

**HYDROGEOLOGISCHE BEURTEILUNG
ZUR VERSICKERUNGSFÄHIGKEIT DES
UNTERGRUNDES**

Projekt: BV Märkte, Bonn-Brühler-Str., Merten

Projekt-Nr.: 11/02/0365-3

Auftraggeber: Schmitz – Hübsch
Immobilien GbR mbH
Bonn-Brühler-Str. 14
53332 Bornheim-Merten

Datum: 08. Juni 2011

INHALTSVERZEICHNIS

0	AUFTRAG	3
1	ÖRTLICHE SITUATION	3
2	DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN	5
3	ÖRTLICHE SITUATION	6
3.1	Schichtenfolge.....	6
3.2	Wasserführung im Baugrund	7
4	WASSERDURCHLÄSSIGKEIT	7
5	BEWERTUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE.....	9
6	SCHLUSSBEMERKUNGEN.....	11

Anlagen:

- 1 Ausschnitt aus der Topographischen Karte
- 2 Ausschnitt aus der Geologischen Karte
- 3 Lageplan mit Eintragung der Untersuchungspositionen
- 4 Zeichnerische Darstellung der Bodenaufschlüsse nach DIN EN ISO 14688
- 5 Auswertungsprotokolle der Versickerungsversuche

0 Auftrag

Auf dem Grundstück Bonn-Brühler-Straße, in Bornheim-Merten (Flur 13, Flurstück 217) ist der Bau von Fachmärkten mit einer Gesamtdachfläche von 6400 m² geplant. Das anfallende Dachwasser soll im Untergrund versickert werden.

Das Niederschlagswasser der gepflasterten Parkplatzflächen und der asphaltierten Fahrflächen soll, wenn möglich ebenfalls versickert werden.

Unser Büro wurde durch den Bauherrn beauftragt, eine Untersuchung zur Versickerungsfähigkeit des Untergrundes durchzuführen und ggfs. einen Vorschlag für eine Versickerungsanlage auszuarbeiten. Die Beurteilung erfolgt vorbehaltlich einer ggfs. einzuholenden Genehmigung zur Einleitung des Wassers in den Untergrund.

Hierzu wurden am 18.02.2011 und 21.03.2011 insgesamt 11 Bohrungen zur Erkundung des Untergrundes durchgeführt.

Unterlagen

Zum Zeitpunkt der Erstellung des Gutachtens lagen unserem Büro folgende Planunterlagen vor:

- B-Plan: ME 15.2 Rahmenplanung, Außenanlagen, Dederichs Projektbau GmbH, Stand 31.05.2011

Benutzt wurden darüber hinaus folgende Karten:

- Topographische Karte, Blatt 5207 Bornheim, Maßstab 1:25.000
- Geologische Karte, Blatt 5207 Bornheim, Maßstab 1:25.000

1 Örtliche Situation

Die B-Plan-Fläche liegt in Bornheim-Merten, westlich der Bonn-Brühler Straße (L 183) und nördlich der Beethovenstraße. Die Lage ist den Karten in Abbildung 1 zu entnehmen.

Abbildung 1: ca. Lage der B-Plan-Fläche im Stadtplan und im Luftbild



Es handelt sich um eine landwirtschaftlich genutzte Fläche, auf der sich eine Apfelplantage befindet.

Im Rahmen von Untersuchungen für andere Fragestellungen wurden im Bereich der geplanten Bebauung Bohrungen zur Erkundung der Bodenverhältnisse abgeteuft. Der Schichtenaufbau ist unter Pkt. 3.1 beschrieben. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse, die weitgehend ähnliche Bodenverhältnisse auswiesen, wurde das östl. des B-Plangebietes bis zur L 183 liegende Areal versickerungstechnischen Untersuchungen unterzogen. Aufgrund des natürlichen Gefälles in diese Richtung und um die Nutzung dieser Gesamtfläche möglichst geringfügig zu beschränken, wurde die Beurteilung im Hinblick auf eine Versickerungsanlage auf einen Streifen von ca. 160 m Länge parallel zur Bonn-Brühler-Straße bezogen.

In der Abbildung 2 ist diese Fläche, auf der eine Versickerungsanlage positioniert werden kann, blau hinterlegt.

Grundsätzlich kann die Beurteilung auf die gesamte Fläche zwischen Beethovenstraße, L 183 und Kreuzstraße bezogen werden, da die Bodenverhältnisse in diesem Bereich sehr homogen sind.

Alle Bereiche werden derzeit ebenfalls als Apfelplantage genutzt.

Die Fläche steigt nach Westen zur Ville hin flach an.

Die Entfernung zum nächsten Vorfluter, dem Mühlenbach beträgt rd. m. 320 m. Das Untersuchungsgebiet liegt außerhalb von bestehenden Wasserschutzzonen.

Abbildung 2: mögl. Flächen für eine Versickerungsanlage



2 Durchgeführte Untersuchungen

Um Aufschluss über die Bodenverhältnisse am Projektstandort zu erhalten, wurden am 18.02.2011 insgesamt 4 Rammkernsondierungen VS 1 – VS 4 bis in eine Tiefe von 3,0 m u. GOK niedergebracht. Die Ergebnisse der Aufschlussbohrungen wurden gem. DIN 4023 in Schichtprofilen dargestellt (s. Anlage 4).

Zur Erkundung der Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes wurden die Sondierlöcher aller Rammkernsondierungen VS 1 – VS 4 ausgebaut und 4 Versickerungsversuche zur Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (k_f – Wert) nach USBR Earth Manual durchgeführt.

Zur Bestimmung der generellen Kornzusammensetzung und zur Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes wurde an insgesamt 5 ausgewählten Proben, aus den gewachsenen Bodenschichten, eine Siebanalyse durchgeführt.

3 Örtliche Situation

3.1 Schichtenfolge

Den allgemeinen geologischen Karten- und Literaturangaben zufolge, ist im Bereich des Untersuchungsgebietes mit folgenden – für das Bauvorhaben relevanten - geologischen Einheiten zu rechnen:

- Löß oder Lößlehm
- Flussaufschüttung der Mittelterrasse (Kiese, mit Sand und Geröllen)

Unterhalb der Mutterbodendeckschicht wurden feinsandige **Schluffschichten** (Löß) angetroffen. Sie reichen bei der **bis in max. Tiefe von > 18 m**. Die Schluffschichten besitzen eine steife, untergeordnet eine weiche-steife und weiche Konsistenz.

Lediglich im Bereich des eigentlichen B-Plan-Gebietes wurden bei den Bohrungen RKS 2, 4 und 5 **gering mächtige Kiesstreifen** in einer Dicke von wenigen Dezimetern erbohrt. Lediglich bei RKS 3 wurden die Kiese in größerer Mächtigkeit erbohrt. Diese wurden durch die Hebung der Ville örtlich nach oben gedrückt. Wie die benachbarten Bohrungen zeigen, handelt es sich hier jedoch um **Kieslinsen mit geringer räumlicher Ausdehnung**.

Bei den genannten Mächtigkeitsangaben handelt es sich um die in den einzelnen Untersuchungspunkten ermittelten Werte. Es ist nicht auszuschließen, dass an nicht untersuchten Stellen des Baufeldes hiervon abweichende Schichtmächtigkeiten vorliegen.

