HYDROGEOLOGISCHE BEURTEILUNG ZUR VERSICKERUNGSFÄHIGKEIT DES UNTERGRUNDES

Projekt:	B-Plan O 187 Troisdorf - Oberlar
Projekt-Nr.:	10/01/0002
Projektleiter:	Uwe Kania
Projektbearbeiter:	Pascal van Elsbergen-Wardthuysen
Auftraggeber:	Stadt Troisdorf Amt für Stadtplanung und Geoinformation Kölner straße 176 53840 Troisdorf
Datum:	04. Mai 2010

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
BERATENDE GEOLOGEN & GEOTECHNIKER BDG/DGG/DGGT // FACHBAULEITER & KOORDINATOREN N. BGR 128, TRGS 519 U. 524
PERSÖNL. HAFTENDE GESELLSCHAFTER MANFRED RUMI & UWE KANIA

Inhaltsverzeichnis

0 AUFTRAG 3

1 UNTERLAGEN 3

2 GEOGRAPHISCHER & GEOLOGISCHER ÜBERBLICK 3

2.1 Geographischer Überblick 3

2.2 Geologischer Überblick 4

2.3 Örtliche Geologie 4

3 ÖRTLICHE SITUATION 5

4 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN 5

5 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE 5

5.1 Schichtenfolge 5

5.2 Wasserführung im Baugrund 6

6 WASSERDURCHLÄSSIGKEIT 6

6.1 Ergebnis des Versickerungsversuches 6

6.2 Beurteilung der Versickerungsfähigkeit 8

6.3 Bautechnische Hinweise 9

7 SCHLUSSBEMERKUNGEN 10

Anlagen:

1 Ausschnitt aus der Topographischen Karte
2 Ausschnitt aus den Geologischen Karte
3 Lageplan mit Eintragung der Untersuchungspositionen, M 1: 500
4 Bodenprofile nach DIN 4023
5 Auswertungsprotokolle der Versickerungsversuche

0 Auftrag

Die Geologie-, Bau- & Umweltconsult GBU oHG wurde mit Schreiben vom 22.12.2009 von der Stadt Troisdorf mit der Erstellung einer hydrogeologischen Untersuchung beauftragt.

Auftragsgrundlage sind unsere Angebote vom 08.12.2009 und vom 04.03.2010.

Gegenstand der beauftragten Leistungen war die Erkundung der örtlich anstehenden Boden- und Grundwasserverhältnisse sowie die Abschätzung der hydraulischen Durchlässigkeit des Untergrunds im Bereich der Untersuchungsfläche (sh. Lageplan Anl. 3). Die Untersuchungsbereiche wurden vom Auftraggeber vorgegeben.

Die beauftragten Untersuchungen beziehen sich lediglich auf Teilflächen des eigentlichen B-Plangebietes. Hier ist ggfs. der Bau von Versickerungsanlage vorgesehen.

1 Unterlagen

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

- Vorentwurf B-Plan O 187 (M 1:500) vom 17.11.2009

Benutzt wurden darüber hinaus folgende Karten:

- Topographische Karte Maßstab 1:25.000
- Geologische Karte Maßstab 1:25.000
- Bodenkarte Nordrhein-Westfalen Maßstab 1:50.000
- Ingenieurgeologische Karte NRW Maßstab 1:50.000
- Grundwassergleichenkarte Maßstab 1:50.000

2 Geographischer & Geologischer Überblick

2.1 Geographischer Überblick

Die Untersuchungsfläche liegt im südlichen Teil des naturräumlichen Raumes der Köln-Bonner Bucht. Diese bildet, begrenzt durch den Anstieg zur Eifel im Westen (Steilrand zur Ville) und durch das Bergische Land mit Siebengebirge im (Süd-) Osten, den südlichen Teil des jungen tektonischen Senkungsgebietes der Niederrheinischen Bucht.

2.2 Geologischer Überblick

Das untersuchte Gelände liegt im südlichen Teil der Niederrheinischen Bucht. Diese greift keilförmig, als Ausläufer des norddeutschen Flachlandes, tief nach Süden in das Rheinische Schiefergebirge hinein und trennt das rechtsrheinische Bergische Land von der linksrheinisch gelegenen Nordeifel.

Den südsüdöstlichen Teil der Niederrheinischen Bucht bildet tektonisch gesehen die Kölner Scholle, in der auf dem Grundgebirge aus unterdevonischen Schiefern und Grauwacken, mitteldevonischen Sandsteinen, oberdevonischen Kalksteinen und Schiefern bis zu 400 m mächtige tertiäre und quartäre Lockersedimente lagern.

