

Dr.-Ing. Jochen Schäfer

Staatlich anerkannter
Sachverständiger
für Erd- und Grundbau
♦ Bundesingenieurkammer ♦

Öffentlich best. und vereidigter
Sachverständiger für Baugrund-
untersuchung und Gründungen
♦ IHK Dortmund ♦

Dipl.-Ing. F.J.Giljohann

Alter Markt 12
59821 Arnsberg
Telefon 02931 2 15 15
Telefax 02931 2 15 16

Selkamp 16
44287 Dortmund
Telefon 0231 44 97 - 0
Telefax 0231 44 97 - 44

48161 Münster
Telefon 0251 230 57 38
Telefax 0251 846 085

e-mail: info@bgi-do.de
Internet: www.bgi-ar.de
www.baugrunderingenieure.de

G U T A C H T E N

Versickerungsbeurteilung Erweiterung Wohngebiet "An der Ebenau" in Winterberg - Züschen

Auftraggeber:

Stadt Winterberg, Bauen und Stadtentwicklung
Fichtenweg 10
59955 Winterberg

25. Januar 2008

Auftrags-Nr. 07 130

INHALTSVERZEICHNIS

1. Allgemeines	3
1.1. Bauvorhaben	3
1.2. Unterlagen	3
2. Baugrunduntersuchungen	4
2.1. Bodenaufschluß	4
2.2. Sickerversuch im Gelände	5
2.3. Laborversuche	6
3. Baugrundverhältnisse	7
3.1. Geologie	7
3.2. Schichtenfolge	8
3.3. Grundwasserverhältnisse	12
4. Versickerung des Regenwassers	13
4.1. Allgemeines	13
4.2. Bemessungsgrundlagen	13
4.2.1. Bodendurchlässigkeit	13
4.2.2. Bemessungsregen	15
4.2.3. Angaben zu den Grundstücken	15
4.3. Versickerungsvorschlag	16
5. Konstruktive Angaben zur Versickerungsanlage	17
5.1. Mulden-Rigolen System	17
5.2. Mulde	17
5.3. Rigole	21
5.4. Abstand der Versickerungsanlage, Trockenhaltung der Keller	23
5.5. Mögliche Beeinträchtigungen von Nachbargrundstücken	23
6. Hinweise zur weiteren Planbearbeitung	24

1. Allgemeines

1.1. Bauvorhaben

Die **Stadt Winterberg** planen die **Erweiterung des Wohngebietes "An der Ebenau"** im **Ortsteil Züschchen**.

Im Rahmen der geplanten Baumaßnahme wurden die **Baugrunder Ingenieure** mit der Untersuchung des Baugrundes und zur Beurteilung der Versickerungsmöglichkeit beauftragt.

1.2. Unterlagen

Folgende Unterlagen standen zur Bearbeitung des vorliegenden Gutachtens zur Verfügung:

- | | | |
|----|--|---------------|
| a) | Lageplan (als Datei)
Stadt Winterberg | |
| b) | Höhenplan (Erg.Nr. 1 u. 2)
Hochsauerlandkreis, vom 19.09.2001 | M 1 : 500 |
| c) | Geologische Karte Blatt Siegen (C 5114) | M 1 : 100 000 |

2. Baugrunduntersuchungen

2.1. Bodenaufschluß

Zur Ermittlung des Bodenaufbaus sind am 17.10. und 19.10.2007 insgesamt **acht Rammkernbohrungen (RKB 1 bis 8)** mit Bohrdurchmessern zwischen 46 und 80 mm niedergebracht worden. Davon liegen die Bohrungen RKB 1 bis 4 auf der **Fläche A** bzw. RKB 5 bis RKB 8 auf der **Fläche B**.

Die Bohrungen RKB 1/3/4 wurden nach Erreichen der Solltiefe von 3,0 m beendet, während die übrigen Bohrungen aufgrund hoher Bohrwiderstände in Tiefen zwischen 0,7 (RKB 5) und 2,1 m (RKB 2) unter der Geländeoberfläche (GOF) festkamen.

Die Ermittlung der Versickerungsfähigkeit erfolgte in **sechs Schürfgruben (V 1 bis 6)**. Davon liegen die Schürfgruben V 1 bis V 4 auf der **Fläche A** bzw. V 5 u. V 6 auf der **Fläche B**.

Die Lage der Aufschlusstellen sind in der **Anlage 1** eingetragen.

Die angetroffenen Schichtenfolgen sind in der **Anlage 2** dargestellt. Die Ergebnisse der Bohrungen sind in Form von Bohrprofilen dargestellt worden, für deren Kennzeichnung die Buchstabenabkürzungen und Zeichen der DIN 4023 herangezogen wurden und deren Bedeutung in der gleichen Anlage erläutert sind.