Die im Einzelnen ermittelte Schichtenabfolge und deren Beschreibung ist den beigegeführten Schichtenbildern (Anlage 4) zu entnehmen.

3.2 Wasserführung im Baugrund

Im Rahmen der Untersuchungen wurde eine Schneckenbohrung bis in eine Tiefe von 18 m abgeteuft.

Grundwasser wurde zum Zeitpunkt der Untersuchungen bei dieser Bohrung bis in eine Tiefe von 18 m nicht angetroffen. Die übrigen Bohrungen wurden bis 5 m Tiefe niedergebracht. Auch wurde erwartungsgemäß kein Grundwasser angetroffen.

Aufgrund früherer Erfahrungen in ähnlichen Böden muss, insbesondere aufgrund von Schichtwechsel (Auffüllung/Schluff) und Inhomogenitäten innerhalb der bindigen Bodenschichten mit dem Auftreten saisonal bedingter Schichtwasser- und Staunässebildungen vor allem nach starken Niederschlägen gerechnet werden.

4 Wasserdurchlässigkeit

Die Durchlässigkeit des Sickerraumes ist die wesentliche quantitative wie auch qualitative Voraussetzung für das Versickern von Niederschlagswasser.

Die Durchlässigkeit der Lockergesteine hängt maßgeblich von ihrer Korngröße, Kornverteilung und Lagerungsdichte ab, bei bindigen Böden entscheidend auch vom Gefüge und der Wassertemperatur und wird durch den Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) ausgedrückt.

Zur Erkundung der Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes wurden insgesamt 5 Versickerungsversuche zur Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes nach USBR Earth Manual durchgeführt. Hierzu wurden die Rammkernsondierungen zunächst mit einem wirksamen Bohrdurchmesser von 60 mm abgeteuft und der Schichtenaufbau aufgenommen.

Die Versickerungsbohrungen wurden anschließend mit einer HDPE - Vollrohrgarnitur ausgebaut und mit einer Quelltonabdichtung zur Oberfläche hin versehen.

Die Lage der Versickerungsbohrungen ist dem Lageplan in Anlage 3 zu entnehmen. Die zeichnerische Darstellung der Rammkernsondierungen nach DIN 4023 kann der Anlage 4 entnommen werden.

Nach einer ausreichenden Sättigungszeit wurde durch Befüllen des Standrohres die Sickerrate pro Zeiteinheit gemessen. Auf der Grundlage dieser Sickerrate lässt sich der k_f -Wert (Durchlässigkeitsbeiwert) als bestimmende Kenngröße für die Aufnahmefähigkeit des Untergrundes für Niederschlagswasser berechnen.

Die Auswertung erfolgte nach USBR Earth Manual. Der nach dem Gesetz von DARCY für die Bodenschicht ermittelte k_f -Wert liegt für die entsprechenden Versickerungsversuche bei:

Tabelle 1: k_f -Werte aus Versickerungsversuchen

Versuch	Bodenart	Tiefe (m)	K_f-Wert
VS 1	Schluff (Löß)	3,0 – 5,0	$1,51 \times 10^{-6} \text{ m/s}$
VS 2	Schluff (Löß)	2,0 – 3,0	$2,40 \times 10^{-6} \text{ m/s}$
VS 3	Schluff (Löß)	3,0 – 5,0	$1,93 \times 10^{-6} \text{ m/s}$
VS 4	Schluff (Löß)	3,0 – 5,0	$9,77 \times 10^{-7} \text{ m/s}$
VS 5	Schluff (Löß)	2,0 – 3,0	$1,43 \times 10^{-6} \text{ m/s}$

Nach DIN 18130 sind die Bodenschichten als **schwach durchlässig** zu klassifizieren.

Tabelle 2: Durchlässigkeitsbereiche in Abhängigkeit vom Durchlässigkeitsbeiwert (n. DIN 18130-1, 1998)

K_f-Wert (m/s)	Bereich
Unter 10^{-8}	sehr schwach durchlässig
10^{-8} bis 10^{-6}	schwach durchlässig
über 10^{-6} bis 10^{-4}	durchlässig
über 10^{-4} bis 10^{-2}	stark durchlässig
über 10^{-2}	sehr stark durchlässig

5 Bewertung der Untersuchungsergebnisse

Voraussetzung für die Versickerung ist nach § 51a LWG eine hinreichende Durchlässigkeit des Untergrundes / Bodens und ein ausreichend großer Abstand zum Grundwasser.

Versickerungsmulden

Als Grenz-Durchlässigkeitsbeiwert nach Arbeitsblatt DWA A 138 (Fassung 2005: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser) für die Wasseraufnahme ist bei einer oberflächennahen Versickerungsanlage (Mulde) von einem **$k_f\text{-Wert} \geq 5,0 \times 10^{-6} \text{ m/s}$** auszugehen, damit eine ausreichende Versickerung im Sinne des § 51a LWG erzielt wird. Versickerungsmulden sind flache (max. Tiefe 0,50 m), meist mit Gras bepflanzte Bodenvertiefungen, in denen das zulaufende Regenwasser kurzzeitig zwischengespeichert werden kann, um dort an Ort und Stelle in den Untergrund zu versickern.

In den entsprechenden Tiefen wurden im Untersuchungsgebiet Lößböden (feinsandige Schluffe) angetroffen, die nach den Untersuchungsergebnissen einen Durchlässigkeitsbeiwert von **kleiner $5,0 \times 10^{-6} \text{ m/s}$** aufweisen.

Die o. a. Anforderungen an die Durchlässigkeit des Untergrundes für eine Versickerung in einer **Mulde** werden für alle in Frage kommenden Bereiche **nicht** erfüllt. **Eine reine Versickerungsmulde kann somit nicht in Betracht gezogen werden.**

Mulden – Rigolen – Elemente

Die Anwendungsgrenze einer Versickerungsmulde kann prinzipiell erweitert werden, wenn die relativ geringe Versickerungsrate einer Mulde durch ein vergrößertes Speichervolumen ausgeglichen wird. Dies kann z.B. durch ein Mulden - Rigolen - Element erfolgen.

Als Grenz-Durchlässigkeitsbeiwert ist für ein solches System von einem **$k_f\text{-Wert} \geq 1,0 \times 10^{-6} \text{ m/s}$** auszugehen. Es besteht aus einer begrünten Mulde mit darunter liegender Rigole. Hierdurch wird ein zusätzlicher unterirdischer Speicherraum geschaffen. Bei diesem System handelt es sich um zwei getrennte Speicher mit jeweils eigenen Füll- und Entleerungsprozessen.

Die **Anforderung** an die Durchlässigkeit des Untergrundes nach §51a LWG und DWA Arbeitsblatt A138 werden für die Böden der Untersuchungspositionen **VS 1 – 3 und VS 5 erfüllt**, für den Untersuchungspunkt **VS 4 nicht erfüllt**.

Insgesamt liegen alle Durchlässigkeitsbeiwerte nahe an der Grenz-Durchlässigkeit nach DWA Arbeitsblatt A138.

Eine Versickerung ist grundsätzlich auch in Böden möglich, die eine geringe Durchlässigkeit aufweisen. Es muss dann jedoch zumindest rechnerisch bei lang anhaltenden Regenereignissen mit **langen Entleerungszeiten** der Anlage gerechnet werden. Die Durchlässigkeit der Böden kann hierdurch u.U. negativ beeinflussen werden.

