

**Erschließung des Baugebiets “Fuchsbühl“ in Aichwald-Schanbach**

**Erkundung der Untergrundverhältnisse**

**Geotechnisches Gutachten**

**Auftraggeber:**       **KBB GmbH**  
                              **Kommunalberatung**  
                              **Infrastrukturentwicklung**  
                              **Boschstraße 10**

**73734 Esslingen**

**Projektnummer:**    **17 E 071**

---

Reutlingen, den 23.04.2018

## INHALTSVERZEICHNIS

1. Vorbemerkungen.....	4
2. Lage und allgemeine geologische Verhältnisse .....	4
3. Durchgeführte Untersuchungen.....	5
4. Untersuchungsergebnisse .....	7
4.1 Schichtaufbau des Untergrundes .....	7
4.2 Hydrogeologische Verhältnisse .....	9
4.3 Bodenmechanische Laborversuche .....	10
4.4 Homogenbereiche nach VOB/C .....	11
5. Tragfähigkeit des Untergrundes .....	14
6. Hinweise zum Leitungstiefbau / Kanalbau.....	14
6.1 Aushub von Leitungsräben .....	14
6.2 Rohrauf Lagerung .....	15
6.3 Angaben zur Grabenverfüllung.....	16
7. Hinweise für den Straßenbau .....	17
8. Versickerung von Niederschlagswasser.....	19
9. Abfalltechnische Bewertung .....	20
9.1 Asphaltmaterial .....	20
9.2 Aushubmaterial .....	21
10. Bodenmechanische Kennwerte für Erdstatische Berechnungen.....	21
11. Hinweise zum Wiedereinbau von Bodenmaterial.....	21
12. Schlussbemerkungen .....	23

## ABBILDUNGS- und TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 3.1:	Zusammenstellung der Bodenmischproben und Untersuchungsumfang .....	6
Tab. 4.1:	Tiefenlage der Grenze Auffüllungen / Lößlehm.....	7
Tab. 4.2:	Tiefenlage der Grenze Löß bzw. Lößlehm / Verwitterungslehm (Lias $\alpha$ ) und Verwitterungslehm / Angulatschichten .....	9
Tab. 4.3:	Wassereintritte in den Bohrungen .....	10
Tab. 4.4:	Kennwerte Konsistenzgrenzen (Fließ- und Ausrollgrenze nach DIN 18 122).....	11
Tab. 4.5:	Homogenbereiche.....	12
Abb. 6 1:	Bettung Typ 1 (nach DIN EN 1610, Bild 3).....	16
Tab. 9.1:	Analysenergebnisse Asphaltproben und Zuordnung nach UVM .....	20
Tab. 10.1:	Bodenmechanische Kennwerte .....	21

## ANLAGEN

- Anlage 1: Übersichtslageplan, Maßstab 1:25.000
- Anlage 2: Lage der Rammkernsondierungen und Bohrungen im Maßstab 1 : 1.000
- Anlage 3.1: Bohrprofile der Rammkernsondierungen
- Anlage 3.2: Bohrprofile der großkalibrigen Bohrungen B 1 bis B 3
- Anlage 4: Beschreibung und Fotodokumentation der Asphaltbohrkerne
- Anlage 5: Ergebnisse der Bodenmechanischen Laborversuche
- Anlage 6.1: Längsschnitt Nord mit schematischem geologischen Profil und Homogenbereichen nach VOB/C
- Anlage 6.2: Längsschnitt Süd mit schematischem geologischen Profil und Homogenbereichen nach VOB/C
- Anlage 7: Analysenergebnisse, BVU GmbH, Markt Rettenbach
- Anlage 8: Auswertung Kurzpumptest (Grundwassermessstelle B 1)

## 1. Vorbemerkungen

Die Gemeinde Aichwald plant die Erschließung des Baugebiets "Fuchsbühl" in Aichwald-Schanbach. Für die Planung der Erschließungs- und Tiefbaumaßnahmen waren die Untergrundverhältnisse zu erkunden und eine Beurteilung im Hinblick auf die Erschließung und Bebauung vorzunehmen.

Die geoplan GmbH wurde auf Grundlage des Angebotes mit der Nummer 17 E 071 vom 23.10.2017 mit der Durchführung der notwendigen Erkundungsmaßnahmen beauftragt. Zur Bearbeitung standen folgende Planunterlagen zur Verfügung:

- Schreiben 16099: Anforderungen für die Angaben zu Geologie, Baugrund, Leitungstiefbau und Straßenbau, Fritz-Spieth GmbH, mit Datum vom 29.09.2017
- Lageplan Erschließungsgebiet Fuchsbühl mit Untersuchungspunkten und den erforderlichen Erkundungstiefen, Fritz-Spieth GmbH, Maßstab 1:500 im pdf-Format
- Lageplan Erschließungsgebiet Fuchsbühl, Maßstab 1:500 im dwg-Format (CAD)
- Längsschnitte der Kanalabschnitte Nord und Süd, Maßstab 1:1.000 im dwg-Format (CAD)

Anhand dieser Unterlagen und aufbauend auf den Ergebnissen aus den durchgeführten Rammkernsondierungen und Bohrungen wurde der vorliegende Bericht erstellt.

## 2. Lage und allgemeine geologische Verhältnisse

Das geplante Baugebiet befindet sich in der Gemeinde Aichwald, im Teilort Schanbach, ca. 4,5 km nordwestlich des Stadtzentrums von Esslingen (siehe Anlage 1). Das Baugebiet Fuchsbühl, das die Flurstücke 664 bis 685 umfasst, liegt am östlichen Ortsrand von Schanbach, direkt an der Kreisstraße K 1212, die von Schanbach nach Krummenhardt führt. Westlich der Untersuchungsfläche schließen sich Parkplätze, ein Jugendhaus sowie mehrere Schulgebäude an. Die Umgebung nördlich, östlich und südlich des Areals ist durch landwirtschaftlich genutzte Flächen geprägt. Das Untersuchungsgebiet weist ein Gefälle in südwestlicher Richtung auf und fällt dabei von einer Höhenlage von 470 m ü. NN im Nordosten auf ca. 463 m ü. NN im Südwesten ab.

Nach der Geologischen Karte von Baden-Württemberg, Blatt 7222 Plochingen wird der Untergrund am Standort durch quartäre, natürlich anstehenden Lößlehm- und Lößschichten aufgebaut. Dabei handelt es sich um verschieden mächtige Decken von Verwitterungs- und Gehängelehme mit Lößbeimengungen bzw. Lößlehm. Die Lehmdecken sind teilweise auch das Ergebnis tiefgründiger

Verwitterung der unterlagernden Lias-Schichten, wobei oft nicht sicher zwischen Verwitterungslehm und Lößlehm unterschieden werden kann.

Unter den Lößlehmern folgen die Schichten des unteren Lias  $\alpha$  (Angulaten-Schichten, Lias  $\alpha_2$ ). Dabei handelt es sich im oberen Teil um Tonmergel mit Sandstein- und Kalksandsteinbänken, im mittleren Abschnitt dominieren dicke Sandsteinbänke und zur Tiefe hin graue, blättrige Tonmergel mit Kalk- und Kalksandsteinbänken. Die Schichten des Lias  $\alpha$  können auf Klüften Grundwasser führen.

### **3. Durchgeführte Untersuchungen**

Zur direkten Erkundung des Untergrundes wurden durch die geoplan GmbH im Zeitraum zwischen dem 19.12.2017 und dem 05.04.2018 im Untersuchungsgebiet insgesamt 15 Sondierbohrungen (RKS 1 bis RKS 6, RKS 8 bis RKS 9 und RKS 11 bis RKS 18) bis in Tiefen zwischen 1,0 m und 3,6 m u. GOK (unter Geländeoberkante) niedergebracht. Am 04.04.2018 und 05.04.2018 kamen außerdem drei großkalibrige Bohrungen durch die Goller-Bohrtechnik zur Ausführung, die bis in jeweils 6,0 m Tiefe reichten. Dabei wurde eine dieser Bohrungen zur temporären 2"-Grundwassermessstelle (B 1) ausgebaut. Am 12.04.2018 kam in dieser 2"-Grundwassermessstelle eine halbstündige Pumpmaßnahme mit Wiederanstiegsmessungen zur Abschätzung der Grundwasserergiebigkeit zur Ausführung.

Die in den Rammkernsondierungen angetroffenen Schichten wurden geologisch und bodenmechanisch klassifiziert und aufgenommen. Die Bohrprofile sind den Anlagen 3.1 und 3.2 zu entnehmen.

Aus dem geförderten Bohrgut wurden meterweise Bodenproben entnommen. An drei repräsentativen Bodenproben (RKS 2 B 1,0-1,7, RKS 6 B 0,7-1,6 und RKS 9 B 0,6-1,8) wurden im Labor bodenmechanische Untersuchungen (Konsistenzgrenzen nach DIN 18 122 T1) durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Laborversuche wurden zur genaueren Klassifizierung der Böden hinsichtlich der Einteilung in Homogenbereiche (siehe Kap. 4.4) sowie zur Festlegung der Bodenkennwerte (siehe Kap. 10) herangezogen.

An den Bohransatzpunkten der Sondierbohrungen RKS 2, RKS 3 und RKS 12, die im Fahrbahnbereich der Krummenhardter Straße niedergebracht wurden, kamen Asphaltprobenahmen mittels Kernbohrgerät zur Ausführung. Eine weitere Asphaltprobe BK 3 wurde außerdem im Bereich der Parkplätze zwischen den Sondierpunkten RKS 1 und RKS 2 entnommen. Dabei sollte geklärt werden, inwieweit die Schwarzdecken im Bereich der neu geplanten Kanaltrassen teerhaltig sind und eventuell einer gesonderten Verwertung/Entsorgung zugeführt werden müssen. Die Beschreibung der Asphaltbohrkerne und eine entsprechende Fotodokumentation sind in der Anlage 4 beigefügt. Zur Klärung, ob das bei den geplanten Tiefbaumaßnahmen anfallende Aushubmaterial möglicher-

weise einer gesonderten Verwertung/Entsorgung zuzuführen ist, wurden Bodenmischproben aus Einzelproben der Sondierbohrungen zusammengestellt. Dabei wurde zwischen dem künstlichen Auffüllmaterial und den natürlich anstehenden Böden unterschieden. Bei den natürlichen Böden wurde außerdem zwei Bodenmischproben für den nördlichen und südlichen Teil der geplanten Kanaltrasse sowie eine weitere Bodenmischprobe für die geplanten Retentionsflächen, Mulden und Erdwälle der Ortsumrandung gebildet. Insgesamt wurden 4 Bodenmischproben zur laboranalytischen Untersuchung auf die Parameter nach der VwV Boden<sup>1</sup> erstellt. Die Zusammenstellung der Bodenmischproben geht aus der Tabelle 3.1 hervor.

Tab. 3.1: Zusammenstellung der Bodenmischproben und Untersuchungsumfang

Probenbez.	Probenart	Zusammenstellung Mischproben	Untersuchungsparameter
RKS 1 RKS 2 RKS 12 BK 3	E (Asphalt) E (Asphalt) E (Asphalt) E (Asphalt)	-	PAK PAK PAK PAK
MP-Au	MP (Auffüllung)	RKS 2 B 0,2-0,8, RKS 3 B 0,2-0,8, RKS 12 B 0,2-0,8 und B 1/0,1-0,5	VwV Boden
MP-Kanal-Nord	MP (Boden)	RKS 3 B 1,2-2,2, RKS 3 B 2,3-3,0, RKS 4 B 0,5-1,0, RKS 4 B 1,0-1,4, RKS 4 B 2,2-2,7, RKS 5 B 0,2-0,7, RKS 5 B 1,3-2,0, RKS 5 B 2,2-2,8, RKS 6 B 0,2-0,7, RKS 6 B 1,6-2,0, RKS 8 B 0,3-1,1, RKS 8 B 1,1-2,0, B 3 / 0,3-1,0, B 3 / 1,5-2,0, B 3 / 2,0-2,7, B 3 / 3,5-4,0, B 3 / 4,0-4,9 und B 3 / 5,1-6,0	VwV Boden
MP-Kanal-Süd	MP (Boden)	RKS 1 B 0,5-1,0, RKS 1 B 1,1-1,8, RKS 1 B 1,9-2,6, RKS 1 B 2,7-3,1, RKS 1 B 3,4-3,6, RKS 2 B 2,4-2,8, RKS 12 B 1,0-2,0, RKS 12 B 2,0-2,7, RKS 9 B 0,2-0,6, RKS 9 B 1,9-2,5, RKS 11 B 0,4-1,0, RKS 11 B 1,1-1,7, RKS 11 B 2,3-2,7, B 1/0,1-0,5, B 1/0,6-0,9, B 1/1,1-2,0, B 1/ 2,3-3,0, B 1/3,7-4,1, B 1 / 4,1-4,7, B 1 / 5,0-6,0, B 2/0,4-1,0, B 2/1,0-1,6, B 2/2,2-2,5, B 2/3,4-3,8, B 2/4,8-5,1, B 2/5,2-6,0	VwV Boden
MP-RWM	MP (Boden)	RKS 13 B 0,2-0,7, RKS 13 B 1,5-2,1, RKS 13 B 2,2-3,0, RKS 14 B 0,2-0,9, RKS 14 B 1,4-1,7, RKS 14 B 2,1-2,9, RKS 15 B 0,3-0,7, RKS 16 B 0,2-1,1, RKS 17 B 0,4-1,0 und RKS 18 B 0,4-1,5	VwV Boden

E = Einzelprobe, MP = Mischprobe

Die Lage aller Untersuchungspunkte ist aus dem Lageplan (Anlage 2) ersichtlich. Das Einmessen der Bohransatzpunkte nach Lage und Höhe erfolgte durch unser Büro. Als Bezugspunkt für das Höhennivellement diente der Schachtdeckel Nr 2/419 (464,86 m ü. NN) des bestehenden Kanals in der Kruppenhardter Straße.

<sup>1</sup> VwV Boden: „Verwaltungsvorschrift für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial“ vom 14.03.2007, Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg

## 4. Untersuchungsergebnisse

### 4.1 Schichtaufbau des Untergrundes

In den durchgeführten Bodenaufschlüssen wurde die nachfolgend beschriebene Schichtabfolge erschlossen:

#### Oberboden

Zuoberst wurde in den Rammkernsondierungen und Bohrungen, mit Ausnahme der Sondierungen RKS 2, RKS 3 und RKS 12, ein 0,1 m bis 0,4 m mächtiger, schwach humoser bis humoser, graubrauner Oberboden mit einer weichen Konsistenz angetroffen.

#### Künstliche Auffüllungen

In den Sondierungen RKS 2, RKS 3 und RKS 12 sowie in der Bohrung B 1 folgte unter einer 12 cm bis 14 cm mächtigen Asphaltdecke bzw. dem Oberboden in B 1 künstliches Auffüllmaterial. Dabei handelte es sich zuoberst um das körnige Unterbaumaterial der Straßenbefestigung, das in RKS 2, RKS 3 und RKS 12 bis in Tiefen zwischen 0,8 m und 0,9 m u. GOK reichte. Dieser sandige, steinige Kies wies eine mindestens mitteldichte, meist jedoch dichte bis sehr dichte Lagerung auf. Darunter folgte in RKS 3 bindiges Auffüllmaterial in Form eines feinsandigen, grauen Schluffes mit geringen Steinanteilen und einer steifen Konsistenz. In der Bohrung B 1 wurde bis in 0,5 m u. GOK ein dunkel- bis schwarzbrauner, stark kiesiger, sandiger Schluff mit Ziegel- und Kohleresten sowie Betonstücken erschlossen. Bis in 1,1 m u. GOK folgte ein sensorisch unauffälliger, toniger Schluff mit einzelnen Sandlagen. Nach dem Eindruck vor Ort beträgt der Anteil an mineralischen Fremdbestandteilen in der Auffüllung weniger als 10 Vol.%.

In der Tabelle 4.1 sind die Untergrenzen der künstlichen Auffüllungen in den Sondierbohrungen RKS 2, RKS 3, RKS 12 und der Bohrung B 1 dargestellt.

Tab. 4.1: Tiefenlage der Grenze Auffüllungen / Lößlehm

Auf- schluß-Nr.	NN-Höhe [m ü. NN]	Grenze künstliche Auffüllungen / Lößlehm	
		in m u. GOK	in m ü. NN
RKS 2	464,66	0,8	463,86
RKS 3	465,17	1,1	464,07
RKS 12	464,57	0,9	463,67
B 1	463,96	1,1	462,86

### Löß- und Lößlehme (Lö)

Unter dem Oberboden bzw. den künstlichen Auffüllungen in RKS 2, RKS 3, RKS 12 und B 1 folgten in den Bodenaufschlüssen die quartären Schichten des Löß bzw. Lößlehms. Dabei handelte es sich um hellbraune bis braunockerfarbene, feinsandige und tonige Schluffe sowie vereinzelt schluffige Tone. Die Lößlehme zeigten eine überwiegend weiche bis steife Konsistenz. In den Sondierbohrungen RKS 2 und RKS 13 bis RKS 15 traten jedoch auch Tone und Schluffe auf, die eine steife bis halbfeste Konsistenz aufwiesen. Dies bestätigte der Laborversuch mit der Probe RKS 2 B 1,0-1,7. Danach ist die untersuchte Bodenprobe nach DIN 18 196 der Gruppe TA (ausgeprägt plastische Tone) zuzuordnen (siehe Anlage 5). Die Ablagerungen der Lößlehme reichten bis in Tiefen zwischen 0,6 m und 2,0 m u. GOK.

### Verwitterungslehme (Lias $\alpha$ )

Unter dem Lößlehm wurden in Tiefen ab ca. 0,6 m bis ca. 2,0 m u. GOK die Verwitterungslehme des Lias  $\alpha$  aufgeschlossen. Diese setzten sich aus überwiegend orangebraunen bis rotbraunen und ockerfarbenen, schluffigen Tonen und feinsandigen Schluffen mit geringen Anteilen der Feinkies- und Sandfraktion zusammen, die eine halbfeste bis feste Konsistenz aufwiesen (ausgeprägt plastische Tone nach DIN 18 196, siehe Anlage 5). Zur Tiefe hin waren verstärkt Sandstein-, Tonstein- und Mergelstücke der unterlagernden Angulaten-Schichten festzustellen. Die Verwitterungslehme reichten in den durchgeführten Bodenaufschlüssen bis in Tiefen zwischen 1,6 m und maximal 3,2 m u. GOK.

### Angulaten-Sandstein (Lias $\alpha$ )

Im Liegenden der Löß- und Verwitterungslehme folgten in den Sondierungen und Bohrungen die Festgesteine des Lias  $\alpha$ . Dabei handelt es sich um feinkörnige, ockerfarbene Sandsteine, die eine Bankung im Bereich von 0,1 m bis 0,5 m aufweisen. In diese Sandsteine sind gelegentlich graue bis graubraune Tonmergel- und Tonsteine zwischengeschaltet. Die Sandsteine waren im oberen Bereich oft stark entfestigt, bzw. vollständig verwittert. Mit zunehmender Tiefe zeigte sich eine rasche Festigkeitszunahme bzw. Abnahme des Verwitterungsgrads. Dabei war in den Sondierbohrungen RKS 1 bis RKS 6, RKS 9 bis RKS 12 und RKS 14 bis RKS 15 in Tiefen zwischen 1,6 m und 3,2 m u. GOK aufgrund unterlagernder, fester Sandsteine kein weiterer Rammfortschritt mehr zu erzielen.

In der Tabelle 4.2 sind die Untergrenzen Lößlehm / Verwitterungslehm Lias  $\alpha$  sowie Verwitterungslehm/ Angulaten-schichten Lias  $\alpha$  dargestellt.



Tab. 4.2: Tiefenlage der Grenze Löß bzw. Lößlehm / Verwitterungslehm (Lias  $\alpha$ ) und Verwitterungslehm / Angulatenschichten

Aufschluß-Nr.	NN-Höhe [m ü. NN]	Grenze Lößlehm / Verwitterungslehm, Lias $\alpha$		Grenze Verwitterungslehm / Angulatenschichten	
		in m u. GOK	in m ü. NN	in m u. GOK	in m ü. NN
RKS 1	463,40	1,1	462,30	3,2	460,20
RKS 2	464,66	1,7	462,96	3,1	461,56
RKS 3	465,17	_*1	_*1	2,2	462,97
RKS 4	467,01	1,4	465,61	2,2	464,81
RKS 5	467,98	1,3	466,68	2,5	465,48
RKS 6	468,41	0,7	467,71	1,6	466,81
RKS 8	468,63	_*1	_*1	_*2	_*2
RKS 9	467,52	0,6	466,92	2,4	465,12
RKS 11	466,02	1,1	464,92	2,7	463,32
RKS 12	464,57	2,0	462,57	2,6	461,97
RKS 13	465,39	1,5	463,89	_*2	_*2
RKS 14	465,29	1,4	463,89	2,9	462,39
RKS 15	464,15	0,8	463,35	1,8	462,35
RKS 16	465,68	1,1	464,58	_*2	_*2
RKS 17	466,99	1,0	465,99	_*2	_*2
RKS 18	469,98	0,7	469,28	_*2	_*2
B 1	463,96	1,6	462,36	3,2	460,76
B 2	466,03	1,1	464,93	2,5	463,53
B 3	469,55	1,5	468,05	2,7	466,85

\_\*1 kein Lößlehm angetroffen

\_\*2 Untergrenze Lößlehm nicht erreicht

#### 4.2 Hydrogeologische Verhältnisse

Während der Aufschlussarbeiten wurde in keiner der Sondierbohrungen ein Wasserzutritt festgestellt. Bei den großkalibrigen Bohrungen, die jeweils bis in 6,0 m u. GOK reichten stellte sich nach Beendigung der Bohrarbeiten ein Wasserspiegel in Tiefen zwischen 5,5 m und 5,9 m u. GOK ein. Über Nacht war ein Anstieg des Wasserspiegels in B 1 und B 2 auf 4,18 m bzw. 2,10 m u. GOK festzustellen.

In der Tabelle 4.3 sind die entsprechenden Tiefen der Wasserzutritte und Ruhewasserstände dargestellt.

