabe usw. erfolgen.

5 Bauausführung

5.1 Aushub

Das beim Aushub anfallende Material gehört in die Bodenklassen 1 (z.T. aufgefüllter Mutterboden), 3 (nichtbindige Abschnitte der Auffüllung, nichtbindige Schotter) und 4 (bindige Bereiche der Auffüllung, Deckschichten, bindige Schotter). Zusätzlich können auch die Bodenklasse 6 (Schluffe und Tone mit fester Konsistenz) und die Bodenklasse 5 - 7 (Steinlagen in der Auffüllung, Steinlagen und Verkittungen in den Kiessanden) vorkommen. Durchnässen die bindigen Böden beim Aushub, so gehen sie in die Bodenklasse 2 über. Alle Angaben zu den Bodenklassen beziehen sich auf die DIN 18 300 - 2012.

Das Entfernen der vorhandenen Fahrbahndecken, alter Kanäle, Schächte usw. wird durch das Klassifizierungsschema der DIN 18 300 – 2012 nicht erfasst.

Angaben zu den Homogenbereichen können der Tab. 5 entnommen werden.

5.2 Aushubsohle

Die im Planum der geplanten Bauwerke, Außenflächen und Straßen anstehenden Lehme sind frost- und feuchtigkeitsempfindlich. Bei Zutritt von Wasser, Auffrieren und/oder Befahren mit Geräten weichen sie tiefgründig auf und lassen sich dann nicht mehr bearbeiten. Die Aushubarbeiten im Bereich der geplanten Bauwerke, Kanäle usw. müssen daher über Kopf erfolgen. Dies bedeutet, dass die Arbeiten mit einem Bagger durchgeführt werden müssen, der mit einem Löffel mit Schneide ausgerüstet sein muss. Dabei darf die Aushubsohle nicht befahren werden, d.h. die Arbeiten müssen rückschreitend erfolgen.

Großflächiger Bodenabtrag kann mit Kettenfahrzeugen erfolgen, wobei die Arbeiten allerdings nur bei entsprechenden Witterungsbedingungen ausgeführt werden können. Um oberflächige Auflockerungen zu beseitigen, muss die Fläche danach abgewalzt werden.

Alle Maßnahmen zum Schutz des Planums bzw. der Aushubsohle gegen Oberflächenwasser sind gemäß VOB unbedingt zu beachten.

5.3 Baustraßen

Aufgrund der vorliegenden Bodenverhältnisse müssen für die Dauer der Bauzeit zumindest in Teilbereichen entsprechende Baustraßen angelegt werden. Der Untergrund hat als F 3 (untergeordnet F 2) - Boden keine ausreichende Tragfähigkeit.

5.4 Wiederverfüllung

5.4.1 Wiederverfüllung allgemein

Die bindigen Bereiche der Deckschichten und der Lokalschotter lassen sich nicht ausreichend verdichten und sind zur Wiederverfüllung im Straßenbereich ohne weitere Maßnahmen (z.B. Bodenverbesserung) nicht geeignet.

Sie lassen sich allenfalls auf später unbelasteten Flächen aufbringen, in denen Sackungen in Kauf genommen werden können (z.B. Gärten, Grünflächen, Lärmschutzwälle usw.).

Die nichtbindigen Bereiche der Schotter können aus bodenmechanischer Sicht zur Wiederverfüllung (Hauptverfüllung) verwendet werden. Allerdings ist ein getrennter Aushub nicht immer möglich.

5.4.2 Wiederverfüllung Kanalgräben

Zur Verfüllung der Leitungszone dürfen gemäß DIN EN 1610 nur Baustoffe eingesetzt werden, für die hinsichtlich der einzuhaltenden Korngrößen die unter 4.2 genannten Anforderungen gelten.

Zum Verfüllen der Kanalgräben im Bereich der Hauptverfüllung ist im Straßenbereich i. d. R. ein gut verdichtbares Material (Verdichtbarkeitsklasse V1 nach ZTV-A-StB 97/06) zu verwenden. Die in den Bohrungen angetroffenen nichtbindigen Auffüllungen erfüllen diese Kriterien und können – aus bautechnischer Sicht - zur Wiederverfüllung in der Hauptverfüllung genutzt werden. Größere Steine und bindige Lagen sind ggf. auszusortieren. Das Material ist lagenweise einzubauen und mit geeignetem Gerät zu verdichten.