Die für eine Versickerungsanlage in Frage kommende Fläche liegt parallel zur L 183, einer viel befahrenen Hauptverkehrsstraße. Das Straßenniveau liegt tiefer als das Gelände für die Versickerungsanlage. Die Anlagen werden in der Regel mit einer statistischen Versagenshäufigkeit von 1x je 5 Jahre ausgelegt. Im Versagensfall kann eine Beeinträchtigung des tiefer gelegenen Geländes (Gehweg, Radweg evtl. Straße) nicht ausgeschlossen werden.

Aus den vorgenannten Gründen kann das Versickern des Niederschlagswassers über ein Mulden-Rigolen-System am vorgesehenen Standort nicht empfohlen werden.

Die in Teilbereichen des B-Plan-Gebietes angetroffenen Kiesbänder und **Kieslinsen zeigen entweder eine geringe Mächtigkeit oder eine geringe räumliche Ausdehnung** und können für eine Nutzung durch eine Versickerungsanlage **nicht** empfohlen werden.

6 Schlussbemerkungen

Diese gutachterliche Stellungnahme ist von unserem Auftraggeber oder dessen Vertreter allen am Bau maßgeblich Beteiligten vollständig zur Kenntnis zu bringen.

Entsprechend der vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen Baugrund und Bauwerk ist das Gutachten nur in seiner Gesamtheit verbindlich.

Änderungen in den Grundlagen und vom Gutachten abweichende Bauausführungen bedürfen der Überprüfung und der Zustimmung des Unterzeichners.

Der Bericht gibt den Kenntnisstand vom 08. Juni 2011 wieder.

GBU

Geologie-, Bau- & Umweltconsult

Beratende Geologen und Geotechniker BDG/DGG/DGGT

Fachbauleiter & Koordinatoren nach BGR 128 und TRGS 519/524

Alfter, den 08. Juni 2011

Der Gutachter

Uwe Kania
(Geschäftsinhaber)

Dipl.-Geol. Pascal van Elsbergen-Wardthuysen
(Projektleiter)

Anlagen

Ausschnitt aus der Topographischen Karte Übersicht 1:25.000



Projekt: BV Märkte, Bonn-Brühler-Str., Bornheim-Merten

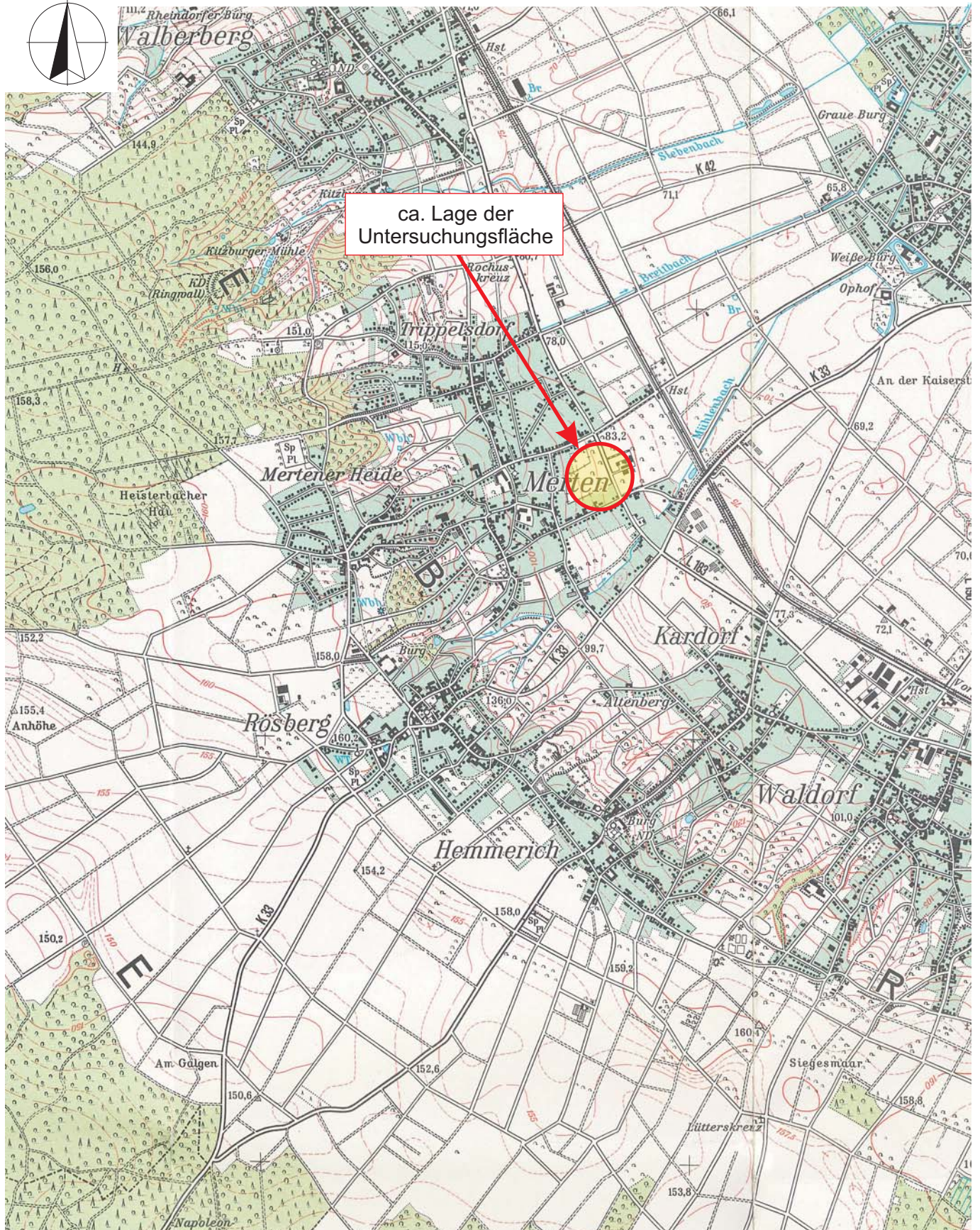
Projekt-Nr: 11/02/0365-3

Bearbeiter: Mü.