Die Höhenangaben beziehen sich auf die im Lageplan eingezeichneten **Kanaldeckeln**, die die Höhe von 516,22 (**KD 1**) bzw. 524,41 m ü.NN (**KD 2**) aufweist.

2.2. Sickerversuch im Gelände

Zur Ermittlung der oberflächennahen Versickerungsfähigkeit wurden 6 Schürfgruben (V1 bis V6) angelegt:



Bild 1: Sickerversuch V 1 (Fläche A)



Bild 2: Sickerversuch V 2 (Fläche A)



Bild 3: Sickerversuch V 3 (Fläche A)



Bild 4: Sickerversuch V 4 (Fläche A)



Bild 5: Sickerversuch V 5 (Fläche B)



Bild 6: Sickerversuch V 6 (Fläche B)

Auf die erstellte Sohle wurde ein runder Stahlzylinder mit einem Durchmesser von $d = 31,5$ cm eingerammt und seitlich abgedichtet. Der Sicker Versuch wurde mit einer Aufstauhöhe von 0,15 m durchgeführt. Die Versickerungssohle lag bei 0,4 und 0,8 m unter GOF auf der **Fläche A** bzw. 0,2 und 0,6 m unter GOF auf der **Fläche B**.

Zur ausreichenden Vornässung des Bodens wurde das Wasser solange im Zylinder nachgefüllt, bis sich eine konstante Versickerungsgeschwindigkeit einstellte. Für die Ermittlung der Sickerwassermenge wurde die Zeit für eine Wasserspiegelabsenkung um 1,0 cm von 15,0 auf 14,0 cm gemessen.

Es wurden insgesamt **sechs Sickerversuche in den Schürfen** durchgeführt. Nach **Anlage 4.1** liegen die ermittelten Versickerungsmengen zwischen

Fläche A: 6,0 und 24,0 l/m²/min

Fläche B: 5,7 und 9,4 l/m²/min

2.3. Laborversuche

Die geborgenen Bodenproben sind im Laboratorium visuell und manuell untersucht und beurteilt worden. Insgesamt handelt es sich um 35 gestörte Einzelproben.

Zur Überprüfung der Einstufung und zur Bestimmung der bodenmechanischen Kenngrößen sind einige repräsentative Bodenproben bodenmechanischen Versuchen unterworfen worden. Die Ergebnisse sind in der **Anlage 3** zusammengestellt.

Besonderes Gewicht wurde auf die Bestimmung des Wassergehaltes gelegt. Bei nichtbindigen Böden kann der Porenanteil errechnet und daraus die Lagerungsdichte und Zusammendrückbarkeit indirekt bestimmt werden. Bei bindigen Böden ist bei Kenntnis der Kornzusammensetzung eine Abschätzung der Konsistenz oder des Anteils an organischen Beimengungen möglich. Im Fels kann über den Wassergehalt der Verwitterungsgrad abgeschätzt werden. Zur

übersichtlichen Darstellung ist der ermittelte Wassergehalt in einigen Rammdiagrammen neben den Bohrprofilen aufgetragen worden.

3. Baugrundverhältnisse

3.1. Geologie

Nach den Eintragungen in der geologischen Karte ist im Baubereich mit folgenden geologischen Verhältnissen zu rechnen:

Eine Lockergesteinsdecke ist nicht dargestellt. Die Überlagerung felsiger Basisgesteine wird im Regelfall in den Karten nur dann weggelassen, wenn deren Dicke weniger als 2,0 m beträgt.

Als Festgestein sind überwiegend **Tonstein, örtlich auch Ton- und Schluffstein** des Unterdevons verzeichnet.