Generell sind die gemäß den derzeit gültigen ZTV-A-StB 09 geforderten Vorgehensweisen einzuhalten sowie die Verdichtungsgrade entspr. ZTV-A Tab. 2 bzw. 3 zu erreichen und nachzuweisen. Allerdings ist zu beachten, dass die Verdichtungsanforderun-

gen der ZTVE-StB 09 mit $D_{Pr}=97\%$ in der Hauptverfüllung problematisch sind. Gerade bei den im Rheinland häufig angelieferten Sanden und Kiesen führt das zu späteren Nachsackungen und entspr. Schäden in der Straße, da das Material noch nicht vollständig verdichtet ist. Wir empfehlen daher, mindestens 100 % der einfachen Proctordichte zu fordern.

Im oberen Bereich der Grabenverfüllung sind die Vorgaben der ZTVE-StB 09 bzw. der ZTVA-StB 97/06 hinsichtlich der Wiederherstellung des Straßenoberbaues einzuhalten.

Beim Einbau muss eine satte Verbindung zwischen der eingebrachten Kanalgrabenverfüllung und dem umgebenden Boden erreicht werden.

Um zu verhindern, dass im Zuge der Verdichtungsarbeiten Sackungen im Bereich vorhandener Kanal- und Leitungstrassen und damit verbunden Schäden im Straßen- und Gehwegsbereich sowie an der bestehenden Bebauung auftreten, darf der Einbau nur in dünnen Lagen (ca. 0,2 m) mit höchstens leichtem Verdichtungsgerät erfolgen. Ein Sackungsrisiko lässt sich in Zusammenhang mit den Verdichtungsarbeiten allerdings nicht ausschließen. Alternativ lässt sich daher die Wiederverfüllung der Kanalgräben auch mit anderen Verfahren (z.B. Einbau von Flüssigboden) durchführen.

5.5 Böschungen

Generell kann unter Beachtung der DIN 4124 in den Auffüllungen und den Schottern mit 45° , in den bindigen Deckschichten / untere Schluffe/Tone mit 60° geböschet werden. Im Bereich der Auffüllung können sich jedoch auch flachere Böschungswinkel einstellen. Problematisch sind vor allem alte Grabenverfüllungen. Sie haben eine geringere Scherfestigkeit als natürliche Böden, so dass sich beim Aushub sofort flachere Böschungen einstellen. Die o.g. Böschungswinkel gelten nur für Bodenmaterial im erdfeuchten Zustand.

Liegen die Böschungshöhen bei mehr als 5,0 m, so muss die Standsicherheit der Böschungen rechnerisch nachgewiesen werden. Dabei ergeben sich generell flachere Böschungen als oben angegeben. Oberhalb der Böschungsschulter müssen für Lasten wie z. B. Aushub, gelagertes Material, Baucontainer sowie für Fahrwege die nach DIN 4124 erforderlichen Abstände eingehalten werden. Die Böschungen müssen gegen Erosion durch Oberflächenwasser geschützt werden.

5.6 Verbau

Sollen die Kanalgräben zumindest teilweise verbaut werden, so können die für die Berechnungen erforderlichen Bodenkennwerte dem Abschnitt 3.4.6 entnommen werden.

Bei der Bemessung und konstruktiven Ausbildung des Verbaues sind die Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB) der „Deutschen Gesellschaft für Geotechnik“ zu berücksichtigen.

Dort, wo rollige Böden (Lokalschotter) vorhanden sind, können Verbauarten, die einen Voraushub erforderlich machen (z.B. Verbauboxen) nur dann eingesetzt werden, wenn der Voraushub auf max. 0,30 m reduziert bzw. entsprechend angepasst wird. Voraussetzung ist, dass entsprechend vorsichtig (= schmaler Löffel, geringe Aushubtiefen, Abstecken per Hand usw.) gearbeitet und die Höhe des Voraushubes jeweils der Bodenart angepasst wird. In den bindigen Deckschichten kann generell ein Verbau eingesetzt werden, der einen Voraushub erforderlich macht.