Tab. 4.3: Wasserzutritte in den Bohrungen

Aufschluss-Nr.	NN-Höhe [m ü. NN]	Wasserzutritt		Ruhewasserstand (am 05.04.2018)	
		in m u. GOK	in m ü. NN	in m u. GOK	in m ü. NN
B 1	463,96	5,93	458,03	4,18	459,78
B 2	466,03	5,50	460,53	2,10	463,93
B 3	469,55	5,10	464,45	-*3	-*3

-\*3 Bohrung direkt nach der Ausführung verschlossen

Demnach liegen im Untersuchungsgebiet gespannte Grundwasserverhältnisse vor. Der Druckwasserspiegel stieg nach Beendigung der Bohrarbeiten deutlich an. Somit ist bei einer Entfernung der Löß- und Verwitterungslehme im Zuge von Erdarbeiten aufgrund der fehlenden Abdichtung durch diese Sedimente mit Zutritt und Anstieg von Grundwasser in die Baugruben bzw. Kanalgräben zu rechnen. Die Messungen der Wasserstände während der kurzzeitigen Pumpmaßnahme sowie die Wiederanstiegsmessungen in der neu eingerichteten Grundwassermessstelle B 1 wurden nach dem Verfahren von THEIS (gespannter Aquifer) ausgewertet (siehe Anlage 8). Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass aufgrund des geringen Wasserandranges die Förderrate über die Dauer des Pumpversuchs nicht konstant gehalten werden konnte. Daher handelt es sich bei der nachfolgenden Transmissivitätsangabe um einen groben Näherungswert. Die Auswertung ergab eine Transmissivität von  $5,41 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  (siehe Anlage 8). Bei einer wassererfüllten Aquifermächtigkeit von ca. 1,8 m entspricht dies einem Durchlässigkeitsbeiwert von  $3,0 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ .

Angaben zu den höchstmöglichen Grundwasserständen liegen uns nicht vor und könnten nur über langjährige Pegelmessungen ermittelt werden

In Abhängigkeit von Jahreszeit und Witterungsverlauf muss zudem auch oberhalb des zusammenhängenden Grundwasserspiegels - insbesondere nach stärkeren Niederschlägen - mit gelegentlichen Schicht- und Sickerwasserführungen bzw. Staunässe gerechnet werden.

### 4.3 Bodenmechanische Laborversuche

Nach den durchgeführten Laborversuchen (siehe Anlage 5) sind sowohl die feinsandigen, tonigen Lößlehme, die in RKS 2 bis in 1,7 m Tiefe reichten, als auch die tonigen Schluffe der Verwitterungslehme (RKS 6 B 0,7-1,6 und RKS 9 B 0,6-1,8) entsprechend den Kriterien der DIN 18 196, in die

Bodengruppen TM (mittelplastische Tone) und TA (ausgeprägt plastische Tone) einzustufen.

Die bei den Versuchen (Ermittlung der Fließ- und Ausrollgrenze nach DIN 18 122) ermittelten Kennwerte sind der Tabelle 4.4 zu entnehmen. Die Kennwerte wurden außerdem zur Einstufung der Homogenbereiche VOB/C herangezogen (siehe Kap. 4.4).

Tab. 4.4: Kennwerte Konsistenzgrenzen (Fließ- und Ausrollgrenze nach DIN 18 122)

Probe	Einheit	Wasser- gehalt Wn [%]	Plasti- zitäts- zahl Ip	Kon- sistenz- zahl Ic	Zustands- form	Bodengruppe nach DIN 18 196
RKS 2 B 1,0-1,7	Löß/ Lößlehm	22,5	0,387	1,036	halbfest	TA
RKS 6 B 0,7-1,6	Verwitterungs- lehm	15,6	0,253	1,202	halbfest	TM
RKS 9 B 0,6-1,8	Verwitterungs- lehm	18,2	0,349	1,138	halbfest	TA

#### 4.4 Homogenbereiche nach VOB/C

Die untersuchten aufgefüllten Schichten wurden in Homogenbereiche nach der neuen VOB/C, August 2015, gegliedert und in den unten stehenden Tabellen dargestellt. Die Tabellen sind für die geplanten Bauleistungen nach ATV DIN 18 300 (Erdarbeiten) angegeben, die Kennwertlisten zur Klassifizierung von Homogenbereichen enthalten.

Zusätzlich werden noch die Bodenklassen der alten ATV DIN 18 300 angegeben. Gegenüber den stichprobenartig festgestellten Verhältnissen und deren Beschreibung in Kap. 4.1 sowie in der Anlage 3 wurden bei den Homogenbereichen zusätzliche Bodenarten, Bodengruppen und Korngrößenanteile hinzugefügt, deren Auftreten erfahrungsgemäß nicht ausgeschlossen werden kann. Beispielsweise ist mit einem gegenüber den beschriebenen Bohrkernen höheren Steinanteil und auch mit Blöcken in den aufgefüllten Schichten (Homogenbereiche A.1 und A.2) zu rechnen. Werte und Angaben, die in der Tabelle 4.6 in Klammern ( ) stehen, sind Eigenschaften, die unwahrscheinlicher sind und bei der Erkundung nicht gemessen oder beobachtet wurden.

Die aufgestellten Parameter der Homogenbereiche gelten nicht für die Fälle von witterungsbedingtem Aufweichen oder Frosteinwirkungen auf dem Erdplanum oder auf Zwischenlagern. Damit die Bodeneigenschaften, wie z.B. Konsistenz oder Feinkornanteil, wie am Herkunftsort erhalten bleiben, muss der Boden - z.B. durch das Abdecken von Haufwerken - gegen Witterungseinflüsse geschützt werden.

Tab. 4.5: Homogenbereiche

Homogenbereich	A.1	A.2
<b>Bodenart/Schicht</b>	<b>Auffüllung, körniger</b> Straßenunterbau, <10% Fremdstoffe	<b>Auffüllung, bindig,</b> <10% Fremdstoffe
Unterkante [m u. GOK]	0,80-0,90	0,30-1,10
Mächtigkeit [m]	0,65-0,75	0,30-1,00
Bodenarten DIN 4022/DIN EN ISO 14688	Kies, stark sandig, steinig (schluffig)	Schluff, stark sandig, kiesig, (tonig)
Farbe	beige, graubraun	braun / rotbraun / graubraun
Bodengruppe DIN18196	[GW], [GI], [SW], [SI], [GU], [Steine], [(Blöcke)]	[UL] [UM] [UA] [TA] [TM], [Steine] [(Blöcke)]
Bodenklasse alte DIN18300	4 (2,3,5)	4 (2,3,5)
Konsistenz	-----	weich-steif-(halbfest)
Lagerungsdichte	dicht, teilweise mitteldicht	-----
Ton-Anteil [Gew.%]	0-2	2-10
Schluff-Anteil [Gew.%]	0-20	2-50
Sand-Anteil [Gew.%]	20-30	10-40
Kies-Anteil [Gew.%]	60-80	0-30
Steine-Anteil [Gew.%]	0-30	0-10
Blöcke-Anteil [Gew.%]	0-5	0-5
Wichte [kN/m <sup>3</sup> ]	19,0-21,0	17,0-20,0
Undränierete Scherfestigkeit $c_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	-----	15-75
Plastizitätszahl $I_p$	-----	10-35
Organischer Anteil DIN 18128 [Gew.%]	<10,0	<10,0
Schadstoff-Einstufung VwV/DepV	Z 0 ( Z 1.1 - Z 1.2 - Z 2 / DK 0, DK 1)	
Verwertung/Entsorgung	Entsorgung oder Verwertung extern / eventuell Wiedereinbau	

Homogenbereich	B.1	B.2
<b>Gesteinsart</b>	<b>Löß- und Lößlehme</b>	<b>Verwitterungslehme</b>
Unterkante [m u. GOK]	0,60-2,00	1,60-3,20
Mächtigkeit [m]	0,50-1,70	0,60-2,00
Bodenarten DIN 4022/DIN EN ISO 14688	Schluff, kiesig, tonig, (sandig)	Schluff, tonig, kiesig, (steinig, sandig)
Farbe	braun / rotbraun / ocker	braun / rotbraun / ocker
Bodengruppe DIN18196	UL, UM, UA, TA, TM, GU, GU*, (Steine, Blöcke)	UM, UA, TA, TM, GU, GU*, Steine, (Blöcke)
Bodenklasse alte DIN18300	(2) 3,4 (5)	(2) 3, 4, 5
Konsistenz	weich-steif-(halbfest)	weich-steif-halbfest-(fest)
Lagerungsdichte	----	----
Ton-Anteil [Gew.%]	2-50	2-70
Schluff-Anteil [Gew.%]	2-70	2-70

Homogenbereich	B.1	B.2
Sand-Anteil [Gew.%]	2-40	2-40
Kies-Anteil [Gew.%]	0-50	0-50
Steine-Anteil [Gew.%]	0-20	0-30
Blöcke-Anteil [Gew.%]	0-5	0-15
Wichte [kN/m <sup>3</sup> ]	19,0-21,0	19,0-21,0
UndrÄnierte Scherfestigkeit c <sub>u</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	15-75	15-100
Plastizitätszahl I <sub>p</sub>	20-40	25-35
Organischer Anteil DIN 18128 [Gew.%]	<5,0	<5,0
Schadstoff-Einstufung VwV/DepV	Z 0 (Lehm/Schluff)	
Verwertung/Entsorgung	Entsorgung oder Verwertung extern / eventuell Wiedereinbau	

Homogenbereich	C
<b>Gesteinsart</b>	<b>Angulatenschichten</b>
Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1	Sandsteine, Schlufftonsteine, Tonsteine
Farbe	ocker, vereinzelt hellbraun
Bodenklasse alte DIN18300	(5),6,7
Dichte nach DIN EN ISO 17892-2 [g/cm <sup>3</sup> ]	2,0-2,7
Verwitterung und Veränderungen, Veränderlichkeit nach DIN EN ISO 14689-1	schwach veränderlich bis nicht veränderlich Verwitterungsgrad: zersetzt, entfestigt, stark bis mÄÄig verwittert
Einaxiale Druckfestigkeit [MPa]	5-200
TrennflÄchenrichtung, TrennflÄchenabstand, Gesteinskörperform DIN EN ISO 14689-1	Schichtfallen: sÖhliche Lagerung Fallwinkel: 0-10° TrennflÄchenabstand: Bankung ca. 50 bis 200 mm Gesteinskörper: tafelfÖrmig
Schadstoff-Einstufung VwV/DepV	Z 0 (Lehm/Schluff)
Verwertung/Entsorgung	Entsorgung oder Verwertung extern / eventuell Wiedereinbau

Die bindigen und kÖrnigen Auffüllungen wurden im Homogenbereich A, die quartÄren LÖß- bzw. LÖßlehme und die Verwitterungslehme des Lias  $\alpha$  wurden im Homogenbereich B zusammengefaßt. Dabei wurden jeweils 2 Teilbereiche (A.1, A.2 und B.1, B.2) unterschieden, um die spezifischen Eigenschaften der jeweiligen Schichten hervorzuheben. In der Praxis wird eine rÄumliche Trennung der LÖß- und Verwitterungslehme jedoch nicht mÖglich sein, da diese Schichten nicht scharf abgegrenzt sind, sondern ineinander übergangen.

In den Anlagen 6.1 und 6.2 sind die Bohrprofile der Kern- und Sondierbohrungen mit den entsprechenden Homogenbereichen nach VOB/C in zwei LÄngsschnitten fÖr den geplanten Kanal dargestellt.

## 5. Tragfähigkeit des Untergrundes

Die zuoberst erschlossenen künstlichen **Auffüllungen** sind, bedingt durch ihre inhomogene Zusammensetzung und der teilweise weichen Konsistenz bzw. der lockeren Lagerung in unterschiedlichem Maße zusammendrückbar. Auch unabhängig von äußeren Lasten können in künstlichen Auffüllmassen sog. Eigensetzungen auftreten, deren Ursachen in folgenden Vorgängen liegen können: Eigengewicht, Kornumlagerungsvorgänge, Veränderungen der Lagerungsdichte bei Erschütterungen bzw. Erdbeben und Schrumpfungen durch Austrocknung. Die künstlichen Auffüllungen sind deshalb als Lastabtragungshorizont nicht geeignet.

Die darunter folgenden Lößlehme (Lö) stellen einen generell zwar tragfähigen, jedoch relativ stark kompressiblen Boden dar. Allgemein ist die Kompressibilität eines bindigen Bodens umso größer, je höher seine Plastizitätszahl ( $I_p$ ) und sein natürlicher Wassergehalt ( $w_n$ ) bzw. je geringer seine Konsistenzzahl ( $I_c$ ) ist. Aufgrund der vorwiegend steifen, vereinzelt auch weichen Konsistenz dieser Böden sind diese in hohem Maße kompressibel und somit bei größeren Lasten zur Lastabtragung nicht geeignet.

Für die bindigen Verwitterungslehme des Lias  $\alpha$  gelten prinzipiell dieselben Überlegungen wie für die bindigen Lößlehme. Aber aufgrund der überwiegend halbfesten Konsistenz und der größeren Vorbelastung sind diese Böden geringer kompressibel und somit besser belastbar.

Die verwitterten, sandigen Mergeltonsteine und mürben Sandsteine des Angulatensandstein, „vollständig verwittert“ sind als relativ stark kompressibler Untergrund, vergleichbar mit den Verwitterungslehmen, einzustufen.

Die darunter folgenden festen, harten Sand- und Tonmergelsteine des Lias  $\alpha$ , „mäßig und schwach verwittert“ besitzen eine geringe Zusammendrückbarkeit und sind als sehr gut tragfähiger Baugrund einzustufen. Allgemein ist eine weitere Verbesserung der Tragfähigkeitseigenschaften mit zunehmender Tiefe und abnehmendem Verwitterungsgrad zu erwarten.

## 6. Hinweise zum Leitungstiefbau / Kanalbau

### 6.1 Aushub von Leitungsgräben

Aufgrund der Tiefenlage des geplanten Kanals, die nach den Angaben des Ingenieurbüro Spieth voraussichtlich zwischen 4,0 m und 5,5 m u. GOK betragen wird, sowie den zu erwartenden Grundwasserzutritten ist das Anlegen von freien Böschungen beim Aushub der Leitungsgräben nicht

möglich. Daher sind Verbaumaßnahmen zu ergreifen. Hierbei wäre es denkbar, die Leitungsräben durch ein wanderndes Verbaugerät zu sichern, bei dem die Verbauplatten im Zuge des Aushubs abgesenkt werden. Bei der Anordnung eines Verbaus sind die entsprechenden Richtlinien der DIN 4124 zu beachten.

Bei Gräben mit Aushubtiefen von über 5,0 m ist entsprechend DIN 4124 ein Standsicherheitsnachweis erforderlich.

In den festen Schichten des Angulatsandsteins kann bereichsweise keine ebenflächige Grabensohle hergestellt werden, da sich die Sand- und Mergeltonsteine nur an Klüften bzw. vorgegebenen Schichtflächen lösen lassen. Der unvermeidbare Mehraushub wird mit dem Material der Rohrbettung ausgeglichen. Die entsprechenden Massen des Aushubs und des körnigen Materials sollten daher in der Ausschreibung großzügig veranschlagt werden. Außerdem sollten die felsartig festen Böden (Felsklasse 6 und 7 nach DIN 18 300) zur Verringerung der Lärm- und Erschütterungsemission schonend gelöst werden.

Da die bis in ca. 2,5 m, bereichsweise auch bis 3,0 m Tiefe anstehenden, bindigen Böden bei Wasserzutritten relativ schnell aufweichen, muss bei einem Anlegen einer Grabensohle in diesem Tiefenbereich eine Durchfeuchtung durch geeignete Maßnahmen verhindert werden (z.B. abschnittsweises Ausheben und Belassen einer Schutzschicht).

Ab einer Tiefenlage von ca. 4,5 m bis 5,5 m unter Geländeoberkante sind Grundwasserzutritte zu erwarten. Zur Ableitung des Wassers sind entsprechende Wasserhaltungsmaßnahmen (offene Wasserhaltung) erforderlich. Hierbei kann das anfallende Wasser an der Grabensohle gesammelt, und über Pumpensümpfe abgeleitet werden. Die Wasserhaltung ist dabei über den gesamten Zeitraum der Baumaßnahmen aufrecht zu erhalten, da aufgrund der gespannten Grundwasserverhältnisse ansonsten die Gefahr eines hydraulischen Grundbruchs besteht.

Zudem kann beim Aushub der Kanalgräben in Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen, bereichsweise Schichtwasser und zeitweise auch Niederschlagwasser anfallen.

## **6.2 Rohrauf Lagerung**

Im Bereich bindiger Böden von mindestens steifer Konsistenz bzw. bei körnigen Böden mit mitteldichter Lagerung genügt es, eine Schutzschicht nach DIN EN 1610 Typ 1 als Rohrbettung einzubringen. Die Dicke der unteren Bettungsschicht (a) beträgt hier üblicherweise 100 mm (Mindestwert). Die Dicke (b) der oberen Bettungsschicht muss der statischen Berechnung entsprechen. Die Dicke (a) stellt einen Mindestwert dar. Um die Gefahr von Schäden und Setzungen zu reduzieren sollte diese in

Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser erhöht werden auf  $a=10 \text{ cm} + 1/10 \text{ DN}$  in mm

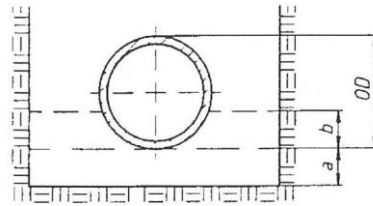


Abb. 6.1: Bettung Typ 1 (nach DIN EN 1610, Bild 3)

Nach der DIN EN 1610 sind die Leitungsgräben während des Rohreinbaus und Verdichtens trocken zu halten und die Sohle vor Aufweichungen zu schützen. Aufgeweichte Bereiche sind auszubauen und durch die Bettungsschicht zu ersetzen. Für die Rohrbettung kommen prinzipiell alle grobkörnigen Mineralstoff-Gemische in Frage, die den Anforderungen nach der DIN EN 1610 Abschnitt 5.3 entsprechen und deren Größtkorn 22 mm (bei  $\text{DN} \leq 200$ ) bzw. 40 mm (bei  $\text{DN} > 200$  bis  $\text{DN} \leq 600$ ) nicht überschreitet.

Weiche Lagen an den Grabensohlen, die in Abhängigkeit von den Sohliefen der geplanten Kanäle nicht gänzlich auszuschließen sind, müssen ausgeräumt und durch das Material der Rohrbettung ersetzt werden. Locker gelagertes, körniges Material ist entsprechend zu verdichten. Bei einer größeren Dicke der Weichschichten empfehlen wir, einen Bodenaustausch durchzuführen. Als Austauschmaterial kommt in erster Linie ein Schotter-Splitt-Gemisch der Kornabstufung 0/56 in Betracht. Die maximal erforderliche Dicke des Bodenaustausches kann nach der Beziehung

$$D \approx 0,5 \cdot \text{DN} [\text{m}]$$

ermittelt werden. Hierbei ist DN die Nennweite der Leitung in m. Vor dem Einbau des Bodenaustauschs empfehlen wir, die Grabensohle mit Grobschotter zu stabilisieren.

Bei felsartig festen Böden an den Grabensohlen können Lastkonzentrationen auftreten. Um dem entgegenzuwirken, sollte das Sand-Feinkies-Auflager unter der Leitungssohle, wie oben beschrieben mit einer Dicke von  $a=10 \text{ cm} + 1/10 \text{ DN}$  jedoch mindestens 30 cm, ausgeführt werden.

### 6.3 Angaben zur Grabenverfüllung

Bei der Verwendung eines Kanalgrabenverbau ist Einbau und Verdichtung des Füllmaterials auf den jeweiligen Verbau abzustimmen, Füllmaterial und Grabenwand müssen dicht und setzungsfrei aneinander schließen. Gegebenenfalls sind die Schütthöhen entsprechend zu reduzieren.



Auch beim Einbau von stabilisierten, bindigen Böden ergeben sich Setzungen in der Größenordnung von 1 % der Schütthöhe. Sollen Setzungen der Grabenverfüllung weiter reduziert werden, müssen die Gräben mit körnigem, gut verdichtbarem Fremdmaterial lagenweise verdichtet verfüllt werden. Um einen Schadstoffeintrag zu verhindern, sollten solche gut durchlässigen Grabenverfüllungen versiegelt werden.

Im Hinblick auf eventuelle Eigensetzungen der Grabenverfüllung wäre es günstig, den Straßenaufbau so spät wie möglich aufzubringen.

Mit körnigem Material verfüllte Kanalgräben wirken wie Drainagegräben und führen zu einer verstärkten Ableitung des anfallenden Schicht- und Sickerwassers. Die dränierende Wirkung einer durchlässigen Grabenverfüllung ließe sich weitgehend durch die Anordnung von Sperrriegeln aus Beton (in Grabenfüllung und Rohrbettung) verhindern, die in einem Abstand von ca. 50 m angeordnet werden.

In der Leitungszone (bis 30 cm über Rohrscheitel) ist als Füllmaterial steinfreier Boden mit einem Größtkorn von 20 mm zu verwenden. Hierzu kommen z.B. Sand-Splitt-Gemische der Abstufung 0/16 in Betracht

Für die Ausführung der Verfüllarbeiten und die Prüfung der geforderten Verdichtungsqualität gelten die entsprechenden Ausführungen der ZTVE-StB 09. Die Verdichtungsqualität innerhalb der Kanalgräben muss durch eine repräsentative Anzahl von Plattendruckversuchen oder Rammsondierungen überprüft werden.

Bei der Durchführung von Plattendruckversuchen oder Dichteprüfungen ist darauf zu achten, dass diese auf jeder Lage der Grabenverfüllung durchgeführt werden (und nicht erst auf der fertigen Verfüllung), so dass man gegebenenfalls rechtzeitig geeignete Maßnahmen (z.B. Einbau von grobkörnigem Fremdmaterial) ergreifen kann.

## **7. Hinweise für den Straßenbau**

Bei der im Baugebiet neu geplanten Ringstraße sind die auf dem voraussichtlichen Erdplanum in ca. 0,6 m bis 0,8 m Tiefe anstehenden Böden überwiegend den Frostempfindlichkeitsklassen F2 bzw. F3 zuzuordnen und gelten als „gering bis mittelfrostempfindlich“ bzw. „stark frostempfindlich“.

Die Stärke des frostsicheren Straßenaufbaues gemäß RStO 12 wird zunächst unabhängig von der erforderlichen Tragfähigkeit auf der OK Tragschicht ermittelt und orientiert sich an den Frostempfindlichkeitsklassen der anstehenden Böden unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse.

Aufgrund der künftigen Nutzung des Baugebiets als Wohn- und Gewerbegebiet gehen wir von einer Belastungsklasse Bk 1,0 (Wohnstraße) aus. Diese Angabe ist planerisch zu prüfen. Sofern eine höhere Belastungsklasse zum Tragen kommt, sind die nachfolgenden Angaben entsprechend anzupassen.