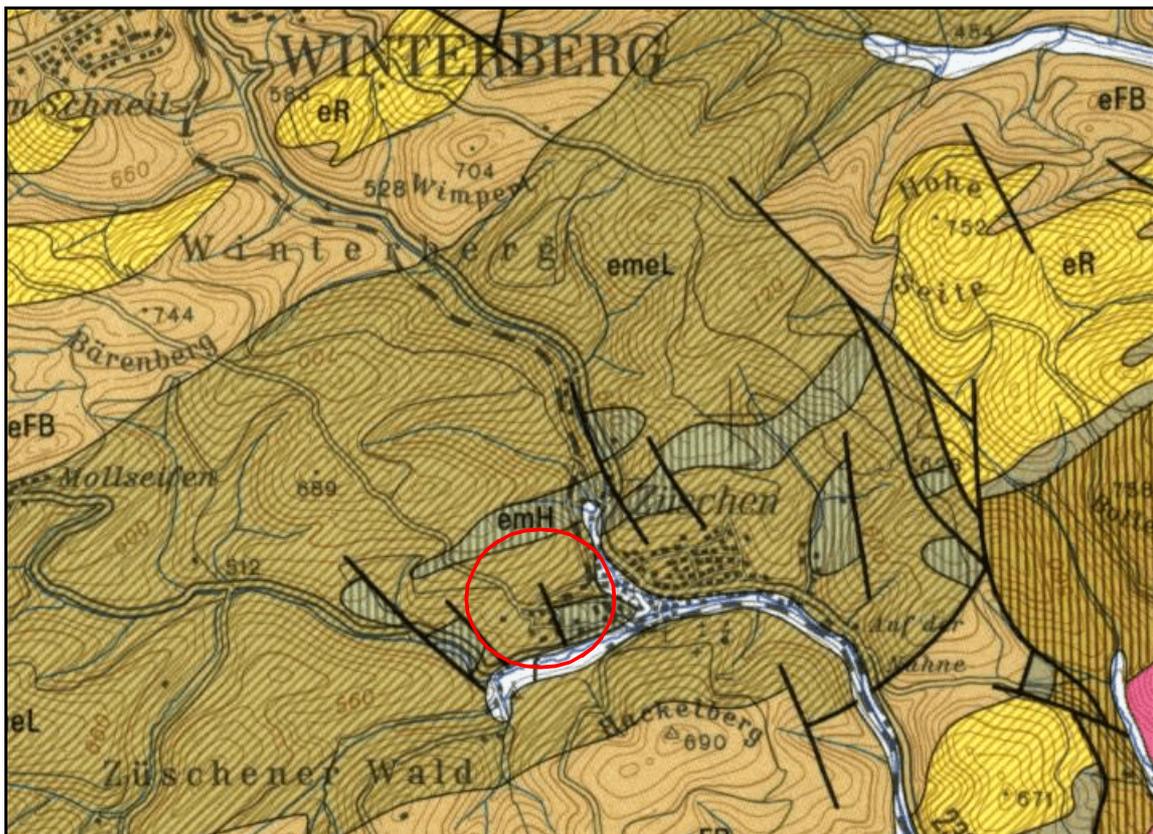


Bild 3: Auszug aus der geologischen Karte

3.2. Schichtenfolge

Fläche A:

Das Baugelände fällt nach Nordosten hin stark ab. Der größte Höhenunterschied zwischen den Aufschlußstellen V 4 (515,8 m ü.NN) und RKB 1 (498,4 m ü.NN) beträgt 17,4 m. Die Örtlichkeit und die Untersuchungsstellen sind in folgenden Fotos dargestellt:



Bild 8: Fläche A, RKB 3 und V3, vorh. Gebäude



Bild 9: Fläche A, RKB 4 und V 4, Blickrichtung Parkplatz



Bild 10: Fläche A, RKB 2 u. V 2, links Dechant-Dobbener-Str., hinten Weg

Nach den Ergebnissen der Felduntersuchungen ist folgende Schichtenfolge vorhanden, wobei die Grenze zwischen den einzelnen Bodenschichten nicht immer deutlich ausgeprägt ist.

Mutterboden (Oberboden) ist in einer Schichtdicke von 0,2 m angetroffen worden.

Unterhalb des Mutterbodens steht **Verwitterungslehm/Hangschutt** des Grundgebirges an. Der **Hanglehm** besteht überwiegend aus **Schluff** mit Tonsteinbeimengungen in Sand- bis Kieskorngroße. Nach den Ergebnissen der Laborversuche liegen die Wassergehalte zwischen 24,2 (Lab.-Nr. 14) und 25,1 Gew. % (Lab.-Nr. 19). Aufgrund der Ergebnisse der Laborversuche und der Bodenansprache ist dem Hanglehm überwiegend eine steife bis halbfest Konsistenz zuzuordnen.

Der **Hangschutt** ist gegenüber dem Hanglehm durch einen größeren Anteil an Tonsteinbeimengungen gekennzeichnet. Der Übergang zwischen beiden Bodenarten ist nicht deutlich ausgeprägt.

Als Liegendes folgt verwitterter **Tonstein**. Der Fels ist unterschiedlich stark verwittert, die Oberfläche liegt zwischen 1,5 und 2,4 m unter GOF, entsprechend 500,9 und 508,1 m ü.NN.

Fläche B:

Auf der Fläche B fällt das Baugelände nach Norden hin ab. Der größte Höhenunterschied zwischen den Aufschlußstellen RKB 5 (527,8 m ü.NN) und V 6 (523,8 m ü.NN) beträgt 4,0 m. Die Örtlichkeit und die Untersuchungsstellen sind in folgenden Fotos dargestellt:



Bild 11: Fläche B, vorne V5, hinten RKB 5



Bild 12: Fläche B, RKB 8, vorne Straße "An der Ebenau"



Bild 12: Fläche B, vorne RKB 7, hinten RKB 6

Nach den Ergebnissen der Felduntersuchungen ist folgende Schichtenfolge vorhanden:

Mutterboden (Oberboden) ist in einer Schichtdicke von 0,1 bzw. 0,2 m angetroffen worden.