Problematisch ist die oben beschriebene Vorgehensweise allerdings dort, wo alte Kanalgrabenverfüllungen angeschnitten werden. Ihnen fehlt die Kohäsion der gewachsenen Böden. Zudem ist sie zumindest teilweise auch locker gelagert. Das hat zur Folge, dass bei Anschnitt der alten Auffüllung bzw. auch schon bei geringem Abstand zu dieser der Boden sofort herausrieselt. Hier ist kein Voraushub zulässig, da der Boden am Verbau in den Kanalgraben rutscht und dann entsprechende Sackungen eintreten.

Generell ist beim Einbringen des Verbaues darauf zu achten, dass in jedem Falle eine kraftschlüssige Verbindung zum anstehenden Erdreich sichergestellt ist. Auch beim Ziehen des Verbaues darf es zu keiner Störung des anstehenden Bodens oder der Verfüllung (Leitungszone u. Hauptverfüllung) kommen, die zu Sackungen führen können. Der lagenweise Rückbau muss mit den Verfüll- und Verdichtungsarbeiten einhergehen, wobei das Verfüllmaterial gegen den gewachsenen Boden zu verdichten ist. Der Verbau darf nur soweit zurückgebaut werden, wie er durch das Verfüllen entbehrlich geworden ist.

Grundsätzlich hat der AN dafür Sorge zu tragen, dass die eingesetzten Geräte den örtlichen Verhältnissen angepasst sind und an benachbarten Bauwerken keine Schäden eintreten können.

5.7 Wasserhaltung

Im Bereich der Deckschichten und bindigen Lokalschottern reicht die Durchlässigkeit des Untergrundes nicht aus, um evtl. auftretendes Schichtwasser sowie stärkere Oberflächenzuflüsse kurzfristig versickern zu lassen. Zulaufendes Wasser muss deshalb abgepumpt werden (offene Wasserhaltung), da die Baugruben und Gräben ansonsten zeitweise voll Wasser stehen werden und die Sohle aufweicht. Die Wasserhaltung muss auch während der Arbeitspausen (nachts, Wochenende) funktionstüchtig gehalten werden. Vernässte Flächen müssen vor der weiteren Bearbeitung trocken gelegt werden. Zur Ableitung des Wassers muss eine ausreichende Vorflut vorhanden sein. Weiterhin müssen aufgrund der vorhandenen Geländeneigung verhindert werden, dass Oberflächenwasser den Baugruben zulaufen kann (z.B. durch Verwallungen).

5.8 Abdichtung/Drainage

Bei der Planung einer Abdichtung muss nach DIN 18195 berücksichtigt werden, dass auf jeden Fall Bodenfeuchte auftritt. Weiterhin sind die im Planum anstehenden Böden z.T. bindig ausgebildet und weisen nur eine geringe Durchlässigkeit ($k_f < 10^{-4}$ m/s) auf. Daher muss damit gerechnet werden, dass sich versickerndes Oberflächen- und Sickerwasser zeitweise aufstauen kann. Bereichsweise bzw. temporär tritt Stau-/ Schichtwasser auf.

Eine Abdichtung der erdberührten Bauteile gegen Bodenfeuchte und nicht stauendes Sickerwasser nach Teil 4 der DIN 18195 ist aus den o.g. Gründen nur in Verbindung mit dem Einbau einer Drainage nach DIN 4095 ausreichend. Für das anfallende Drainwasser ist eine ausreichende und sichere Vorflut zu schaffen. Eine Versickerung in den Kies ist möglich, muss aber vor Ort überprüft werden. Alle unter die Drainage reichenden Bauteile (z.B. Pumpenschächte u.ä.) müssen wasserdicht und auftriebssicher ausgebildet werden. Falls Sie dies wünschen, kann eine Drainageplanung durch die Kühn Geoconsulting durchgeführt werden.

Kann oder darf aus genehmigungstechnischen Gründen eine Drainage nach DIN 4095 und damit die o.g. Abdichtung nach Teil 4 der DIN 18195 nicht hergestellt werden, so kann alternativ nach Teil 6, Abs. 9, der DIN 18195 eine Abdichtung gegen zeitweise aufstauendes Sickerwasser (bei Einbautiefen bis max. 3 m) oder eine höherwertige Abdichtung bzw. eine entsprechende betontechnologische Ausbildung der erdberührten Bauteile erfolgen.