Das nähere Untersuchungsgelände liegt im Verbreitungsgebiet tertiärer Verwitterungserscheinungen und der pleistozän beeinflussten Talbildungen. Im Tertiär kam es durch subtropische Klimabedingungen zur tiefgründigen Verwitterung des devonischen Grundgebirges. Zahlreiche Quarzsandgruben zeugen von diesen Ereignissen.
Im Pleistozän (Eiszeitalter) kam es zur Ablagerung der verschiedenen Terrassensedimente/Terrassen des Rheins und seiner Nebenflüsse. Sie bestehen überwiegend aus Sanden und Kiesen, die zum Teil oberflächennah verlehmt sein können. Darüber hinaus kam es zu bedeutenden Windablagerungen wie Löß, Sandlöß und den Flugdecksanden.

2.3 Örtliche Geologie

Das nähere Untersuchungsgebiet liegt im südlichen Teil der Niederrheinischen Bucht. Es gehört zur Kölner Scholle, einer Teilscholle, die im Nordosten vom Wesselinger Sprung und im Südwesten vom Bornheimer Sprung begrenzt ist. Diese Teilscholle weist im Bereich Troisdorf Sedimentmächtigkeiten (Tertiär und Quartär) von ca. 150 m auf.

Das Untersuchungsgebiet liegt im Bereich der holozänen, fluviatilen Ablagerungen der Sieg und der Agger mit Schichtmächtigkeiten von bis zu 25 m. Diese Sedimente werden auf der geologischen Karte als, z.T. stark verlehmte, kiesige Sande beschrieben. Im Norden und Südosten stehen oberflächlich die stratigraphisch älteren, tertiären Sande der Ausläufer der Wahner Heide an.

3 Örtliche Situation

Die Untersuchungsflächen befinden sich in Troisdorf-Oberlar, Flur 3, Flurstücke 31 und 494 zwischewn der Bahnstraße und Im Grandsgarten.
Das Gelände ist im Bereich des VS 1 weitgehend eben, bei einem leichten allgemeinen Gefälle nach Süden. Das Gelände im Bereich VS 2 zeigt mehrere Böschungen, es fällt in Richtung Turnhalle und Sportplatz. Die Ansatzpunkte der Bohrungen wurden auf den Eingang der Turnhalle eingemessen:

- VS 1: 0,64 m unter OK Eingang Turnhalle
- VS 2: 2,49 m unter OK Eingang Turnhalle

Die nächste, nicht verrohrte Vorflut bildet der ca. 1,5 km südlich gelegene Sieg.
Das Untersuchungsgebiet liegt außerhalb der örtlichen Wasserschutzgebiete.

Die Grundwassergleichenkarte zeigt einen höchsten Grundwasserstand von 47,5 m ü NN (Stand April 1988 = ca. HGW) im Untersuchungsgebiet mit einem hydraulischen Gefälle nach Westen. Es liegt damit rund 6 m unter GOK

4 Durchgeführte Untersuchungen

Um Aufschluss über die Boden- und Wasserverhältnisse am Projektstandort zu erhalten, wurden insgesamt 2 Rammkernsondierungen bis in Tiefen von max. 5 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 der Rammkernsondierungen RKS 1 und RKS 2 ausgebaut und 2 Versickerungsversuche (VS 1 – VS 2) zur Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (kf – Wert) nach USBR Earth Manual durchgeführt.

5 Untersuchungsergebnisse

5.1 Schichtenfolge

Im Bereich der Untersuchungsfläche stehen - gemäß den vorliegenden Informationen bzw. der Geologischen Karten - quartäre Terrassensedimente (Sande) an, die hier bis an die Geländeoberfläche reichen.

Bei den im Folgenden genannten Mächtigkeitsangaben handelt es sich um die in den Untersuchungspunkten ermittelten Werten. Es ist nicht auszuschließen, dass an nicht untersuchten Stellen abweichende Schichtmächtigkeiten vorliegen.

Unter einer max. ca. 30 cm mächtigen Mutterbodendeckschicht wurde ein **Sand** erbohrt, der in oberen Zonen, bis ca. 2 m noch geringe schluffige Beimengungen aufweist, In den tieferen Zonen nehmen diese ab, der Sand zeigt dann vornehmlich kiesige Nebenbestandteile.
Die Schichtmächtigkeit wurde mit > 5,00 m bestimmt. Das tertiäre Unterlager wurde somit bis 5 m u. GOK nicht angebohrt.

Die im Einzelnen ermittelte Schichtenabfolge und deren Beschreibung ist den beigefügten Schichtenbildern (Anlage 2) zu entnehmen.

