

Dipl.-Geol. Heiko Seitz, Irisweg 3, D-77731 Willstätt-Sand
Stadtverwaltung Haslach
z. Hd. Herrn Wacker
Marktplatz 1
77716 Haslach

BERATUNG/GUTACHTEN
BAUGRUND
UMWELTRELEVANTE
SCHADENSFÄLLE
ALTLASTEN/ - ABLAGERUNGEN
HYDROGEOLOGIE

Fachliche Stellungnahme ifag 11811112 vom 29.11.2012

Betrifft: Bebauungsplans „Allmendacker II“ „ Flst.-Nr. 1835, 1838, 1839 sowie 1939 (Teilfläche der Schnellinger Straße) südlich des Gasthaus Blume in Haslach -Schnellingin

Hier: Überprüfung der Versickerungsfähigkeit von Tagwässern im Bereich des Planungsgebietes, Hinweise zu den erwartenden GW-Ständen

1. Vorgang

Die Stadt Haslach beabsichtigt eine Anpassung des oben genannten Bebauungsplans. In diesem Zusammenhang sollen Angaben für eine denkbare Versickerung von Tagwässern als auch eine Abschätzung der zu erwartenden Grundwasserstände ermittelt werden.

2. Verwendete Unterlagen

Seitens der Stadt Haslach ist das Büro Kappis Ingenieure GmbH, Lahr mit der Erstellung des Bebauungsplanes beauftragt. Von diesem wurde dem Gutachter Auszug des Flurstücksplan mit Kennzeichnung des zu überplanenden Areals zur Bearbeitung überlassen. Weiterhin wurde dem Gutachter ein 2006 erstelltes Baugrundgutachten vom Dipl.-Geol. Rochus Basler, Offenburg mit ergänzenden Informationen zur Schichtenfolge der oberflächennahen Lockergesteine und damals ermittelten GW-Stände auf dem nördlich angrenzenden Flurstück (Gasthaus Blume) zur Verfügung gestellt. Die in diesem Bericht gemachten Angaben zu Versickerungsanlagen beruhen auf dem Arbeitsblatt A 138 "Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser" des Regelwerks Abwasser-Abfall der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. (ATV) vom Januar 1990.

Weiterhin fanden diverse Unterlagen und Schriften aus der Bibliothek des "institut für angewandte geologie" Verwendung.

3. Ergebnisse

3.1 Feldarbeiten / Schichtenfolge

Am 20.11.2012 wurden am Rand des Flurstücks 1838 zwei Versickerungsgruben zur Versuchsdurchführung ausgehoben. Die Lage der Ansatzpunkte war im Vorfeld mit dem

Planer abgestimmt und befinden sich in enger Nachbarschaft zu denkbaren Standorten künftiger Versickerungsanlagen.

Ergänzend zur diesen wurde nach Aufforderung durch den Stadtbaumeister Herrn Wacker zunächst ein weiteres Probeloch S 1 zur Erkundung der tieferen Schichtenfolge und zum eventuellen Feststellung eines Fe-/Mn-Oxidationshorizonts (Wassermarken) als Hinweis auf die Höhe des jährlich wiederkehrenden hohen Grundwasserstandes ausgehoben. Aufgrund der Entdeckung einer etwa 0,6 m langen Granate aus dem zweiten Weltkrieg wurden die Arbeiten am Probeloch eingestellt und räumlich versetzt ein zweiter Schurf bis 2,5 m unter Gelände ausgehoben und das dabei erschlossene Lockergesteinsgemisch detailliert beschrieben. Die Ansatzpunkte aller Bodenaufschlüsse sind in der Lageskizze dokumentiert. Beschreibungen in Form von Profilen der in den Probelöcher bzw. Versickerungsgruben aufgeschlossenen Lockergesteins liegen als Anlagen 2.1-2.4 als Anlagen bei.

Generell zeigte sich bei den erläuterten Bodenaufschlüssen eine nur unwesentlich abweichende Schichtenfolge. Die obersten 0,3 m (Vegetationshorizont) wurde von einer stark sandigen, grobschluffigen, humosen Mutterbodendecke gebildet. Diese wird ohne scharfe Grenze von einem bis max. 0,8 m unter Gelände reichenden Horizont aus grobschluffigem Schwemmsand unterlagert. Unmittelbar darauf folgen hier die für das Kinzigtal in der Region Haslach typischen sandigen groben, teils steinigen Schotter. Ein zusammenhängender Grundwasserspiegel bzw. Hinweise auf Wassermarken konnten in keinem der Schürfe beobachtet werden. Fotos der in den Probelöchern angetroffenen Lockergesteinen sind in den beiliegenden Fototafeln enthalten.

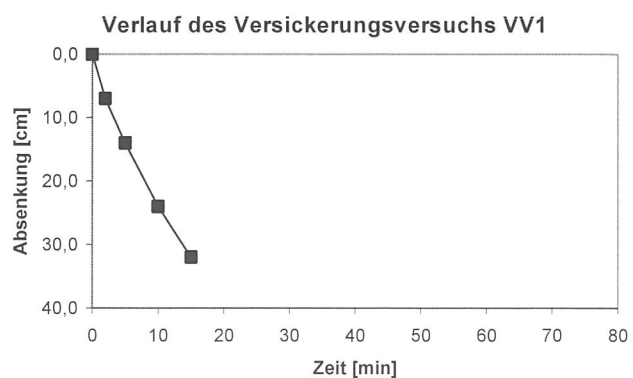
3.2 Versickerungsversuch VV 1

Für den eigentlichen Versickerungsversuch 1 (VV 1) wurde die Schürfgrube bis in eine Tiefe von 0,9 m unter GOK ausgehoben. In der Schurfsohle standen rund 0,4 m der stark kiesig geprägten Kinzigsschotter an, Abb.1. Der Flurabstand des Grundwassers im Ansatzpunkt wurde mangels genauerer Informationen am 20.11.2012 eher konservativ mit > 2,5 m gemäß Schurf S 2) unter Gelände angenommen. Die Mächtigkeit der daraus abzuleitenden hydraulisch wirksamen, ungesättigten Zone unter der Grubensohle beträgt somit $\geq 1,60$ m.