Bei der Herstellung eines wasserundurchlässigen Bauwerks aus Beton muss hier gem. der DAfStb-Richtlinie (1. Auflage 2006), Heft 555, die Beanspruchungsklasse 1 für zeitweise aufstauendes Sickerwasser (gem. Abs. 3.6.1) und Schichtwasser (gem. Abs. 3.6.2) berücksichtigt werden. Die Beanspruchungsklasse 2 kann nur für Bauteile angesetzt werden, auf die lediglich das feuchte Erdreich oder nichtstauendes Sickerwasser (gem. Abs. 3.19) einwirkt, was hier nur in Zusammenhang mit einer dauerhaft rückstaufreien Drainage nach DIN 4095 gegeben ist. Weiterhin sind bauseits bzw. durch den Fachplaner die Nutzungsklassen gem. Abs. 5.3 zu berücksichtigen.

Die die Gebäude umgebenden Flächen müssen mit Gegengefälle angelegt werden, damit der Zufluss von Oberflächenwasser zum Gebäude ausgeschlossen wird. Weiterhin müssen Lichtschächte einen ausreichenden Überstand über das Gelände aufweisen und für das Regenwasser eine ausreichende Ableitung sichergestellt werden.

6 Bewertung Bodenaushub

Im Bereich der geplanten Kanaltrasse wurde aufgefülltes Material (Straßenunterbau, Grabenverfüllungen, Geländeauffüllungen) erbohrt. Dabei wurden z.T. anthropogene Beimengungen wie Schlacken usw. festgestellt. Genaue Angaben im Hinblick auf die Deponierbarkeit/Wiederverwertung kann der Stellungnahme 2170032AL_S01 entnommen werden.

Weiterhin weisen Auffüllungen generell eine inhomogene, kleinräumig wechselnde Zusammensetzung auf. Sollte daher beim Aushub verunreinigtes Material auftreten, so ist dieses separat gesichert (z.B. in wasserdichten Containern) zu lagern. Für die weiteren erforderlichen Maßnahmen zur sachgerechten und kostenreduzierenden Behandlung der vorgefundenen Situation ist der Gutachter hinzuzuziehen. Die Aushubarbeiten sind dann jeweils zu unterbrechen, damit keine Folgeschäden verursacht werden.

7 Schlussbemerkung

Die im vorliegenden Gutachten getroffenen Aussagen beziehen sich nur auf die Einstufung des Bodens bezüglich seiner Eignung als Baugrund, ausschließlich einer Beurteilung evtl. auftretender umweltrelevanter Verschmutzungen.

Bei dem in den Profilen dargestellten Schichtgrenzen handelt es sich um einen interpolierten Verlauf. Da die Bohrungen nur punktuelle Aufschlüsse darstellen, sind Abweichungen vom dargestellten Verlauf möglich und zu erwarten.

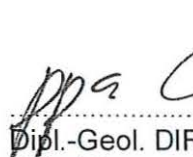
Werden die Planungen überarbeitet bzw. erfolgt eine Fortführung der Planungen, so muss der Gutachter benachrichtigt werden, damit ggf. notwendige Zusatzuntersuchungen durchgeführt und das Gutachten entsprechend überarbeitet und angepasst werden kann.

Die Angaben zu den Bodenklassen basieren auf der VOB 2012. Die Einteilung in Homogenbereiche nach VOB, Ergänzungsband 2015, erfolgte auf Grundlage der für das o.g. Baugrundgutachten durchgeführten Geländeuntersuchungen und Laborarbeiten. Da nach der VOB, Ergänzungsband 2015, hierfür ein höherer Untersuchungsaufwand vorgegeben ist, kann die Einteilung in Homogenbereiche nur näherungsweise erfolgen

In Bereichen mit unklaren bzw. problematischen Bodenverhältnissen sind die Aushubsohlen durch den Gutachter abzunehmen.