Die gewachsene Deckschicht ist **dünn** ausgebildet und besteht aus **Hanglehm/Hangschutt**.

Der im Labor ermittelte Wassergehalte liegen zwischen 18,6 (Lab.-Nr. 31) und 33,8 Gew. % (Lab.-Nr. 24). Der **Hanglehm** weist überwiegend eine steife bis halbfeste Konsistenz auf.

Der **Hangschutt** ist durch einen größeren Tonsteinanteil gekennzeichnet.

Als Liegendes folgt verwitterter **Tonstein**, der unterschiedlich stark verwittert und zum Teil verlehmt ist. Die Felsoberfläche liegt zwischen 0,2 (RKB 5) und 0,8 m (RKB 8) unter GOF, entsprechend 527,6 und 523,4 m ü.NN.

Im **stark verwitterten bis verwitterten Tonstein** ist eine deutliche Schichtung zu erkennen. Hier überwiegt eine feinstückige bis plattige Struktur. Das Gestein kann zum Teil noch mit der Hand gebrochen werden; ein Zerreiben ist zum Teil möglich. Die Festigkeit der Kluftkörper ist gegenüber dem frischen Gestein deutlich geringer. Überwiegend ist eine vollständige Auflockerung an den Trennflächen vorhanden.

Der **schwach verwitterte bis unverwitterte Tonstein** ist plattig bis gebankt ausgebildet.

Der allgemeine Baugrundaufbau ist im folgenden **Bild 13** dargestellt. Einzelheiten sind der **Anlage 2** zu entnehmen.

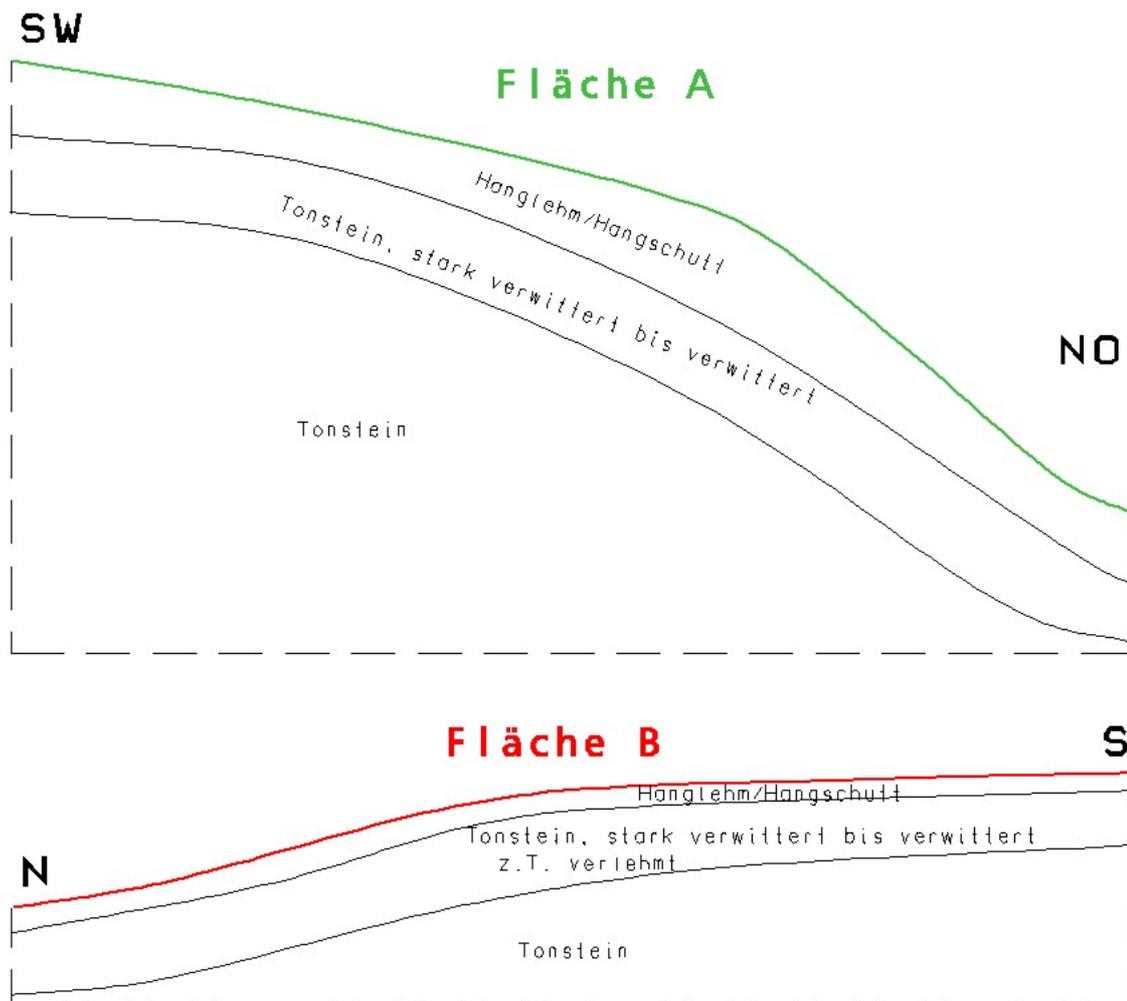


Bild 13: Baugrundaufbau schematisch

3.3. Grundwasserverhältnisse

Bei den Felduntersuchungen im Oktober 2007 ist kein freies Grundwasser angetroffen worden.