Zur eigentlichen Versuchsdurchführung wurde der Sohlbereich der Schürfgrube nach einer hinreichenden Vorsättigung der liegenden Lockergesteinshorizonte mit einer Wassersäule von 0,4 m befüllt und anschließend deren Absinken in Abhängigkeit der Zeit gemessen, siehe auch Abbildung 2+3, Anl. 3.1.

Verlauf des Versickerungsversuchs:

Zeit nach dem Befüllen des Schurfes (min)	Absenkung des Wasserspiegels (cm)
0	0,0
2	7
5	14
10	24
15	32



Berechnung des Durchlässigkeitsbeiwertes:

Bei rechteckiger Schurfgrube ergibt sich der Radius r über die Formel

$$r = \sqrt{\frac{l * b}{\Pi}}$$

r = 0,71 [m]

Resultierender k_f - Wert der ungesättigten Zone:

$k_{f,u} = 5,99E-04$ [m/s]

Nach dem Berechnungsansatz der Anlage 4.1 ergibt sich für die geprüfte Lockergesteinszone, im Bereich von VV 1 ein **rechnerischer k_f -Wert von $5,99 \times 10^{-4}$ m/s** und somit ein **k_f -Wert zur Bemessung (ATV A 138) von $1,2 \times 10^{-3}$ m/s**.

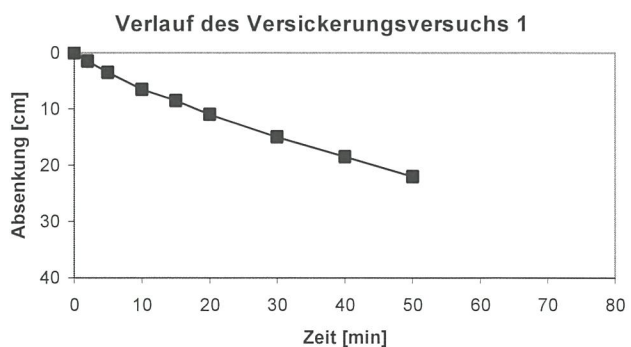
3.3 Versickerungsversuch VV 2

Der zweite Versickerungsversuch VV 2 wurde an der südwestlichen Grenze des Planungsgebietes im Randbereich der künftigen Parkflächen gefahren, vgl. auch Anl. 1.2. Für den Versickerungsversuch 2 (VV 2) wurde die Schürfgrube bis in eine Tiefe von 1,0 m unter GOK ausgehoben. In der Schurfsohle standen ca. 0,5 m der stark kiesig geprägten Kinzigschotter an, Abb.5. Der Flurabstand des Grundwassers im Ansatzpunkt wurde gleichermaßen mit > 2,5 m (gemäß Schurf S 2) unter Gelände angenommen. Die Mächtigkeit der daraus abzuleitenden hydraulisch wirksamen, ungesättigten Zone unter der Grubensohle beträgt somit $\geq 1,50$ m.

Zur eigentlichen Versuchsdurchführung wurde der Sohlbereich der Schürfgrube nach einer hinreichenden Vorsättigung der liegenden Lockergesteinshorizonte mit einer Wassersäule von 0,405 m befüllt und anschließend deren Absinken in Abhängigkeit der Zeit gemessen, siehe auch Abbildung 6, Anl. 3.2.

Verlauf des Versickerungsversuchs:

Zeit nach dem Befüllen des Schurfes (min)	Absenkung des Wasserspiegels (cm)
0	0
2	1,5
5	3,5
10	6,5
15	8,5
20	11
30	15
40	18,5
50	22
60	



Berechnung des Durchlässigkeitsbeiwertes:

Bei rechteckiger Schurfgrube ergibt sich der Radius r über die Formel

$$r = \sqrt{\frac{l * b}{\Pi}}$$

r = 0,69 [m]

Resultierender k_f - Wert der ungesättigten Zone:

$k_{f,u} = 7,12E-05$ [m/s]

Nach dem Berechnungsansatz der Anlage 4.2 ergibt sich für die geprüfte Lockergesteinszone, im Bereich von VV 1 ein **rechnerischer k_f -Wert von $7,12 \times 10^{-5}$ m/s** und somit ein **k_f -Wert zur Bemessung (ATV A 138) von $1,42 \times 10^{-4}$ m/s**.

