



Versickerung von Niederschlagswässer

Projekt:

**BV Am Brunnenrain
79183 Waldkirch**

Proj. Nr.: 08 12 02 3



Inhaltsverzeichnis

1 Veranlassung und Untersuchungsumfang	2
2 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse	2
3 Infiltrationsversuche	4
4 Zusammenfassung	6

Anlagen

Anlage 1: Übersichtslageplan	M 1 : 25.000
Anlage 2: Lage der Rammkernsondierungen und der Bohrung	M 1 : 1.000
Anlage 3: Profile Rammkernsondierung RKS 1 bis RKS 3 und der Bohrung B1	
Anlage 4: Berechnungen zu Versickerungsmulden für n = 5	



1 Veranlassung und Untersuchungsumfang

Die Auffahrt zur B 294 zwischen Waldkirch und Kollnau, Anschlussstelle Waldkirch Ost, umschließt eine größere Grünfläche, die als Gewerbefläche ausgewiesen werden soll. Die auf die Gebäudedächer auftreffenden Niederschlagswässer sollen dezentral in zugehörige Mulden geleitet und versickert werden, sofern dies durch die geologischen Bedingungen möglich und sinnvoll ist. FREY & RUPPENTHAL, Büro für Geologie und Hydrologie, wurde von der Stadt Waldkirch mit dieser Untersuchung lt. Angebot Nr. A-08 12 02 3 vom 16.01.2007 beauftragt.

Zur Versickerung wird eine ausreichend mächtige und durchlässige, ungesättigte Bodenzone benötigt. Dazu muß vor Ort der geologische Aufbau und die ungesättigte Bodenzone auf ihre Infiltrationsgeschwindigkeit hin untersucht werden. Üblicherweise wird dies mittels Infiltrationsversuchen am offenen Bohrloch durchgeführt. Mit den Ergebnissen können den abflußwirksamen Flächen die notwendigen Muldenflächen zugewiesen werden.

Die Niederschlagsdaten sind aus dem Kostra-Atlas des Deutschen Wetterdienstes nach 5-jährlicher Eintrittswahrscheinlichkeit entnommen. Die Berechnung der Versickerungsflächen erfolgt nach DWA A-138.

Zur Ermittlung des geologischen Aufbaus und der Durchlässigkeit des Untergrundes wurden drei Rammkernsondierungen (RKS) durchgeführt. Aufgrund der angetroffenen Verhältnisse war es nicht sinnvoll, Infiltrationsversuche in den RKS durchzuführen, es wurde hierfür eine Bohrung veranlasst und diese zum temporären Pegel zur Durchführung eines Infiltrationsversuches ausgebaut.

2 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Das Projektgebiet liegt im würmeiszeitlichen Schwemmkegel des Altersbaches, gebildet aus lehmig-feinsandigem, umgelagertem Grobkies. Darin eingelagert befinden sich räumlich eng begrenzt junge, holozäne, lehmige Anschwemmungen des Altersbaches (Auelehm). Der tiefere Untergrund wird durch das Grundgebirge, den hier anstehenden Paragneis, mit unterschiedlich mächtiger Verwitterungsdecke aus undurchlässigem Verwitterungslehm gebildet. Ein ausreichend mächtiger und durchlässiger Kieshorizont zwischen dem Grundgebirge und den Schwemmkegelablagerungen wäre die Voraussetzung für ein schlüssiges Versickerungskonzept.



Am 23.01.2008 wurde der geologische Untergrund durch die Fa. FREY & RUPPENTHAL untersucht. RKS 1 und RKS 2 wurden im östlichen Bereich, nahe der B 294 mit Tiefen von 2,4 m u. GOK (RKS1) und 4,0 m u. GOK niedergebracht. Hier steht in einer Tiefe von 2,30 m u. GOK (RKS 1) bzw. 3,60 m (RKS 2) ein kiesiger Zwischenhorizont an (Anlage 3). Aufgrund der Lagerungsdichte konnte der Kies nicht für ein Infiltrationsversuch ausreichend durchhörtert werden. In einer weiteren Sondierung, unterhalb der Böschung am westlichen Grundstücksende, unmittelbar neben der Auffahrt, konnte zwar der Kies ausreichend aufgeschlossen werden, allerdings lies der geologische Aufbau auf umgelagertes Material schließen (nach Zeugenaussagen ist der gesamte Bereich im Zuge des Schnellstraßenbau und der landwirtschaftlichen Nutzung aufgefüllt). Somit wäre ein Infiltrationsversuch nur begrenzt aussagekräftig gewesen. Es wurde daher beschlossen, im Bereich einer möglichen Zentralmulde für das Projektgebiet eine Bohrung zu veranlassen, diese zum Pegel auszubauen und in diesem einen Infiltrationsversuch durchzuführen. Ferner kann durch diese Bohrung, unabhängig von der Lagerungsdichte, zusätzlich die Mächtigkeit in Frage kommender Kieshorizonte erkundet werden.

Grundwasser wurde in keiner der Sondierungen angetroffen, wenngleich in RKS 2 der Kies ab 3,6 m u. GOK mit „nass“ angesprochen werden konnte. Es sammelte sich während der weiteren Sondiermaßnahme kein Schicht- oder Grundwasser in dem offenen Sondierloch (Lichtlotmessung). Die Mindestanforderung von einem Meter Mächtigkeit für die ungesättigte Bodenzone wäre somit erfüllt (DWA A-138).