5.2 Wasserführung im Baugrund

Zum Untersuchungszeitpunkt wurde in den Bohrungen kein Grundwasser bzw. Schichtenwasser angetroffen.
Ein zusammenhängender Grundwasserspiegel ist erst in größerer Tiefe (> 6 m) zu erwarten. Ein ausreichender Grundwassersohlabstand ist gewährleistet.

6 Wasserdurchlässigkeit

6.1 Ergebnis des Versickerungsversuches

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 2 **Versickerungsversuche** zur Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes nach USBR Earth Manual durchgeführt. Hierzu wurden 2 Rammkernsondierungen mit einem wirksamen Bohrdurchmesser von 60 mm abgeteuft und der Schichtenaufbau aufgenommen.

Die Versickerungsbohrungen wurden 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 bei:

Tab. 1: kf-Werte aus Versickerungsversuchen:

Versuch	Bodenart	Tiefe (m)	Kf-Wert
VS 1 (RKS 1)	Sand, schwach feinkiesig	3,00	$1{,}1 \times 10^{-5}$ m/s
VS 2 (RKS 2)	Sand, schwach feinkiesig	2,75	$8{,}9 \times 10^{-6}$ m/s

Nach DIN 18130 ist die Bodenschichten Sand als durchlässig zu klassifizieren (s. Tabelle 2).

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

Kf-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

6.2 Beurteilung der Versickerungsfähigkeit

Voraussetzung für die Versickerung ist nach § 51a LWG eine hinreichende Durchlässigkeit des Untergrundes/Bodens. Eine hinreichende Durchlässigkeit ist grundsätzlich gewährleistet, wenn der ermittelte kf- Wert 10^{-6} m/s nicht unterschreitet und 10^{-3} m/s nicht überschreitet.

Versickerungsmulden

Als Grenz-Durchlässigkeitsbeiwert für die Wasseraufnahme ist bei einer oberflächennahen Versickerungsanlage (Mulde) von einem **k_f-Wert ≥ 5,0 x 10^{-6} 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 schwach schluffige Sande angetroffen. Die Durchlässigkeitsbeiwerte schwanken in diesen Bereichen erfahrungsgemäß kleinräumig je nach Feinkornanteil und Lagerungsdichte. Ein Durchlässigkeitsbeiwert unterhalb des Grenzwertes kann nicht ausgeschlossen werden.

Die o. a. Anforderungen an die Durchlässigkeit des Untergrundes für eine Versickerung in einer **Mulde** werden nach §51 a LWG u.U. **nicht** erfüllt. Eine reine Versickerungsmulde kann somit nicht uneingeschränkt empfohlen 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 nach ATV-DVWK Arbeitsblatt A138 ist für ein solches System von einem **kf-Wert ≥ 1,0 x 10^{-6} 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 o. a. Anforderungen an die Durchlässigkeit des Untergrundes für eine Versickerung in einer **Rigole** werden nach §51 a LWG **erfüllt**.
Die Rigole ist bis in die durchlässigen Sandschichten zu führen, die in einer Tiefe von etwa 1,70 m zu erwarten sind.

6.3 Bautechnische Hinweise

Die Bemessung erfolgt auf der Grundlage des Regelwerkes der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. (ATV) Arbeitsblatt ATV-DVWK 138 (Fassung 2005: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser).
Die Berechnung erfolgt in der Regel mit der Software zum o. a. Arbeitsblatt (Version 2006).
Da das erforderliche Speichervolumen auf der Grundlage von Regenspenden aus jährlichen Serien von Messstationen statistisch errechnet wird, muss von tatsächlichen Abweichungen ausgegangen werden. Die statistische Versagenshäufigkeit beträgt n = 0,2/a, d. h. statistisch ist alle 5 Jahre mit einem Regenereignis zu rechnen, dass das berechnete Speichervolumen übersteigt. Darüber hinaus kann sich die Durchlässigkeit während der Betriebszeit vermindern. Für die Mulde sollte ein ausreichendes Freibord geplant werden, um das Risiko eines Überlaufens der Anlage zu verringern. In diesem Zusammenhang kann auch ein Notüberlauf in die Rigole geplant werden.
Um eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Wassermengen zu gewährleisten, ist die Sohlfläche der Mulde horizontal ohne Gefälle herzustellen. Es sind mehrere gleichmäßig verteilte Wassereinläufe vorzusehen. Sie sind so zu gestalten, dass Auswaschungen vermieden werden (z.B. durch große Steine unter dem Einlauf).