Für die Belastungsklasse Bk 1,0 wird nach der RStO 12, Tab. 6 (unter Berücksichtigung der Frostempfindlichkeitsklassen F 2 und F 3) als Richtwert eine Mindeststärke des frostsicheren Aufbaus von 65 cm erforderlich (60 cm + 5 cm Zuschlag Frosteinwirkungszone II nach RStO 12, Tab. 7). Bei einem Regelaufbau nach RStO 12 ist auf dem Planum ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  erforderlich. Bei den in ca. 0,65 m Tiefe angetroffenen Untergrundverhältnissen (bindige Böden mit überwiegend weicher, vereinzelt steifer Konsistenz) dürfte der auf der Oberfläche des Erdplanums geforderte Wert zumindest bereichsweise unterschritten sein, wobei dies über statische Plattendruckversuche zu überprüfen ist. Hier müssen lokal Bodenverbesserungsmaßnahmen durchgeführt werden. Hierzu kommen folgende Maßnahmen in Betracht:

- **Stabilisierung mit hydraulischen Bindemitteln:** Die oberflächennah anstehenden, bindigen Böden aus Lösslehm können nur dann setzungsarm und optimal verdichtet werden, wenn ihr Wassergehalt durch Bodenverbesserungsmaßnahmen verringert wird. Bei der Bodenstabilisierung mit hydraulischen Bindemitteln wird der Wassergehalt des Bodens soweit reduziert, dass eine optimale Verdichtung möglich ist. Nach der Verdichtung weist der so verbesserte Boden auch eine erhöhte Tragfähigkeit (Verformungsmodul) auf. Die Stabilisierungsmöglichkeiten und die optimale Bindemittelmenge (in der Regel liegt sie bei 2 – 5 Gew.-% bezogen auf die Trockenmasse des Bodens) sollten unseres Erachtens auf entsprechenden Testfeldern ermittelt werden. Anhaltswerte in Abhängigkeit von der Kalkart und Menge sind im Kommentar von R. Floß zur ZTVE-StB 94 enthalten. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Wirksamkeit der Bodenstabilisierungsmaßnahmen durch hydraulische Bindemittel stark witterungsabhängig ist.
- **Bodenaustausch:** Austausch von Bereichen mit weichen oder zersetzungsanfälligen Materialien und Ersatz durch körniges, lagenweise verdichtet eingebautes Fremdmaterial. Die Dicke des Bodenaustausches hängt vom Verformungsmodul des Untergrundes und von den Verdichtungseigenschaften des Austauschmaterials ab. Am zuverlässigsten kann die notwendige Dicke auf Testfeldern an Ort und Stelle bestimmt werden.
- **Verstärkung der Trag- bzw. Frostschuttschicht:** Die Dicke der Trag- bzw. Frostschuttschicht wird gegenüber dem Regelaufbau nach RStO 12 so weit erhöht bis der Verformungsmodul  $E_{v2}$ , der an der Oberkante Tragschicht gefordert ist, erreicht wird.

Um eine Vermengung des Tragschichtmaterials mit den an der Aushubsohle anstehenden bindigen Böden zu verhindern, sollte auf dem Erdplanum ein reißfestes Geotextil (z.B. Vlies der

Robustheitsklasse GRK 3) verlegt werden. Bindiges Material, das in die Tragschicht eindringt, würde mittelfristig deren Tragfähigkeit deutlich reduzieren.

Nach dem Freilegen des geplanten Erdplanums sollten für die unterschiedlichen Böden mittels Plattendruckversuchen die tatsächlichen Verformungsmoduln ermittelt werden. Anhand dieser Ergebnisse kann dann im Rahmen eines Ortstermins Art und Umfang der Verbesserungsmaßnahmen festgelegt werden. In der Ausschreibung sollten die o.g. Maßnahmen mit angenommenen Massen (keine Einheitspreise) aufgenommen werden. Da im Planum witterungsempfindliche Materialien anstehen, muss das Planum mit einem Quergefälle von 4 % angelegt werden, damit Niederschlagswasser sofort abfließen kann. Bei längeren Arbeitspausen muss das Planum abgedeckt oder nachgearbeitet werden.

Die bestehende Straßendecke der Krummenhardter Straße ist nach den Erkenntnissen aus den Vor-Ort-Arbeiten sowie den Ergebnissen aus den Asphaltkernbohrungen intakt und weist keine Beschädigungen auf, so dass diese nicht komplett erneuert muss. Der körnige Straßenunterbau war in den Sondierbohrungen RKS 2, RKS 3 und RKS 12 mit einer Einbaustärke zwischen 0,65 m und 0,75 m vorhanden und wies eine überwiegend dichte Lagerung auf.

Die für die Belastungsklasse Bk 1,0 (Wohnstraße) nach der RStO 12 angenommene Bedingung einer Mindeststärke des frostsicheren Aufbaus von 65 cm (siehe oben) ist nach den durchgeführten Sondierungen RKS 2, RKS 3 und RKS 12 somit in der Krummenhardter Straße erfüllt.

## **8. Versickerung von Niederschlagswasser**

Nach dem Arbeitsblatt DWA-A138 („Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“) ist eine überschlägige Abschätzung der Wasserdurchlässigkeit eines Lockergesteins mit Hilfe der Bodenansprache nach DIN 4022-1 möglich.

Als Durchlässigkeitsbeiwert  $K_f$  in Lockergesteinen kann für einen tonigen Schluff, bzw. schluffigen Ton nach DWA-A138, Abschnitt 3.1.3, Bild 1 zwischen  $10^{-6}$  m/s und  $10^{-11}$  m/s angenommen werden. Nach unseren Erfahrungen liegt der  $K_f$ -Wert eines unverwitterten Löß zwischen  $10^{-6}$  und  $10^{-7}$  m/s und ist somit als schwach durchlässig einzustufen. Sowohl der Lösslehm als auch die Verwitterungslehme sind mit einem  $K_f$ -Wert von  $10^{-7}$  bis  $10^{-9}$  m/s schwach bis sehr schwach durchlässig.

Nach Abschnitt 3.2.1 (DWA-A138) ist bei  $K_f$ -Werten von kleiner als  $10^{-6}$  m/s eine Entwässerung ausschließlich durch Versickerung nicht gewährleistet. Ein Mulden-/Rigolensystem kann hier lediglich

als Zwischenspeicher eingesetzt werden aus dem nur sehr geringe Mengen versickern. Somit sind zusätzliche Ableitungsmöglichkeiten vorzusehen.

Grundsätzlich dürfen Sickersysteme nur im natürlichen Boden und nicht in den Auffüllungen verlegt werden.

## 9. Abfalltechnische Bewertung

### 9.1 Asphaltmaterial

Die laboranalytischen Untersuchungen wurden durch die BVU GmbH, Markt Rettenbach durchgeführt. In der Anlage 7 sind die Originalbefunde beigelegt. In der Tabelle 9.1 sind die Ergebnisse für die untersuchten Asphaltproben dargestellt.

Tab. 9.1: Analysenergebnisse Asphaltproben und Zuordnung nach UVM

Probenbez.	PAK [mg/kg]
BK 1	4,4
BK 2	6,1
BK 3	0,58
Zuordnungswerte des UVM (10.08.2004)*1	
Z 1.1	10
Z 1.2	15
Z 2	35

**Abkürzungen:** PAK = Polycyclische, aromatische Kohlenwasserstoffe

\*1 Die Zuordnungswerte Z 1 (Z 1.1 und ggf. Z 1.2) stellen die Obergrenze für den offenen Einbau von Recyclingbaustoffen unter Berücksichtigung bestimmter Nutzungseinschränkungen dar. Die Zuordnungswerte Z 2 stellen die Obergrenze für den Einbau von Recyclingbaustoffen und nicht aufbereitetem Bauschutt bzw. Boden mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen dar.

In Übereinstimmung mit den Befunden vor Ort, die keine sensorischen Auffälligkeiten ergaben, wurden in den Asphaltbohrkernen BK 1 bis BK 3 unauffällige PAK-Konzentrationen zwischen 0,58 mg/kg und maximal 6,1 mg/kg ermittelt (siehe Tab. 8.1). Der Vergleich mit den Zuordnungswerten des UVM<sup>2</sup> zeigt, dass bei diesen Konzentrationen der entsprechende Z 1.1-Wert aus dieser Verordnung von 10 mg/kg eingehalten ist. Nach diesen Untersuchungsergebnissen kann das gesamte Straßenaufbruchmaterial in einer Heißmischanlage recycelt werden.

<sup>2</sup> UVM: Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg; „Vorläufige Hinweise zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial“ vom 13.04.2004 in der ergänzten Fassung vom 10.08.2004

## 9.2 Aushubmaterial

Die Untersuchung der Bodenmischproben ergab sowohl für das künstliche Auffüllmaterial (MP-Au) als auch für die natürlich anstehenden Böden (MP-Kanal-Nord, MP-Kanal- Süd und MP-RWM) insgesamt unauffällige Konzentrationen für die Parameter nach der VwV Boden, bei denen die jeweiligen Z 0-Werte (Lehm/Schluff) eingehalten waren.

Somit kann nach den durchgeführten Übersichtsanalysen das gesamte, bei den geplanten Erdarbeiten anfallende Aushubmaterial frei verwertet werden.

## 10. Bodenmechanische Kennwerte für Erdstatische Berechnungen

Tab. 10.1: Bodenmechanische Kennwerte

Bodenart bzw. Schichtkomplex	Wichte (kN/m <sup>3</sup> )		Reibungswinkel	Kohäsion (kN/m <sup>2</sup> )	Steifemodul (MN/m <sup>2</sup> )
	$\gamma$	$\gamma'$	$\varphi'$	$c'$	$E_s$
künstliche Auffüllungen	19	9	20°-25°	0 - 5	-
Löß und Lößlehm	20	10	25°	2-8	4-8
Verwitterungslehm Lias $\alpha$	21	11	25°	8-10	10-15
Angulaten-Sandstein (Lias $\alpha$ ), stark bis vollständig verwittert, fest	20	10	17,5°-22,5°	10-15	10-15
Angulaten-Sandstein (Lias $\alpha$ ), mäßig bis gering verwittert, fest	23	13	35	20*	> 60

\* schwankt ein Abhängigkeit von Klüftung, Trennflächengefüge und Beanspruchungsrichtung in weiten Grenzen, ein Wert von  $c'$  wir aber nicht unterschritten.

## 11. Hinweise zum Wiedereinbau von Bodenmaterial

Im geplanten Erschließungsgebiet werden beim Grabenaushub überwiegend bindige Böden anfallen. Die Lößlehme sind dabei aufgrund ihrer überwiegend weichen Konsistenz für einen Wiedereinbau nicht geeignet. Die bindigen Böden mit vorwiegend halbfester Konsistenz (Verwitterungslehme, plastisch aufgewitterte Lias-Schichten) sind für einen verdichteten Wiedereinbau bedingt geeignet, da die Wassergehalte weitgehend oberhalb der für die Verdichtung optimalen Werte liegen. Hieraus ergibt sich, dass die anfallenden Böden nur dann setzungsarm eingebaut und optimal verdichtet werden können, wenn ihr Wassergehalt durch Bodenver-

besserungsmaßnahmen verringert wird. Die Bodenverbesserung muss dabei über die gesamte Dicke der Grabenverfüllung erfolgen, um durchgehend eine optimale Verdichtung des Bodens zu erzielen.

Bei den vorliegenden Böden kommt eine mechanische Bodenverbesserung oder eine Stabilisierung mit hydraulischen Bindemitteln in Betracht. Bei einer mechanischen Verbesserung ist vor allem an einen sandwichartigen Einbau im Wechsel mit körnigem Fremdmaterial zu denken. Bei der Bodenstabilisierung mit hydraulischen Bindemitteln wird der Wassergehalt des Bodens soweit reduziert, dass eine optimale Verdichtung möglich ist. Nach der Verdichtung weist der so verbesserte Boden auch eine erhöhte Tragfähigkeit (Verformungsmodul) auf.

Wenn der Bodenwassergehalt mehr als 4 - 7 % über dem optimalen Wassergehalt liegt, wird Branntkalk (Weißfeinkalk) eingemischt; andernfalls kann auch Kalkhydrat oder hydraulischer Kalk verwendet werden. Die Stabilisierungsmöglichkeiten und die optimalen Bindemittelmengen sollten daher unseres Erachtens auf entsprechenden Testfeldern ermittelt werden.

Der Kalk wird jeweils lagenweise eingebracht, wobei sich die erforderliche Menge nach der Art des Bindemittels und nach dem jeweiligen Wassergehalt des Bodens (abhängig von Jahreszeit und Witterung) richtet. Generell muss mit Kalkzugaben von 2 - 5 % bezogen auf die Trockenmasse des Bodens gerechnet werden.

Die Kalkung der bindigen Böden bewirkt neben einer Herabsetzung des Wassergehaltes auch eine Verminderung der Plastizität und somit eine Steigerung der Tragfähigkeit.

Bei der Zwischenlagerung der beim Aushub anfallenden bindigen Böden ist zu beachten, dass diese im Falle von Niederschlägen rasch aufweichen und dann für einen Wiedereinbau praktisch nicht mehr in Frage kommen. Es müssen im Falle einer Zwischenlagerung Aufweichungen mit geeigneten Maßnahmen verhindert werden.

Die zur Tiefe anstehenden, verwitterten Lias-Schichten bestehen überwiegend aus harten Sandsteinen und angewitterten Tonsteinen. Bei kleinstückiger bis stückiger Ausbildung der Tonsteine wäre ein Wiedereinbau prinzipiell möglich. Diese Gesteine sind jedoch sehr verwitterungsanfällig. Bei entsprechender Feinschichtigkeit und Wasserzutritten zerfallen die Tonsteine rasch zu bindigen Böden, die dann erfahrungsgemäß für einen Einbau praktisch nicht mehr in Frage kommen. Die harten Sandsteine - insbesondere in der felsartig festen bankigen Ausbildung wie sie in den Bohrungen festzustellen waren - könnten nur nach vorheriger Zerkleinerung eingebaut werden. Aus den dargelegten Gründen (Witterungsempfindlichkeit der Tonsteine, Zerkleinerung der Felsbänke) raten wir von einem Wiedereinbau dieser Böden ab.

## 12. Schlussbemerkungen

Die Untergrundverhältnisse wurden anhand von insgesamt 18 Rammkernsondierungen sowie 3 Bohrungen beschrieben und beurteilt. Die im Bericht enthaltenen Angaben beziehen sich auf diese Untersuchungsstellen. Abweichungen von den im vorliegenden Bericht enthaltenen Angaben können nicht ausgeschlossen werden. Es ist daher eine sorgfältige Überwachung der Erdarbeiten und eine laufende Überprüfung der während der Aushubarbeiten angetroffenen Boden- und Grundwasser- verhältnisse im Vergleich zu den Untersuchungsergebnissen und Folgerungen im Bericht erforderlich.

Das vorliegende Gutachten kann bauwerksspezifische Baugrund- und Gründungsgutachten für die einzelnen Bauvorhaben nicht ersetzen.

Für die Beantwortung von Fragen, die im Zuge der weiteren Planung und Ausführung auftreten, stehen wir gerne zur Verfügung. In Zweifelsfällen müssen wir verständigt werden.

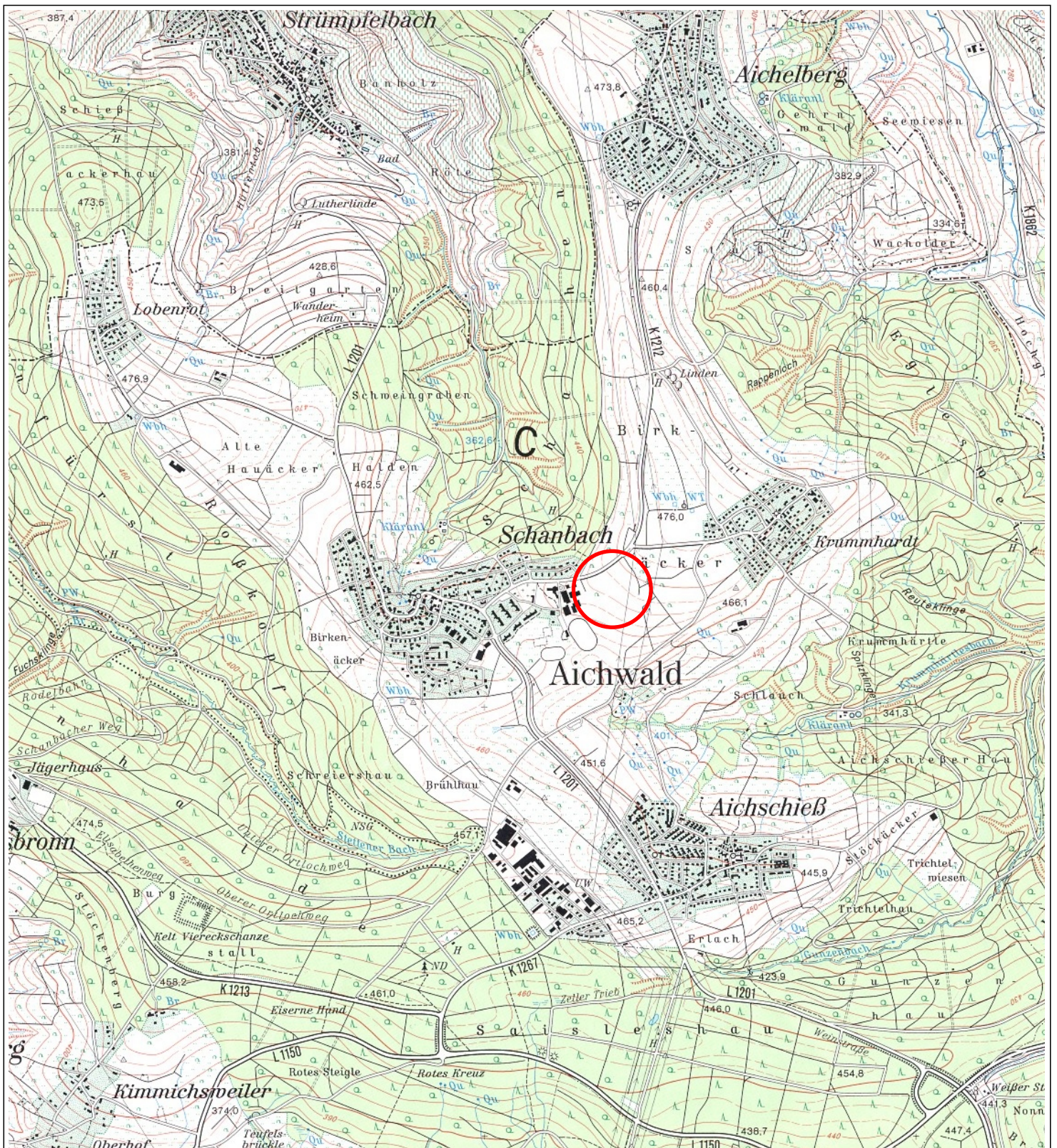


A. Preuß  
(Dipl.-Geologe)




R. Steinhart  
(Dipl.-Geologe)





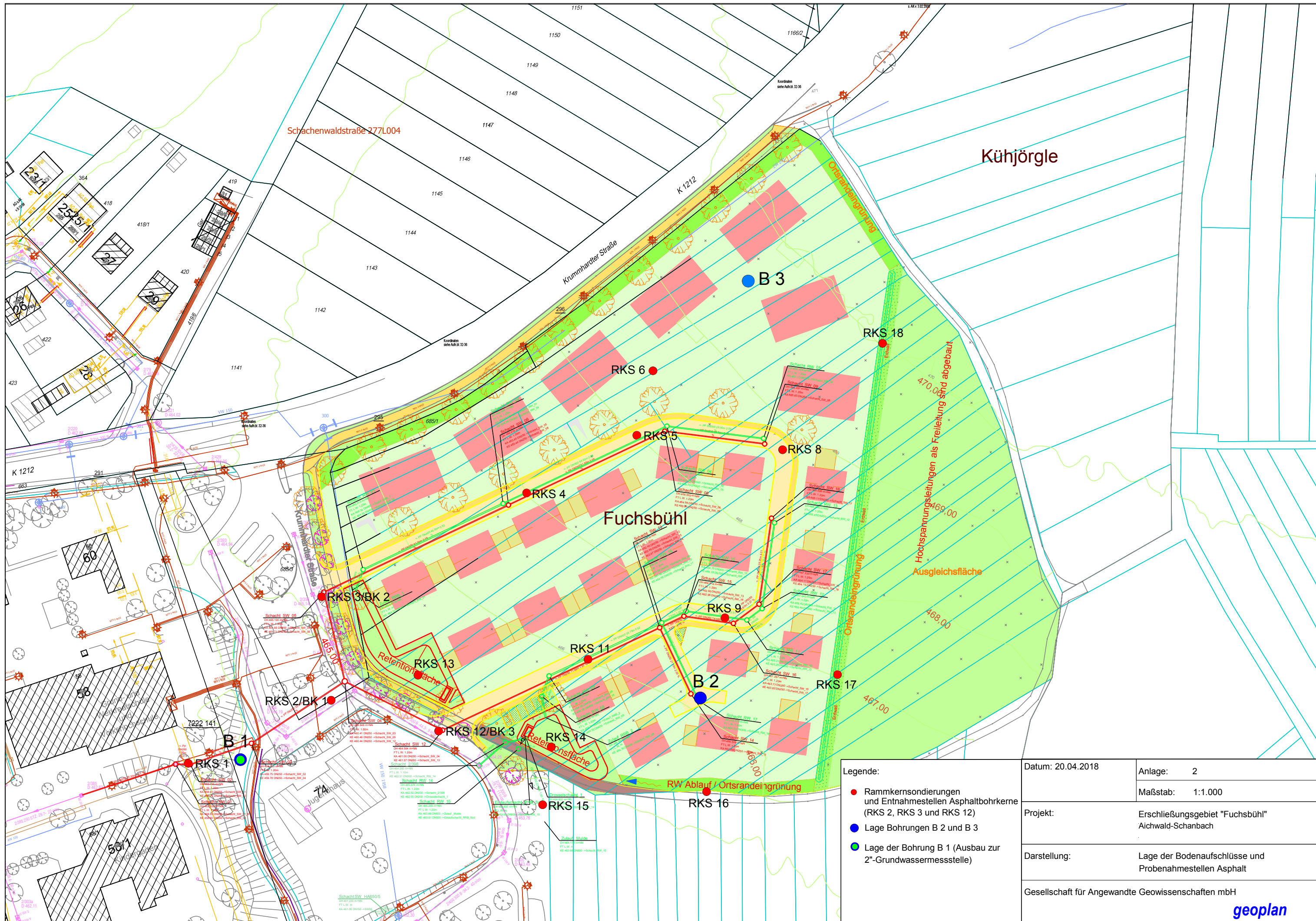
Datum: 20.04.2018	Anlage: 1
	Maßstab: 1:25 000
Projekt:	Erschließungsgebiet "Fuchsbühl" Aichwald-Schanbach
Darstellung:	Lage des Untersuchungsgebiets (Ausschnitt aus der Topographischen Karte TK 25 Blatt 7222 Plochingen)
Gesellschaft für Angewandte Geowissenschaften mbH <b>geoplan</b>	

Legende:

 Lage des Untersuchungsgebiets

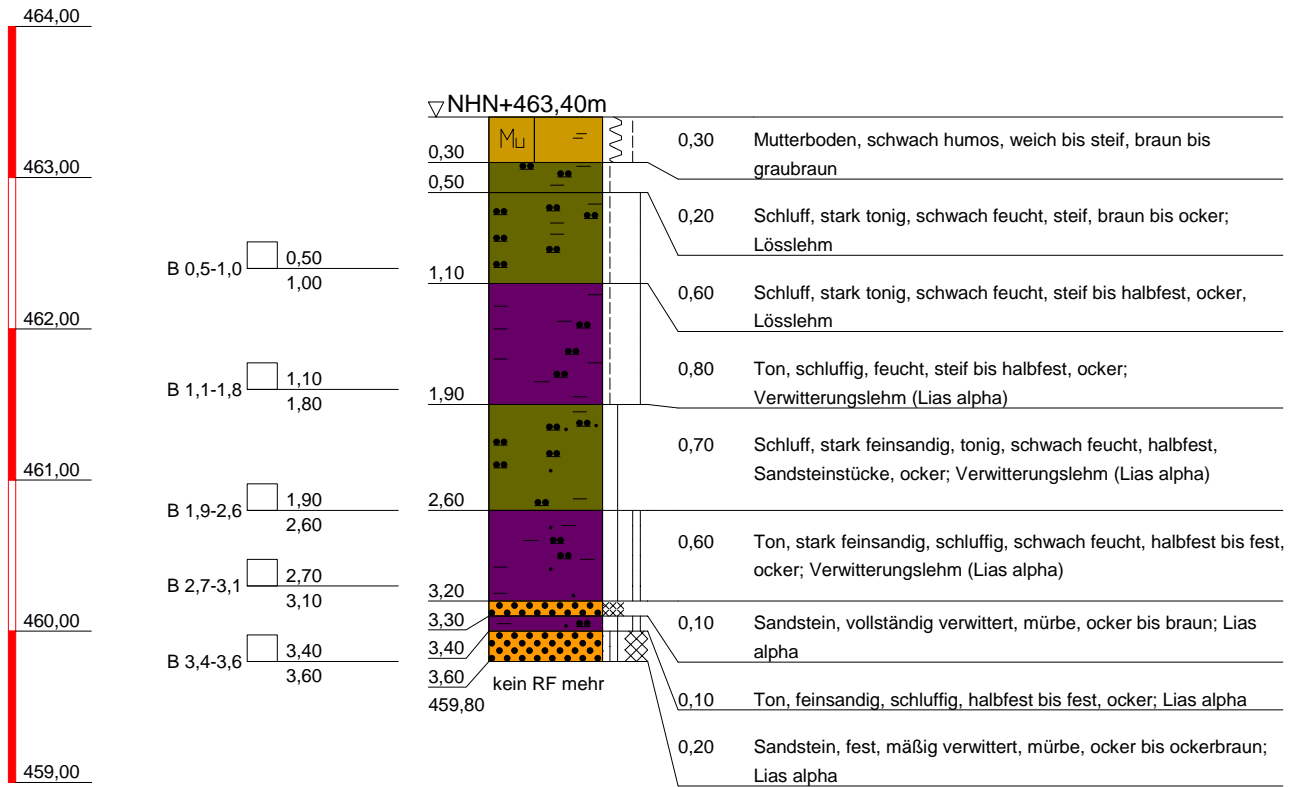






# RKS 1

NHN+m



Gesellschaft für  
Angewandte  
Geowissenschaften mbH

**geoplan**

Altlasten  
Baugrund  
Hydrogeologie  
Ingenieurgeologie  
Umwelt

Projekt:

Erschließung Wohngebiet "Fuchsbühl"  
in Aichwald-Schanbach

Anlage: 3-1

Projekt-Nr: 17 E 71

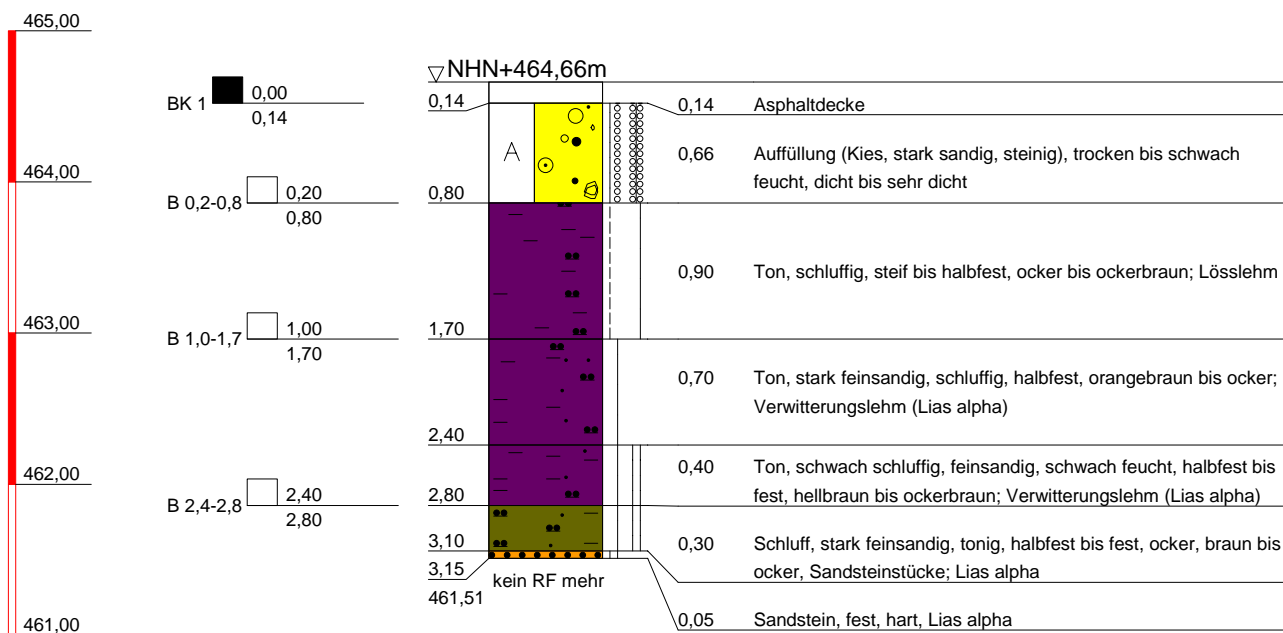
Datum: 19.12.2017

Maßstab: 1 : 50

Bearbeiter: Kartmann

# RKS 2

NHN+m



Gesellschaft für  
Angewandte  
Geowissenschaften mbH

**geoplan**

Altlasten  
Baugrund  
Hydrogeologie  
Ingenieurgeologie  
Umwelt

Projekt:

Erschließung Wohngebiet "Fuchsbühl"  
in Aichwald-Schanbach

Anlage: 3-2

Projekt-Nr: 17 E 71

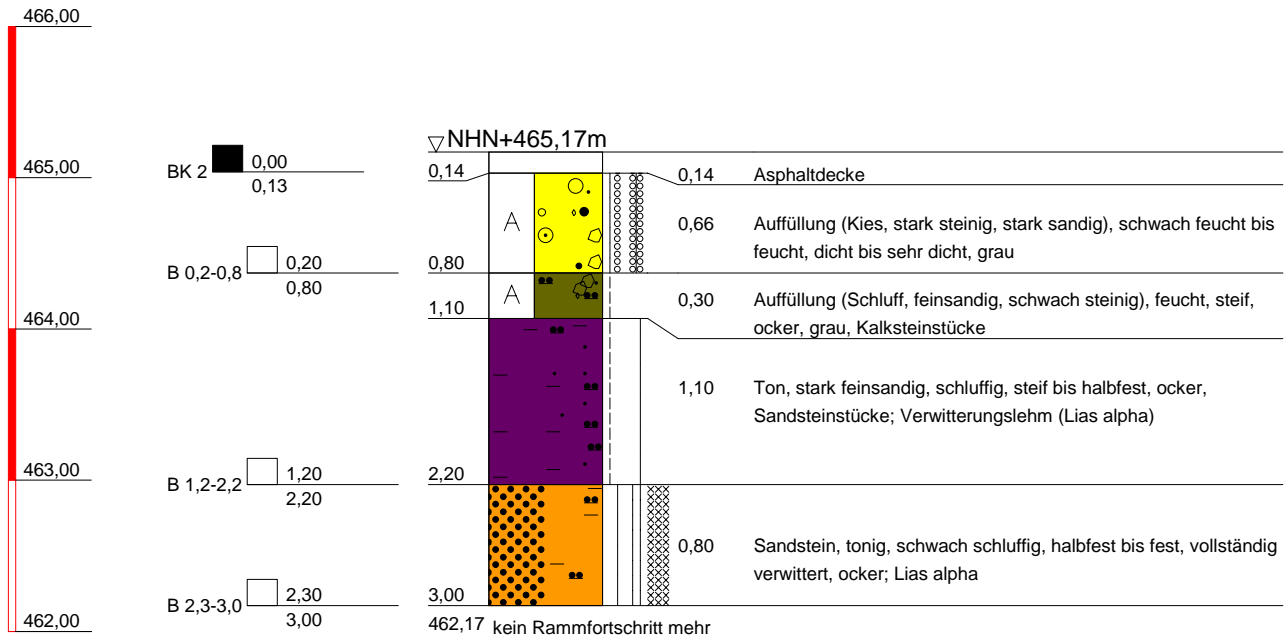
Datum: 19.12.2017

Maßstab: 1 : 50

Bearbeiter: Kartmann

NHN+m

# RKS 3



Gesellschaft für  
Angewandte  
Geowissenschaften mbH

**geoplan**

Altlasten  
Baugrund  
Hydrogeologie  
Ingenieurgeologie  
Umwelt

Projekt:

Erschließung Wohngebiet "Fuchsbühl"  
in Aichwald-Schanbach

Anlage: 3-3

Projekt-Nr: 17 E 71

Datum: 19.12.2017

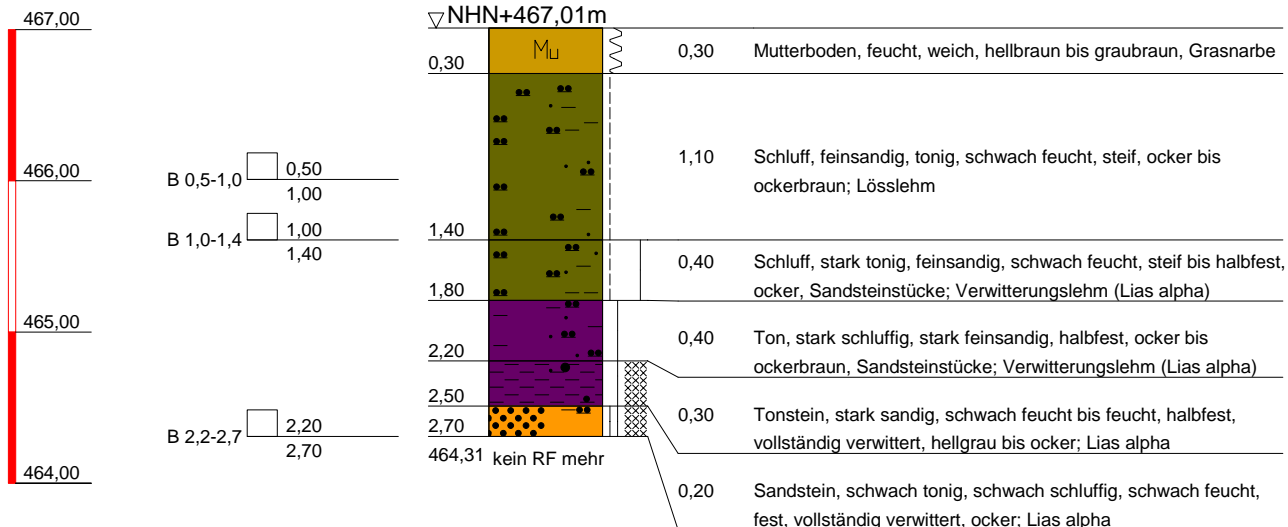
Maßstab: 1 : 50

Bearbeiter: Kartmann



# RKS 4

NHN+m



Gesellschaft für  
Angewandte  
Geowissenschaften mbH

**geoplan**

Altlasten  
Baugrund  
Hydrogeologie  
Ingenieurgeologie  
Umwelt

Projekt:

Erschließung Wohngebiet "Fuchsbühl"  
in Aichwald-Schanbach

Anlage: 3-4

Projekt-Nr: 17 E 71

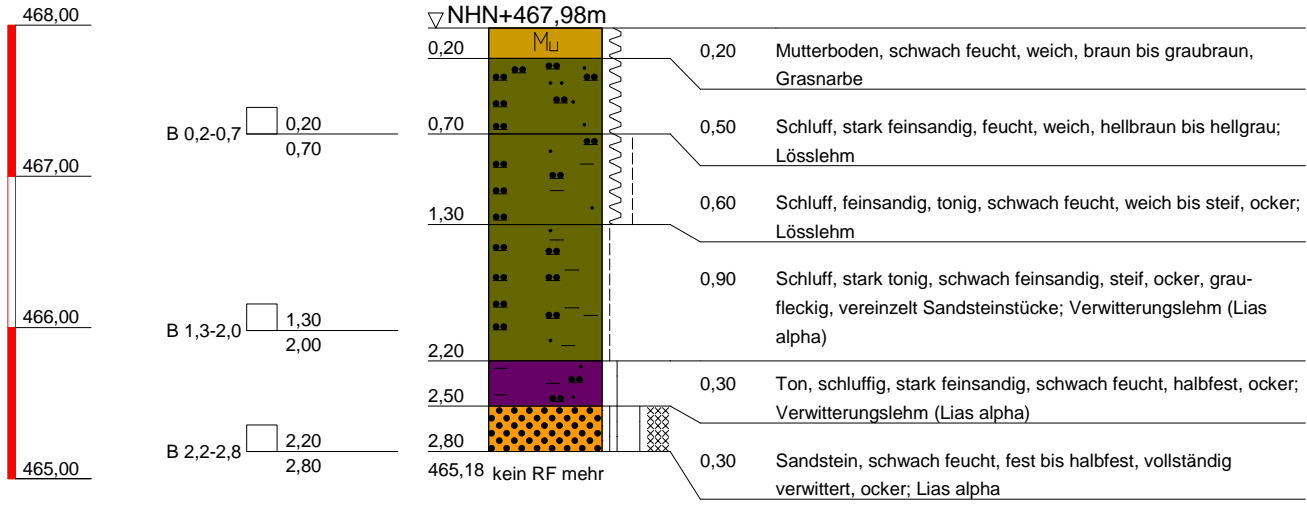
Datum: 19.12.2017

Maßstab: 1 : 50

Bearbeiter: Kartmann

# RKS 5

NHN+m



Gesellschaft für  
Angewandte  
Geowissenschaften mbH

**geoplan**

Altlasten  
Baugrund  
Hydrogeologie  
Ingenieurgeologie  
Umwelt

Projekt:

Erschließung Wohngebiet "Fuchsbühl"  
in Aichwald-Schanbach

Anlage: 3-5

Projekt-Nr: 17 E 71

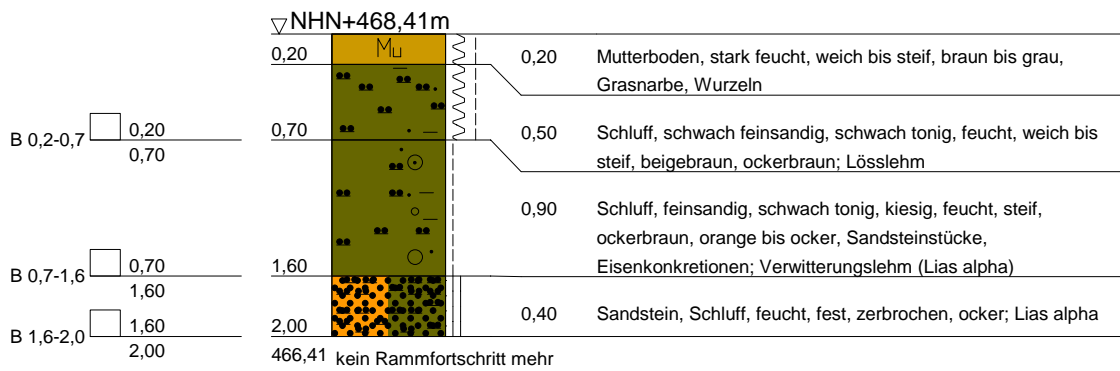
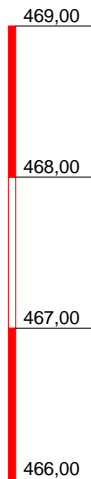
Datum: 19.12.2017

Maßstab: 1 : 50

Bearbeiter: Kartmann

# RKS 6

NHN+m



Gesellschaft für  
Angewandte  
Geowissenschaften mbH

**geoplan**

Altlasten  
Baugrund  
Hydrogeologie  
Ingenieurgeologie  
Umwelt

Projekt:

Erschließung Wohngebiet "Fuchsbühl"  
in Aichwald-Schanbach

Anlage: 3-6

Projekt-Nr: 17 E 71

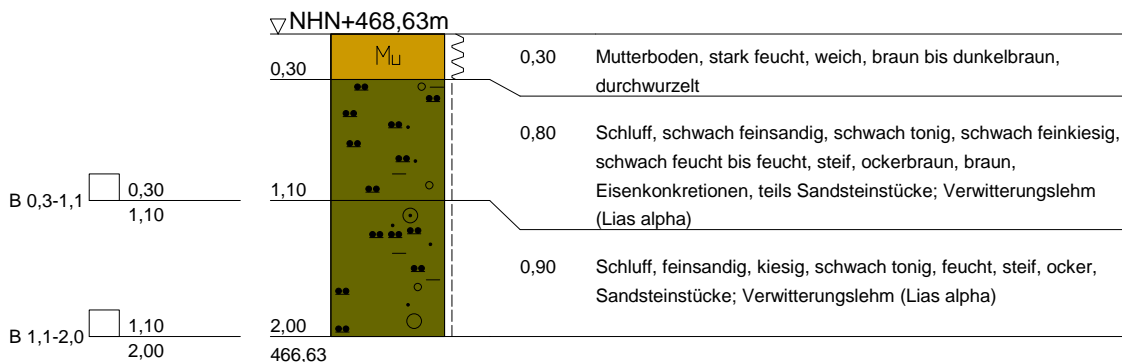
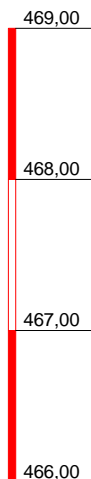
Datum: 19.12.2017

Maßstab: 1 : 50

Bearbeiter: Kartmann

# RKS 8

NHN+m



Gesellschaft für  
Angewandte  
Geowissenschaften mbH

**geoplan**

Altlasten  
Baugrund  
Hydrogeologie  
Ingenieurgeologie  
Umwelt

Projekt:

Erschließung Wohngebiet "Fuchsbühl"  
in Aichwald-Schanbach

Anlage: 3-7

Projekt-Nr: 17 E 71

Datum: 19.12.2017

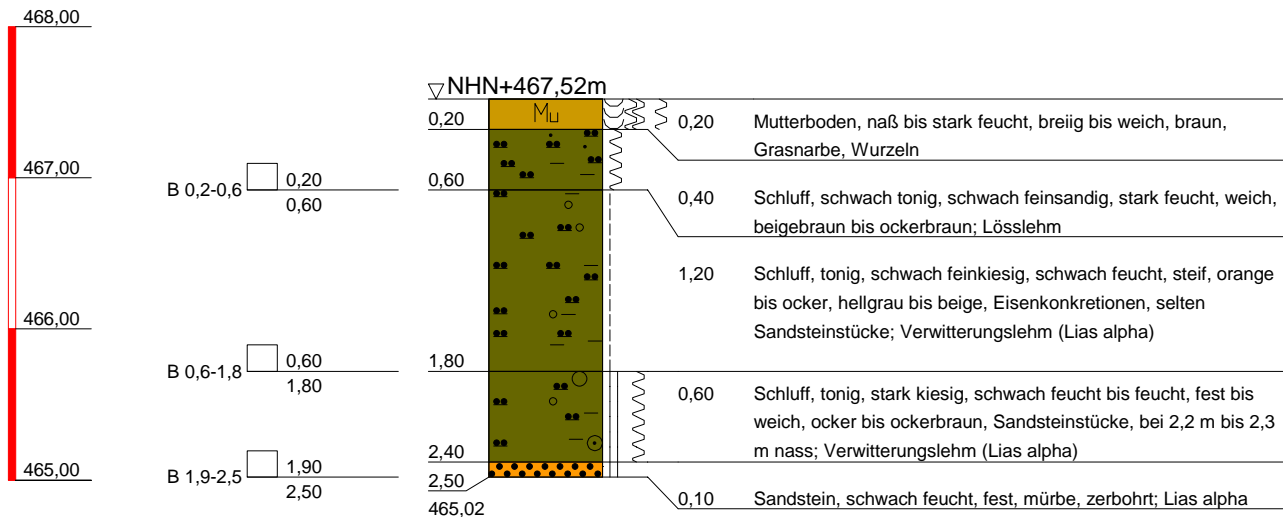
Maßstab: 1 : 50

Bearbeiter: Kartmann



# RKS 9

NHN+m



Gesellschaft für  
Angewandte  
Geowissenschaften mbH

**geoplan**

Altlasten  
Baugrund  
Hydrogeologie  
Ingenieurgeologie  
Umwelt

Projekt:

Erschließung Wohngebiet "Fuchsbühl"  
in Aichwald-Schanbach

Anlage: 3-8

Projekt-Nr: 17 E 71

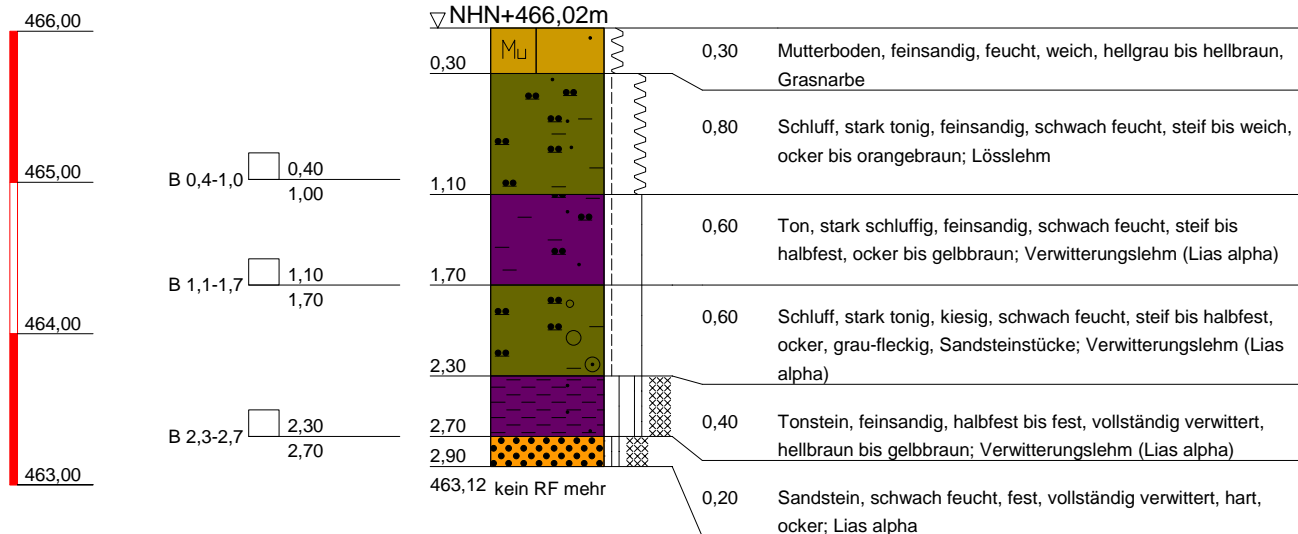
Datum: 19.12.2017

Maßstab: 1 : 50

Bearbeiter: Kartmann

# RKS 11

NHN+m



Gesellschaft für  
Angewandte  
Geowissenschaften mbH

**geoplan**

Altlasten  
Baugrund  
Hydrogeologie  
Ingenieurgeologie  
Umwelt

Projekt:

Erschließung Wohngebiet "Fuchsbühl"  
in Aichwald-Schanbach

Anlage: 3-9

Projekt-Nr: 17 E 71

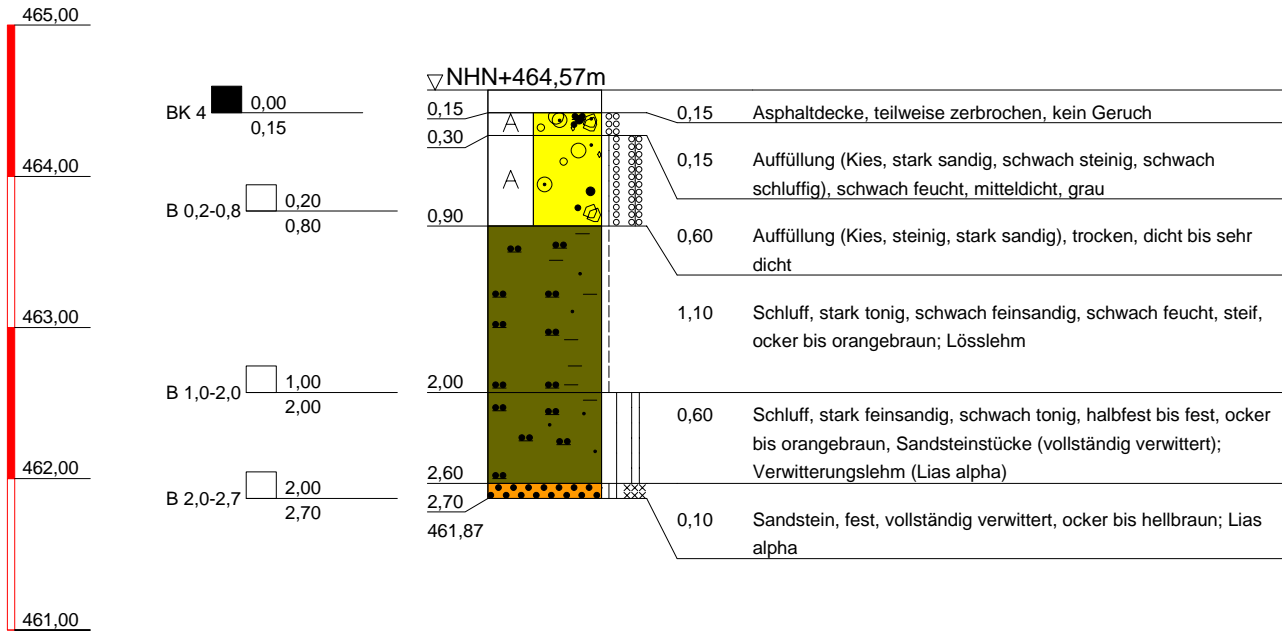
Datum: 19.12.2017

Maßstab: 1 : 50

Bearbeiter: Kartmann

# RKS 12

NHN+m



Gesellschaft für  
Angewandte  
Geowissenschaften mbH

**geoplan**

Altlasten  
Baugrund  
Hydrogeologie  
Ingenieurgeologie  
Umwelt

Projekt:

Erschließung Wohngebiet "Fuchsbühl"  
in Aichwald-Schanbach

Anlage: 3-10

Projekt-Nr: 17 E 71

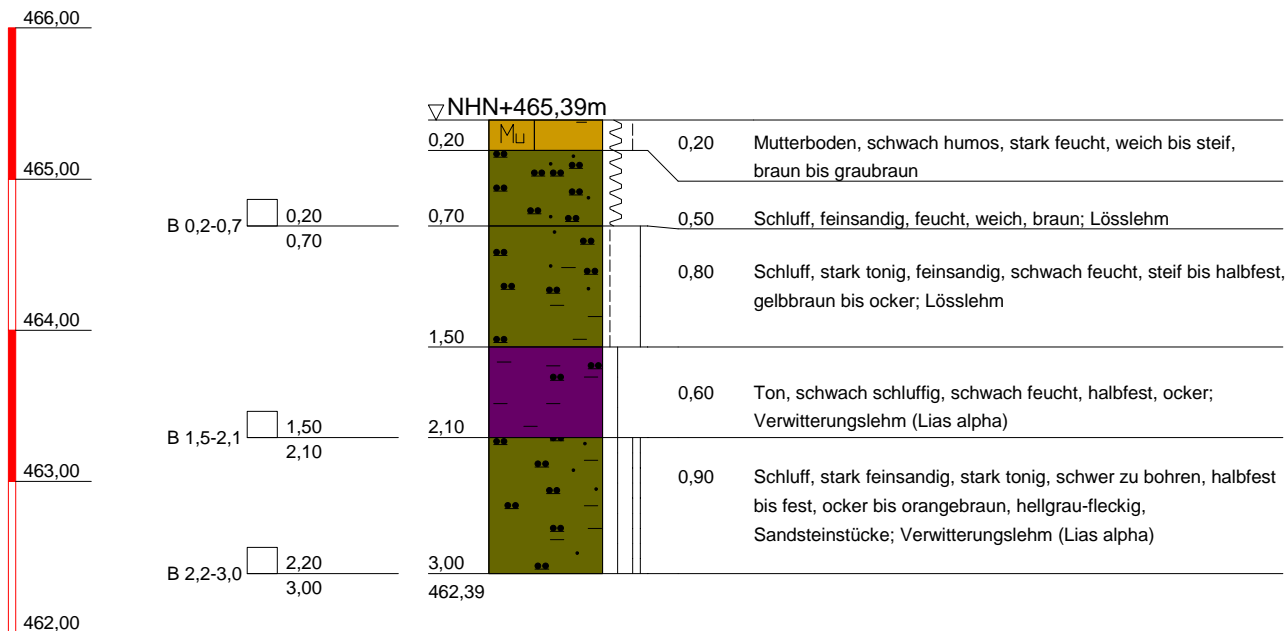
Datum: 19.12.2017

Maßstab: 1 : 50

Bearbeiter: Kartmann

# RKS 13

NHN+m



Gesellschaft für  
Angewandte  
Geowissenschaften mbH

**geoplan**

Altlasten  
Baugrund  
Hydrogeologie  
Ingenieurgeologie  
Umwelt

Projekt:

Erschließung Wohngebiet "Fuchsbühl"  
in Aichwald-Schanbach

Anlage: 3-11

Projekt-Nr: 17 E 71

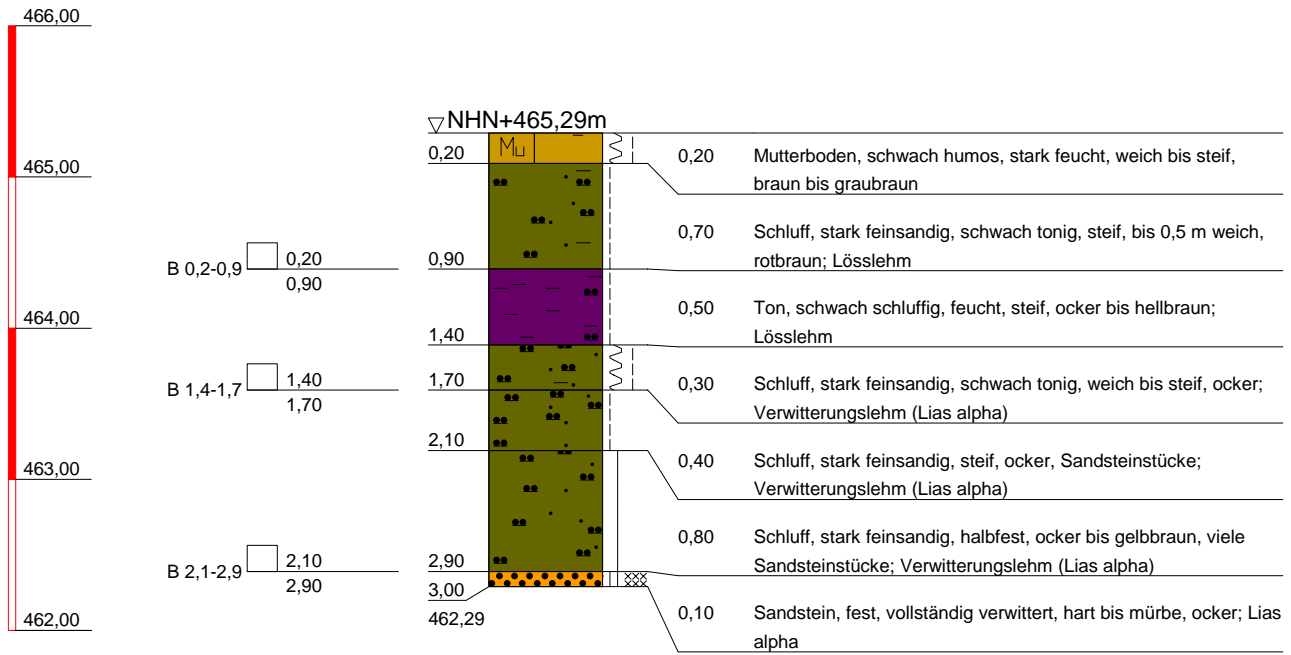
Datum: 19.12.2017

Maßstab: 1 : 50

Bearbeiter: Kartmann

NHN+m

# RKS 14



Gesellschaft für  
Angewandte  
Geowissenschaften mbH

**geoplan**

Altlasten  
Baugrund  
Hydrogeologie  
Ingenieurgeologie  
Umwelt

Projekt:

Erschließung Wohngebiet "Fuchsbühl"  
in Aichwald-Schanbach

Anlage: 3-12

Projekt-Nr: 17 E 71

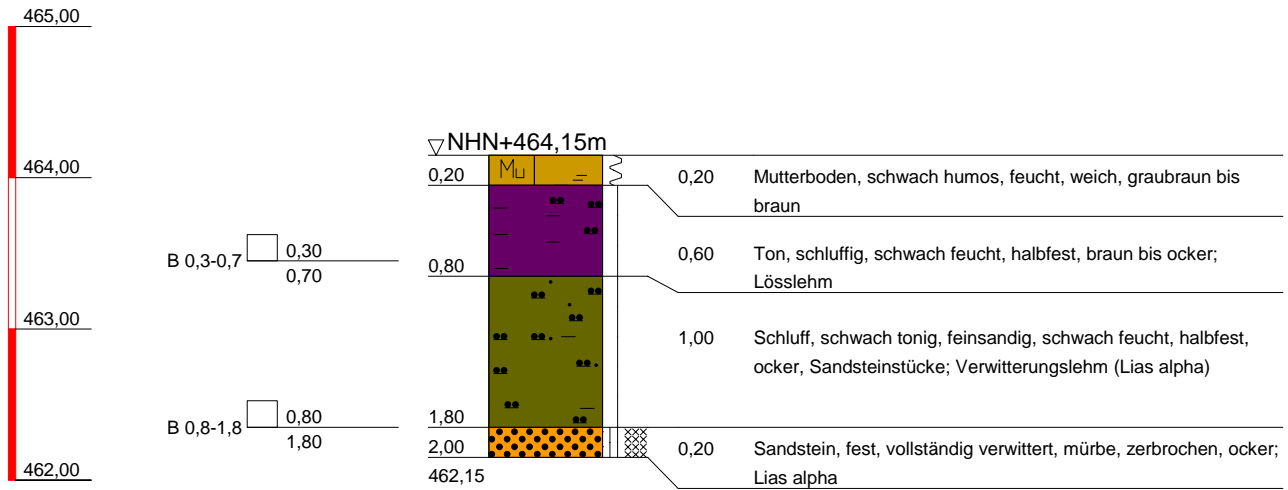
Datum: 19.12.2017

Maßstab: 1 : 50

Bearbeiter: Kartmann

NHN+m

# RKS 15



Gesellschaft für  
Angewandte  
Geowissenschaften mbH

**geoplan**

Altlasten  
Baugrund  
Hydrogeologie  
Ingenieurgeologie  
Umwelt

Projekt:

Erschließung Wohngebiet "Fuchsbühl"  
in Aichwald-Schanbach

Anlage: 3-13

Projekt-Nr: 17 E 71

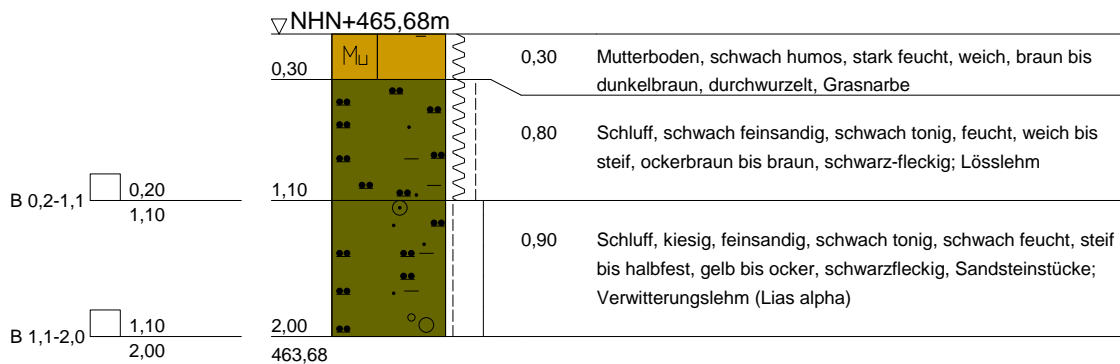
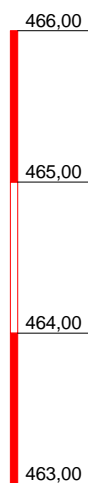
Datum: 19.12.2017

Maßstab: 1 : 50

Bearbeiter: Kartmann

# RKS 16

NHN+m



Gesellschaft für  
Angewandte  
Geowissenschaften mbH

**geoplan**

Altlasten  
Baugrund  
Hydrogeologie  
Ingenieurgeologie  
Umwelt

Projekt:

Erschließung Wohngebiet "Fuchsbühl"  
in Aichwald-Schanbach

Anlage: 3-14

Projekt-Nr: 17 E 71

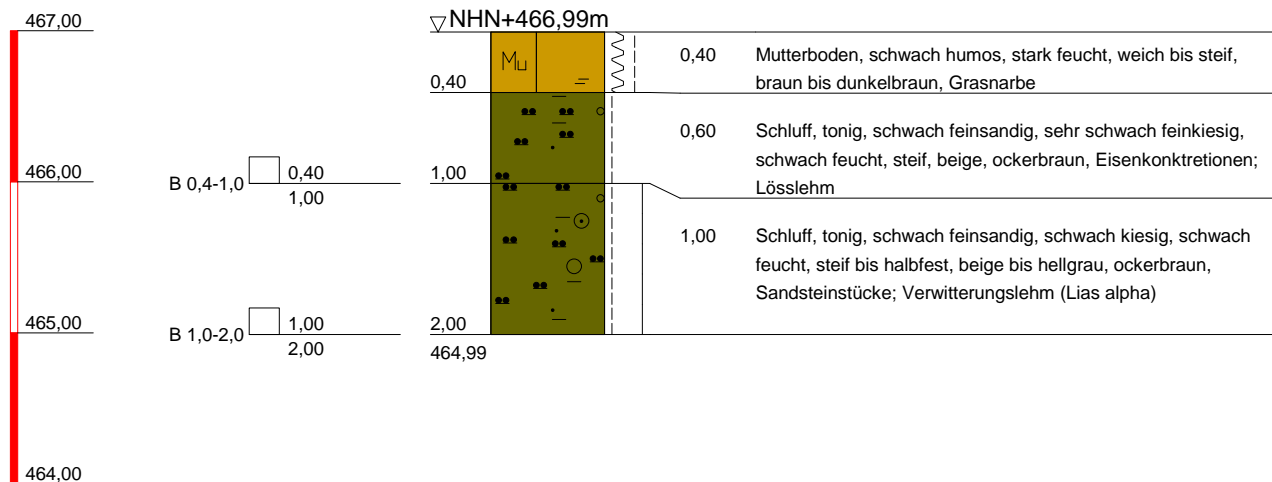
Datum: 19.12.2017

Maßstab: 1 : 50

Bearbeiter: Kartmann

# RKS 17

NHN+m



Gesellschaft für  
Angewandte  
Geowissenschaften mbH

**geoplan**

Altlasten  
Baugrund  
Hydrogeologie  
Ingenieurgeologie  
Umwelt

Projekt:

Erschließung Wohngebiet "Fuchsbühl"  
in Aichwald-Schanbach

Anlage: 3-15

Projekt-Nr: 17 E 71

Datum: 19.12.2017

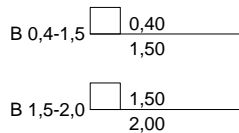
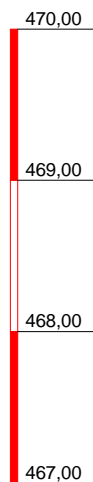
Maßstab: 1 : 50

Bearbeiter: Kartmann

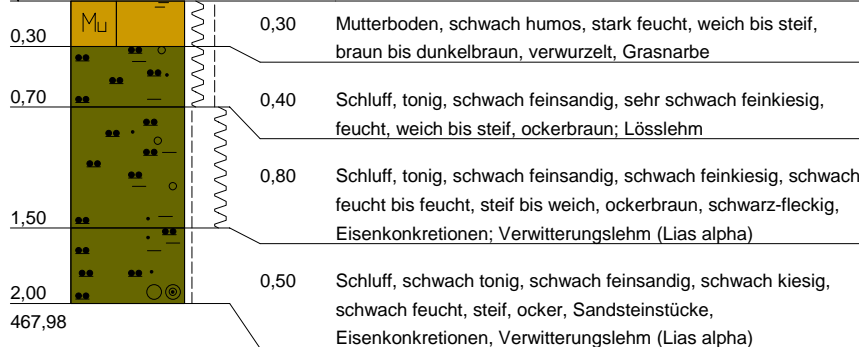


# RKS 18

NHN+m



▽NHN+469,98m



Gesellschaft für  
Angewandte  
Geowissenschaften mbH

**geoplan**

Altlasten  
Baugrund  
Hydrogeologie  
Ingenieurgeologie  
Umwelt

Projekt:

Erschließung Wohngebiet "Fuchsbühl"  
in Aichwald-Schanbach

Anlage: 3-16

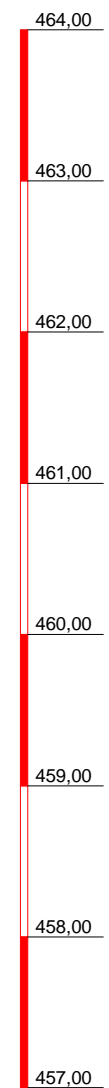
Projekt-Nr: 17 E 71

Datum: 19.12.2017

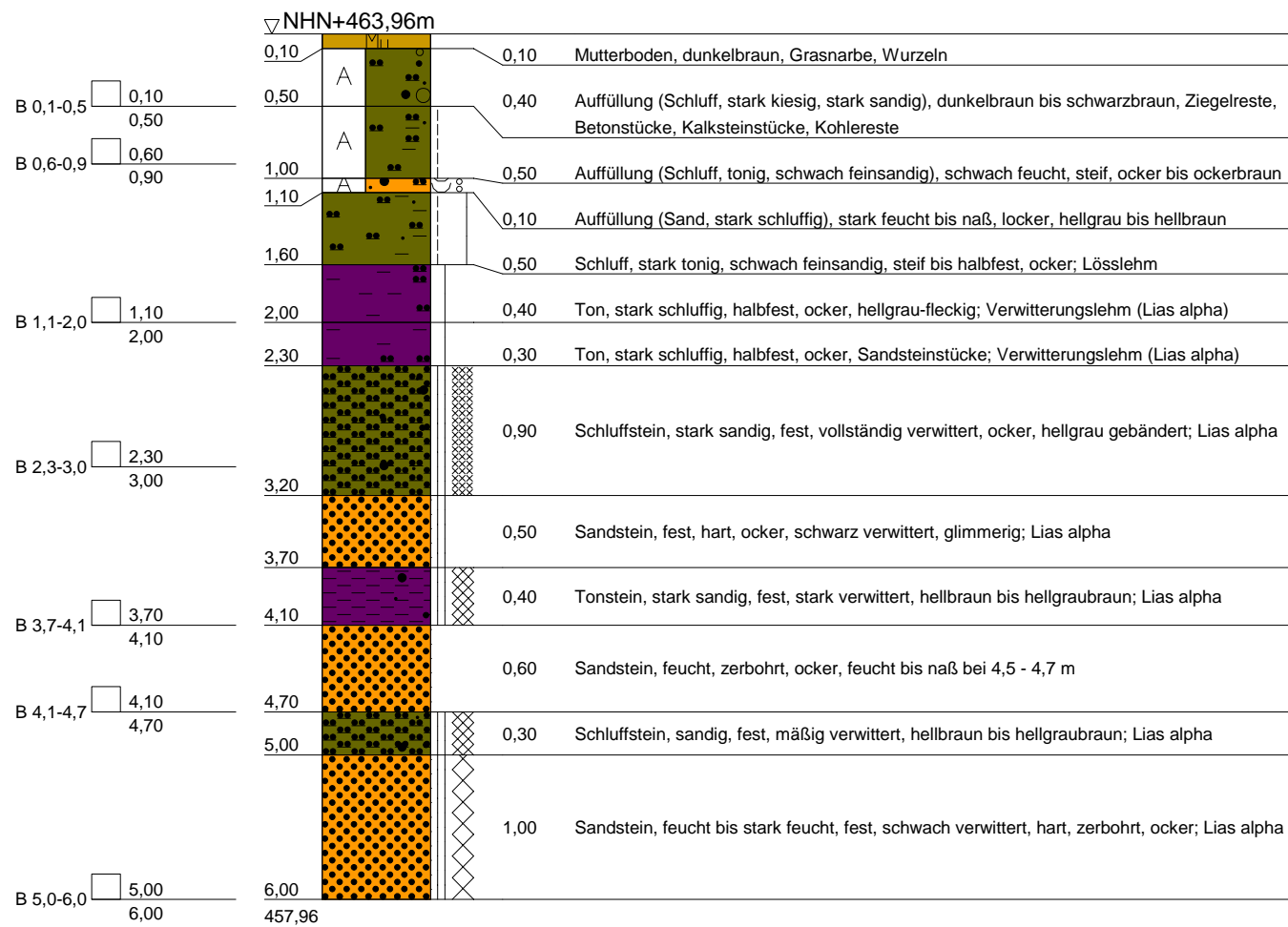
Maßstab: 1 : 50

Bearbeiter: Kartmann

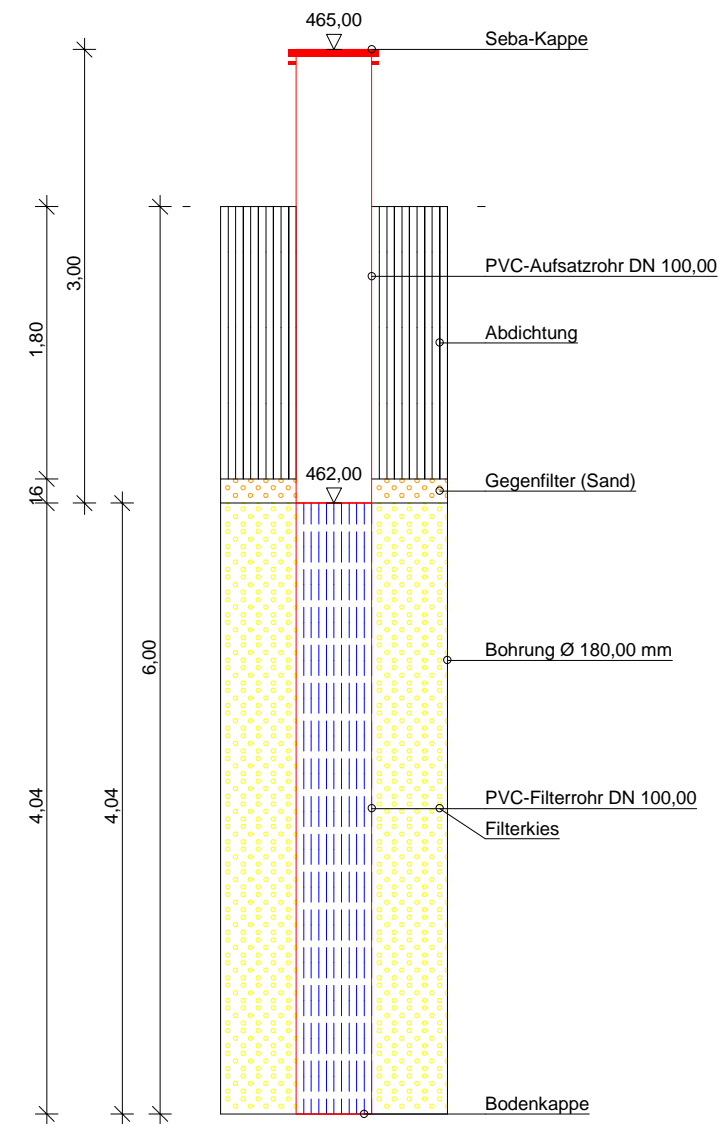
NHN+m



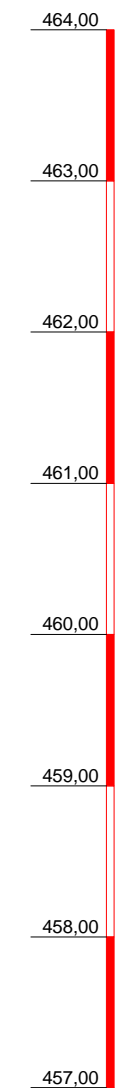
### B1



### Pegel B1



NHN+m



Gesellschaft für  
Angewandte  
Geowissenschaften mbH

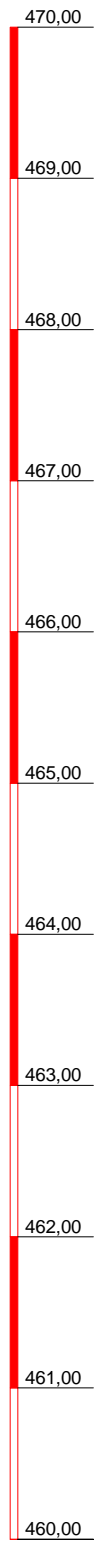
**geoplan**

Altlasten  
Baugrund  
Hydrogeologie  
Ingenieurgeologie  
Umwelt

Projekt:  
Erschließung Wohngebiet "Fuchsbühl"  
in Aichwald-Schanbach

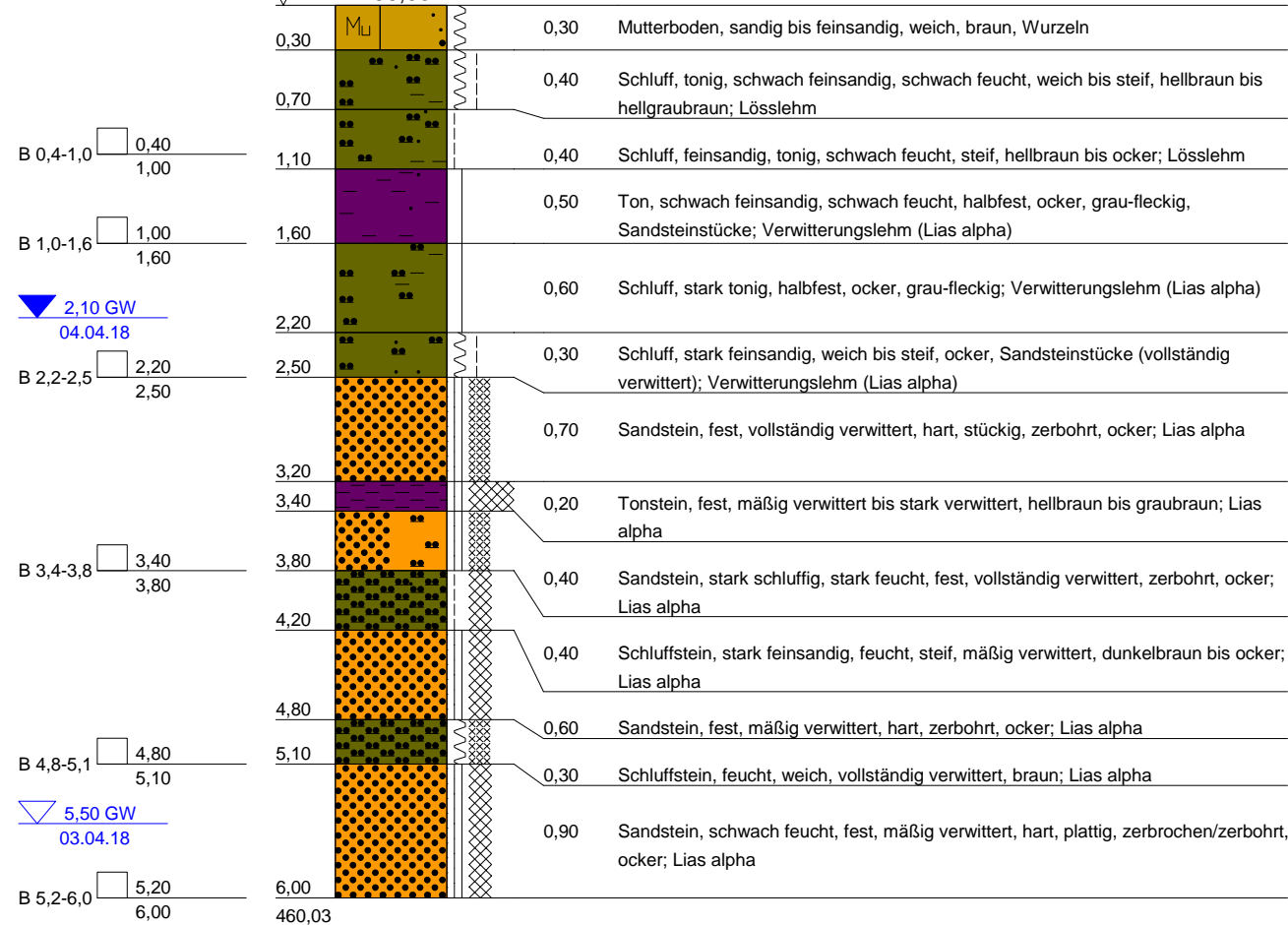
Anlage:	3-17
Projekt-Nr:	17 E 71
Datum:	03.04.2018
Maßstab:	1 : 50
Bearbeiter:	Kartmann

NHN+m



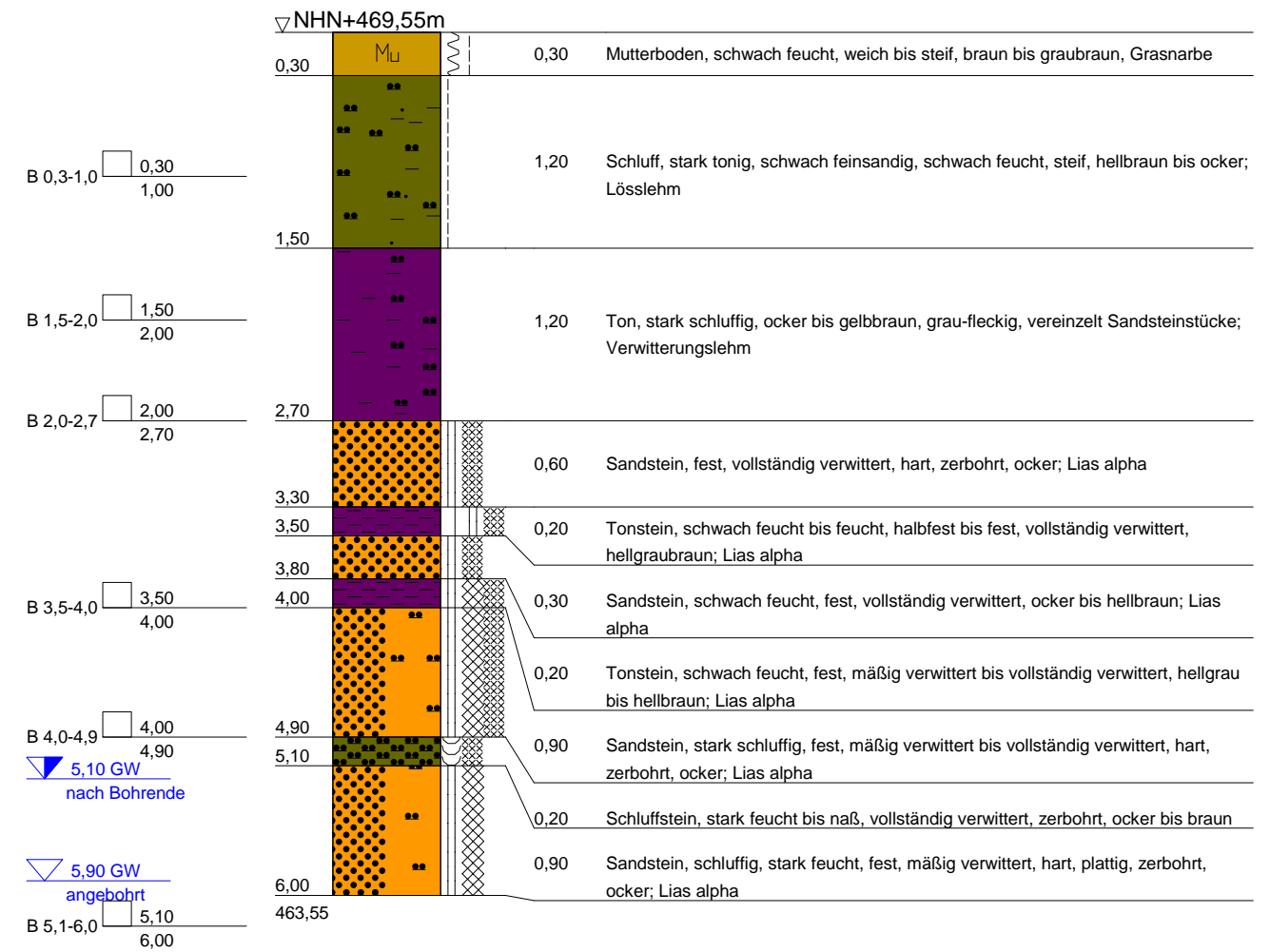
B2

▽NHN+466,03m



B3

NHN+m



Gesellschaft für Angewandte Geowissenschaften mbH

geoplan

Altlasten Baugrund Hydrogeologie Ingenieurgeologie Umwelt

Projekt:

Erschließung Wohngebiet "Fuchsbühl" in Aichwald-Schanbach

Anlage: 3-18

Projekt-Nr: 17 E 71

Datum: 03.04.2018

Maßstab: 1 : 50

Bearbeiter: Kartmann

## Beschreibung der Asphalt-Bohrkerne

### BK 1 (RKS 2)

Datum: 19.12.2017

Bohransatzpunkt: Straßenoberkante

Tiefe (cm):	Beschreibung:	Probenahmen:
0,0 - 3,0	Asphaltdeckschicht, feinkörnig, (max. Korndurchmesser bis 6 mm), schwarz, dicht, kompakt	- BK 1 -
5,0 - 7,0	Asphaltbinderschicht, schwarz, fest, kompakt (max. Korndurchmesser bis 13 mm)	
7,0 - 14,0	Asphalttragschicht, grauschwarz, fest, schwach kavernös (max. Korndurchmesser bis 22 mm)	

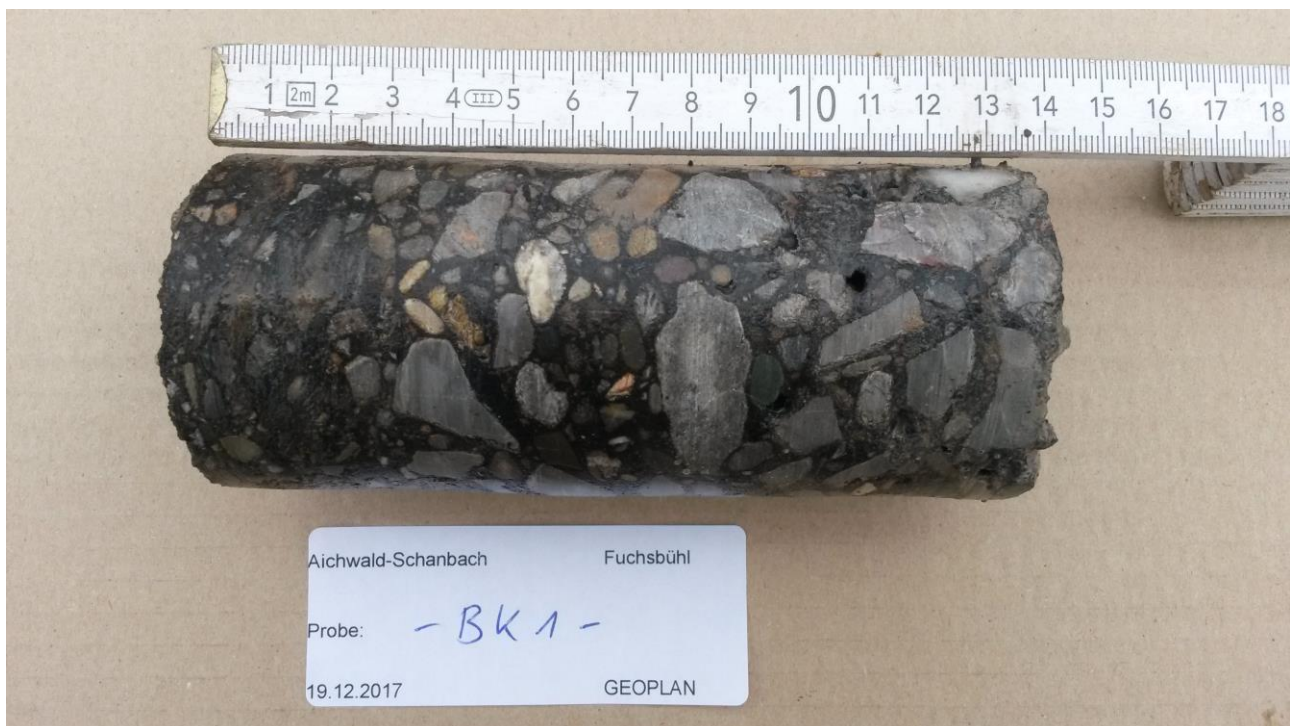


Abb. 1: Asphaltbohrkern BK 1

**BK 2 (RKS 3)****Datum: 19.12.2017****Bohransatzpunkt: Straßenoberkante**

<b>Tiefe (cm):</b>	<b>Beschreibung:</b>	<b>Probenahmen:</b>
0,0 - 3,5	Asphaltdeckschicht, fein- bis mittelkörnig, schwarzbraun (max. Korndurchmesser bis 8 mm)	- BK 2 -
3,5 - 7,0	Asphaltbinderschicht, mittelkörnig, schwarz, dicht, kompakt (max. Korndurchmesser bis 11 mm)	
7,0 - 12,0	Asphalttragschicht, schwarzbraun, fest, grobkörnig (max. Korndurchmesser bis 18 mm)	



Abb. 2: Asphaltbohrkern BK 2



**BK 3 (RKS 12)****Datum: 19.12.2017****Bohransatzpunkt: Straßenoberkante****Tiefe (cm): Beschreibung:****Probenahmen:**

0,0 - 3,5 Asphaltdeck- und Asphaltbinderschicht, fein- bis mittelkörnig, schwarz (max. Korndurchmesser bis 8 mm)  
Kernbruch bei 3,5 cm

- BK 3 -

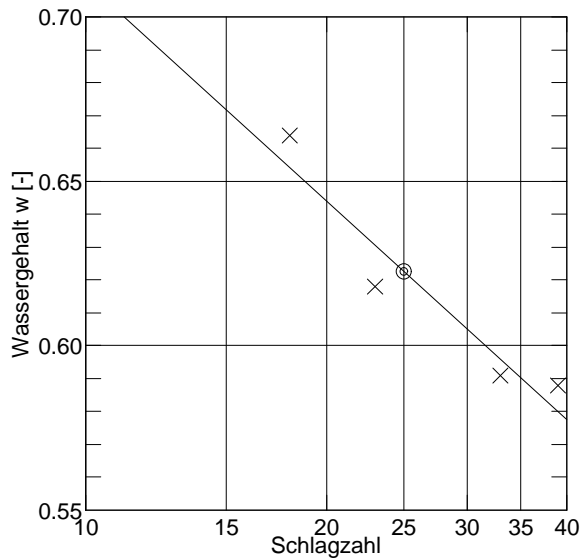
3,5 - 14,5 Asphalttragschicht, schwarzbraun, fest, kavernös stark grobkörnig (max. Korndurchmesser bis 30 mm)



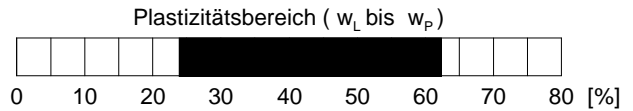
Abb. 3: Asphaltbohrkern BK 3

Projekt : Erschließung Baugebiet Fuchsbühl, Aichwald	
Projektnr.: 17 E 071	
Anlage : 5-1	
Datum : 12.04.2018	
<b>Zustandsgrenzen</b> DIN 18 122	Labornummer: RKS 2 B 1,0-1,7
	Tiefe : 1,0-1,7 m
	Bodenart : Lößlehm
Entnahmestelle: RKS 2	Art der Entr. : gestört
Ausgef. durch : Steinhart	Entr. am : 19.12.2017

Behälter-Nr.	Fließgrenze				Ausrollgrenze			
	B 1	B 2	B 3	B 4	A 1	A 2	A 3	
Zahl der Schläge	33	39	23	18				
Feuchte Probe + Behälter $m_f + m_B$ [g]	21.54	21.36	21.34	22.10	17.14	18.20	17.93	
Trockene Probe + Behälter $m_t + m_B$ [g]	18.31	18.25	18.20	18.50	16.44	17.26	17.03	
Behälter $m_B$ [g]	12.84	12.95	13.14	13.08	13.42	13.44	13.26	
Wasser $m_f - m_t = m_w$ [g]	3.23	3.11	3.13	3.60	0.70	0.94	0.90	
Trockene Probe $m_t$ [g]	5.46	5.30	5.06	5.42	3.02	3.82	3.77	Mittel
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$ [-]	0.591	0.588	0.618	0.664	0.231	0.247	0.238	0.239



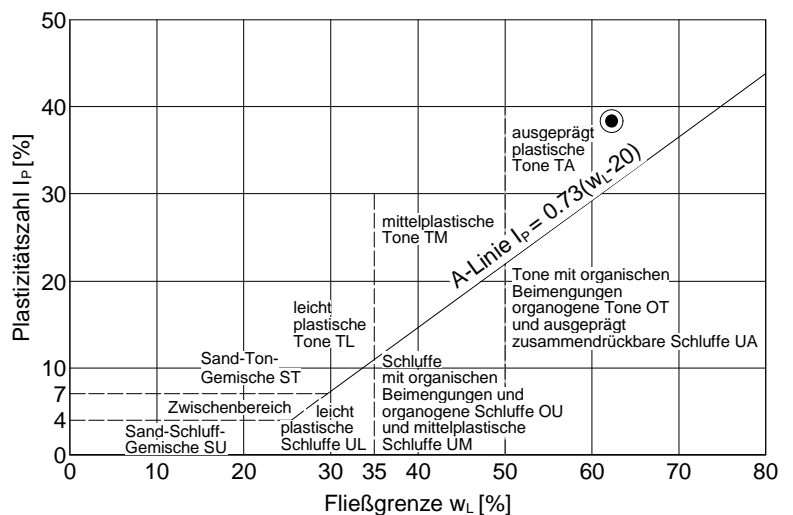
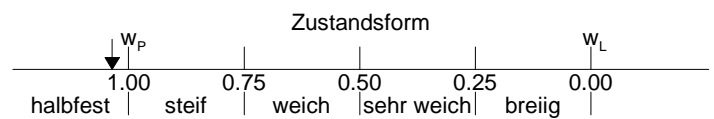
Wassergehalt  $w_N = 0.225$   
 Fließgrenze  $w_L = 0.623$   
 Ausrollgrenze  $w_P = 0.239$



Plastizitätszahl  $I_p = w_L - w_P = 0.384$

Liquiditätsindex  $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_p} = -0.036$