Maßstab: 1:25.000

Anlage : 1

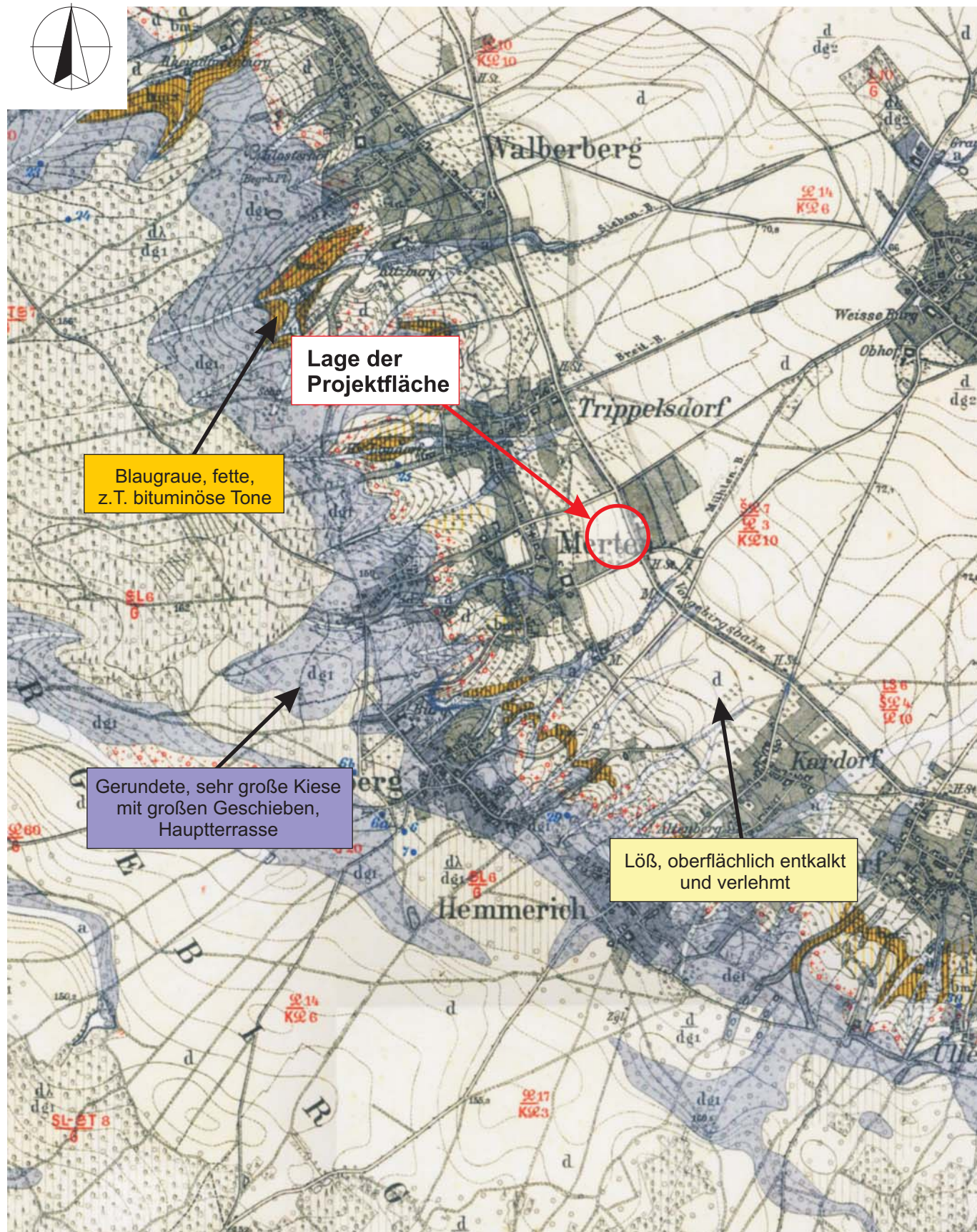
Datum: 29.03.2011



Ausschnitt aus der Geologischen Karte



Projekt:	BV Märkte, Bonn-Brühler-Str., Bornheim-Merten			Anlage : 2	Datum: 29.03.2011
Projekt-Nr:	11/02/0365-3	Bearbeiter: Mü.	Maßstab: 1:25000		





Legende	
	...Rammkernsondierung RKS
	...Rammkernsondierung RKS, Versickerungsversuch VS

Projekt	BV Märkte, Bonn-Brühler-Str. Bornheim- Merten		
Auftraggeber	Fa. Schmitz - Hübsch		
Planart	Lageplan Versickerung		
Maßstab	1 : 1000	Anlage	3
Projektbearb.	Fu.	Projektleiter	Ka.
Projektnr.	11/02/0365-3	Datum	23.03.2011
Planident.	11_02_0365_BV Nettekoven, Bonn-Brühler-Straße, Bornheim-Merten\ Vertrag 3		
Plangrundlagen	Stadt Bornheim, Bebauungsplan Me 15.2, 31.05.2011		



GBU OHG

 GEOLOGIE · BAU & UMWELTCONSULT

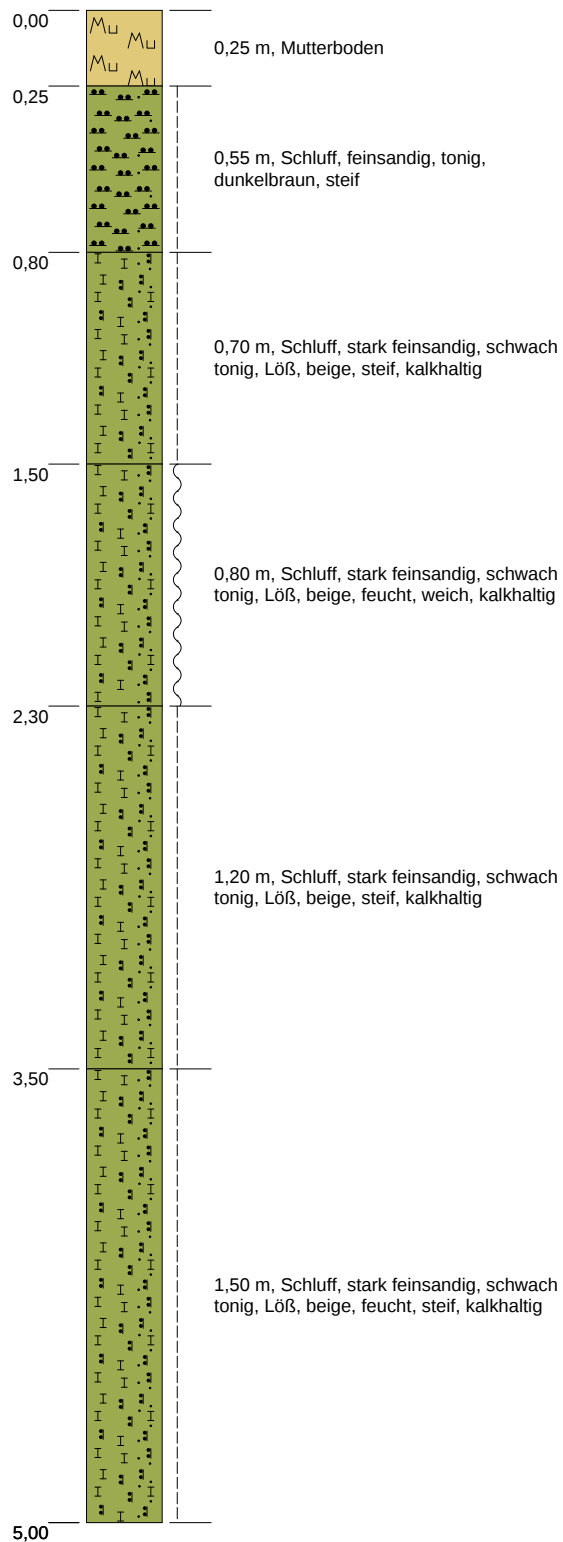
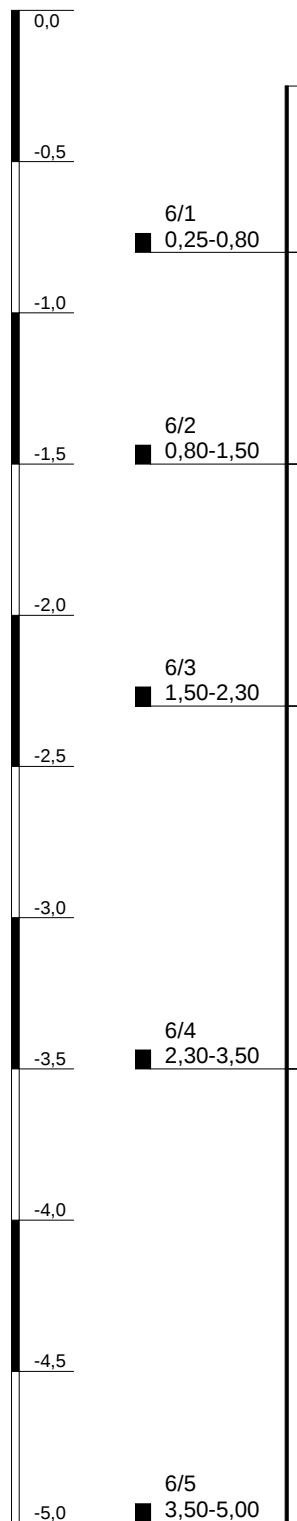
 BERATENDE GEOLOGEN & GEOTECHNIKER BDG/DGG/DGGT