Beim Versickerungsvorgang wird das anfallende Wasser in der biologisch aktiven oberen Bodenzone gefiltert und gereinigt. Die Organismen und Pflanzenteile sorgen in der Regel für eine stetige Regeneration der Wasserdurchlässigkeit. Die Mulde ist entsprechend DWA-A 138 Pkt. 3.1.3 zur Verbesserung des Stoffbindevermögens mit mind. 0,20 m Oberboden anzudecken und mit standortverträglichen Gräsern zu bepflanzen. Die **Abdeckung** sollte eine Durchlässigkeit von $\mathbf{k_f \geq 5 \times 10^{-5}\ m/s}$ aufweisen.
Im Bereich der Anlagen sollten keine tief wurzelnden Sträucher oder Bäume gepflanzt werden.

Bei der Planung der Anlage sind die Angaben des Arbeitsblattes DWA-A 138 (Ausgabe Januar 2005) zu beachten.

Der Abstand der Versickerungsanlage zu Grundstücksgrenzen ist so zu wählen, dass eine Beeinträchtigung des Nachbargrundstücks auszuschließen ist. Als Richtwert kann ein Abstand von 3,0 m angenommen werden.

7 Schlussbemerkungen

Dieses Kurzgutachten ist von unserem Auftraggeber oder dessen Vertreter allen am Projekt maßgeblich Beteiligten vollständig zur Kenntnis zu bringen.
Änderungen in den Grundlagen und vom Gutachten abweichende Bauausführungen bedürfen der Überprüfung und der Zustimmung.

Der Bericht gibt den Kenntnisstand vom 04. Mai 2010 wieder.

GBU
Geologie-, Bau- & Umweltconsult
Beratende Geologen und Geotechniker BDG/DGG/DGGT
Fachbauleiter & Koordinatoren nach BGR 128 und TRGS 519/524

Alfter, den 04. Mai 2010
Die Gutachter

Uwe Kania
(Geschäftsführer & Projektleiter)

Dipl.-Geologe P. van Elsbergen-Wardthyusen
Projektbearbeiter)

Anlagen

Ausschnitt aus der Topographischen Karte
Blatt 5108 Köln-Porz

GBU
GEOLOGIE · BAU & UMWELTCONSULT

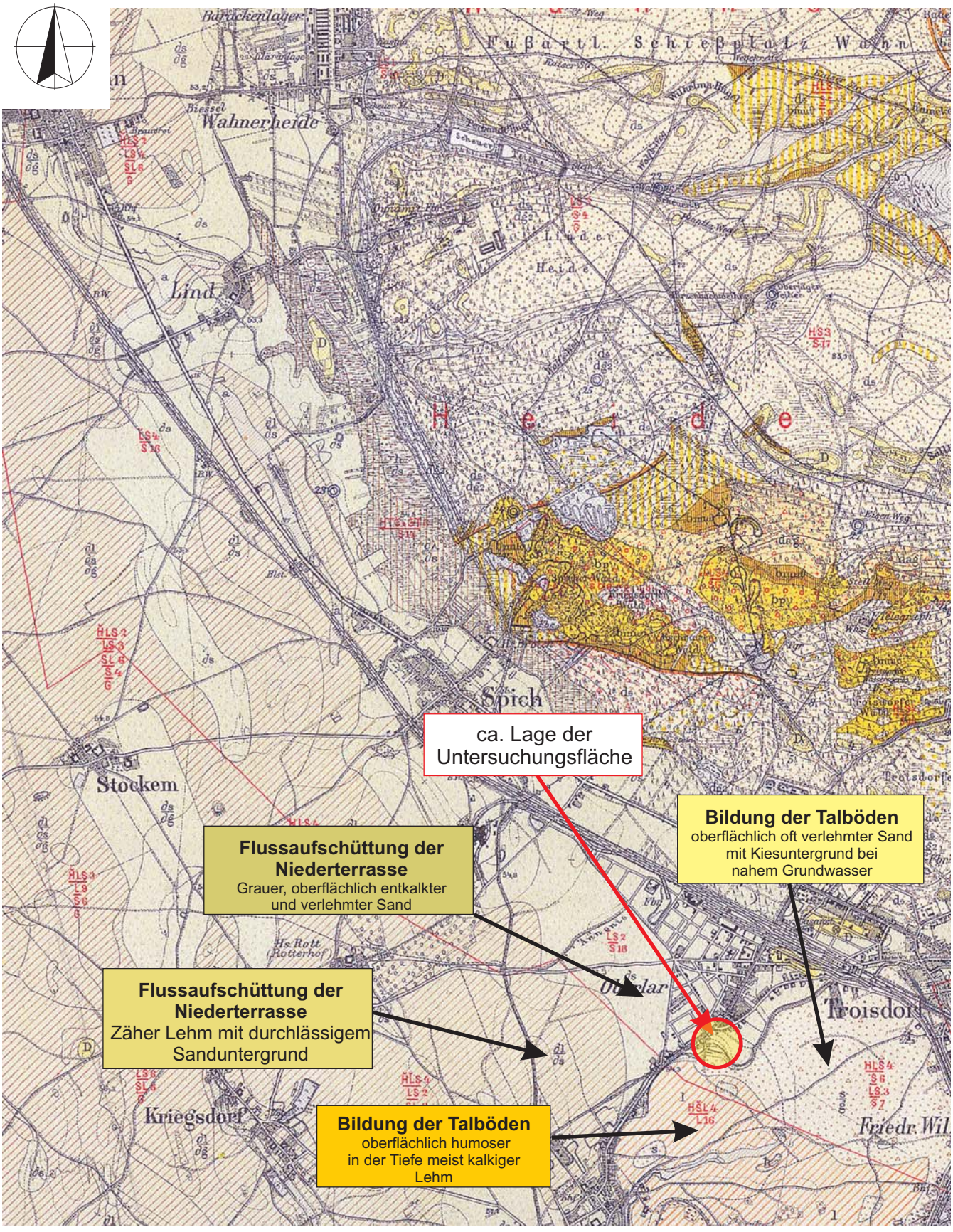
Projekt:	BV Versickerung B-Plan 0-187, Troisdorf				
Projekt-Nr:	10/01/0002	Bearbeiter: Fu.	Maßstab: 1:25.000	Anlage : 1	Datum: 06.05.2010