Am 15.04.2008 wurde durch die Terrasond GmbH & Co.KG, Teningen, eine Bohrung, Bohrdurchmesser 324 mm, auf eine Tiefe von 10 m u. GOK niedergebracht. Der Pegelausbau wurde so gewählt, dass der potentiell versickerungsfähige, kiesige Bereich verfiltert ist und dadurch der Berechnungsansatz für „offenes Bohrloch“ nach Earth Manual verwendet werden konnte.



3 Infiltrationsversuche

Zur Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes "kf" wurde am 16.04.2008 ein Infiltrationsversuch durchgeführt. Es wurde die Methode nach EARTH MANUAL 1974 (Heitfeld, K.-H. et al., 1979) angesetzt.

Prinzip:

Im Bohrloch mit Radius "r" wird die gewünschte Aufstauhöhe "h" über die geologische Situation festgelegt. Nun wird durch Wasserzufluß "Q" die Aufstauhöhe "h" mit Abstand "H" zum Grundwasser gehalten. Über die Schüttung "Q" im beharrten Zustand kann der Durchlässigkeitsbeiwert "kf" berechnet werden.

Die Berechnungsmethode ergibt sich aus der entsprechenden Gültigkeitsforderung aus dem Verhältnis von H zu h:

Ansatz 1: für $H > 3h$ gilt:
$$kf = 0,265 \cdot \left(\frac{Q}{h^2} \right) \cdot \left[\arcsin \operatorname{Hyp} \left(\frac{h}{r} \right) - 1 \right]$$

Ansatz 2: $h \leq H \leq 3h$ gilt:
$$kf = 0,265 \cdot \left(\frac{Q}{h^2} \right) \cdot \frac{\ln(h/r)}{0,1667 + H/3h} \text{ [m/s]}$$

Ansatz 3: für $H < h$ gilt:
$$kf = 0,265 \cdot \left(\frac{Q}{h^2} \right) \cdot \frac{\ln(h/r)}{H/h - (H/2h)^2} \text{ [m/s]}$$

In der Bohrung wurde Grundwasser angetroffen, das sich bei 6,25 m u. GOK eingestellt hatte. Berechnungsansatz 3 erlangt somit Gültigkeit. In Tabelle 1 sind die Versuchsangaben aufgelistet:

Tab. 1: Versuchsangaben und kf-Wert

	Infiltrations- versuch
Bohrlochradius [m]	0,0625
Höhe h [m]	5
Höhe H [m]	1,22
Schüttung Q [m³/s]	$6,33 \cdot 10^{-5}$
Gültiger Ansatz	3
kf-Wert [m/s]	$2,78 \cdot 10^{-7}$



Der Infiltrationsversuche ergab einen Durchlässigkeitsbeiwert, der aufgrund der geologischen Verhältnisse bzw. der Bodenansprache der geologischen Profile (Anlage 3) zu erwarten war.

Der ermittelte kf-Wert ist nach DIN 18 130, T1, als *schwach durchlässig* einzustufen. Lt. DWA A-138 ist der Einsatz von Versickerungsmulden im Bereich von $1 \cdot 10^{-3}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s relevant, bei Durchlässigkeitsbeiwerten oberhalb von $1 \cdot 10^{-6}$ m/s stauen die Versickerungsanlagen lange ein und es können anaerobe Verhältnisse in der ungesättigten Bodenzone auftreten, die das Rückhalte- und Umwandlungsvermögen ungünstig beeinflussen können. Außerdem wird der Platzbedarf bei einer maximal zulässigen Einstautiefe von 0,30 m mit nachlassendem kf-Wert immer größer. Im vorliegenden Fall liegt der Flächenbedarf für eine Versickerungsmulde bei einem Abflußbeiwert von 0,9 und nach 5-jährlichen Niederschlagsereignissen mit Überlauf bei rd. 44 % der abflußwirksamen Fläche (Anlage 4).

Eine Versickerungsmulde streng nach DWA A-138 und unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten kann also nicht realisiert werden, denkbar erscheint lediglich eine zentrale Mulde für das Baugebiet, um die Abflußspitzen bei Starkniederschlägen zu kappen, unter Inkaufnahme von nachlassender Versickerungsleistung im Laufe der Betriebsjahre. Einfacher formuliert, die Abflüsse aus dem Baugebiet könnten einfach über ein kleines Retentionsbecken mit geringer Infiltration in den Untergrund vorentlastet werden. Die Muldenberechnungen im Anhang sind nur Zahlenspiele, um die Verhältnisse von Abfluss- zu Muldenflächen zu ermitteln.



4 Zusammenfassung

Die Grünfläche in der Auffahrt zur B 294 zwischen Waldkirch und Kollnau, Anschlussstelle Waldkirch Ost, soll als Gewerbefläche ausgewiesen und die auf die Gebäudedächer auftreffenden Niederschlagswässer nach geltenden Bestimmungen versickert werden. Dafür muss der Untergrund auf seinen Aufbau und seine Versickerungsfähigkeit hin untersucht werden. Fa. FREY & RUPPENTHAL wurde mit den Untersuchungen durch die Stadt Waldkirch beauftragt. Es wurden drei Rammkernsondierungen und eine Bohrung niedergebracht und ausgewertet. Anschließend wurden Berechnungen zu den notwendigen Versickerungsflächen durchgeführt. Grundlagen für die Berechnungen waren:

- Durchlässigkeitsbeiwert aus dem Infiltrationsversuch mit k_f -Wert = $2,78 * 10^{-07}$ m/s
- Niederschlagsdaten aus dem KOSTRA-ATLAS des *Deutschen Wetterdienstes*
- DWA A-138