Nach Wassergehalte sind stauernäbte Bodenschichten vorhanden.

Aufgrund der Hangsituation ist grundsätzlich mit **Stau- und Schicht- oder Kluftwasser** zu rechnen. Insbesondere bei starken Regenfällen ist ein verstärkter Schicht- und Hangwasseranfall zu erwarten.

4. Versickerung des Regenwassers

4.1. Allgemeines

Das abfließende Niederschlagswasser ist zum Teil mit Schadstoffen belastet, die vom Material der Dachdeckung und der Dachrinnen (z.B. Kupfer, Zink) stammen. Ferner ist das Wasser durch Vegetationsbestandteile und Tierkot verschmutzt.

Ein häufig unterschätzter Einfluß auf die Dauerhaftigkeit der Versickerungsanlage ist der Eintrag von Feinteilen (Schlamm), der die Versickerungsleistung nach einiger Zeit stark drosselt. Daher ist die Vorschaltung eines Filters unbedingt erforderlich.

Die **natürliche Reinigung** des Niederschlagswassers erfolgt überwiegend in den oberen, belebten Bodenschichten. Daher sollte diese Bodenschichten in den Versickerungsprozeß mit einbezogen werden.

Bei der Bodenpassage werden Schmutzstoffe gut zurückgehalten und zum Teil abgebaut. Bodenlebewesen und Pflanzenwachstum (Wurzeln und Triebe) sorgen für eine Auflockerung und Durchlüftung und verhindern so eine Ausbildung eines wasserundurchlässigen Schlammkuchens.

4.2. Bemessungsgrundlagen

4.2.1. Bodendurchlässigkeit

Fläche B:

Auf der **Fläche B** ist ab etwa 0,2 bzw. 0,8 m unter GOF **überwiegend verwitterter Tonstein** vorhanden.

Die Durchlässigkeit im Felsen ist von der Anzahl, Öffnungsweite und Raumstellung der Klüfte sowie vom Material der Kluffüllung abhängig. Durch den Betrieb einer Versickerungsanlage können sich Feinteile in die Klüfte einschlänmen, wodurch die Durchlässigkeit weiter verringert wird.

Bei den **Sickerversuchen V 5 und V 6** steht der Tonstein oberflächennah an. Daher konnten die Schürftgraben nur bis zu 0,2 bzw. 0,6 m Tiefe unter GOF ausgehoben werden. Die größere Durchlässigkeit ($k = 5,7 \text{ bis } 9,4 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$) ist sehr wahrscheinlich auf Auflockerung und Trennfläche im verwitterten Felsen zurückzuführen. Aufgrund der **hohen liegenden Felsoberfläche** ist **auf der Fläche B** die Versickerung des Regenwassers **nicht möglich**.

Fläche A:

Auf der Fläche A steht in der frostfreien Tiefe von etwa 0,8 m unter GOF überwiegend **Hanglehm/Hangschutt** an. Diese Böden können aufgrund wechselnder Tonbeimengungen unterschiedliche Durchlässigkeit aufweisen.

Aus den Versickerungsmengen der **Felduntersuchungen** läßt sich näherungsweise ein Durchlässigkeitsbeiwert ableiten. Nach *Lang-Huder* (Bodenmechanik und Grundbau, Springer Verlag, 1990) liegt dieser überwiegend in einer Größenordnung zwischen:

$$k = 2,7 \cdot 10^{-5} \text{ und } 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

Es ist nicht auszuschließen, daß der Boden aufgrund stärkerer bindiger Beimengungen stellenweise eine deutlich geringere Durchlässigkeit aufweist als in den Versuchen ermittelt. Erfahrungsgemäß nimmt die Durchlässigkeit durch die Bodenbearbeitung und Verschlämmung zusätzlich ab.

Daher sollte für die **Bemessung** der Versickerungsanlage der geringste Durchlässigkeitsbeiwert der Sickersversuche um einem **Faktor von 2** abgemindert werden. Damit ergibt sich eine **rechnerische Durchlässigkeit** von

$$k = 1,4 \cdot 10^{-5} \text{ m/s .}$$

In Anlehnung an das Arbeitsblatt ATV-A138, Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung, sollte die Durchlässigkeit der Lockergesteine zwischen

$$k_f = 5 \cdot 10^{-3} \text{ und } 1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

liegen. Hiernach ist auf der **Fläche A** der anstehende Boden für eine **Regenwasserversickerung geeignet**.