 AUF DEM SCHURWEßEL 11 D-53347 ALFTER // T 0228 / 976 291-0 F 0228 / 976 291-29

 W WWW.GBU-CONSULT.DE E INFO@GBU-CONSULT.DE

0,00 m ü. NN

RKS 6/ VS 1



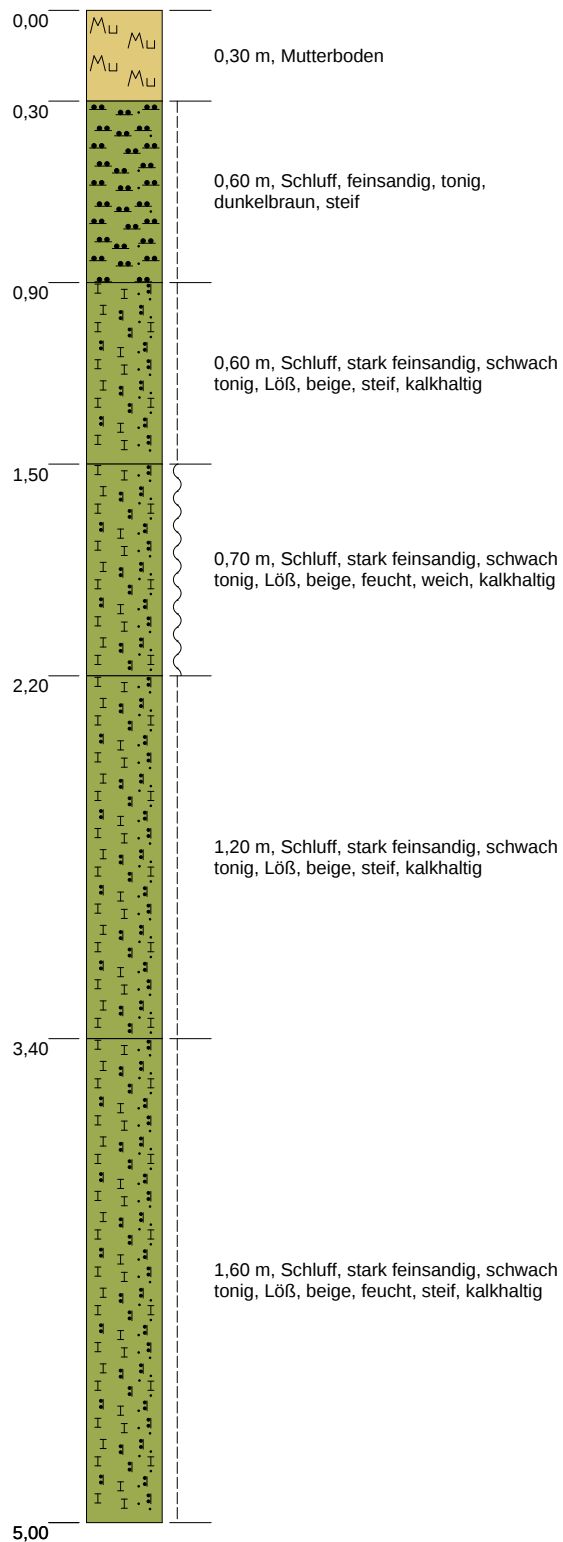
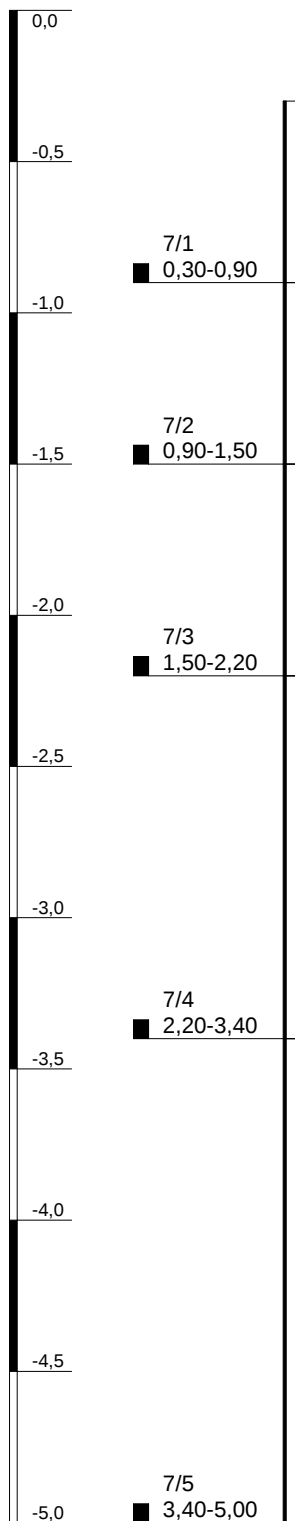
Maßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

Projekt: BV Märkte, Bonn-Brühler-Str., Merten				
Bohrung: RKS 6/ VS 1				
Projektnr.:	11/02/0365		Anlage:	4.1
Lage:	s. Lageplan		Datum:	02.02.2011
Ansatzhöhe:	0,00 m ü. NN		Endtiefe:	5,00 m
Bearbeiter:	Pank./Ax.		Auftraggeber:	Fa. Schmitz - Hübsch