4. Grundwassersituation

Dem Gutachter liegen lediglich die 2006 von Dipl.-Geol. Rochus Basler in seinem Gründungsgutachten erhobenen Angaben zu den Grundständen zur Verfügung. Im Gutachten sind zwei Angaben zu Grundwasserständen enthalten. Einmal eine Stichtagsmessung in einem angrenzenden Brunnen am 11.01.2006 mit 3,4 m unter Flur, 208,28 mNN. Die zweite bezieht sich auf einen Verockerungshorizont (Fe-/Mn-Ausfällungen) in Schurf S 1 bei 1,9 m unter GOK was einem **Niveau von 209,87 mNN** entspricht. Entsprechende Fe-/Mn-Ausfällungen entwickeln sich im Kapillarsaum von geogen belasteten eisenhaltigen Grundwässern. Eisen ist lediglich als „zweiwertiges Eisen“ (Fe^{2+}) wasserlöslich. Im wiederholten Kontakt der kapillar aufsteigenden Wässer mit der in der permanent ungesättigten Bodenzone vorhandenen Bodenluft wird das darin gelöste Fe^{2+} zu Fe^{3+} umgewandelt und als Fe_2O_3 (Rost) innerhalb des Kapillarraums gefällt. Eine vergleichbare Reaktion erfolgt mit den ebenfalls im Wasser gelösten, chemisch eng verwandten Verbindungen des Metalls Mangan (Mn). Beide zusammen bilden die bereits genannten, häufig gut erkennbaren, bandartigen, braunen Verfärbungen in ansonsten meist eher graubeige gefärbten Sanden bzw. stark sandigen Kiesen. Entsprechend ihrer Entstehung können diese demnach als Obergrenze der **jährlich wiederkehrenden hohen Grundwasserstände (HW)** interpretiert werden.

Erfahrungsgemäß werden die GW-Stände in der Talau primär durch die Wasserführung der Kinzig als auch von den Talrändern zufließenden Grundwasserströmen beeinflusst. Vereinfacht bedeutet dies bei mittlerer und niedriger Wasserführung der Kinzig dient diese als Vorfluter für das von den Talseiten herangeführte Grundwasser. Bei Hochwasserführung der Kinzig erfolgt eine Umkehrung der hydraulischen Fließrichtung. Unter diesen Rahmenbedingungen werden große Wassermengen des im Flussbett der Kinzig zwischen den Deichen aufgestauten Wassers ins Grundwasser der Talau gepresst und akkumulieren sich dort mit den dann ebenfalls rückgestauten, von Talrändern zufließenden Grundwasserströmen. Bei außergewöhnlichen Witterungsbedingungen z.B. Hochwasserführung der Kinzig infolge einer Schneeschmelze im Schwarzwald, in Kombination mit zeitgleichen ergiebigen und anhaltenden Niederschlagsereignissen im Einzugsgebiet der Kinzig können somit in Ausnahmefällen zeitlich begrenzte, extreme GW-Stände (HW10/HW100) auftreten, die mit $\geq 1,0$ m ≥ 211 mNN deutlich über dem mit 209,87 mNN als HW definierten Niveau liegen.

5. Hydraulische Rahmenbedingungen für die Versickerung von Tagwässern

Grundsätzlich setzt die Versickerung von Niederschlagswasser einen aufnahmefähigen, durchlässigen Untergrund und einen ausreichenden Abstand vom GW-Spiegel (ungesättigte Zone) auch bei relativen Grundwasserhochständen von normaler Weise

mindestens 1 m voraus. Im aktuellen Fall kann dieser vermutet aber nicht direkt nachgewiesen werden.

Nach dem Regelwerk Abwasser-Abfall der Abwassertechnischen Vereinigung, Arbeitsblatt A 138 "Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser" kommen für Versickerungsanlagen Lockergesteine in Frage, deren **k_f -Werte (Durchlässigkeitsbeiwerte) im Bereich von 5×10^{-3} bis 5×10^{-6} liegen.**

Gemäß der in den Versickerungsversuchen ermittelten Permeabilität der dort angebotenen fluviatilen Schüttungen in der ungesättigten Bodenzone (Kinzigschotter) sind diese grundsätzlich als zur Versickerung von Tagwässern gut geeignet einzustufen.

Grundsätzlich kommen in Baden-Württemberg für die gezielte, dezentrale Versickerung lediglich zwei verschiedene Anlagearten in Frage.

Diese sind in der Rangfolge entsprechend ihres Gefährdungspotentials für das Grundwasser aufgelistet:

1. Flächenversickerung
2. Muldenversickerung

Andere Versickerungssysteme wie z.B. eine Schachtversickerung sind nicht genehmigungsfähig bzw. eine Versickerung über Rigolen oder Sickerkästen nur im Ausnahmefall nach Prüfung durch die Fachbehörde genehmigungsfähig.

Im aktuellen Fall ist vermutlich die Variante einer Flächenversickerung nur eingeschränkt umsetzbar. Angestrebt wird vielmehr der Bau eines Versickerungsbeckens (Teich) bzw. einer Versickerungsmulde am Rand der Parkflächen.

Bei der Planung einer entsprechenden Versickerungsmulde ist besonders darauf zu achten, dass eine zur Reinigung der eingeleiteten Niederschlagswässer notwendige Vegetationszone eingerichtet wird und zu erhalten ist.

Die Anlage eines Versickerungsbeckens ist eine Variante der Muldenversickerung/Oberflächenversickerung, bei der durch eine großflächige Profilierung des Geländes zusätzlich eine Kapazität zur zeitweiligen Speicherung der anfallenden Tagwässer geschaffen wird. Folglich kann die Versickerungsrate geringer sein, als der Niederschlagszufluss. Versickerungsbecken sollten allerdings so bemessen werden, dass sie grundsätzlich **nur kurzfristig unter Einstau stehen**, da sonst zwangsläufig eine allmähliche Verschlickung (Kollmatierung) und damit verbunden eine deutliche Reduzierung der oberflächennahen Durchlässigkeit eintritt.