Aufgrund der Ergebnisse kann ein Versickerungskonzept, wie es bei Neuerschließungen üblich ist, nicht ausgearbeitet werden. Der Durchlässigkeitsbeiwert liegt zum einen oberhalb des durch die DWA A-138 vorgegebenen Bereiches und bedingt selbst im Lastfall „5-jährlich mit Überlauf“ einen relativ hohen Flächenverbrauch für die Mulden von rd. 45 %, bezogen auf die abflusswirksamen Flächen. Durch eine Dachbegrünung (Abflussbeiwert 0,5) kann diese Fläche auf rd. 25 % reduziert werden. Die Berechnung „5-jährlich ohne Überlauf ergibt einen Muldenflächenbedarf von 78 % (bzw. 44 % im Falle der Dachbegrünung). Es könnten daher lediglich die Spitzen der Abflusskonzentration durch ein Retentionsbecken mit geringer Versickerungsleistung gekappt werden. Ob dies mit sämtlichen Konsequenzen (langer Einstau, nachlassende Versickerungsleistung) gewünscht wird, muss seitens der Planung entschieden werden. Für eine Mulde müssten die bindigen Deckschichten bis zum Kies ausgekoffert und mit geeignetem Material bis zur geplanten Höhe der Mulde aufgefüllt werden. Geeignet hierfür wäre z. B. Rollkies mit einem Porenvolumen von min. 30 %. Die belebte Oberbodenschicht muss nach Herstellung höhere Durchlässigkeiten als der ermittelte k_f -Wert des Kieses aufweisen. Hierfür wäre z.B. ein mittelkörniger Sand geeignet. Die Mulde sollte rd. 0,10 m tiefer als angegeben ausgebaut werden, damit ein Aufstau ohne Gefahr des Überflutens der Mulden gewährleistet ist. Nach dem Abschälen und Herstellen der Mulde sollte diese eingesät werden.



Die Berechnungen erfolgten nach DWA A-138. Sie basieren auf den Infiltrationsversuchen vom 16.04.2008 und gelten strenggenommen nur für die vorgefundenen Verhältnisse. Sollten beim Ausbau davon abweichende Verhältnisse vorgefunden werden, ist der Gutachter umgehend zu informieren. Ansonsten gelten die allgemeinen Hinweise zur Pflege und Wartung von Versickerungsmulden nach DWA A - 138 (Auszug):

- Laubeintrag sollte verhindert werden
- Bei der Mahd sollte das Mähgut entfernt werden
- Bei Nachlassen der Versickerungsleistung sollte der Boden vertikutiert und der obere Boden gegebenenfalls abgeschält und ersetzt werden

Ergeben sich Fragen, die im vorliegenden Bericht nicht oder nicht ausreichend erörtert wurden, stehen wir jederzeit gerne mit unserer Fachkenntnis zur Verfügung.