0,00 m ü. NN

RKS 7/ VS 2



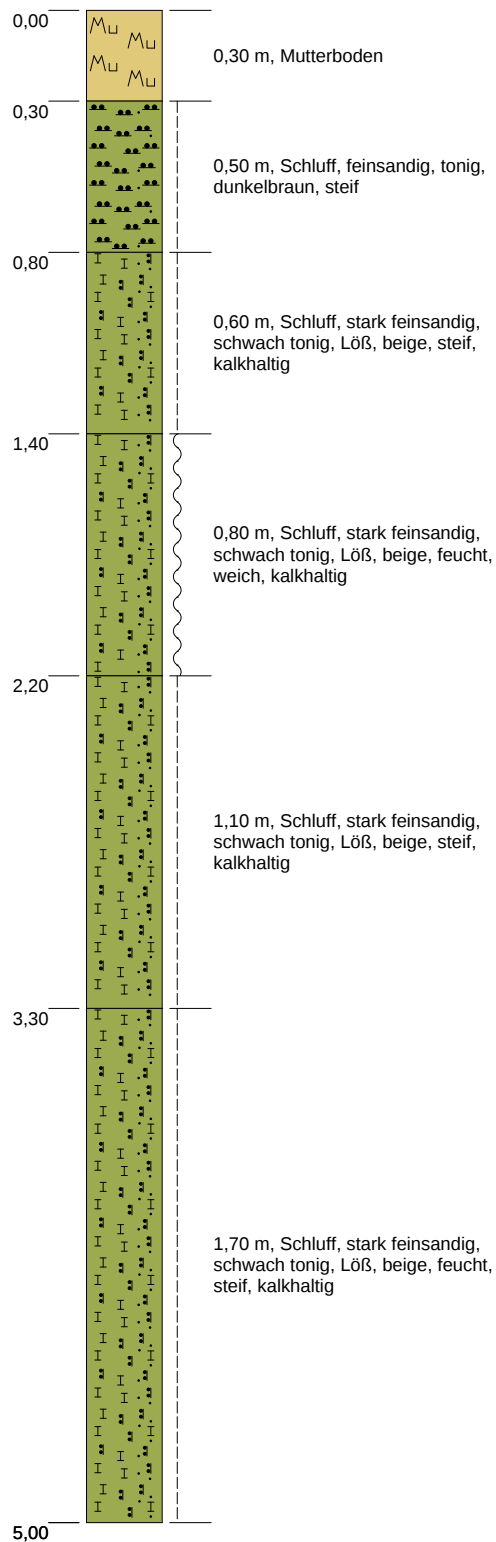
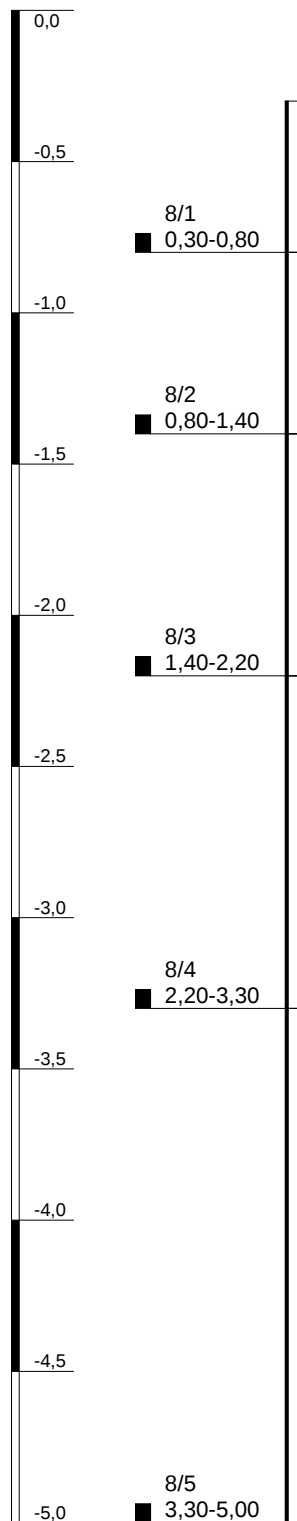
Maßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

Projekt: BV Märkte, Bonn-Brühler-Str., Merten				
Bohrung: RKS 7/ VS 2				
Projektnr.:	11/02/0365		Anlage:	4.2
Lage:	s. Lageplan		Datum:	02.02.2011
Ansatzhöhe:	0,00 m ü. NN		Endtiefe:	5,00 m
Bearbeiter:	Pank./Ax.		Auftraggeber:	Fa. Schmitz - Hübsch

0,00 m ü. NN

RKS 8/ VS 3



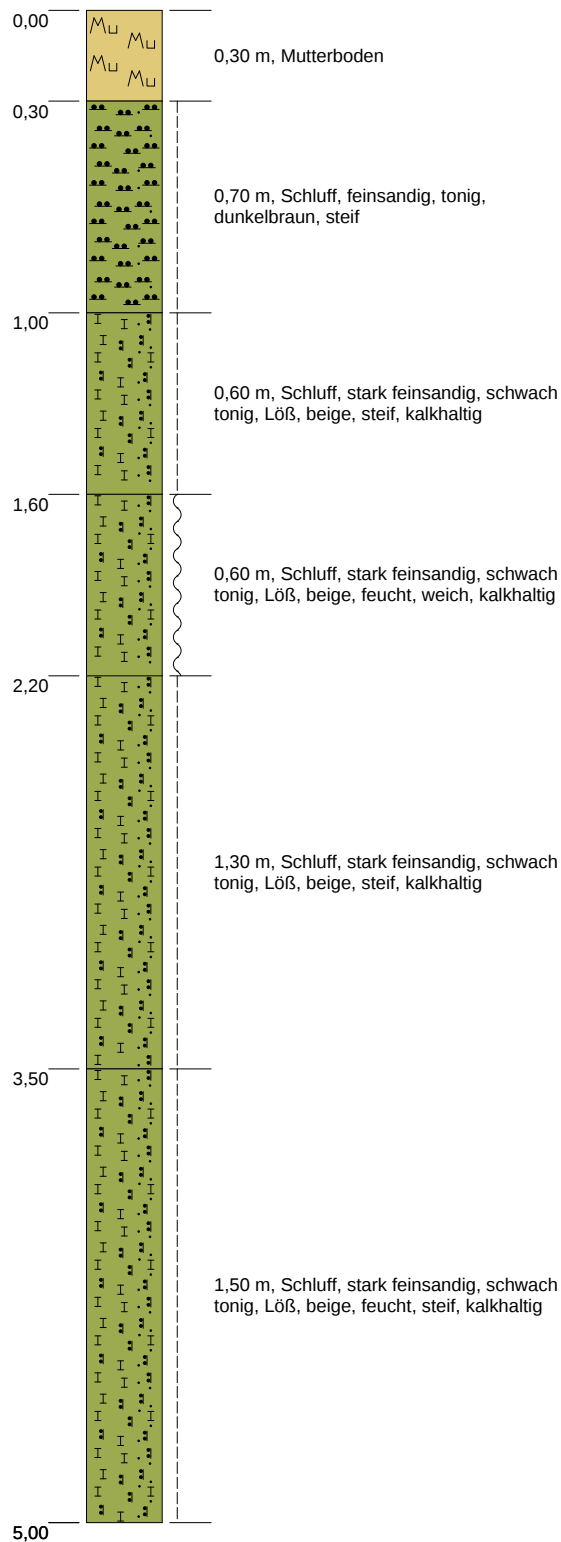
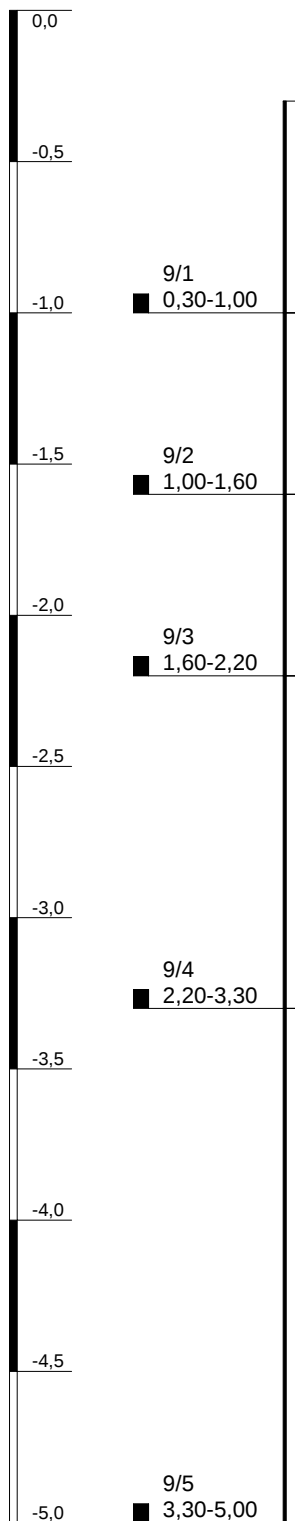
Maßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