Bonn, den 04.05.2017

Kühn Geoconsulting GmbH

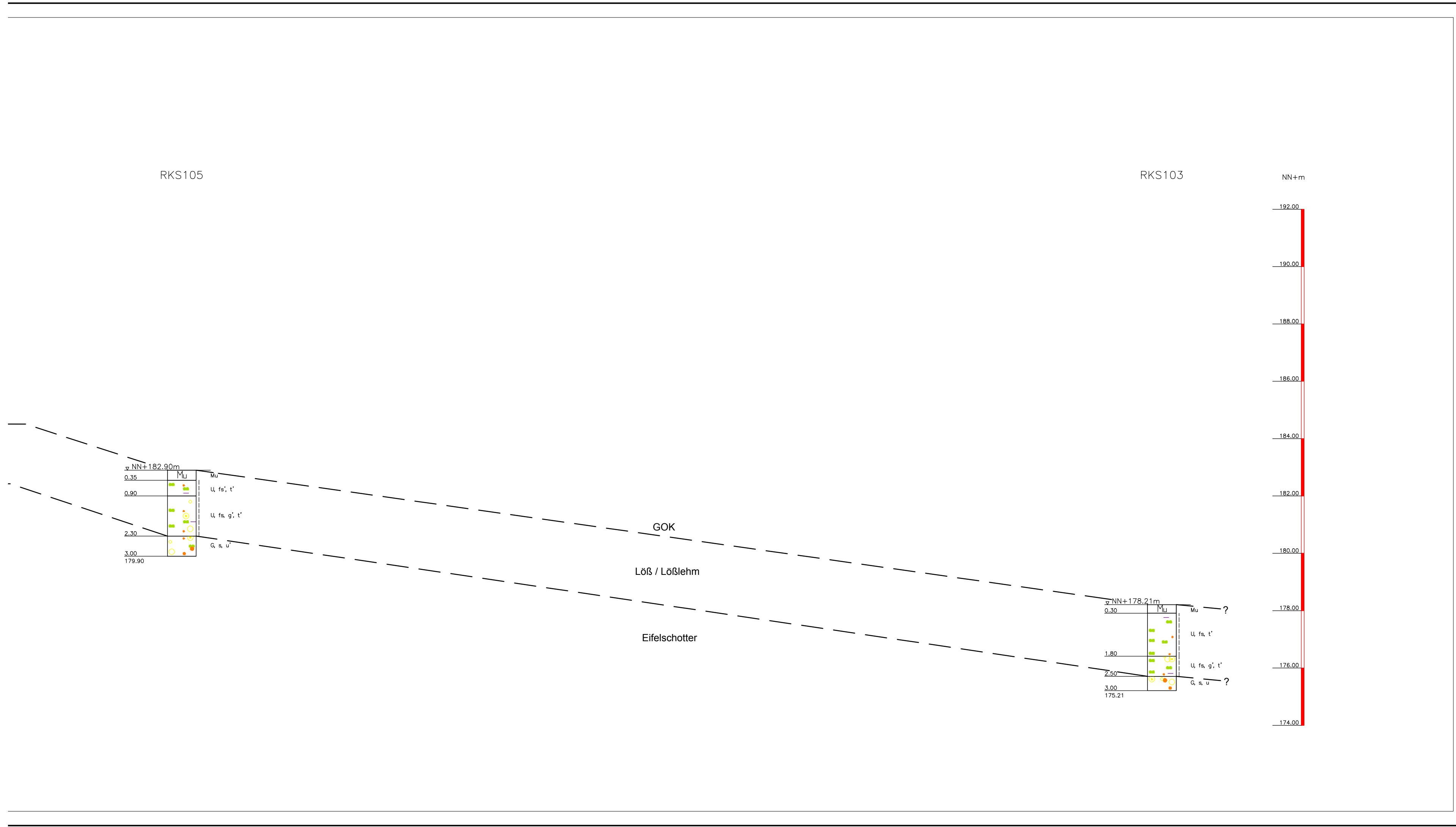

Dipl.-Geol. DIRK BLUME
Prokurist




Dipl.-Geol. THOMAS QUIRAM
Fachbereichsleiter/Baugrundgutachter

- Anlagen:
1. Lageplan
 2. Bohrprofile (aktuelle Profile)
Bohrprofile (aus Bericht 990353, 1. Bericht)
 3. Versickerungsversuche