Konsistenzzahl  $I_c = \frac{w_L - w_N}{I_p} = 1.036$

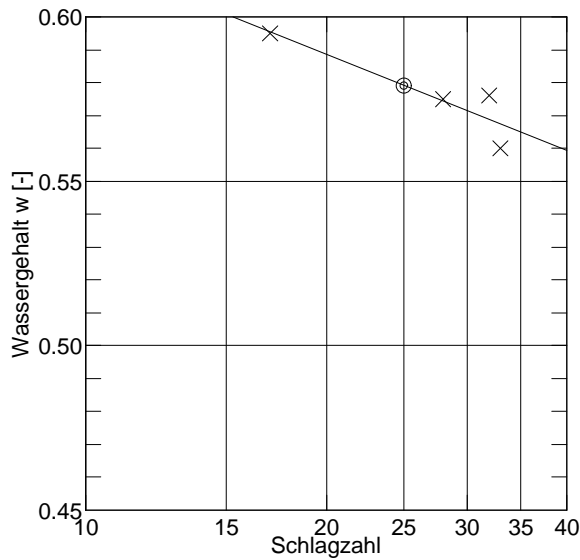




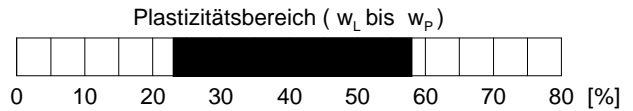


	Projekt : Erschließung Baugebiet Fuchsbühl, Aichwald
	Projektnr.: 17 E 071
	Anlage : 5-3
	Datum : 12.04.2018
<b>Zustandsgrenzen</b> DIN 18 122	Labornummer: RKS 9 B 0,6-1,8
	Tiefe : 0,6-1,8 m
	Bodenart : Verwitterungslehm Lias
Entnahmestelle: RKS 9	Art der Entrn. : gestört
Ausgef. durch : Steinhart	Entrn. am : 19.12.2017

Behälter-Nr.	Fließgrenze				Ausrollgrenze			
	F 1	F 2	F 3	F 4	E 1	E 2	E 3	
Zahl der Schläge	17	28	33	32				
Feuchte Probe + Behälter $m_f + m_B$ [g]	21.70	21.02	22.19	23.76	16.91	16.71	17.35	
Trockene Probe + Behälter $m_t + m_B$ [g]	18.52	18.25	19.06	19.97	16.26	16.07	16.57	
Behälter $m_B$ [g]	13.17	13.43	13.48	13.40	13.37	13.39	13.05	
Wasser $m_f - m_t = m_w$ [g]	3.19	2.77	3.13	3.79	0.65	0.65	0.79	
Trockene Probe $m_t$ [g]	5.35	4.82	5.58	6.57	2.89	2.68	3.51	Mittel
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$ [-]	0.595	0.575	0.560	0.576	0.225	0.242	0.224	0.230



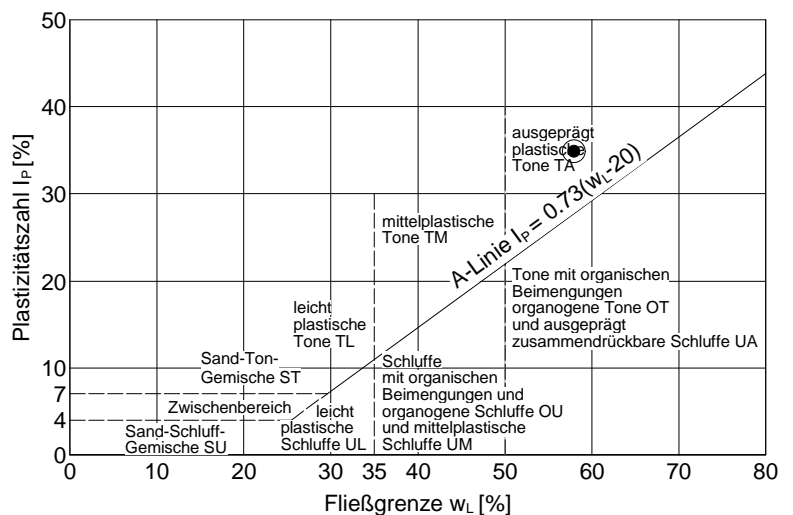
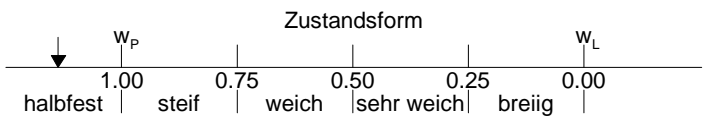
Wassergehalt  $w_N = 0.182$   
 Fließgrenze  $w_L = 0.579$   
 Ausrollgrenze  $w_P = 0.230$



Plastizitätszahl  $I_p = w_L - w_P = 0.349$

Liquiditätsindex  $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_p} = -0.138$

Konsistenzzahl  $I_c = \frac{w_L - w_N}{I_p} = 1.138$



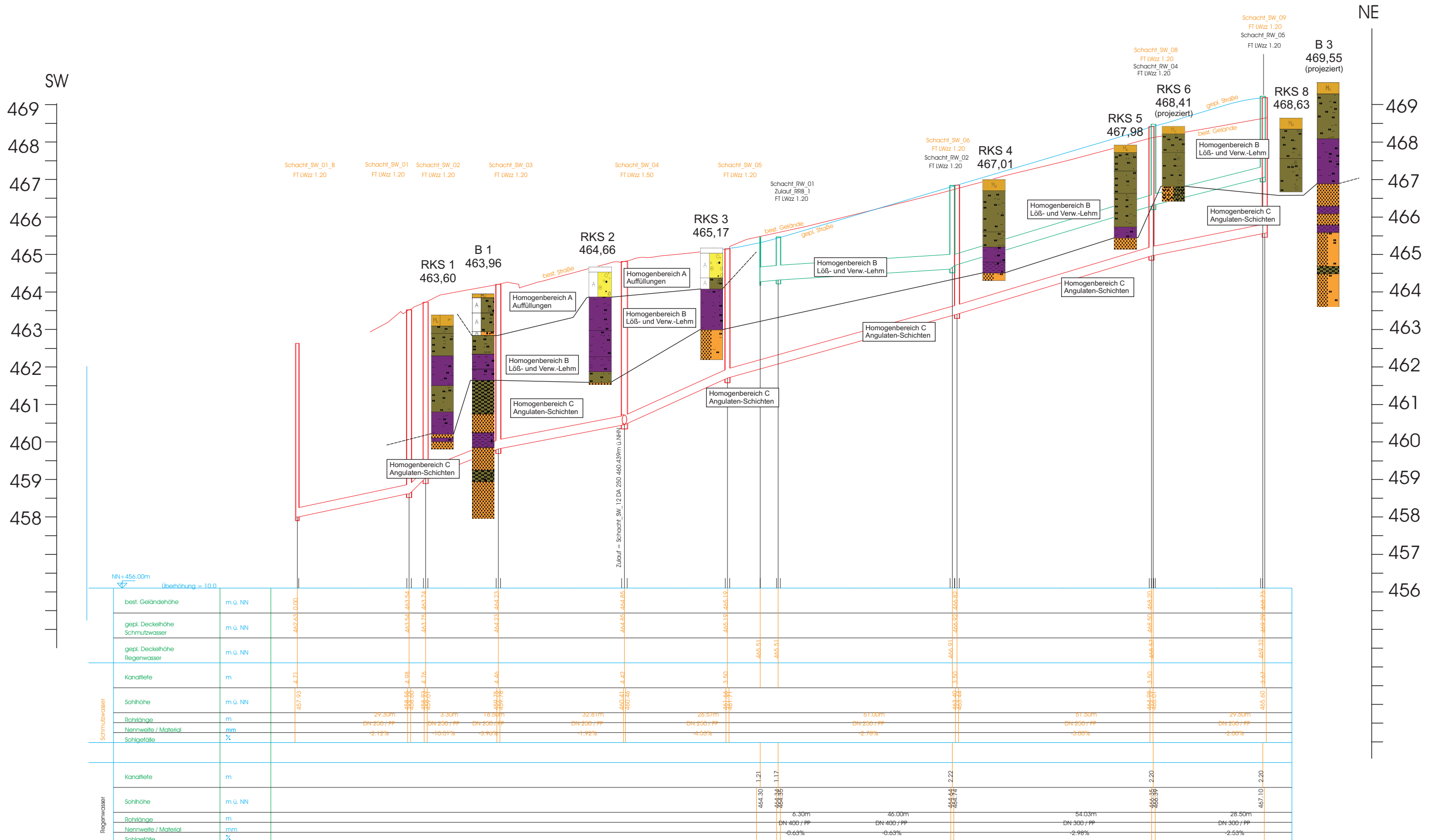
# Anlage 6-1: Schematischer Schnitt Kanaltrasse Nord

Maßstab 1:1.000, Höhenmaßstab 1:100 (10-fach überhöht)  
BV Erschließungsgebiet Fuchsbühl, Aichwald-Schanbach

**Legende:**

<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">A</span> Auffüllung	Schluff	Sandstein (Lias alpha)	Schlufftonstein (Lias alpha)
Sand	Kies	Ton und Tonstein (Lias alpha)	

Gesellschaft für  
Angewandte  
Geowissenschaften mbH



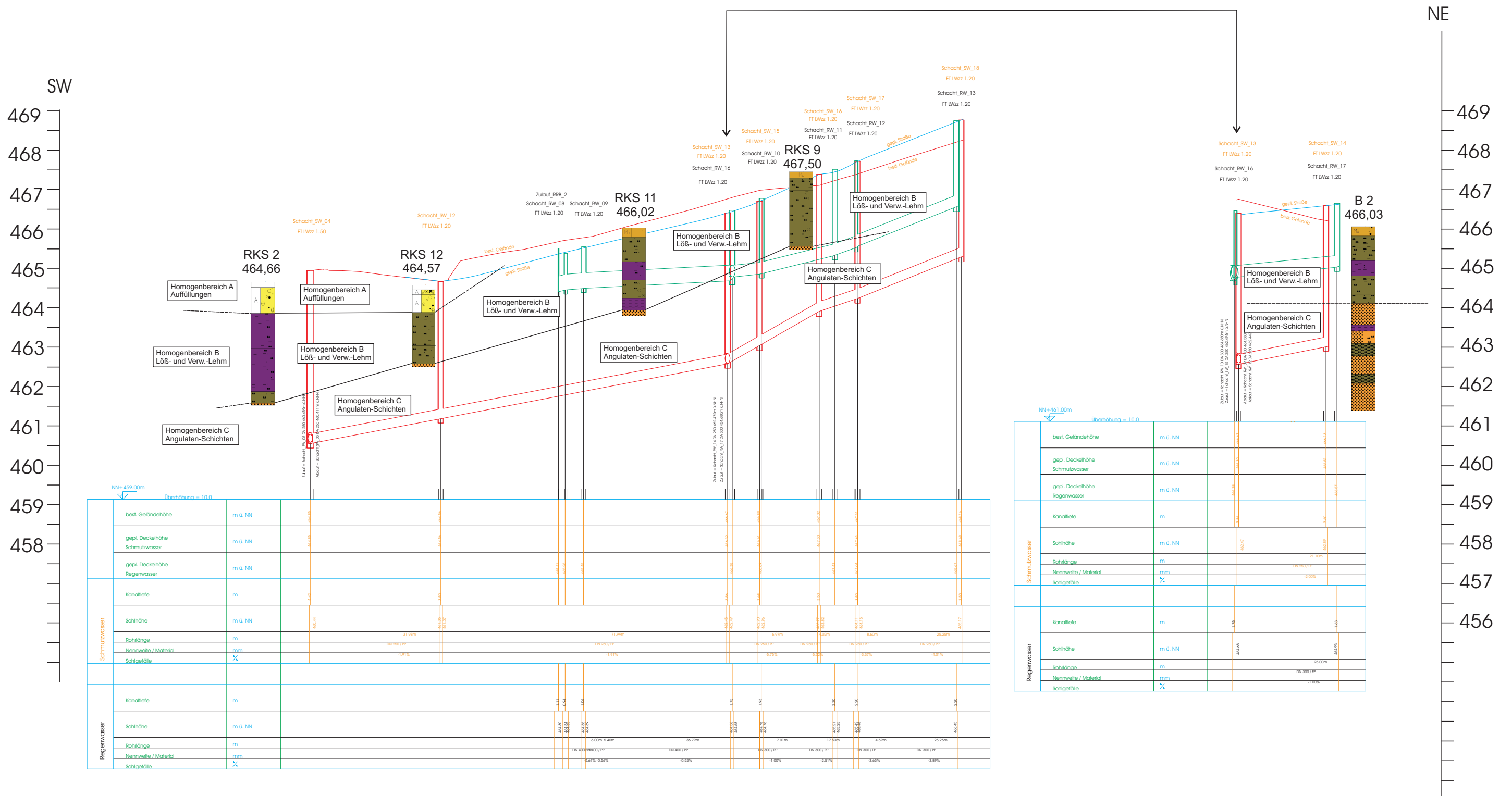
# Anlage 6-2: Schematischer Schnitt Kanaltrasse Süd

Maßstab 1:1.000, Höhenmaßstab 1:100 (10-fach überhöht)  
BV Erschließungsgebiet Fuchsbühl, Aichwald-Schanbach

## Legende:

Auffüllung	Schluff	Sandstein (Lias alpha)	Schlufftonstein (Lias alpha)
Sand	Kies	Ton und Tonstein (Lias alpha)	

Gesellschaft für  
Angewandte  
Geowissenschaften mbH



geoplan gmbH  
Grathwohlstraße 5  
72762 Reutlingen

<b>Analysenbericht Nr.</b>	<b>554/0412</b>	<b>Datum:</b>	<b>29.12.2017</b>
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

### Allgemeine Angaben

Auftraggeber : geoplan gmbH  
 Projekt : Aichwald-Schanbach, Erschließung Fuchsbühl Projekt-Nr. :  
 Entnahmestelle : Art der Probenahme : PN 98  
 Art der Probe : Boden Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers  
 Entnahmedatum : 19.12.2017 Probeneingang : 21.12.2017  
 Originalbezeich. : BK1  
 Probenbezeich. : 554/0412 Untersuch.-zeitraum : 21.12.2017 – 29.12.2017

### Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz (Gesamtfraktion)

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe			DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	99,5	DIN ISO 11465
Naphthalin	[mg/kg TS]	0,04	
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	0,13	
Acenaphthen	[mg/kg TS]	< 0,04	
Fluoren	[mg/kg TS]	0,12	
Phenanthren	[mg/kg TS]	0,61	
Anthracen	[mg/kg TS]	0,27	
Fluoranthren	[mg/kg TS]	0,56	
Pyren	[mg/kg TS]	0,45	
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	0,48	
Chrysen	[mg/kg TS]	0,77	
Benzo(b)fluoranthren	[mg/kg TS]	0,18	
Benzo(k)fluoranthren	[mg/kg TS]	0,1	
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	0,27	
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	0,09	
Benzo(a,h,i)perylen	[mg/kg TS]	0,18	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	0,12	
<b>Σ PAK (EPA Liste):</b>	<b>[mg/kg TS]</b>	<b>4,4</b>	DIN ISO 18287

Markt Rettenbach, den 29.12.2017

Onlinedokument ohne Unterschrift

Dipl.-Ing. (FH) E. Schindele

geoplan gmbH  
Grathwohlstraße 5  
72762 Reutlingen

<b>Analysenbericht Nr.</b>	<b>554/0413</b>	<b>Datum:</b>	<b>29.12.2017</b>
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

### Allgemeine Angaben

Auftraggeber : geoplan gmbH  
 Projekt : Aichwald-Schanbach, Erschließung Fuchsbühl Projekt-Nr. :  
 Entnahmestelle : Art der Probenahme : PN 98  
 Art der Probe : Boden Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers  
 Entnahmedatum : 19.12.2017 Probeneingang : 21.12.2017  
 Originalbezeich. : BK2  
 Probenbezeich. : 554/0413 Untersuch.-zeitraum : 21.12.2017 – 29.12.2017

### Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz (Gesamtfraktion)

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe			DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	99,4	DIN ISO 11465
Naphthalin	[mg/kg TS]	0,22	
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	< 0,04	
Acenaphthen	[mg/kg TS]	0,11	
Fluoren	[mg/kg TS]	0,27	
Phenanthren	[mg/kg TS]	1,3	
Anthracen	[mg/kg TS]	0,32	
Fluoranthren	[mg/kg TS]	0,96	
Pyren	[mg/kg TS]	0,8	
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	0,51	
Chrysen	[mg/kg TS]	0,39	
Benzo(b)fluoranthren	[mg/kg TS]	0,27	
Benzo(k)fluoranthren	[mg/kg TS]	0,16	
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	0,31	
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04	
Benzo(a,h,i)perylen	[mg/kg TS]	0,24	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	0,23	
<b>Σ PAK (EPA Liste):</b>	<b>[mg/kg TS]</b>	<b>6,1</b>	DIN ISO 18287

Markt Rettenbach, den 29.12.2017

Onlinedokument ohne Unterschrift

Dipl.-Ing. (FH) E. Schindele

geoplan gmbH  
Grathwohlstraße 5  
72762 Reutlingen

<b>Analysenbericht Nr.</b>	<b>554/0414</b>	<b>Datum:</b>	<b>29.12.2017</b>
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

### Allgemeine Angaben

Auftraggeber	: geoplan gmbH	Projekt-Nr. :	
Projekt	: Aichwald-Schanbach, Erschließung Fuchsbühl	Art der Probenahme	: PN 98
Entnahmestelle	:	Probenehmer	: von Seiten des Auftraggebers
Art der Probe	: Boden	Probeneingang	: 21.12.2017
Entnahmedatum	: 19.12.2017	Untersuch.-zeitraum	: 21.12.2017 – 29.12.2017
Originalbezeich.	: BK3		
Probenbezeich.	: 554/0414		

### Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz (Gesamtfraktion)

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe			DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	98,2	DIN ISO 11465
Naphthalin	[mg/kg TS]	< 0,04	
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	< 0,04	
Acenaphthen	[mg/kg TS]	< 0,04	
Fluoren	[mg/kg TS]	< 0,04	
Phenanthren	[mg/kg TS]	0,08	
Anthracen	[mg/kg TS]	0,07	
Fluoranthren	[mg/kg TS]	0,06	
Pyren	[mg/kg TS]	0,07	
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	0,09	
Chrysen	[mg/kg TS]	0,08	
Benzo(b)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04	
Benzo(k)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04	
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04	
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04	
Benzo(a,h,i)perylen	[mg/kg TS]	0,13	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04	
<b>Σ PAK (EPA Liste):</b>	<b>[mg/kg TS]</b>	<b>0,58</b>	DIN ISO 18287

Markt Rettenbach, den 29.12.2017

Onlinedokument ohne Unterschrift

Dipl.-Ing. (FH) E. Schindele

geoplan gmbH  
Grathwohlstraße 5  
72762 Reutlingen

<b>Analysenbericht Nr.</b>	<b>554/0610</b>	<b>Datum:</b>	<b>13.04.2018</b>
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

### Allgemeine Angaben

Auftraggeber : geoplan gmbH  
 Projekt : Aichwald-Schanbach, Erschließung Fuchsbühl  
 Art der Probenahme : Rammkernsondierung  
 Art der Probe : Boden Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers  
 Entnahmedatum : 03.04.2018 Probeneingang : 09.04.2018  
 Originalbezeich. : MP-AU  
 Probenbezeich. : 554/0610 Untersuch.-zeitraum : 09.04.2018 – 13.04.2018

## 1 Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz (VwV BW)

### 1.1 Allgemeine Parameter, Schwermetalle

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0 (S   L/L)		Z 0*	Z 1.1/2	Z 2	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe								DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	96,2	-	-	-	-	-	DIN ISO 11465
Arsen	[mg/kg TS]	4,6	10	15	15	45	150	EN ISO 11885
Blei	[mg/kg TS]	5,8	40	70	140	210	700	EN ISO 11885
Cadmium	[mg/kg TS]	0,21	0,4	1	1	3	10	EN ISO 11885
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	7,1	30	60	120	180	600	EN ISO 11885
Kupfer	[mg/kg TS]	17	20	40	80	120	400	EN ISO 11885
Nickel	[mg/kg TS]	8	15	50	100	150	500	EN ISO 11885
Quecksilber	[mg/kg TS]	< 0,02	0,1	0,5	1	1,5	5	DIN EN ISO 12846
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4	0,4	0,7	0,7	2,1	7	DIN 38 406 - E 26
Zink	[mg/kg TS]	22	60	150	300	450	1500	EN ISO 11885
Aufschluß mit Königswasser								EN 13657
EOX	[mg/kg TS]	< 0,5		1	1	3	10	DIN 38 414 – S17
MKW (C10 – C22)	[mg/kg TS]	< 30		100	200	300	1000	ISO/DIS 16703
MKW (C10 – C40)	[mg/kg TS]	< 50		-	400	600	2000	ISO/DIS 16703
Cyanid (gesamt)	[mg/kg TS]	< 0,25		-	-	3	10	DIN EN ISO 17380:11



1.2 Polychlorierte Biphenyle (PCB), BTXE, LHKW, PAK

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0 (S   L/L)	Z 0*	Z 1.1/2	Z 2	Methode
PCB 28	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 52	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 101	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 138	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 153	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 180	[mg/kg TS]	< 0,01					
<b>PCB Gesamt (DIN):</b>	[mg/kg TS]	<b>n.n.</b>	0,05	0,1	0,15	0,5	DIN EN 15308
<hr/>							
Benzol	[mg/kg TS]	< 0,1					
Toluol	[mg/kg TS]	< 0,1					
Ethylbenzol	[mg/kg TS]	< 0,1					
m,p-Xylol	[mg/kg TS]	< 0,1					
o-Xylol	[mg/kg TS]	< 0,1					
<b>BTXE Gesamt:</b>	[mg/kg TS]	<b>n.n.</b>	1	1	1	1	HLUG, HB. AL B7,4
<hr/>							
Vinylchlorid	[mg/kg TS]	< 0,01					
Dichlormethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
1-2-Dichlorethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
cis 1,2 Dichlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
trans-Dichlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
Chloroform	[mg/kg TS]	< 0,01					
1.1.1- Trichlorethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
Tetrachlormethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
Trichlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
Tetrachlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
<b>LHKW Gesamt:</b>	[mg/kg TS]	<b>n.n.</b>	1	1	1	1	HLUG, HB. AL B7,4
<hr/>							
Naphthalin	[mg/kg TS]	< 0,04					
Acenaphthen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Fluoren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Phenanthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Pyren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Chrysen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(b)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(k)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04	0,3	0,6	0,9	3	
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(g,h,i)perylen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04					
<b>Σ PAK (EPA Liste):</b>	[mg/kg TS]	<b>n.n.</b>	3	3	3 / 9	30	DIN ISO 18287