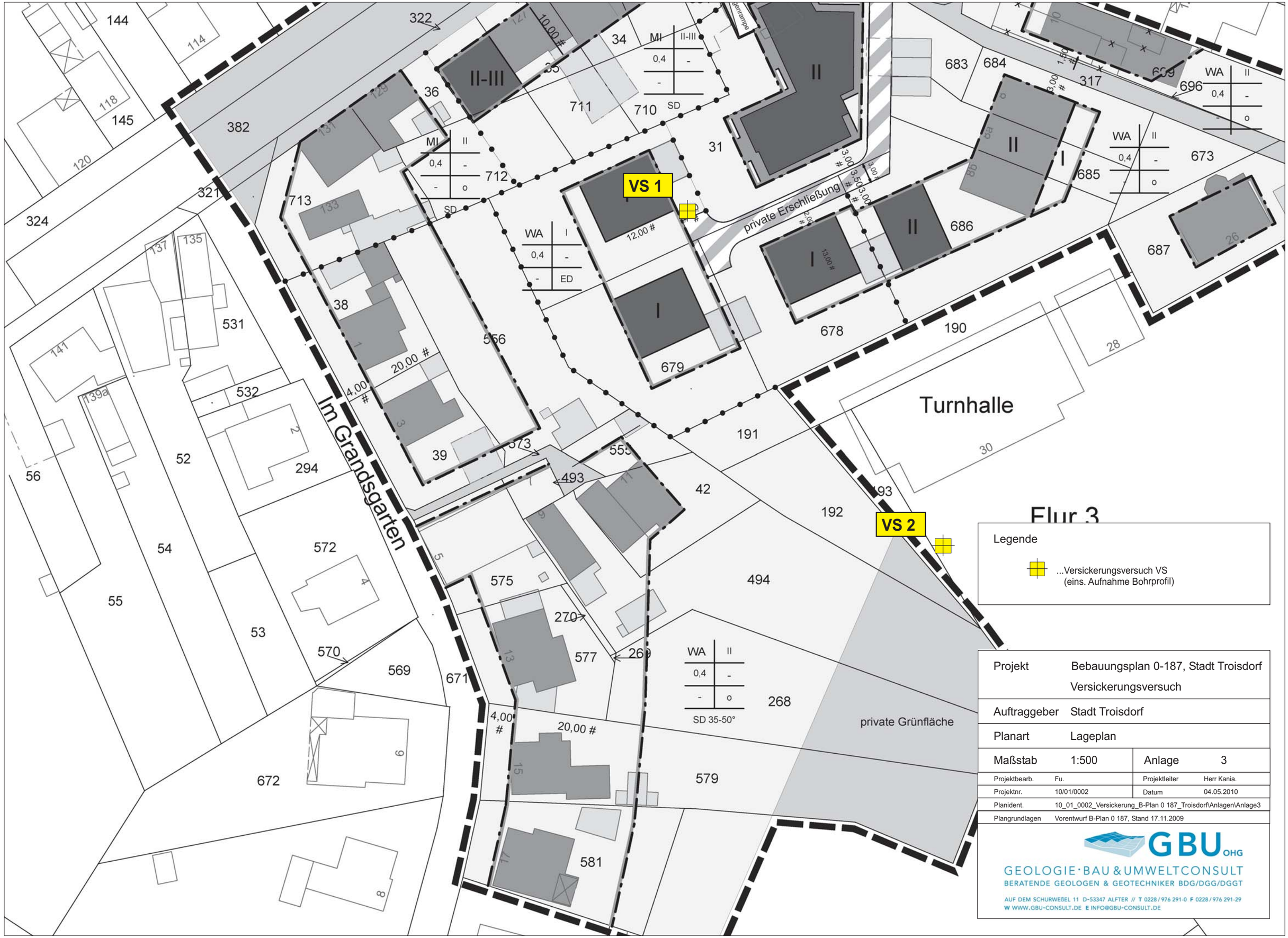


Ausschnitt aus der Geologischen Karte Blatt 5108 Köln- Porz

Projekt:	Versickerung B-Plan 0-187, Troisdorf				
Projekt-Nr:	10/01/0002	Bearbeiter: Fu.	Maßstab: 1:25000	Anlage : 2	Datum: 06.05.2010