Ø WFEG Rheinbach 3 x per Post, 1 mal per E-Mail



Zeichenerklärung nach DIN 4023

Bodenarten nach DIN EN ISO 14688-1		Felsarten nach DIN EN ISO 14689-1	
Mutterboden	Mu	Fels, allgemein	Z
Auffüllung	A	Fels, verwittert	Zv
Ton	t	Kongl., Brekzie	Gst
Schluff	u	Sandstein	Sst
Sand	s	Feinsandstein	fsst
Kies	g	Schluffstein	ust
Steine	x	Tonstein	tst
Blöcke	y	Mergelstein	mt
Lehm	l	Kalkstein	kat
Mude	o	Granit	gr
Torf	h	Basalt	ba
Braunkohle	bk	Tuff	tu
		Klüftung	klü
			klüf
			stark klüf
		Grundwasser angebohrt	
		Grundwasser nach Bohrende	
		Ruhewasserstand	
		Schichtwasser	
		Grundwasseranstieg	
		Grundwasser, versickert	
		k _r -Wert-Bestimmung	
		Sonderprobe	
		Wassergehalt	
		Glühverlust	
		kein Bohrfortschritt	KBF
		kein Rammfortschritt	KRF

Anlage 21

D			
C			
B			
A			
INDEX	Art der Änderung	Datum	Name
Projekt / Bauvorhaben: Erschließungsgebiet Am Wolbersacker, Rheinbach			
Auftraggeber / Bauherr: WFE Marie-Curie-Straße 1 53359 Rheinbach			
Planverfasser: KÜHN Geoconsulting GmbH Auf der Kaiserfuhr 39 D-53127 Bonn			
Planbenennung: Profil 1		Tel.: +49 228 98972-0 Fax.: +49 228 98972-11 www.geoconsulting.de	
Anmerkungen: Alle Maße und Höhenangaben sind vor Baubeginn verantwortlich zu überprüfen. Alle Höhen nach Baunivellement, kein Vermesseraufmaß.		Gutachten / Planungsstand: Baugrund G01 Plan erstellt nach Vorlagen von:	
Bearbeitung:	T. Quiram	Planname:	2170032_BG_G01_A2.1
Zeichnung:	J. Latus	Plangröße:	1302 x 297
Projekt-Nr.:	2170032	Maßstab:	Breite: 1/1000, Höhe: 1/100
		Datum:	03.05.2017
		Anlage:	2.1

Zeichenerklärung nach DIN 4023

Bodenarten nach DIN EN ISO 14688-1

Mutterboden		Mu	Mu	
Auffüllung		A	A	
Ton	tonig	T	t	
Schluff	schluffig	U	u	
Sand	sandig	S	s	
Kies	kiesig	G	g	
Steine	steinig	X	x	
Blöcke	mit Blöcken	Y	y	
Lehm	lehmig	L	l	
Mudde	organisch	F	o	
Torf	humos	H	h	
Braunkohle	mit Braunkohle-einschlüssen	Bk	bk	

Korngrößen

fein	f
mittel	m
grob	g

Nebenanteile

schwach (<15%)	'
stark (ca. 30-40%)	'

Konsistenz

breig	brg
weich	wch
steif	stf
halbfest	hfst
fest	fst

Feuchtigkeit

nass	f
------	---

Schichtgrenzen, interpoliert

Rammsondierung nach DIN EN ISO 22476

Schlagzahlen für 10 cm Eindringtiefe			
	DPL	DPM	DPH
Spitzendurchmesser	3,57 cm	4,37 cm	4,37 cm
Spitzenquerschnitt	10,00 cm ²	15,00 cm ²	15,00 cm ²
Gestängeldurchmesser	2,20 cm	3,20 cm	3,20 cm
Rammstängengewicht	10,00 kg	30,00 kg	50,00 kg
Fallhöhe	50,00 cm	50,00 cm	50,00 cm

Felsarten nach DIN EN ISO 14689-1

Fels, allgemein	Z	
Fels, verwittert	Zv	
Kongl., Brekzie	Gst	
Sandstein	Sst	
Schluffstein	Ust	
Tonstein	Tst	
Mergelstein	Mst	
Kalkstein	Kst	
Granit	Gr	
Basalt	Ba	
Tuff	Tu	