Die folgende Bemessung in diesem Gutachten gilt nur für die **Fläche A**.

4.2.2. Bemessungsregen

Bei der Bemessung der Versickerungsanlagen wird, entsprechend den Starkniederschlagshöhen im **KOSTRA-Atlas** des Deutschen Wetterdienstes (DWD), eine Regenspende von

$$r_{15 (n=1,0)} = 9,8 \text{ mm} = 108,3 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$$

für **Winterberg** zugrunde gelegt. Bei einer Regendauer von 15 Minuten und einer Häufigkeit $n=0,2$ (einmal in fünf Jahren) ergibt sich entsprechend

$$r_{15 (n=0,2)} = 183,1 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)}$$

Für verschiedene Wiederkehrzeiten sind in der **Anlage 4.2** Regenreihen angegeben.

4.2.3. Angaben zu den Grundstücken

Die Bezugsgröße der versiegelten Fläche ist zur besseren Vergleichbarkeit zunächst mit 100 m² angesetzt worden. Die Größe der erforderlichen Versickerungsfläche ist an die jeweilige Größe der versiegelten Fläche durch lineare Umrechnung anzupassen.

4.2.4. Hydraulische Bemessung

Die Versickerungsanlage muß zwei maßgebende Aufgaben erfüllen:

- a) Zwischenspeicherung der bei einem Starkregen anfallenden Wassermengen in einem Speicher wie z.B. Mulde oder Rigole,
- b) Ableitung des Wassers in den Untergrund.

Die Größe der Sickerfläche ist von der Durchlässigkeit des Bodens und der abzuführenden Wassermenge abhängig. Bei einer Versickerung mit Zwischenspeicherung muß das Speichervolumen der Niederschlagsmenge abzüglich der Versickerungsmenge entsprechen. Für verschiedene Regendauern wird das Speichervolumen iterativ ermittelt, wobei der Größtwert dem erforderlichen Volumen entspricht.

Die Bemessung und Ausbildung der Versickerungsanlage erfolgt in Anlehnung an das Arbeitsblatt ATV -DVWK-A 138, 2002 *Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zu Versickerung von Niederschlagswasser*. Einzelheiten sind der **Anlage 5** zu entnehmen.

4.3. Versickerungsvorschlag

Auf der **Fläche A** steht **Hanglehm/Hangschutt** an.

Eine **Muldenversickerung** ist aufgrund der größeren Sickerfläche, der längeren Einstauzeit, der ungenügenden Versickerung bei Vereisung und bei einem Staunässehorizont **nicht möglich**.

Aufgrund der stark unterschiedlichen Durchlässigkeiten in der Deckschicht und des Felsens sowie der stark Höhenunterschiede im Baugebiete wird ein **vernetztes Mulden-Rigolen-System** erforderlich. Hierdurch wird ein Ausgleich der Wassermengen sichergestellt, so dass Wasser aus geringer durchlässigen Flächen in Bereichen mit höherer Durchlässigkeit versickern kann.

Bei der Anlage eines Mulden-Rigolen-Systems ergeben sich folgende Vorteile gegenüber einer einzelnen Mulde:

- Das Niederschlagswasser wird durch den Erdkörper über der Rigole vorgereinigt.
- Die Muldenfläche über der Rigole kann kleiner ausgebildet werden.
- Die Mulde wird schneller trocken, da das Wasser aufgrund der gut durchlässigen Sickschicht schneller (in die Rigole) versickert.
- Das Mulden-Rigolensystem weist bei Frost eine größere Sicherheit auf. Bei Vereisung (Frost) der Geländeoberfläche kann das Schmelzwasser über den Überlauf in die Rigole gelangen und dort versickern.
- Das Mulden-Rigolensystem weist ein größeres Speichervolumen auf und wirkt damit noch stärker ausgleichend auf den Wasserhaushalt in der Baufläche.
- Die häufig zu beobachtende Bodenverdichtung während der Bauarbeiten durch Befahren u.Ä. und damit Verschlechterung der Bodendurchlässigkeit wirkt sich durch die tiefer liegende Rigolensohle nicht so ungünstig aus.
- Nachteilig sind die deutlich höheren Kosten.

Für extreme Niederschlagsereignisse **und Frost** ist ein **Not-Überlauf** (z.B. in einen Bach/ Kanal/ Straßengraben) vorzusehen. Das Eindringen von Wasser in die Häuser muß vermieden werden.

5. Konstruktive Angaben zur Versickerungsanlage

5.1. Mulden-Rigolen System

Das Versickerungssystem besteht im Wesentlichen aus einer **Rigole** mit darüberliegender begrünter Versickerungs-**Mulde**.