GBU
GEOLOGIE·BAU & UMWELTCONSULT



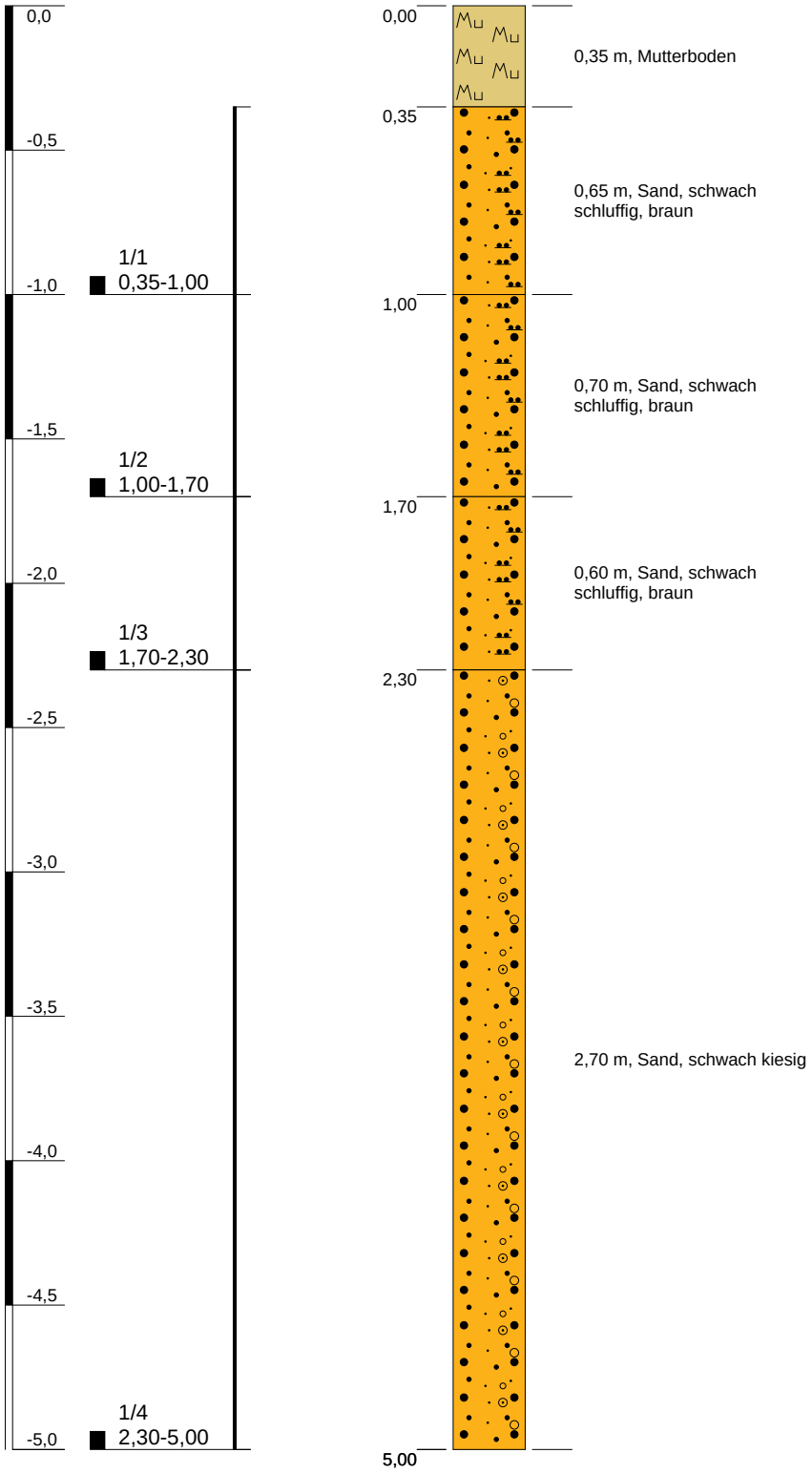


Projekt	Bebauungsplan 0-187, Stadt Troisdorf Versickerungsversuch		
Auftraggeber	Stadt Troisdorf		
Planart	Lageplan		
Maßstab	1:500	Anlage	3
Projektbearb.	Fu.	Projektleiter	Herr Kania.
Projektnr.	10/01/0002	Datum	04.05.2010
Planident.	10_01_0002_Versickerung_B-Plan 0 187_Troisdorf\Anlagen\Anlage3		
Plangrundlagen	Vorentwurf B-Plan 0 187, Stand 17.11.2009		