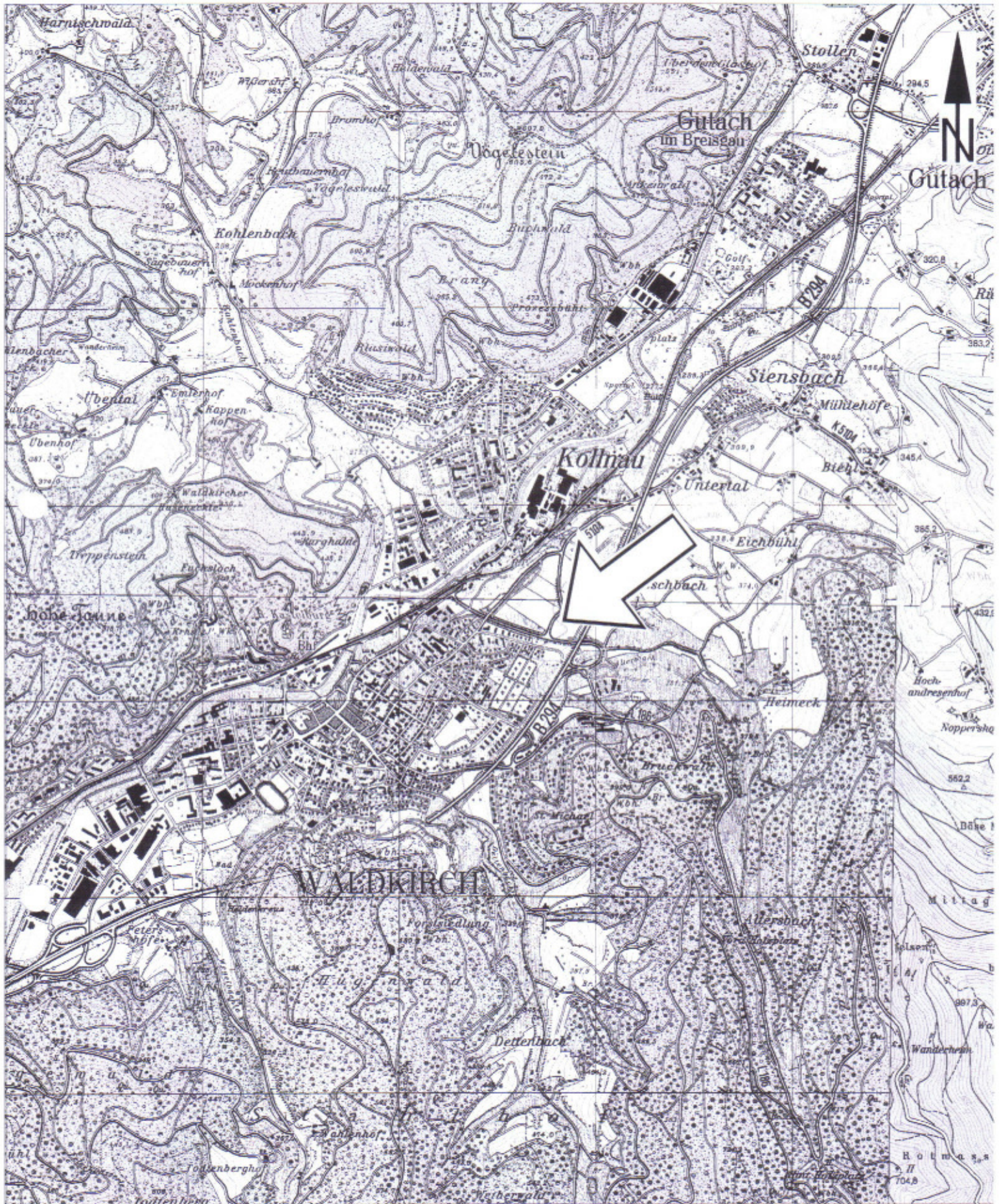
Freiburg, den 20.10.2008

Christian Frey

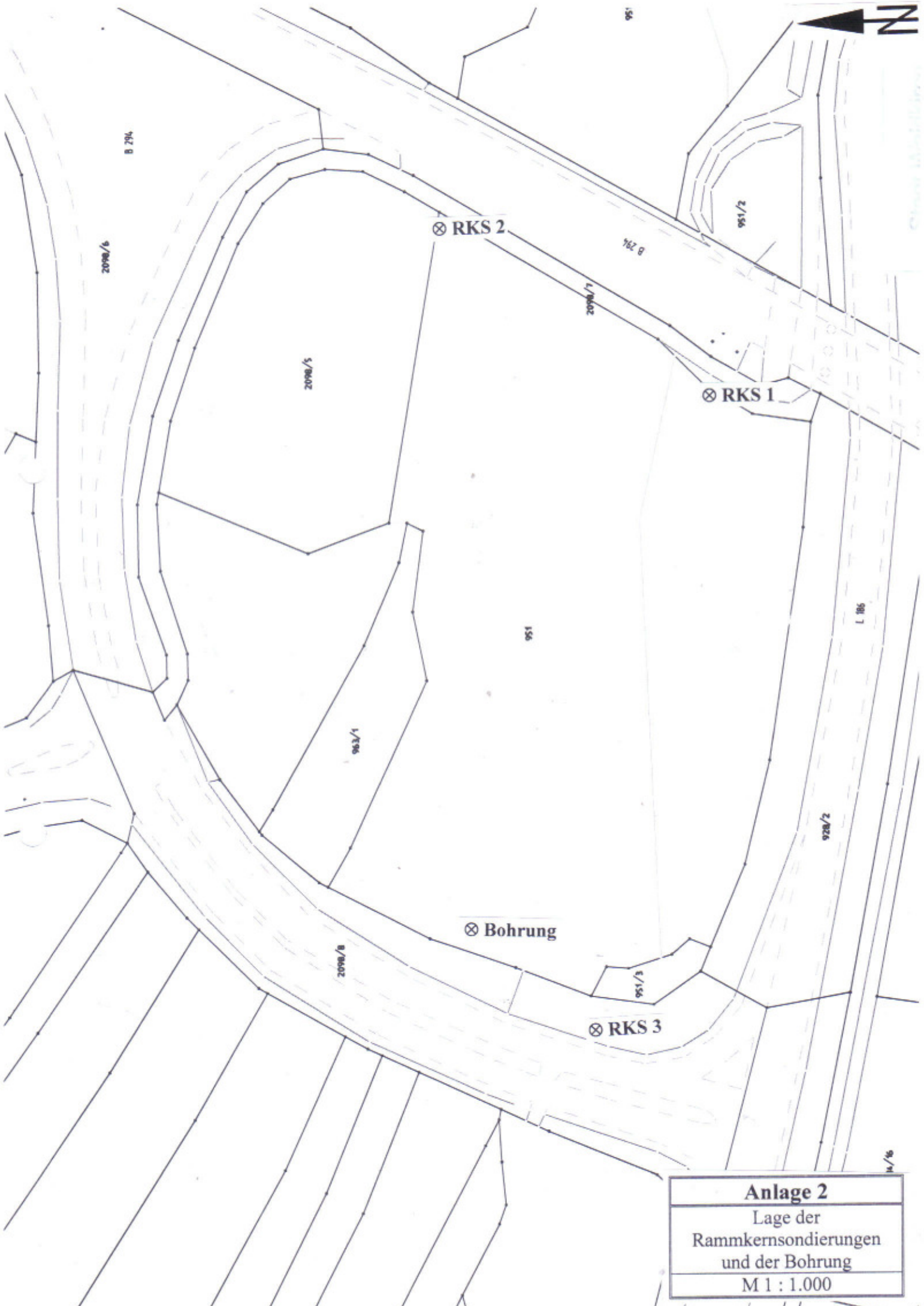
Jörg Ruppenthal



ANLAGEN



Anlage 1
Lageplan
M 1 : 25.000



Anlage 2
Lage der Rammkernsondierungen und der Bohrung
M 1 : 1.000

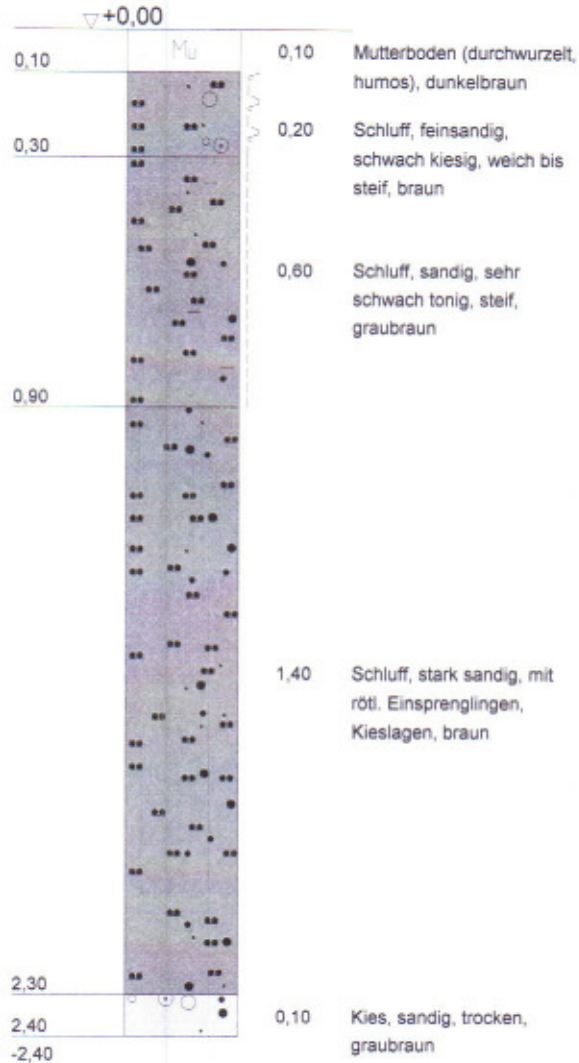


ANLAGE 3

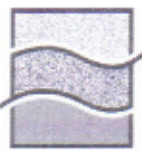
Profile der Rammkernsondierungen RKS 1 – RKS 3
und der Bohrung B1

RKS 1

GOK



kein Sondierfortschritt



Frey & Ruppenthal
Büro für Geologie und Hydrologie

Ries: Bunte Str. 15 · 79198 Freiburg · Tel. 0761/5569087 · Fax: 0761/5569089
info@fry-ruppenthal.de www.fry-ruppenthal.de

Bauvorhaben:
Am Brunnenrain

Planbezeichnung:
RKS 1

Plan-Nr:

Projekt-Nr: 08 12 02 3

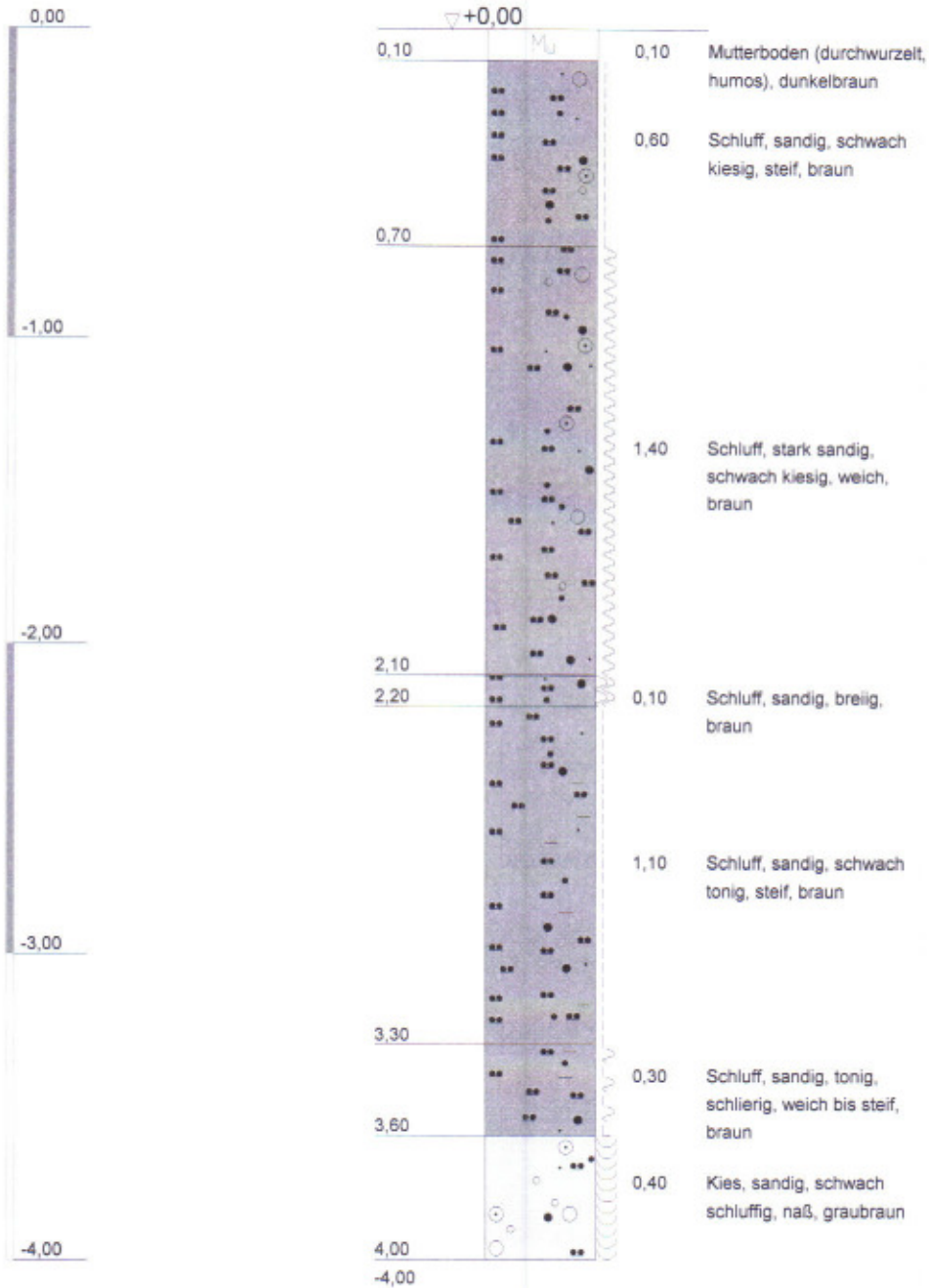
Datum: 23.01.2008

Maßstab: 1:20

Bearbeiter: Ru

GOK

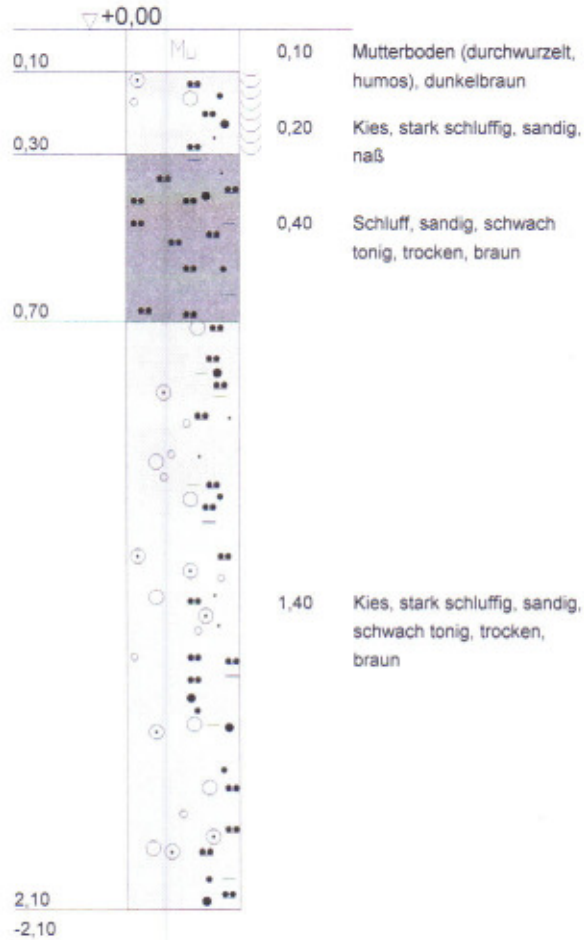
RKS 2



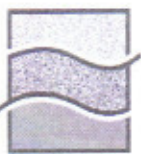
kein Sondierfortschritt

RKS 3

GOK



kein Sondierfortschritt



Frey & Ruppenthal
Büro für Geologie und Hydrologie

Königsplatz 13 · 79106 Freiburg · Tel. 0761/5569087 · Fax 0761/5569089
info@frey-ruppenthal.de www.frey-ruppenthal.de

Bauvorhaben:
Am Brunnenrain

Planbezeichnung:
RKS 3

Plan-Nr:

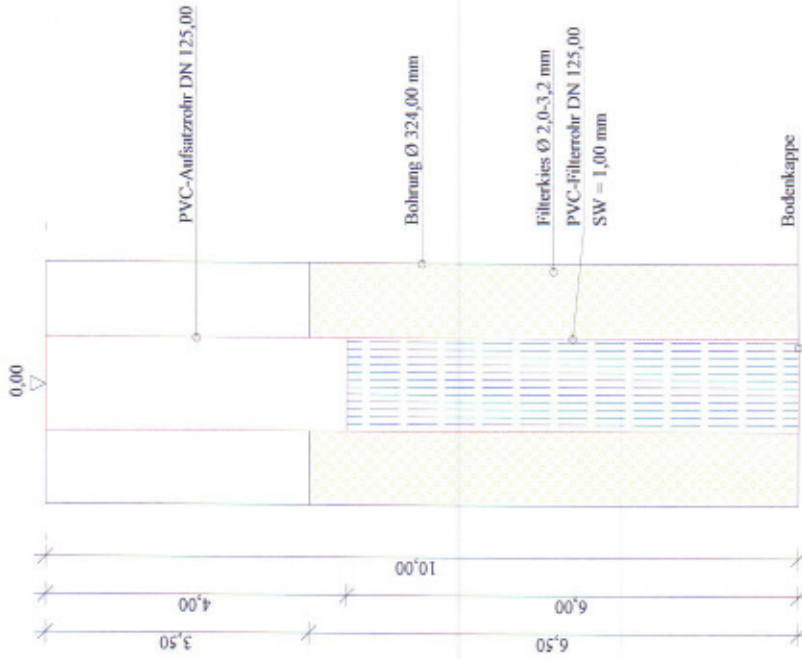
Projekt-Nr: 08 12 02 3

Datum: 23.01.2008

Maßstab: 1:20

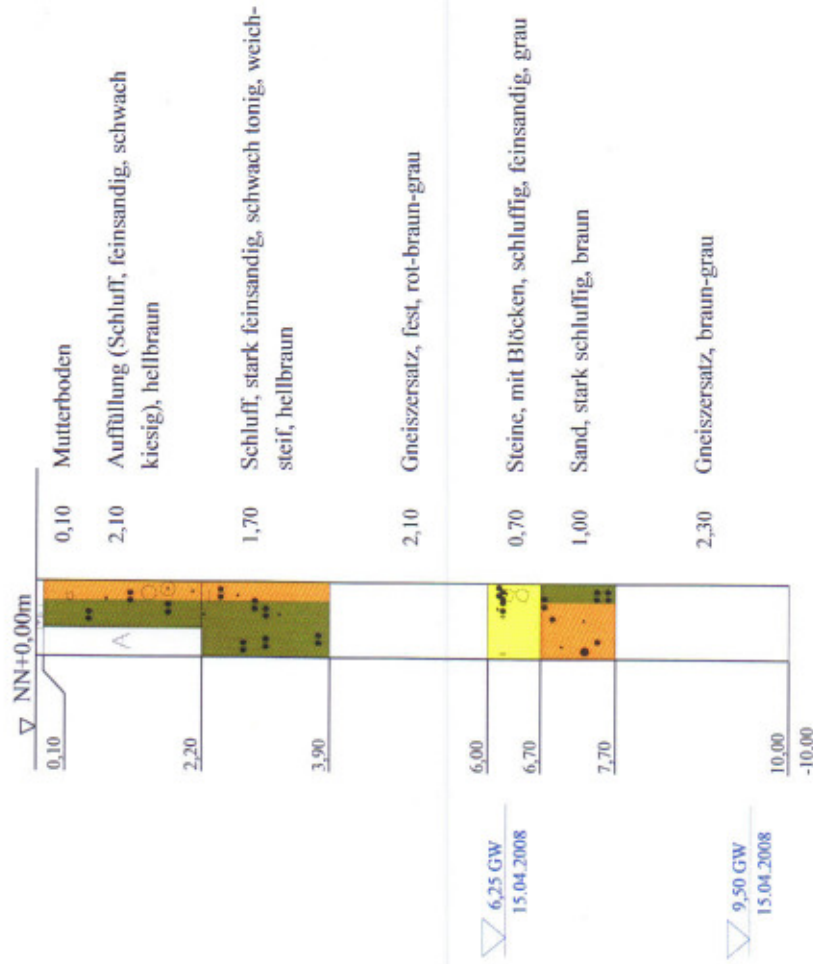
Bearbeiter: Ru

Bo. 1 5"-Pegelausbau



Pegel gezogen und von 6,20 - 0,00 m mit Bohrgut verfüllt
ET 10,00 m

Bo. 1 Bodenprofil



TERRASOND
Gesellschaft für
Baugrunduntersuchungen GmbH & Co.KG

Siemensstraße 9
79331 Tenningen-Nimburg
Tel.: 0 76 63 / 91 47 - 0
Fax: 0 76 63 / 91 47 - 22

Bauvorhaben: Waldkirch	
Planbezeichnung: Pegelauskizze und Bodenprofil	
Plan-Nr:	
Projekt-Nr:	2008-0246
Datum:	15.04.2008
Maßstab:	1:100
Bearbeiter:	Dr. Edgar Erfle



ANLAGE 4

Berechnungen zu Versickerungsmulden für $n = 5$

Berechnung zu Versickerungsmulden

5-jährlich, mit Überlauf

1. Schritt Bemessung der Mulde

zur Ermittlung des Bemessungsniederschlages müssen die verfügbaren Regenspenden/Dauerpaarungen eingesetzt werden.
Die R/D-Kombination mit dem höchsten benötigten Muldenvolumen soll der Bemessungsniederschlag sein.

A:		5.000 m ²	D [min]	Asp [l/s*ha]	VM	VM*fz
Abflußbeiwert	0,9		5	404,4	81,80	94,07
			10	290,8	117,59	135,22
			15	234,1	141,93	163,22
geg.:	Ared:	4.500,00 m ²	20	198	160,00	184,01
	kf-Mulde:	2,78E-07 m/s	30	153	185,33	213,13
gewählt:			45	116,3	211,11	242,78
			60	94,4	228,27	262,51
			90	67,1	242,89	279,32
	Muldenlänge:	50 m	120	52,8	254,36	292,51
	Muldenbreite:	45 m	180	37,8	272,18	313,01
	Muldenfläche:	2.250 m ²	240	30	287,10	330,16
Zuschlagsfaktor	1,15		360	21,6	308,17	354,40
			540	15,6	331,04	380,69
			720	12,4	348,07	400,28
			1080	9,4	390,89	449,52
			1440	7,9	433,71	498,76
			2880	5,1	540,82	621,94
			4320	3,8	583,78	671,35

erforderliches Muldenvolumen V _M [m ³]:	671,35
zugehörige N-Paarungen: D [min]:	4320
Asp [l/s*ha]:	3,8

2. Schritt Festlegen der Muldenabmessungen

mit den errechneten Werten für das Muldenvolumen und der gewählten Muldenbreite wird nun die erforderliche Muldentiefe berechnet:

erforderliche Tiefe h:	0,30
------------------------	------

Berechnung zu Versickerungsmulden

5-jährlich, ohne Überlauf

1. Schritt Bemessung der Mulde

zur Ermittlung des Bemessungsniederschlages müssen die verfügbaren Regenspenden/Dauerpaarungen eingesetzt werden.
Die R/D-Kombination mit dem höchsten benötigten Muldenvolumen soll der Bemessungsniederschlag sein.