Projekt: BV Märkte, Bonn-Brühler-Str., Merten				
Bohrung: RKS 8/ VS 3				
Projektnr.:	11/02/0365		Anlage:	4.3
Lage:	s. Lageplan		Datum:	02.02.2011
Ansatzhöhe:	0,00 m ü. NN		Endtiefe:	5,00 m
Bearbeiter:	Pank./Ax.		Auftraggeber:	Fa. Schmitz - Hübsch

0,00 m ü. NN

RKS 9/ VS 4



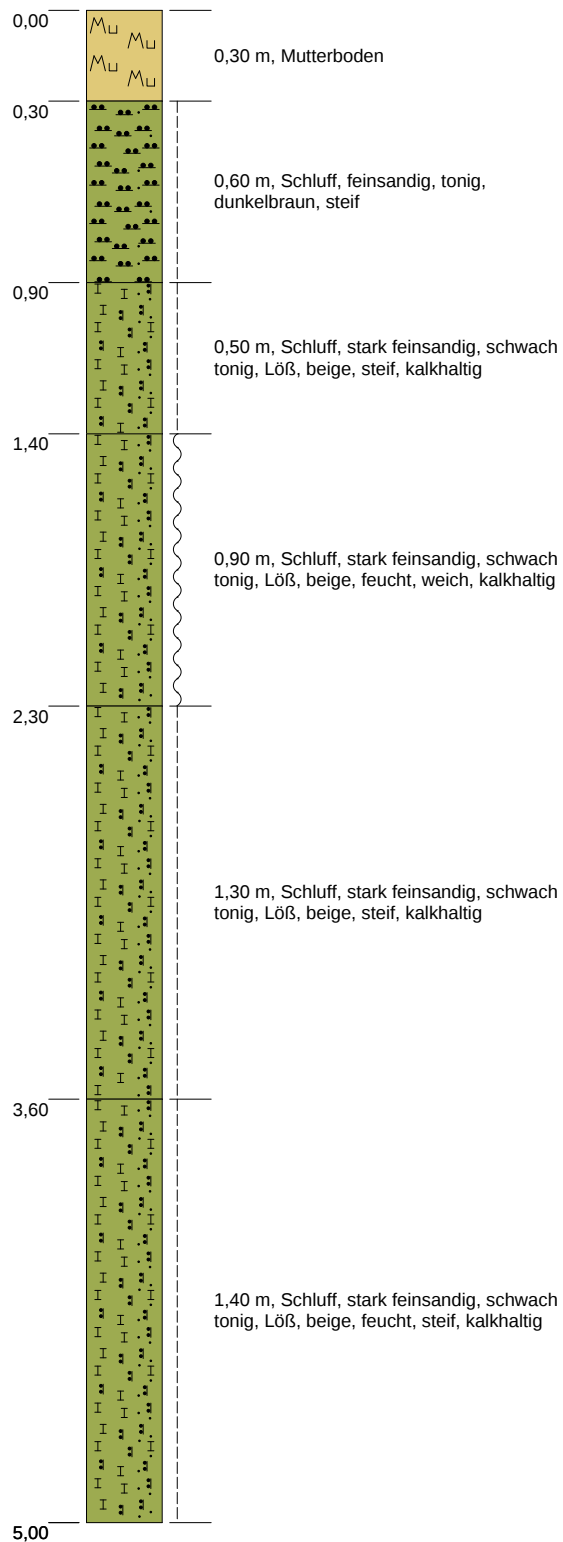
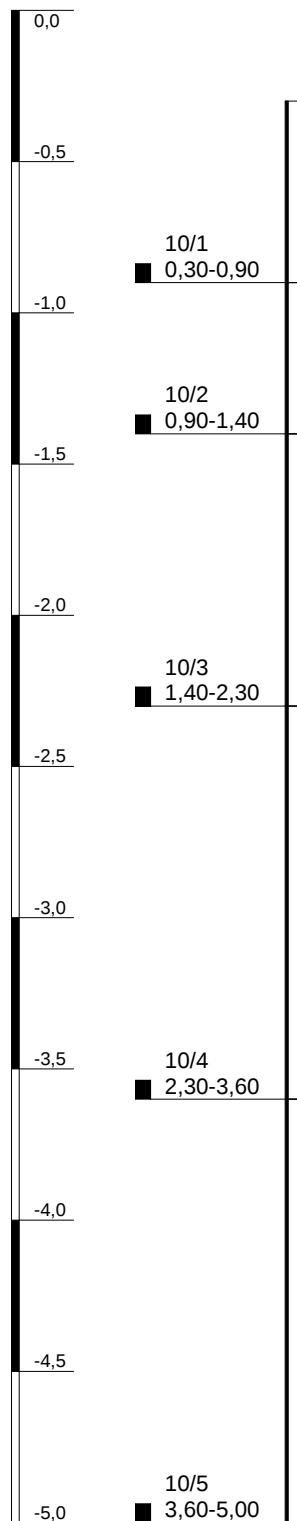
Maßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

Projekt: BV Märkte, Bonn-Brühler-Str., Merten				
Bohrung: RKS 9/ VS 4				
Projektnr.:	11/02/0365		Anlage:	4.4
Lage:	s. Lageplan		Datum:	02.02.2011
Ansatzhöhe:	0,00 m ü. NN		Endtiefe:	5,00 m
Bearbeiter:	Pank./Ax.		Auftraggeber:	Fa. Schmitz - Hübsch

0,00 m ü. NN

RKS 10/ VS 5



Maßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

Projekt: BV Märkte, Bonn-Brühler-Str., Merten				
Bohrung: RKS 10/ VS 5				
Projektnr.:	11/02/0365		Anlage:	4.5
Lage:	s. Lageplan		Datum:	02.02.2011
Ansatzhöhe:	0,00 m ü. NN		Endtiefe:	5,00 m
Bearbeiter:	Pank./Ax.		Auftraggeber:	Fa. Schmitz - Hübsch

Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (kf-Wert) nach USBR Earth Manual

	Projekt:	BV Märkte, Merten	Bearb.: vEW.
	Projektnr.:	11/02/0365	Anl.: 5.1
	Versuch - Nr.:	VS 1	Datum : 24.03.11

Überstand der Verrohrung über GOK	12 cm		
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK	12 cm		
a = Tiefe der Verrohrung	300 cm		
A = Länge unverrohrtes Bohrloch	200 cm		
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle	512 cm		
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	1800 cm		
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	1300 cm		
2r = Bohrlochdurchmesser	6 cm		
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser	3 cm		
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr			
b) Versickerte Wassermenge Q:	10461,5 cm³ in	300 sec	
c) Die Wartezeit betrug:	45 min		
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	512 / 1800 =	0,28
	TU / A =	1800 / 200 =	9,0
maßgebend: Formel I	x		
Formel II			