Klüftung

klü	klüf	klüf
klüf	klüf	klüf

Grundwasser angebohrt

Grundwasser nach Bohrende	
Ruhewasserstand	

Schichtwasser

Grundwasseranstieg	
Grundwasser, versickert	

k_r-Wert-Bestimmung

k _r -Wert-Bestimmung	
---------------------------------	--

Sonderprobe

Wassergehalt

Glühverlust

kein Bohrfortschritt

kein Rammfortschritt

KBF

KRF

D

C

B

A

INDEX

Art der Änderung

Datum

Name

Projekt / Bauvorhaben:

Erschließungsgebiet

Am Wolbersacker, Rheinbach

Auftraggeber / Bauherr:

WFEG

Marie-Curie-Straße 1

53359 Rheinbach

Planverfasser:

KÜHN Geoconsulting GmbH

Auf der Kaiserfuhr 39

D-53127 Bonn

Planbenennung:

Profil 2

Anmerkungen:

Alle Maße und Höhenangaben sind vor Baubeginn

verantwortlich zu überprüfen. Alle Höhen nach

Bauinvallement, kein Vermesseraufmaß.

Plan erstellt nach Vorlagen von:

Bearbeitung:

Zeichnung:

Projekt-Nr.:

Planname:

Plangröße:

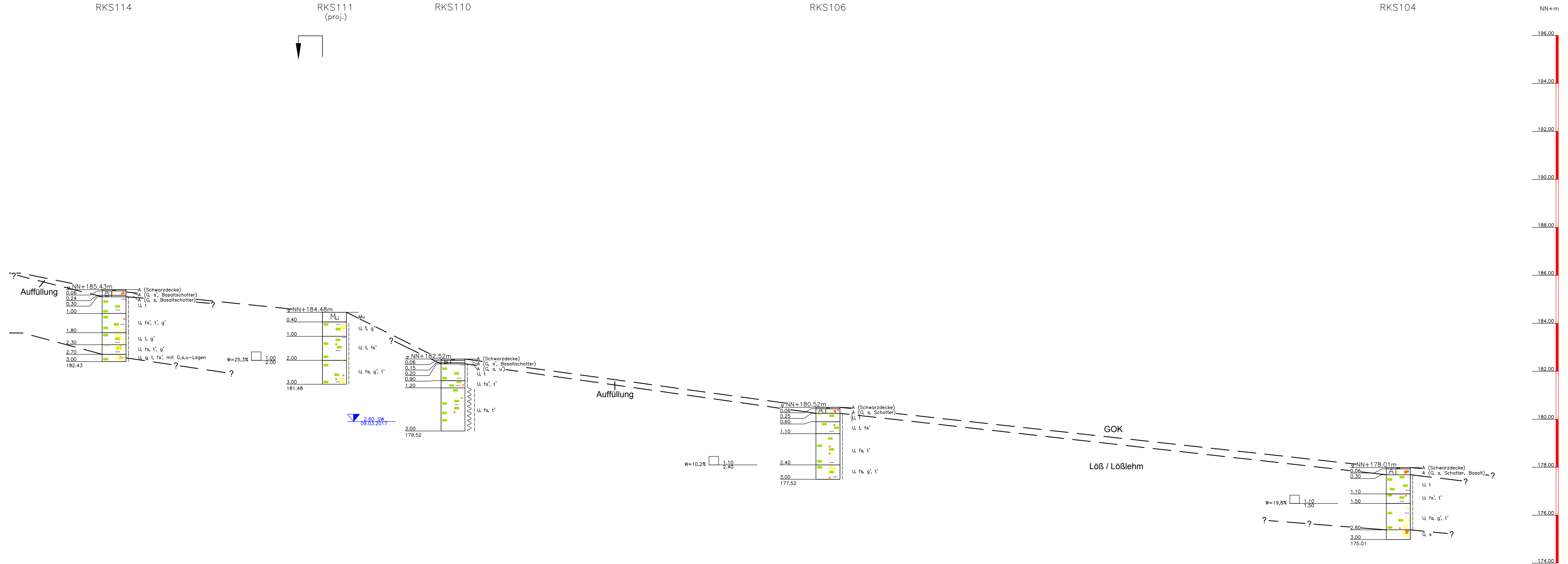