A:		5.000 m ²	D [min]	Asp [l/s*ha]	VM	VM*fz
Abflußbeiwert	0,9		5	404,4	101,75	117,01
			10	290,8	146,24	168,17
			15	234,1	176,49	202,97
geg.:	Ared:	4.500,00 m ²	20	198	198,93	228,77
	kf-Mulde:	2,78E-07 m/s	30	153	230,36	264,91
gewählt:			45	116,3	262,30	301,65
			60	94,4	283,51	326,04
			90	67,1	301,44	346,65
	Muldenlänge:	50 m	120	52,8	315,43	362,75
	Muldenbreite:	78 m	180	37,8	337,07	387,63
	Muldenfläche:	3.900 m ²	240	30	355,07	408,33
Zuschlagsfaktor	1,15		360	21,6	380,20	437,23
			540	15,6	407,01	468,06
			720	12,4	426,55	490,54
			1080	9,4	476,53	548,01
			1440	7,9	526,51	605,49
			2880	5,1	646,60	743,59
			4320	3,8	686,85	789,88

erforderliches Muldenvolumen V _M [m ³]:	789,88
zugehörige N-Paarungen:	D [min]: 4320
	Asp [l/s*ha]: 3,8

2. Schritt Festlegen der Muldenabmessungen

mit den errechneten Werten für das Muldenvolumen und der gewählten Muldenbreite wird nun die erforderliche Muldentiefe berechnet:

erforderliche Tiefe h:	0,20	0,30
------------------------	------	------

Berechnung zu Versickerungsmulden

5-jährlich, mit Überlauf

1. Schritt Bemessung der Mulde

zur Ermittlung des Bemessungsniederschlages müssen die verfügbaren Regenspenden/Dauerpaarungen eingesetzt werden.
Die R/D-Kombination mit dem höchsten benötigten Muldenvolumen soll der Bemessungsniederschlag sein.

A:		10.000 m ²	D [min]	Asp [l/s*ha]	VM	VM*fz
Abflußbeiwert	0,9		5	404,4	163,59	188,13
			10	290,8	235,17	270,45
			15	234,1	283,87	326,45
geg.:	Ared:	9.000,00 m ²	20	198	320,01	368,01
	kf-Mulde:	2,78E-07 m/s	30	153	370,66	426,26
			45	116,3	422,22	485,56
gewählt:	Muldenlänge:	100 m	120	52,8	508,71	585,02
	Muldenbreite:	45 m	180	37,8	544,37	626,02
	Muldenfläche:	4.500 m ²	240	30	574,19	660,32
			360	21,6	616,35	708,80
Zuschlagsfaktor	1,15		540	15,6	662,08	761,39
			720	12,4	696,15	800,57
			1080	9,4	781,78	899,05
			1440	7,9	867,41	997,52
			2880	5,1	1.081,64	1.243,89
			4320	3,8	1.167,57	1.342,70

erforderliches Muldenvolumen V _M [m ³]:	1.342,70
zugehörige N-Paarungen: D [min]:	4320
Asp [l/s*ha]:	3,8

2. Schritt Festlegen der Muldenabmessungen

mit den errechneten Werten für das Muldenvolumen und der gewählten Muldenbreite wird nun die erforderliche Muldentiefe berechnet:

erforderliche Tiefe h:	0,30
------------------------	------

Berechnung zu Versickerungsmulden

5-jährlich, ohne Überlauf

1. Schritt Bemessung der Mulde

zur Ermittlung des Bemessungsniederschlages müssen die verfügbaren Regenspenden/Dauerpaarungen eingesetzt werden.
Die R/D-Kombination mit dem höchsten benötigten Muldenvolumen soll der Bemessungsniederschlag sein.

A:		10.000 m ²	D [min]	Asp [l/s*ha]	VM	VM*fz		
Abflußbeiwert	0,9		5	404,4	203,49	234,02		
			10	290,8	292,48	336,35		
			15	234,1	352,98	405,93		
geg.:	Ared:	9.000,00 m ²	20	198	397,87	457,55		
	kf-Mulde:	2,78E-07 m/s	30	153	460,72	529,83		
gewählt:			45	116,3	524,61	603,30		
			60	94,4	567,03	652,08		
			90	67,1	602,88	693,31		
			Muldenlänge:	100 m	120	52,8	630,86	725,49
			Muldenbreite:	78 m	180	37,8	674,13	775,25
			Muldenfläche:	7.800 m ²	240	30	710,15	816,67
Zuschlagsfaktor	1,15		360	21,6	760,40	874,46		
			540	15,6	814,01	936,11		
			720	12,4	853,10	981,07		
			1080	9,4	953,07	1.096,03		
			1440	7,9	1.053,03	1.210,98		
			2880	5,1	1.293,20	1.487,18		
			4320	3,8	1.373,71	1.579,76		

erforderliches Muldenvolumen V _M [m ³]:	1.579,76
zugehörige N-Paarungen: D [min]:	4320
Asp [l/s*ha]:	3,8

2. Schritt Festlegen der Muldenabmessungen

mit den errechneten Werten für das Muldenvolumen und der gewählten Muldenbreite wird nun die erforderliche Muldentiefe berechnet:

erforderliche Tiefe h:	0,20	0,30
------------------------	------	------