Die Form der Rigole ist an die Mulde anzupassen.

5.2. Mulde

Die Versickerungsmulden werden in der Regel oberirdisch über **Zuleitungsrinnen** beschickt. Die Anordnung von Rinnen anstelle von unterirdischen Rohren erlaubt eine einfache Wartung und Reinigung und eröffnet vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten in Grünfläche, als Grundstücksabgrenzung und zur Auflockerung des Straßenbildes. Gleichzeitig wird eine frostfreie Tiefenlage der Rohrleitungen mit den damit verbundenen tiefen Muldeneinschnitten vermieden.

Die **Mulden** müssen so gestaltet werden, daß eine gleichmäßige Verteilung des zu versickernden Wassers gewährleistet ist. In der Regel ist die Versickerungsfläche eben auszubilden, nur in Verbindung mit einem Teich kann auch eine geneigte Versickerungsfläche gewählt werden. Die Grundrißform kann beliebig sein, sie kann gestreckt (Graben) **hangparallel** oder rund (Teich) sein. Aus Sicherheitsgründen sollten die Muldenränder flach geneigt ($\approx 1:3$, max $1:2$) sein und eine Tiefe von 30 cm nicht überschreiten.

In den **folgenden Fotos** sind unterschiedliche Mulden dargestellt. Die Mulden sind gut in die Umgebung eingepasst und oft kaum zu erkennen.



Bild 16:



Bild 17:



Bild 18:



Bild 19:



Bild 20:

Die Oberfläche der Mulde sollte aus einer dichten Rasendecke bestehen, da durch die Wurzeln und Bodenlebewesen die oberen Bodenschichten aufgelockert werden und dadurch die Durchlässigkeit des Bodens auf Dauer gewährleistet ist. Eine Düngung dieser Fläche sollte jedoch unterlassen werden, da diese die Wasser-Qualität beeinträchtigt.

Bei einem Mulden-Rigolensystem dürfen jedoch **keine Bäume** und **tiefwurzelnde Pflanzen** im Bereich der Versickerungsfläche angepflanzt werden, da hierdurch Zerstörungen an der Versickerungsanlage verursacht werden können.

Das Wasser versickert durch den Muldenboden in die darunter liegende Rigole. Daher ist neben der Größe der Versickerungsmulde die **Durchlässigkeit der Sickerschicht** (Boden **über** der Rigole) von entscheidender Bedeutung für die Versickerungsmenge. Eine gute Durchlässigkeit ist erforderlich, um einen langfristigen Anstau in der Mulde zu verhindern, da ansonsten die Gefahr einer Verschlämzung vergrößert wird. Anzustreben ist eine Versickerungszeit die unter 24 Std. liegt.

Es ist nicht zu vermeiden, daß die Durchlässigkeit der Sickerschicht im Laufe der Zeit durch eingeschwemmte Feinteile um etwa eine Zehnerpotenz abnehmen kann. Der aufgebrauchte Boden in der Mulde sollte daher im Einbauzustand eine größere Durchlässigkeit aufweisen als in der Berechnung zugrundegelegt wird. Für die Bemessung wurde zunächst eine Durchlässigkeit von $k = 1,0 \cdot 10^{-5}$ m/sec angenommen. Dies entspricht etwa der Durchlässigkeit eines **Feinsandes**. Der aufgebrauchte Boden in der Mulde sollte daher im Einbauzustand eine größere Durchlässigkeit aufweisen als in der Berechnung zugrundegelegt wird.

Die angegebene Durchlässigkeit der Sickerschicht ist mit den anstehenden Böden **nicht zu erreichen**. Vielmehr ist die Anfuhr von **Fremdboden** (Sand) erforderlich. Die Eignung des verwendeten Bodens ist vor Herstellung der Mulde von den Baugrundingenieuren zu prüfen.

Nach den hydraulischen Berechnungen in **Anlage 4.2** ist folgende Muldengröße erforderlich:

Versiegelte Fläche A _{red} (m ²)	Versickerungsfläche A (m ²)	Länge l _M (m)	Breite b _M (m)	Muldentiefe t (m)
100 (Kiesrigole)	14,7	9,8	1,5	0,29
100 (Drain-Max-Rigole)	14,7	11,3	1,3	0,29

Muldenform (Mulden-Rigolensystem):	gestreckt, hangparallel, in Abhängigkeit von der Rigole
Muldentiefe:	t ≤ 0,3 m
Muldenböschung:	≈ 1:3 (max 1:2)
Oberfläche:	Rasen, wechselfeuchte Gräser, Begrünung nur mit sehr flachwurzeln Pflanzen möglich
Sickerschicht/Muldenboden:	Fein- bis Mittelsand, humos (sandiger Mutterboden)
Zulaufrinne:	Kies, Natursteine, Betonrinnsteine Kolkschutz gegen Ausspülen

Durch die Bodenbearbeitung dürfen keine verdichteten oder verschlammten Zonen entstehen. So dürfen die anzulegenden Sickerflächen im bindigen Boden nicht mit Fahrzeugen befahren oder bei Nässe begangen werden. Andernfalls wird die Durchlässigkeit der lehmigen Böden stark herabgesetzt, wodurch die Funktion der Sickeranlage nicht mehr gewährleistet ist.