Breite: 1/1000, Höhe: 1/100

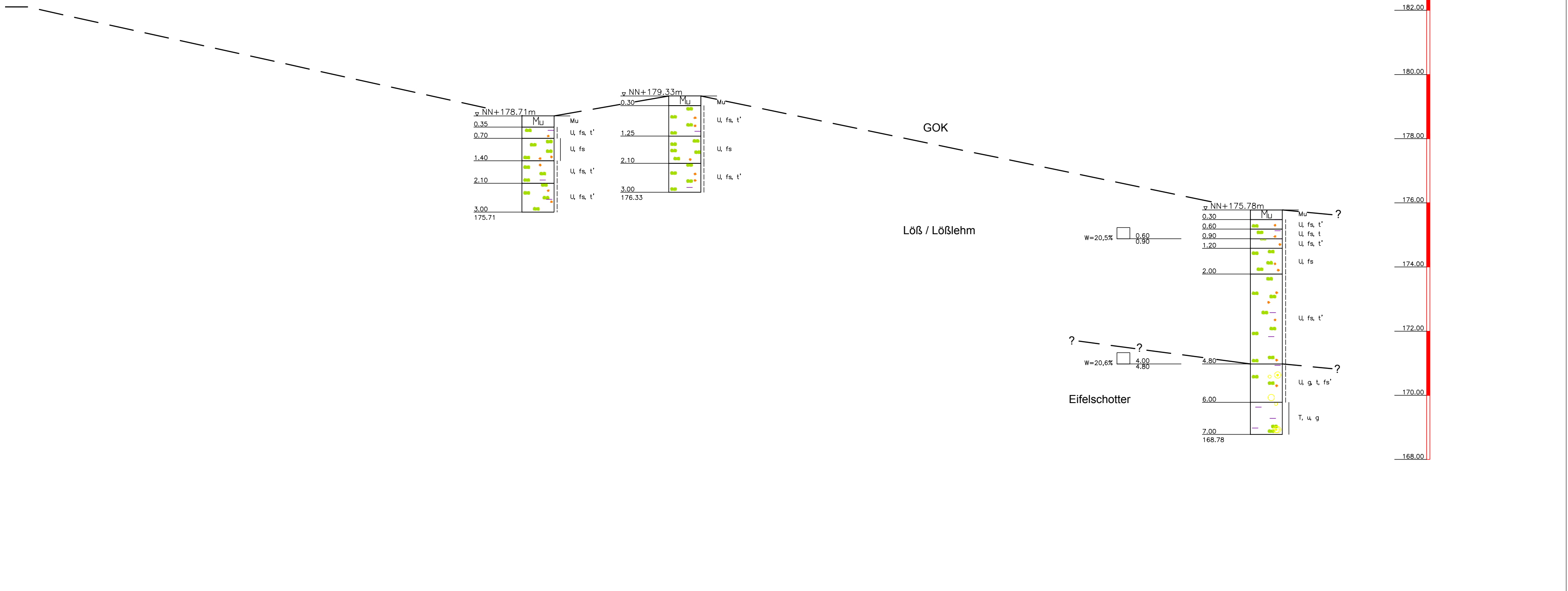
Anlage:

Datum:

2.2

2170032_BG_G01_01.dwg





D					
C					
B					
A					
INDEX	Art der Änderung		Datum	Name	
Projekt / Bauvorhaben: Erschließungsgebiet Am Wolbersacker, Rheinbach					
Auftraggeber / Bauherr: WFGG Marie-Curie-Straße 1 53359 Rheinbach					
Planverfasser: KÜHN Geoconsulting GmbH Auf der Kaiserfuhr 39 D-53127 Bonn					
Planbenennung: Profil 3		Tel.: +49 228 98972-0 Fax.: +49 228 98972-11  www.geoconsulting.de			
Anmerkungen: Alle Maße und Höhenangaben sind vor Baubeginn verantwortlich zu überprüfen. Alle Höhen nach Bauinvallement, kein Vermesseraufmaß.		Gutachten / Planungsstand: Baugrund G01 Plan erstellt nach Vorlagen von:			
Bearbeitung:	T. Quiram	Planname:	2170032_BG_G01_A2.3	Datum:	03.05.2017
Zeichnung:	J. Latus	Plangröße:	1280 x 375	Anlage:	2.3
Projekt-Nr.:	2170032	Maßstab:	Breite: 1/1000, Höhe: 1/100		