Versickerungsbecken können auch mit erheblicher Speicherkapazität relativ kostengünstig errichtet werden und bedürfen lediglich einer überschaubaren Wartung bzw. Reinigung. Ein Vorteil ist die hohe Filterwirkung der belebten Bodenzone, nachteilig ist der relativ große Platzbedarf.

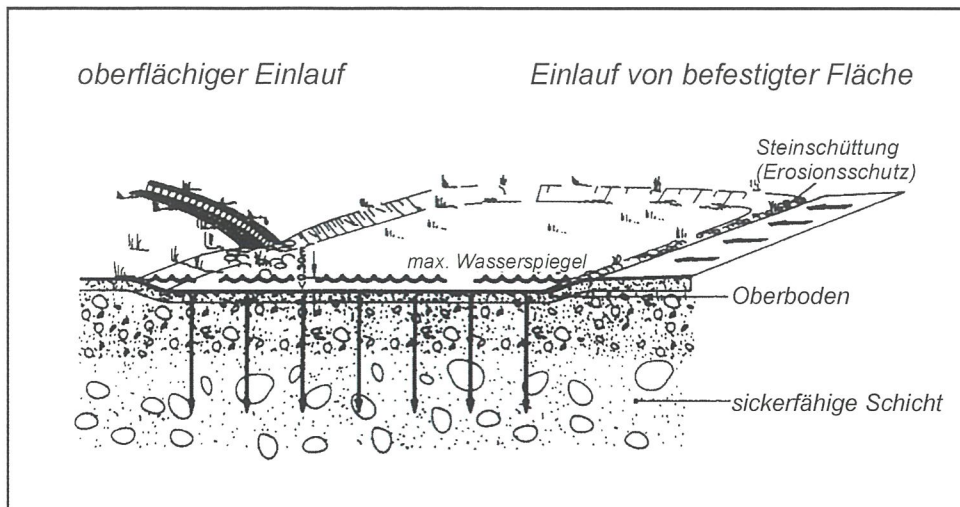


Abb. : Schema der Muldenversickerung (aus: Schriftenreihe des BDG, Heft 15)

Um eine gleichmäßige Verteilung des Wassers zu erreichen, müssen Sohllinien und -flächen möglichst horizontal ausgebildet und unterhalten werden. Große oder lange Mulden bzw. Versickerungsbecken sind insbesondere bei vorhandenem Geländegefälle durch Bodenschwellen zu gliedern. Die Beschickung der Becken über Rohrleitungen erfordert besondere Maßnahmen zur Verteilung der Sicker Mengen und zur Vermeidung von Ablagerungen (Sandfang) bzw. Erosion im Rohrmündungsbereich.

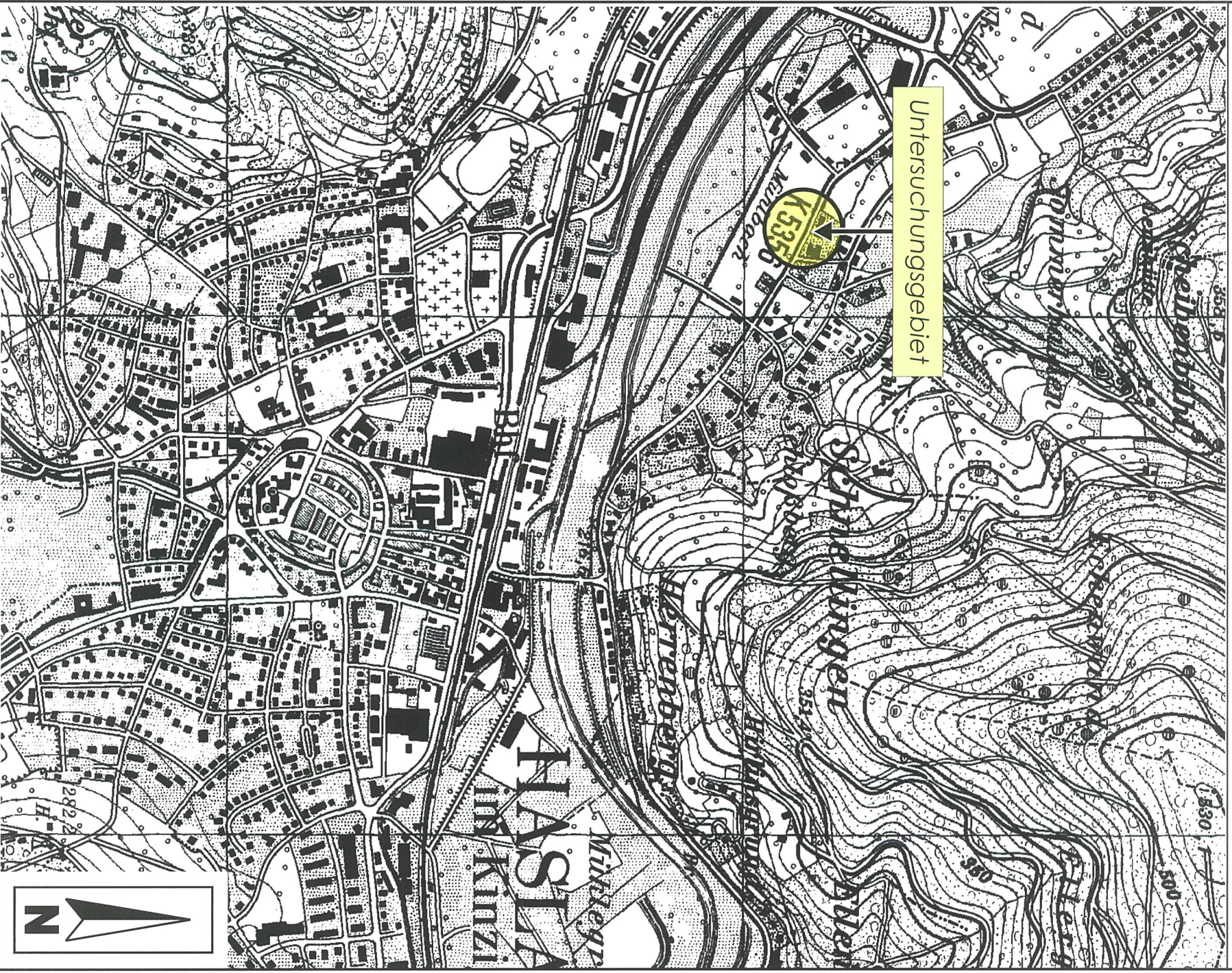
Im vorliegenden Fall bieten die im Mittel 1,0 m unter Flur angetroffenen Kinzigsschotter der ungesättigten Zone grundsätzlich gute Voraussetzungen für eine effiziente Versickerung von Tagwässern.