Formel I : K =
$$\frac{Q}{C_u \times r \times H}$$

$$\frac{A}{H} = \frac{200}{512} = 0,39$$

$$\frac{H}{r} = \frac{512}{3} = 170,7$$

$$K = \frac{34,87}{150 \times 3 \times 512} = 1,51E-04 \text{ cm/sec}$$

$$= 1,51E-06 \text{ m/sec}$$

Formel II : K =
$$\frac{2 \cdot Q}{(C_s + 4) \times r (T_u + H - A)}$$

$$\frac{A}{r} = \frac{200}{3} = 66,67$$

$$K = \frac{2 \cdot 10461,5}{(C_s + 4) \times 3 \times (1800 + 512 - 200)} = \text{cm/sec}$$

$$= \text{m/sec}$$

Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (kf-Wert) nach USBR Earth Manual

	Projekt:	BV Märkte, Merten	Bearb.:	vEW.
	Projektnr.:	11/02/0365	Anl.:	5.2
	Versuch - Nr.:	VS 2	Datum :	24.03.11

Überstand der Verrohrung über GOK	22 cm	
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK	22 cm	
a = Tiefe der Verrohrung	200 cm	
A = Länge unverrohrtes Bohrloch	300 cm	
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle	322 cm	
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	1800 cm	
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	1300 cm	
2r = Bohrlochdurchmesser	6 cm	
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser	3 cm	
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr		
b) Versickerte Wassermenge Q:	8340,9 cm³ in	300 sec
c) Die Wartezeit betrug:	45 min	
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU = 322 / 1800 =	0,18
	TU / A = 1800 / 300 =	6,0
maßgebend: Formel I	x	
Formel II		

Formel I : K =
$$\frac{Q}{C_u \times r \times H}$$

$$\frac{A}{H} = \frac{300}{322} = 0,93$$

$$\frac{H}{r} = \frac{322}{3} = 107,3$$

$$K = \frac{27,80}{120 \times 3 \times 322} = 2,40E-04 \text{ cm/sec}$$

$$= 2,40E-06 \text{ m/sec}$$

Formel II : K =
$$\frac{2 Q}{(C_s + 4) \times r (T_u + H - A)}$$

$$\frac{A}{r} = \frac{300}{3} = 100$$

$$K = \frac{2 \times 8340,9}{(C_s + 4) \times 3 \times (1800 + 322 - 300)} = \text{cm/sec}$$

$$= \text{m/sec}$$

Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (kf-Wert) nach USBR Earth Manual

	Projekt:	BV Märkte, Merten	Bearb.:	vEW.
	Projektnr.:	11/02/0365	Anl.:	5.3
	Versuch - Nr.:	VS 3	Datum :	24.03.11

Überstand der Verrohrung über GOK	15 cm		
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK	15 cm		
a = Tiefe der Verrohrung	300 cm		
A = Länge unverrohrtes Bohrloch	200 cm		
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle	515 cm		
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	1800 cm		
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	1300 cm		
2r = Bohrlochdurchmesser	6 cm		
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser	3 cm		
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr			
b) Versickerte Wassermenge Q:	32261,0 cm³ in	720 sec	
c) Die Wartezeit betrug:	45 min		
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	515 / 1800 =	0,29
	TU / A =	1800 / 200 =	9,0
maßgebend: Formel I	x		
Formel II			

Formel I : K =
$$\frac{Q}{C_u \times r \times H}$$

$$\frac{A}{H} = \frac{200}{515} = 0,39$$

$$\frac{H}{r} = \frac{515}{3} = 171,7$$

$$K = \frac{44,81}{150 \times 3 \times 515} = 1,93E-04 \text{ cm/sec}$$

$$= 1,93E-06 \text{ m/sec}$$

Formel II : K =
$$\frac{2 Q}{(C_s + 4) \times r (T_u + H - A)}$$

$$\frac{A}{r} = \frac{200}{3} = 66,67$$

$$K = \frac{2 \times 32261,0}{(C_s + 4) \times 3 \times (1800 + 515 - 200)} = \text{cm/sec}$$

$$= \text{m/sec}$$

Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (kf-Wert) nach USBR Earth Manual

	Projekt:	BV Märkte, Merten	Bearb.: vEW.
	Projektnr.:	11/02/0365	Anl.: 5.4
	Versuch - Nr.:	VS 4	Datum : 24.03.11

Überstand der Verrohrung über GOK	19 cm	
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK	19 cm	
a = Tiefe der Verrohrung	300 cm	
A = Länge unverrohrtes Bohrloch	200 cm	
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle	519 cm	
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	1800 cm	
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	1300 cm	
2r = Bohrlochdurchmesser	6 cm	
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser	3 cm	
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr		
b) Versickerte Wassermenge Q:	6842,4 cm³ in	300 sec
c) Die Wartezeit betrug:	45 min	
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	519 / 1800 = 0,29
	TU / A =	1800 / 200 = 9,0
maßgebend: Formel I	x	
Formel II		

Formel I : $K = \frac{Q}{C_u \times r \times H}$

A / H = 200 / 519 = 0,39
H / r = 519 / 3 = 173,0

→ 150 = C_u

K = $\frac{22,81}{150 \times 3 \times 519} = 9,77E-05 \text{ cm/sec}$
= **9,77E-07 m/sec**

Formel II : $K = \frac{2 Q}{(C_s + 4) \times r (T_u + H - A)}$

A / r = / =

→ = C_s

K = _____ = cm/sec
x x = m/sec

Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (kf-Wert) nach USBR Earth Manual

	Projekt:	BV Märkte, Merten	Bearb.:	vEW.
	Projektnr.:	11/02/0365	Anl.:	5.5
	Versuch - Nr.:	VS 5	Datum :	24.03.11

Überstand der Verrohrung über GOK	13 cm	
h = Mittellage des Wasserspiegels über GOK	13 cm	
a = Tiefe der Verrohrung	200 cm	
A = Länge unverrohrtes Bohrloch	300 cm	
H = Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle	313 cm	
Tu = Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	1800 cm	
e = Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	1300 cm	
2r = Bohrlochdurchmesser	6 cm	
r = 1/2 Bohrlochdurchmesser	3 cm	
a) Versickerte Wassersäule im Standrohr		
b) Versickerte Wassermenge Q:	6050,7 cm³ in	300 sec
c) Die Wartezeit betrug:	45 min	
d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU =	313 / 1800 = 0,17
	TU / A =	1800 / 300 = 6,0
maßgebend: Formel I	x	
Formel II		

Formel I : K =
$$\frac{Q}{C_u \times r \times H}$$

$$\frac{A}{H} = \frac{300}{313} = 0,96$$

$$\frac{H}{r} = \frac{313}{3} = 104,3$$

$$K = \frac{20,17}{150 \times 3 \times 313} = 1,43E-04 \text{ cm/sec}$$

$$= 1,43E-06 \text{ m/sec}$$

Formel II : K =
$$\frac{2 \cdot Q}{(C_s + 4) \times r (T_u + H - A)}$$

$$\frac{A}{r} = \frac{300}{3} = 100$$

$$K = \frac{2 \cdot 6050,7}{(C_s + 4) \times 3 \times (1800 + 313 - 200)} = \text{cm/sec}$$

$$= \text{m/sec}$$