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

VS 1

0,64 m u OK Eingang Sporthalle



Maßstab: 1:25

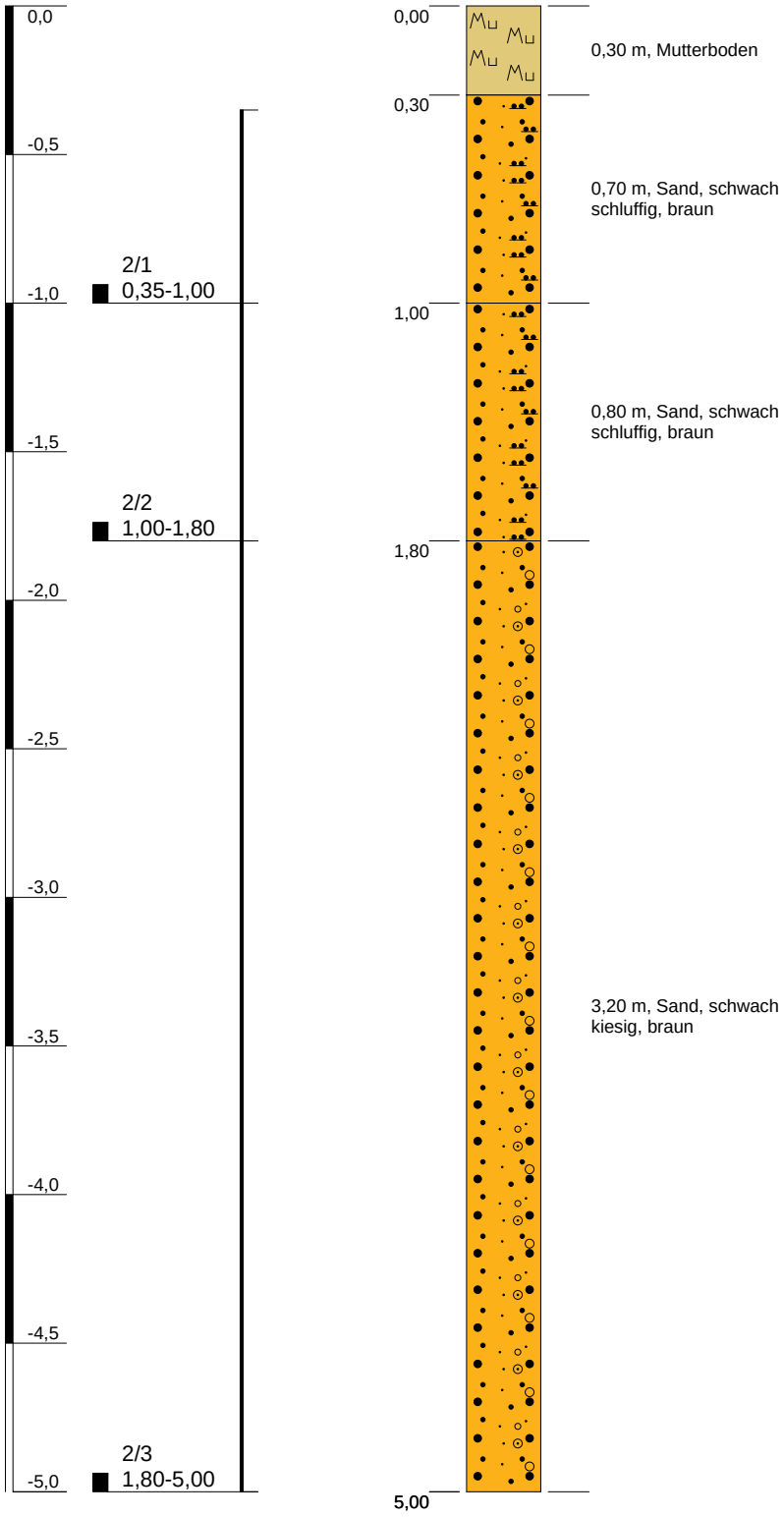
Blatt 1 von 1

Projekt:	**Versickerung B-Plan 0-187, Troisdorf**		
Bohrung:	**VS 1**		
Projektnr.:	10/01/0002	Anlage:	4.1
Lage:	s. Lageplan	Datum:	22.03.2010
Ansatzhöhe:	0,64 m u OK Eingang Sporthalle	Endtiefe:	5,00 m
Bearbeiter:	Li	Auftraggeber:	Stadt Troisdorf