## 2 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

### 2.1 Allgemeine Parameter, Schwermetalle, Summenparameter, Chlorid, Sulfat

Parameter	Einheit	Messwert		Z0/Z0*	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Methode
Eluatherstellung								DIN 38 414 – S4
pH-Wert	[ - ]	8,45		6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12	DIN 38 404 - C5
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	108		250	250	1500	2000	EN 27 888
Arsen	[µg/l]	3		14	14	20	60	DIN EN ISO 17294-2
Blei	[µg/l]	< 5		40	40	80	200	DIN EN ISO 17294-2
Cadmium	[µg/l]	< 0,2		1,5	1,5	3	6	DIN EN ISO 17294-2
Chrom (gesamt)	[µg/l]	< 5		12,5	12,5	25	60	DIN EN ISO 17294-2
Kupfer	[µg/l]	< 5		20	20	60	100	DIN EN ISO 17294-2
Nickel	[µg/l]	< 5		15	15	20	70	DIN EN ISO 17294-2
Quecksilber	[µg/l]	< 0,15		0,5	0,5	1	2	DIN EN ISO 12846
Zink	[µg/l]	11		150	150	200	600	DIN EN ISO 17294-2
Phenolindex	[µg/l]	< 10		20	20	40	100	DIN EN ISO 14402
Cyanid (gesamt)	[µg/l]	< 5		5	5	10	20	EN ISO 14403
Chlorid	[mg/l]	< 2		30	30	50	100	EN ISO 10304-1
Sulfat	[mg/l]	11		50	50	100	150	EN ISO 10304-1

Markt Rettenbach, den 13.04.2018

Onlinedokument ohne Unterschrift

Dipl.-Ing. (FH) A. Wallner

geoplan gmbH  
Grathwohlstraße 5  
72762 Reutlingen

<b>Analysenbericht Nr.</b>	<b>554/0611</b>	<b>Datum:</b>	<b>13.04.2018</b>
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

### Allgemeine Angaben

Auftraggeber : geoplan gmbH  
 Projekt : Aichwald-Schanbach, Erschließung Fuchsbühl  
 Art der Probenahme : Rammkernsondierung  
 Art der Probe : Boden Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers  
 Entnahmedatum : 03.04.2018 Probeneingang : 09.04.2018  
 Originalbezeich. : MP-Kanal-Nord  
 Probenbezeich. : 554/0611 Untersuch.-zeitraum : 09.04.2018 – 13.04.2018

## 1 Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz (VwV BW)

### 1.1 Allgemeine Parameter, Schwermetalle

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0 (S   L/L)		Z 0*	Z 1.1/2	Z 2	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe								DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	88,3	-	-	-	-	-	DIN ISO 11465
Arsen	[mg/kg TS]	13	10	15	15	45	150	EN ISO 11885
Blei	[mg/kg TS]	16	40	70	140	210	700	EN ISO 11885
Cadmium	[mg/kg TS]	0,21	0,4	1	1	3	10	EN ISO 11885
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	25	30	60	120	180	600	EN ISO 11885
Kupfer	[mg/kg TS]	8,7	20	40	80	120	400	EN ISO 11885
Nickel	[mg/kg TS]	17	15	50	100	150	500	EN ISO 11885
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,03	0,1	0,5	1	1,5	5	DIN EN ISO 12846
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4	0,4	0,7	0,7	2,1	7	DIN 38 406 - E 26
Zink	[mg/kg TS]	36	60	150	300	450	1500	EN ISO 11885
Aufschluß mit Königswasser								EN 13657
EOX	[mg/kg TS]	< 0,5		1	1	3	10	DIN 38 414 – S17
MKW (C10 – C22)	[mg/kg TS]	< 30		100	200	300	1000	ISO/DIS 16703
MKW (C10 – C40)	[mg/kg TS]	< 50		-	400	600	2000	ISO/DIS 16703
Cyanid (gesamt)	[mg/kg TS]	< 0,25		-	-	3	10	DIN EN ISO 17380:11

## 1.2 Polychlorierte Biphenyle (PCB), BTXE, LHKW, PAK

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0 (S   L/L)	Z 0*	Z 1.1/2	Z 2	Methode
PCB 28	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 52	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 101	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 138	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 153	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 180	[mg/kg TS]	< 0,01					
<b>PCB Gesamt (DIN):</b>	[mg/kg TS]	<b>n.n.</b>	0,05	0,1	0,15	0,5	DIN EN 15308
<hr/>							
Benzol	[mg/kg TS]	< 0,1					
Toluol	[mg/kg TS]	< 0,1					
Ethylbenzol	[mg/kg TS]	< 0,1					
m,p-Xylol	[mg/kg TS]	< 0,1					
o-Xylol	[mg/kg TS]	< 0,1					
<b>BTXE Gesamt:</b>	[mg/kg TS]	<b>n.n.</b>	1	1	1	1	HLUG, HB. AL B7,4
<hr/>							
Vinylchlorid	[mg/kg TS]	< 0,01					
Dichlormethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
1-2-Dichlorethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
cis 1,2 Dichlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
trans-Dichlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
Chloroform	[mg/kg TS]	< 0,01					
1.1.1- Trichlorethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
Tetrachlormethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
Trichlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
Tetrachlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
<b>LHKW Gesamt:</b>	[mg/kg TS]	<b>n.n.</b>	1	1	1	1	HLUG, HB. AL B7,4
<hr/>							
Naphthalin	[mg/kg TS]	< 0,04					
Acenaphthen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Fluoren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Phenanthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Fluoranthen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Pyren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Chrysen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(b)fluoranthen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(k)fluoranthen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04	0,3	0,6	0,9	3	
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(g,h,i)perylen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04					
<b>Σ PAK (EPA Liste):</b>	[mg/kg TS]	<b>n.n.</b>	3	3	3 / 9	30	DIN ISO 18287

## 2 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

### 2.1 Allgemeine Parameter, Schwermetalle, Summenparameter, Chlorid, Sulfat

Parameter	Einheit	Messwert		Z0/Z0*	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Methode
Eluatherstellung								DIN 38 414 – S4
pH-Wert	[ - ]	7,29		6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12	DIN 38 404 - C5
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	31		250	250	1500	2000	EN 27 888
Arsen	[µg/l]	< 3		14	14	20	60	DIN EN ISO 17294-2
Blei	[µg/l]	< 5		40	40	80	200	DIN EN ISO 17294-2
Cadmium	[µg/l]	< 0,2		1,5	1,5	3	6	DIN EN ISO 17294-2
Chrom (gesamt)	[µg/l]	< 5		12,5	12,5	25	60	DIN EN ISO 17294-2
Kupfer	[µg/l]	< 5		20	20	60	100	DIN EN ISO 17294-2
Nickel	[µg/l]	< 5		15	15	20	70	DIN EN ISO 17294-2
Quecksilber	[µg/l]	< 0,15		0,5	0,5	1	2	DIN EN ISO 12846
Zink	[µg/l]	< 10		150	150	200	600	DIN EN ISO 17294-2
Phenolindex	[µg/l]	< 10		20	20	40	100	DIN EN ISO 14402
Cyanid (gesamt)	[µg/l]	< 5		5	5	10	20	EN ISO 14403
Chlorid	[mg/l]	< 2		30	30	50	100	EN ISO 10304-1
Sulfat	[mg/l]	< 5		50	50	100	150	EN ISO 10304-1

Markt Rettenbach, den 13.04.2018

Onlinedokument ohne Unterschrift

Dipl.-Ing. (FH) A. Wallner

geoplan gmbH  
Grathwohlstraße 5  
72762 Reutlingen

<b>Analysenbericht Nr.</b>	<b>554/0612</b>	<b>Datum:</b>	<b>13.04.2018</b>
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

### Allgemeine Angaben

Auftraggeber : geoplan gmbH  
 Projekt : Aichwald-Schanbach, Erschließung Fuchsbühl  
 Art der Probenahme : Rammkernsondierung  
 Art der Probe : Boden Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers  
 Entnahmedatum : 03.04.2018 Probeneingang : 09.04.2018  
 Originalbezeich. : MP-Kanal-Süd  
 Probenbezeich. : 554/0612 Untersuch.-zeitraum : 09.04.2018 – 13.04.2018

## 1 Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz (VwV BW)

### 1.1 Allgemeine Parameter, Schwermetalle

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0		Z 0*	Z 1.1/2	Z 2	Methode
			(S	L/L)				
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe								DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	88,3	-	-	-	-	-	DIN ISO 11465
Arsen	[mg/kg TS]	13	10	15	15	45	150	EN ISO 11885
Blei	[mg/kg TS]	12	40	70	140	210	700	EN ISO 11885
Cadmium	[mg/kg TS]	0,25	0,4	1	1	3	10	EN ISO 11885
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	22	30	60	120	180	600	EN ISO 11885
Kupfer	[mg/kg TS]	26	20	40	80	120	400	EN ISO 11885
Nickel	[mg/kg TS]	17	15	50	100	150	500	EN ISO 11885
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,02	0,1	0,5	1	1,5	5	DIN EN ISO 12846
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4	0,4	0,7	0,7	2,1	7	DIN 38 406 - E 26
Zink	[mg/kg TS]	32	60	150	300	450	1500	EN ISO 11885
Aufschluß mit Königswasser								EN 13657
EOX	[mg/kg TS]	< 0,5	1	1	3	10		DIN 38 414 – S17
MKW (C10 – C22)	[mg/kg TS]	< 30	100	200	300	1000		ISO/DIS 16703
MKW (C10 – C40)	[mg/kg TS]	< 50	-	400	600	2000		ISO/DIS 16703
Cyanid (gesamt)	[mg/kg TS]	< 0,25	-	-	3	10		DIN EN ISO 17380:11

## 1.2 Polychlorierte Biphenyle (PCB), BTXE, LHKW, PAK

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0 (S   L/L)	Z 0*	Z 1.1/2	Z 2	Methode
PCB 28	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 52	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 101	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 138	[mg/kg TS]	0,01					
PCB 153	[mg/kg TS]	0,02					
PCB 180	[mg/kg TS]	0,01					
<b>PCB Gesamt (DIN):</b>	[mg/kg TS]	<b>0,04</b>	0,05	0,1	0,15	0,5	DIN EN 15308
<hr/>							
Benzol	[mg/kg TS]	< 0,1					
Toluol	[mg/kg TS]	< 0,1					
Ethylbenzol	[mg/kg TS]	< 0,1					
m,p-Xylol	[mg/kg TS]	< 0,1					
o-Xylol	[mg/kg TS]	< 0,1					
<b>BTXE Gesamt:</b>	[mg/kg TS]	<b>n.n.</b>	1	1	1	1	HLUG, HB. AL B7,4
<hr/>							
Vinylchlorid	[mg/kg TS]	< 0,01					
Dichlormethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
1-2-Dichlorethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
cis 1,2 Dichlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
trans-Dichlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
Chloroform	[mg/kg TS]	< 0,01					
1.1.1- Trichlorethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
Tetrachlormethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
Trichlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
Tetrachlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
<b>LHKW Gesamt:</b>	[mg/kg TS]	<b>n.n.</b>	1	1	1	1	HLUG, HB. AL B7,4
<hr/>							
Naphthalin	[mg/kg TS]	< 0,04					
Acenaphthen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Fluoren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Phenanthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Pyren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Chrysen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(b)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(k)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04	0,3	0,6	0,9	3	
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(g,h,i)perylen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04					
<b>Σ PAK (EPA Liste):</b>	[mg/kg TS]	<b>n.n.</b>	3	3	3 / 9	30	DIN ISO 18287

## 2 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

### 2.1 Allgemeine Parameter, Schwermetalle, Summenparameter, Chlorid, Sulfat

Parameter	Einheit	Messwert		Z0/Z0*	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Methode
Eluatherstellung								DIN 38 414 – S4
pH-Wert	[ - ]	6,96		6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12	DIN 38 404 - C5
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	23		250	250	1500	2000	EN 27 888
Arsen	[µg/l]	< 3		14	14	20	60	DIN EN ISO 17294-2
Blei	[µg/l]	< 5		40	40	80	200	DIN EN ISO 17294-2
Cadmium	[µg/l]	< 0,2		1,5	1,5	3	6	DIN EN ISO 17294-2
Chrom (gesamt)	[µg/l]	< 5		12,5	12,5	25	60	DIN EN ISO 17294-2
Kupfer	[µg/l]	< 5		20	20	60	100	DIN EN ISO 17294-2
Nickel	[µg/l]	< 5		15	15	20	70	DIN EN ISO 17294-2
Quecksilber	[µg/l]	< 0,15		0,5	0,5	1	2	DIN EN ISO 12846
Zink	[µg/l]	< 10		150	150	200	600	DIN EN ISO 17294-2
Phenolindex	[µg/l]	< 10		20	20	40	100	DIN EN ISO 14402
Cyanid (gesamt)	[µg/l]	< 5		5	5	10	20	EN ISO 14403
Chlorid	[mg/l]	< 2		30	30	50	100	EN ISO 10304-1
Sulfat	[mg/l]	< 5		50	50	100	150	EN ISO 10304-1

Markt Rettenbach, den 13.04.2018

Onlinedokument ohne Unterschrift

Dipl.-Ing. (FH) A. Wallner

geoplan gmbH  
Grathwohlstraße 5  
72762 Reutlingen

<b>Analysenbericht Nr.</b>	<b>554/0613</b>	<b>Datum:</b>	<b>13.04.2018</b>
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

### Allgemeine Angaben

Auftraggeber : geoplan gmbH  
 Projekt : Aichwald-Schanbach, Erschließung Fuchsbühl  
 Art der Probenahme : Rammkernsondierung  
 Art der Probe : Boden Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers  
 Entnahmedatum : 03.04.2018 Probeneingang : 09.04.2018  
 Originalbezeich. : MP-RWM  
 Probenbezeich. : 554/0613 Untersuch.-zeitraum : 09.04.2018 – 13.04.2018

## 1 Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz (VwV BW)

### 1.1 Allgemeine Parameter, Schwermetalle

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0		Z 0*	Z 1.1/2	Z 2	Methode
			(S	L/L)				
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe								DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	85,3	-	-	-	-	-	DIN ISO 11465
Arsen	[mg/kg TS]	13	10	15	15	45	150	EN ISO 11885
Blei	[mg/kg TS]	17	40	70	140	210	700	EN ISO 11885
Cadmium	[mg/kg TS]	0,21	0,4	1	1	3	10	EN ISO 11885
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	32	30	60	120	180	600	EN ISO 11885
Kupfer	[mg/kg TS]	10	20	40	80	120	400	EN ISO 11885
Nickel	[mg/kg TS]	19	15	50	100	150	500	EN ISO 11885
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,04	0,1	0,5	1	1,5	5	DIN EN ISO 12846
Thallium	[mg/kg TS]	< 0,4	0,4	0,7	0,7	2,1	7	DIN 38 406 - E 26
Zink	[mg/kg TS]	38	60	150	300	450	1500	EN ISO 11885
Aufschluß mit Königswasser								EN 13657
EOX	[mg/kg TS]	< 0,5		1	1	3	10	DIN 38 414 – S17
MKW (C10 – C22)	[mg/kg TS]	< 30		100	200	300	1000	ISO/DIS 16703
MKW (C10 – C40)	[mg/kg TS]	< 50		-	400	600	2000	ISO/DIS 16703
Cyanid (gesamt)	[mg/kg TS]	< 0,25		-	-	3	10	DIN EN ISO 17380:11



1.2 Polychlorierte Biphenyle (PCB), BTXE, LHKW, PAK

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0 (S   L/L)	Z 0*	Z 1.1/2	Z 2	Methode
PCB 28	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 52	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 101	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 138	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 153	[mg/kg TS]	< 0,01					
PCB 180	[mg/kg TS]	< 0,01					
<b>PCB Gesamt (DIN):</b>	[mg/kg TS]	<b>n.n.</b>	0,05	0,1	0,15	0,5	DIN EN 15308
<hr/>							
Benzol	[mg/kg TS]	< 0,1					
Toluol	[mg/kg TS]	< 0,1					
Ethylbenzol	[mg/kg TS]	< 0,1					
m,p-Xylol	[mg/kg TS]	< 0,1					
o-Xylol	[mg/kg TS]	< 0,1					
<b>BTXE Gesamt:</b>	[mg/kg TS]	<b>n.n.</b>	1	1	1	1	HLUG, HB. AL B7,4
<hr/>							
Vinylchlorid	[mg/kg TS]	< 0,01					
Dichlormethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
1-2-Dichlorethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
cis 1,2 Dichlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
trans-Dichlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
Chloroform	[mg/kg TS]	< 0,01					
1.1.1- Trichlorethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
Tetrachlormethan	[mg/kg TS]	< 0,01					
Trichlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
Tetrachlorethen	[mg/kg TS]	< 0,01					
<b>LHKW Gesamt:</b>	[mg/kg TS]	<b>n.n.</b>	1	1	1	1	HLUG, HB. AL B7,4
<hr/>							
Naphthalin	[mg/kg TS]	< 0,04					
Acenaphthen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Fluoren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Phenanthren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Fluoranthen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Pyren	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Chrysen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(b)fluoranthen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(k)fluoranthen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04	0,3	0,6	0,9	3	
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Benzo(g,h,i)perylen	[mg/kg TS]	< 0,04					
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04					
<b>Σ PAK (EPA Liste):</b>	[mg/kg TS]	<b>n.n.</b>	3	3	3 / 9	30	DIN ISO 18287

## 2 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

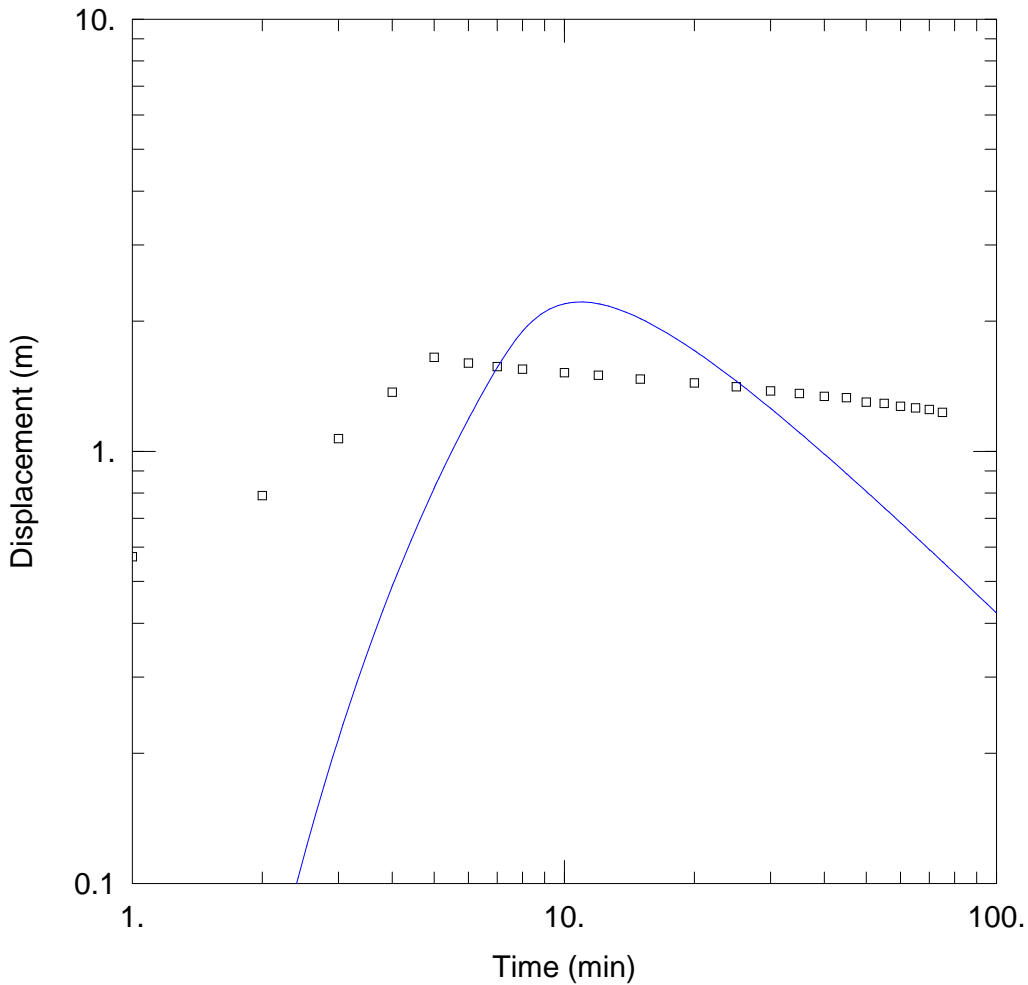
### 2.1 Allgemeine Parameter, Schwermetalle, Summenparameter, Chlorid, Sulfat

Parameter	Einheit	Messwert		Z0/Z0*	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Methode
Eluatherstellung								DIN 38 414 – S4
pH-Wert	[ - ]	6,89		6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12	DIN 38 404 - C5
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	23		250	250	1500	2000	EN 27 888
Arsen	[µg/l]	9		14	14	20	60	DIN EN ISO 17294-2
Blei	[µg/l]	< 5		40	40	80	200	DIN EN ISO 17294-2
Cadmium	[µg/l]	< 0,2		1,5	1,5	3	6	DIN EN ISO 17294-2
Chrom (gesamt)	[µg/l]	< 5		12,5	12,5	25	60	DIN EN ISO 17294-2
Kupfer	[µg/l]	6		20	20	60	100	DIN EN ISO 17294-2
Nickel	[µg/l]	< 5		15	15	20	70	DIN EN ISO 17294-2
Quecksilber	[µg/l]	< 0,15		0,5	0,5	1	2	DIN EN ISO 12846
Zink	[µg/l]	33		150	150	200	600	DIN EN ISO 17294-2
Phenolindex	[µg/l]	< 10		20	20	40	100	DIN EN ISO 14402
Cyanid (gesamt)	[µg/l]	< 5		5	5	10	20	EN ISO 14403
Chlorid	[mg/l]	< 2		30	30	50	100	EN ISO 10304-1
Sulfat	[mg/l]	< 5		50	50	100	150	EN ISO 10304-1

Markt Rettenbach, den 13.04.2018

Onlinedokument ohne Unterschrift

Dipl.-Ing. (FH) A. Wallner



### WELL TEST ANALYSIS

Data Set: Z:\Aichwald\Fuchsbüh\Bohrungen\B 1 Pumptest\B 1-PT.aqt  
 Date: 04/19/18 Time: 13:05:33

### PROJECT INFORMATION

Company: geoplan  
 Location: Esslingen  
 Test Well: B 1  
 Test Date: 12.04.2018

### WELL DATA

Pumping Wells			Observation Wells		
Well Name	X (m)	Y (m)	Well Name	X (m)	Y (m)
B 1	0	0	□ B 1	0	0

### SOLUTION

Aquifer Model: <u>Confined</u>	Solution Method: <u>Theis</u>
T = <u>5.412E-7 m<sup>2</sup>/sec</u>	S = <u>0.02922</u>
Kz/Kr = <u>1.</u>	b = <u>1.8 m</u>