Bei der Planung von Versickerungsbecken ist im Vorfeld grundsätzlich eine denkbare negative Beeinflussung angrenzender, unterkellerten Gebäude zu prüfen und auszuschließen.

Versickerungsanlagen sollten vom Betreiber regelmäßig kontrolliert und größere Stoffanreicherungen wie z.B. anfallendes Herbstlaub entfernt werden. Bei Versickerungsanlagen ist zur Verminderung der Selbstverdichtung (Kollmatierung) die Instandhaltung der Pflanzendecke notwendig. Einer allmählichen Verschlechterung der Sicker Eigenschaften kann durch Auflockerungsarbeiten an der oberflächlichen Vegetations-/Filterzone entgegengewirkt werden. Werden Tagwässer über Rohrleitungen in Versickerungsanlagen eingeleitet ist je nach Einzugsbereich der Einbau eines vorgeschalteten, leicht zu reinigenden Sandfangs und Erosionsschutzes im Einleitungsbereich empfehlenswert.

Für weitere Fragen und Erläuterungen stehen wir Ihnen gerne jederzeit zur Verfügung.

Dipl.-Geol. Heiko Seitz
institut für angewandte geologie



ifag: 11881112

gez.: Ku

Datum: 22001.2012

gep.:

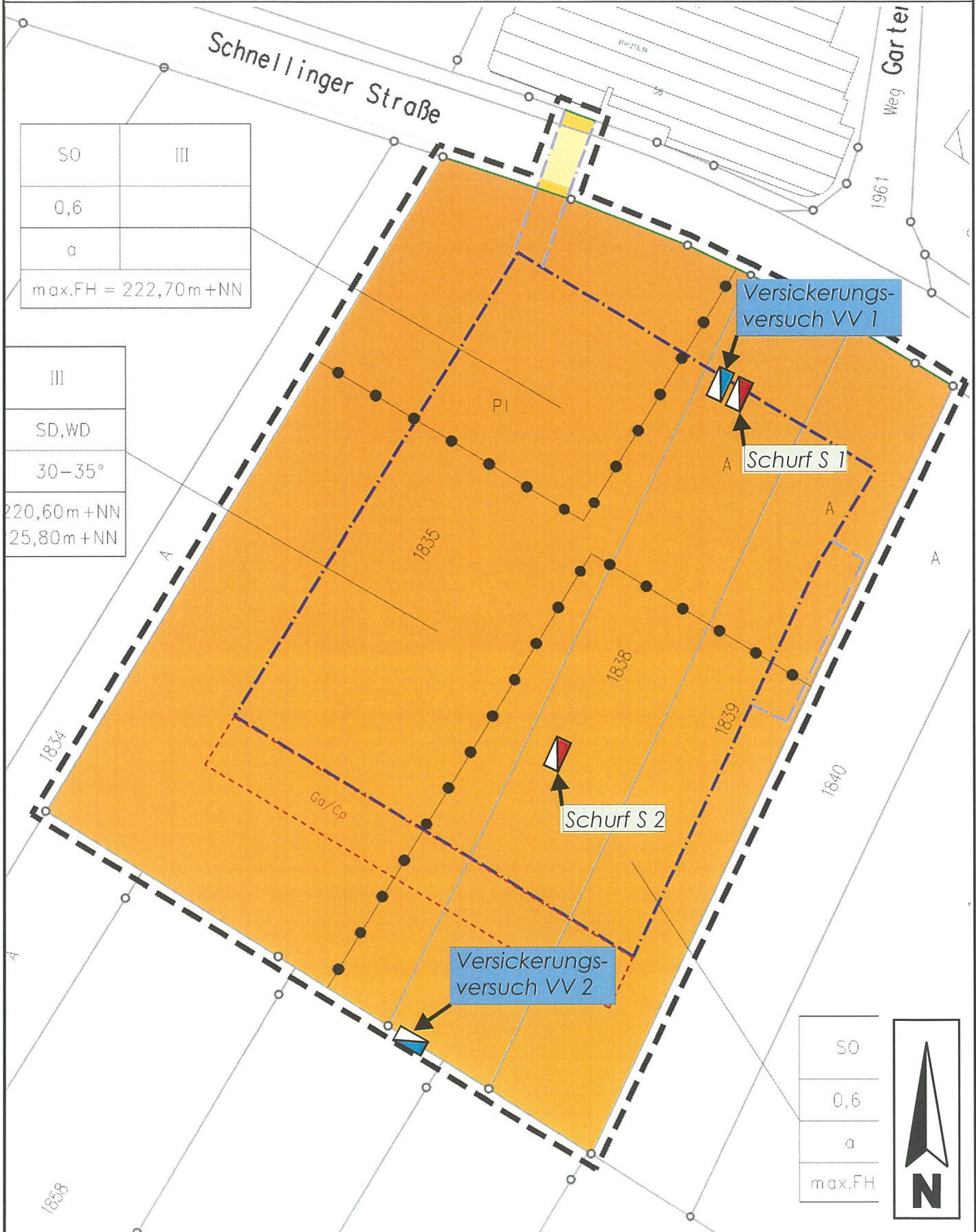
Maßstab: 1 : 10000

Anlage: 1.1

Übersichtsskizze

BVHBlume Haslach-Schnelllingen

institut für angewandte geologie, Dipl.-Geol. H. Seitz, Irsweg 3, 77731 Willstätt, Tel.: 07852/5150



ifag: 11881112

gez.: Ku

Datum.: 21.11.2012

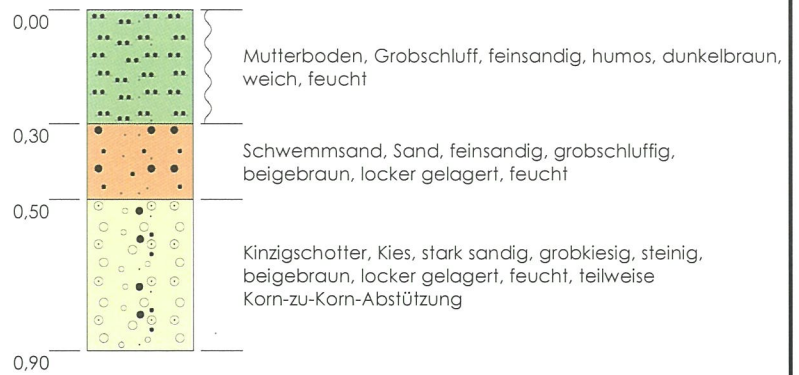
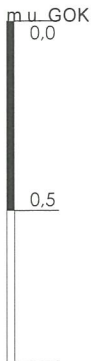
gep.:

Maßstab: 1:500


Anlage: 1.2

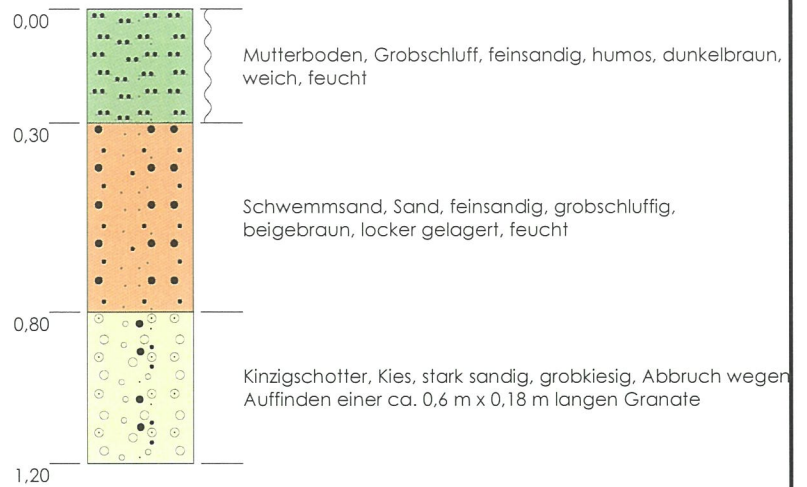
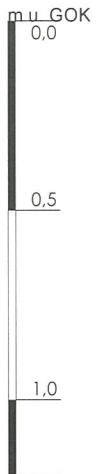
Lageskizze mit Untersuchungspunkten
Erweiterung Gasthaus Blume, Haslach

Versickerungsversuch VV 1



Höhenmaßstab: 1:20

Projekt:	Versickerung Gasth. Blume		
Aufschluss:	Versickerungsversuch VV 1	Anlage: 2.1	
Auftraggeber:	Stadt Haslach		
ausgeführt durch:	Hansmann GmbH	Lage der Bohrung:	
Bearbeiter:	Se	siehe Lageskizze, Anlage 1.2	
ausgeführt am:	20.11.2012	Endtiefe:	0,90 m

Schurf S 1

Höhenmaßstab: 1:20

Projekt: **Gasth. Blume, Schnellingen**Aufschluss: **Schurf S 1**Anlage: **2.2**

Auftraggeber: Stadt Hausach

ausgeführt durch: Hansmann GmbH

Lage der Bohrung:

Bearbeiter: Se

siehe Lageskizze, Anlage 1.2

ausgeführt am: 20.11.2012

Endtiefe: 1,20 m

IFAG Willstätt

Versickerungsversuch VV 2

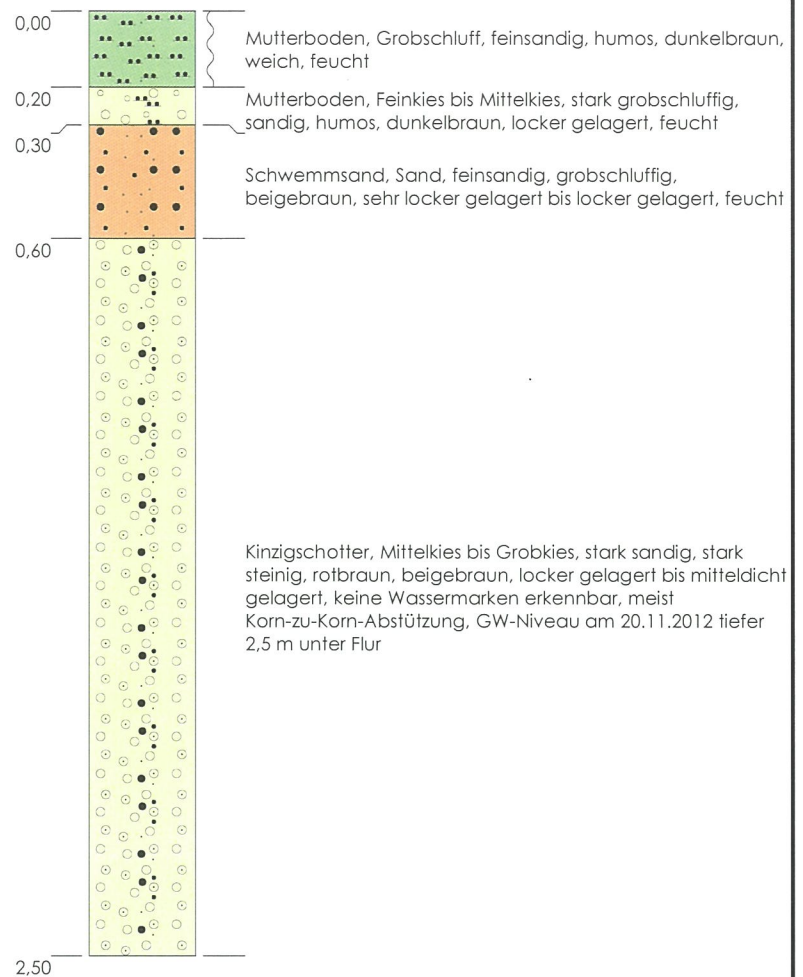


Höhenmaßstab: 1:20

Projekt:	Versickerung Gasth. Blume	
Aufschluss:	Versickerungsversuch VV 2	Anlage: 2.3
Auftraggeber:	Stadt Haslach	
ausgeführt durch:	Hansmann GmbH	Lage der Bohrung:
Bearbeiter:	Se	siehe Lageskizze, Anlage 1.2
ausgeführt am:	20.11.2012	Endtiefe: 1,00 m

IFAG Willstätt

Schurf S 2



Höhenmaßstab: 1:20

Projekt: Gasthaus Blume, Schnellingen

Aufschluss: Schurf S 2

Anlage: 2.4

Auftraggeber: Stadt Haslach

ausgeführt durch: Hansmann GmbH

Lage der Bohrung:

Bearbeiter: Se

siehe Lageskizze, Anlage 1.2

ausgeführt am: 20.11.2012

Endtiefe: 2,50 m

IFAG Willstätt



Abb. 1:
Kinzigschotter im Sohlbereich von der
Versickerungsgrube VV 1

Abb. 2:
Versuch in VV 1, Stauhöhe 40 cm



Abb. 3: Füllstand am Versuchsende

Ifag: 11881112	gez.: Se
Datum: 21.11.2012	gep.:
Maßstab: ohne	Anlage: 3.1

Fototafel 1

Versickerung BV Gasth. Blume, Haslach-Schnellingen



Abb. 4:
Lage der Versickerungsgrube VV 2,
Versickerungsgrube VV 1 im Bereich
der im Hintergrund erkennbaren
Haufwerke

Abb. 5:
Versuch VV 2 vor der ersten Befüllung,
Schurfsohle im Bereich der Kinzig-
schotter



Abb. 6: Füllstand 2 Min. Nach Versuchs-
beginn

Ifag: 11881112	gez.: Se
Datum: 21.11.2012	gep.:
Maßstab: ohne	Anlage: 3.2

Fototafel 2

Versickerung BV Gasth. Blume, Haslach-Schnellingern



Abb. 7:
Blick in Schurf S 2

Abb. 8:
Schurf S2, Kinzigschotter mit bei der Ablagerung gut eingeregeltten Grobkomponenten, Korn-zu-Korn-Abstützung



Abb. 9:
Baggergut aus Schurf S 2, sandige Kinzigschotter mit Grobkies und Steinen durchsetzt

Ifag: 11881112

gez.: Se

Datum: 21.11.2012

gep.:

Maßstab: ohne

Anlage: 3.3

Fototafel 3

Versickerung BV Gasth. Blume, Haslach-Schnellinggen

institut für angewandte geologie, Dipl.-Geol. H. Seitz, Irisweg 3, 77731 Willstätt, Tel.: 07852/5150

Versickerungsversuch VV 1

11881112 Anlage 4.1

BV Erweiterung Gasthaus Blume, Haslach-Schnellingen

Versuchsdurchführung: 20.11.2012

Der Versickerungsversuch wurde nach Wassersättigung von rund 30' mit fallendem Wasserspiegel gefahren

Zugrundegelegte Formel :

Zur Auswertung kann vereinfacht die Formel des US Departments of the Interior Bureau of Reclamation Design of small dams (1960) herangezogen werden:

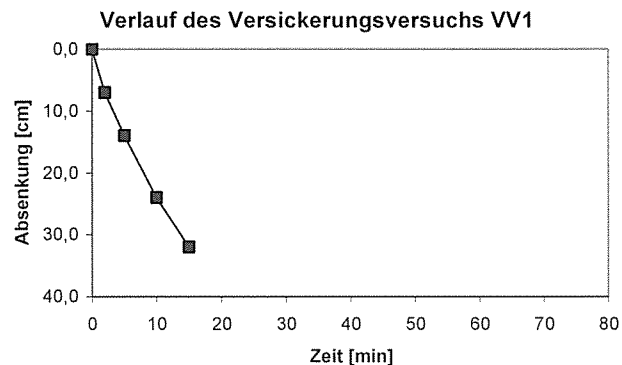
$$k_f = \frac{Q}{5,5 * r * h}$$

Feldparameter:

Lage der Schurfsohle unter GOK		0,9	[m]
vermuteter Flurabstand des Grundwassers (unter GOK) am 20.11.2012		2,7	[m]
resultierender Abstand der Schurfsohle zum Grundwasserspiegel		1,80	[m]
Wasserstand über Schurfsohle zu Versuchsbeginn		0,40	[m]
Länge der Schurfgrube bei rechteckig ausgebildeter Grube	l =	1,85	[m]
Breite der Schurfgrube bei rechteckig ausgebildeter Grube	b =	0,85	[m]
Mittel aus Anfangs- und Endhöhe des Wasserspiegels	h =	0,24	[m]
Differenz aus Anfangs- und Endhöhe des Wasserspiegels	dh =	0,32	[m]
Dauer des Versickerungsversuches	dt =	900	[s]
Wasserzugabe bzw. versickerte Wassermenge	Q = l * b * dh / dt =	5,59E-04	[m³/s]

Verlauf des Versickerungsversuchs:

Zeit nach dem Befüllen des Schurfes (min)	Absenkung des Wasserspiegels (cm)
0	0,0
2	7
5	14
10	24
15	32



Berechnung des Durchlässigkeitsbeiwertes:

Bei rechteckiger Schurfgrube ergibt sich der Radius r über die Formel

$$r = \sqrt{\frac{l * b}{\pi}}$$

$$r = 0,71 \text{ [m]}$$

Resultierender k_f - Wert der ungesättigten Zone:

$$k_{f,u} = 5,99E-04 \text{ [m/s]}$$

Kurzbewertung:

Bodenart (Schurfsohle)

Mittel-/Grobkies, schw. feinkiesig

schw. grob- bzw. mittelsandig

k_f -Wert zur Bemessung (ATV A 138):

1,20E-03 m/s

Bewertung nach DIN 18130

stark durchlässig

Versickerungsversuch 2

BV Erweiterung Gasthaus Blume, Haslach-Schnellingen

Versuchsdurchführung: 20.11.2012

Der Versickerungsversuch wurde nach Wassersättigung mit fallendem Wasserspiegel gefahren

Zugrundegelegte Formel :

Zur Auswertung kann vereinfacht die Formel des US Departments of the Interior Bureau of Reclamation Design of small dams (1960) herangezogen werden:

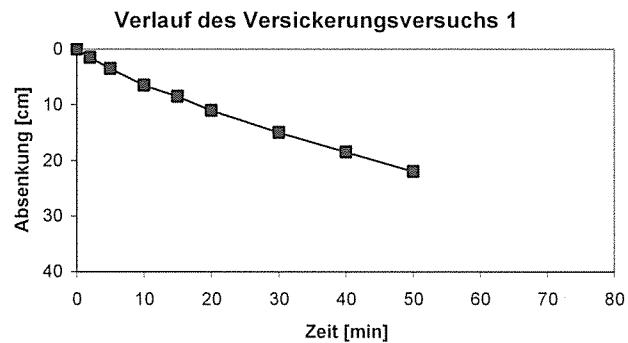
$$k_f = \frac{Q}{5,5 * r * h}$$

Feldparameter:

Lage der Schurfsohle unter GOK		1	[m]
vermuteter Flurabstand des Grundwassers (unter GOK) am 20.11.2012		2,7	[m]
resultierender Abstand der Schurfsohle zum Grundwasserspiegel		1,70	[m]
Wasserstand über Schurfsohle zu Versuchsbeginn		0,405	[m]
Länge der Schurfgrube bei rechteckig ausgebildeter Grube	l =	1,75	[m]
Breite der Schurfgrube bei rechteckig ausgebildeter Grube	b =	0,85	[m]
Mittel aus Anfangs- und Endhöhe des Wasserspiegels	h =	0,405	[m]
Differenz aus Anfangs- und Endhöhe des Wasserspiegels	dh =	0,22	[m]
Dauer des Versickerungsversuches	dt =	3000	[s]
Wasserzugabe bzw. versickerte Wassermenge	Q = l * b * dh / dt =	1,09E-04	[m ³ /s]

Verlauf des Versickerungsversuchs:

Zeit nach dem Befüllen des Schurfes (min)	Absenkung des Wasserspiegels (cm)
0	0
2	1,5
5	3,5
10	6,5
15	8,5
20	11
30	15
40	18,5
50	22
60	

**Berechnung des Durchlässigkeitsbeiwertes:**

Bei rechteckiger Schurfgrube ergibt sich der Radius r über die Formel

$$r = \sqrt{\frac{l * b}{\Pi}}$$

$$r = 0,69 \text{ [m]}$$

Resultierender k_f - Wert der ungesättigten Zone:

$$k_{f,u} = 7,12E-05 \text{ [m/s]}$$

Kurzbewertung:

Bodenart (Schurfsohle)	Sand, fein-/mittelsandig
k_f -Wert zur Bemessung (ATV A 138):	1,42E-04 m/s
Bewertung nach DIN 18130	durchlässig