GBU
GEOLOGIE·BAU & UMWELTCONSULT

VS 2

2,49 m u OK Eingang Sporthalle



Maßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

Projekt:	**Versickerung B-Plan 0-187, Troisdorf**		
Bohrung:	**VS 2**		
Projektnr.:	10/01/0002	Anlage:	4.2
Lage:	s. Lageplan	Datum:	22.03.2010
Ansatzhöhe:	2,49 m u OK Eingang Sporthalle	Endtiefe:	5,00 m
Bearbeiter:	Li	Auftraggeber:	Stadt Troisdorf

GBU
GEOLOGIE·BAU & UMWELTCONSULT

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

GBU GEOLOGIE·BAU & UMWELTCONSULT	**Projekt:**	B- Plan 0187, Troisdorf	**Bearb.:** Fu
	Projektnr.:	10/01/0002	**Anl.:** 5
	Versuch - Nr.:	VS 1 (RKS 1)	**Datum :** 04.05.10

	Überstand der Verrohrung über GOK	50 cm
h =	Mittellage des Wasserspiegels über GOK	-55 cm
a =	Tiefe der Verrohrung	150 cm
A =	Länge unverrohrtes Bohrloch	150 cm
H =	Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle	350 cm
Tu =	Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	945 cm
e =	Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	700 cm
2r =	Bohrlochdurchmesser	6 cm
r =	1/2 Bohrlochdurchmesser	3 cm

a) Versickerte Wassersäule im Standrohr

b) Versickerte Wassermenge Q: 5937,6 cm³ in 45 sec

c) Die Wartezeit betrug: 45 min

d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)

H / TU = 350 / 945 = 0,37

TU / A = 945 / 150 = 6,3

maßgebend: Formel I x

Formel II

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

A / H = 150 / 350 = 0,43

H / r = 350 / 3 = 116,7

→ 110 = Cu

$$K = \frac{131,95}{110 \times 3 \times 350} = 1,14E\text{-}03 \text{ cm/sec}$$

= **1,14E-05 m/sec**

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

A / r = /

→ = Cs

$$K = \frac{}{x \quad x} = \text{cm/sec}$$

= **m/sec**

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

GBU GEOLOGIE·BAU & UMWELTCONSULT	**Projekt:**	B- Plan 0187, Troisdorf	**Bearb.:**	Fu
	Projektnr.:	10/01/0002	**Anl.:**	5
	Versuch - Nr.:	VS 2 (RKS 2)	**Datum :**	04.05.10

	Überstand der Verrohrung über GOK	90 cm	
h =	Mittellage des Wasserspiegels über GOK	15 cm	
a =	Tiefe der Verrohrung	10 cm	
A =	Länge unverrohrtes Bohrloch	265 cm	
H =	Höhe Wasserspiegel über Bohrlochsohle	275 cm	
Tu =	Tiefe Wasserspiegel bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	915 cm	
e =	Abstand von Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht, bzw. Hang- oder GW-Horizont	625 cm	
2r =	Bohrlochdurchmesser	6 cm	
r =	1/2 Bohrlochdurchmesser	3 cm	
	a) Versickerte Wassersäule im Standrohr		
	b) Versickerte Wassermenge Q:	4241,2 cm³ in	65 sec
	c) Die Wartezeit betrug:	45 min	
	d) Auswertung nach USBR Earth Manual (1974)	H / TU = 275 / 915 =	0,30
		TU / A = 915 / 265 =	3,5
	maßgebend: Formel I	x	
	Formel II		

Formel I : K = $\dfrac{Q}{Cu \times r \times H}$

A / H = 265 / 275 = 0,96

H / r = 275 / 3 = 91,7

→ 137 = Cu

$$K = \frac{65{,}25}{137 \times 3 \times 275} = 5{,}77E\text{-}04 \text{ cm/sec}$$

= **5,77E-06 m/sec**

Formel II : $K = \dfrac{2\ Q}{(Cs + 4) \times r \times (Tu + H - A)}$

A / r = / =

→ = Cs

K = = cm/sec

x x = **m/sec**