5.3. Rigole

Nach der Durchsickerung des Muldenbodens (Sickerschicht) wird das Wasser in der Rigole zurückgehalten und entsprechend der Versickerungsfähigkeit des Bodens allmählich in den Untergrund abgegeben.

Das Wasser kann nur in den Poren des Rigolenmaterials gespeichert werden. Bei **Kies** ist ein Speichervolumen für das Wasser von etwa 30 % vorhanden.

Einige Hersteller bieten Konstruktionen zur **Vergrößerung des Speichervolumens** an.

Hierzu zählt die **Rohrrigole**, bei der geschlitzte Rohre mit dem Durchmesser DN 300 mm (z.B. Sicku-Pipe 300, FRÄNKISCHE) im Kies eingebettet sind.

Eine neuere Entwicklung ist **DRAIN-MAX** (INTEWA, Aachen) aus Kunststoff mit einem Porenanteil von etwa 90 bis 95% . Die einzelnen Kunststoffelemente aus Polypropylen weisen Abmessungen von $l = 240$ / $b = 32,5$ / $h = 60$ cm bei einem Volumen von 450 Liter auf und können beliebig in der Größe zusammengestellt werden. Drei verschiedene (Verkehrs-)Belastungsklassen sind verfügbar. Der Preis liegt bei etwa 200 €/m³.

Das erforderliche Speichervolumen ist stark vom Porenvolumen des Rigolenmaterials abhängig. Es ergeben sich bei 100 m² versiegelter Fläche folgende Rigolenabmessungen:

Fall	Rigolenmaße			
	Volumen (m ³)	Breite b (m)	Höhe h (m)	Länge l _{KR} (m)
Kiesrigole (n = 30%)				
----- ohne Ableitung	9,5	1,5	0,5	10,1
Drain-Max (n = 95%)				
----- ohne Ableitung	4,0	0,65	0,6	8,2

Das Rigolenmaterial ist nicht filterstabil zum umgebenden Boden und ist daher mit einem mechanisch verfestigten, textilen Filtervlies (z.B. Polyfelt TS60) zu ummanteln um das Einschlämmen von Feinteilen zu verhindern.

Stärkere Geländeneigungen lassen sich durch ein **Kaskadensystem** berücksichtigen, wobei der Niveauunterschied in den Kontrollschächten aufzufangen ist.

Abmessung/Baustoffe der Rigole:

Sohle der Rigole:	$t \geq 1,1$ m u. GOF (frostfrei)
Form der Rigole:	quadratisch oder rechteckig im Querschnitt
Länge:	$l \leq 50$ m
Rohrbettung und Rückhaltevolumen: Kies + Rohrrigole	Kies, gewaschen 8/45 oder Blähton, kein Kalkstein Deckung $\geq 0,1$ m unter Rohrsohle seitlich/oben $\geq 0,15$ m
alternativ DRAIN-MAX Elemente	je Element $l=240/b=32,5$ / $h=60$ cm
Trennung zum umgebenden Boden	textiles Filtervlies, gut wasserdurchlässig, mechanisch (nicht thermisch) verfestigt, geeignet z.B. Polyfelt TS60 (250 g/m ²)
Kontrollschächte/Schluckbrunnen:	an den Enden eines Rigolensystems Abstand ≤ 50 m

Bei extremen Niederschlägen bzw. bei gefrorener Mulde ist ein **Einlauf** in Form von Schluckbrunnen mit Filtervlies als Überlauf (Verbindung zwischen Höchstwasserstand der Mulde und der Rigole) anzuordnen.

Ein **vernetztes Versickerungssystem** ist erforderlich.

Vorschläge zur Ausführung sind der **Anlage 5.1 und 5.2** zu entnehmen.

5.4. Abstand der Versickerungsanlage, Trockenhaltung der Keller

Der Abstand der Versickerungsanlage ist von der Bodenbeschaffenheit und der Geländeneigung abhängig.

In der Regel sollte zum **Nachbargrundstück** ein Abstand von mindestens 2 m eingehalten werden. Bei stärkerem Gefälle zum Nachbarn ist der Abstand auf ca. 5 m zu vergrößern. Einzelheiten sind von der Örtlichkeit abhängig und müssen dort im Einzelfall festgelegt werden.

Der **Abstand vom Gebäude** ist von der Bauweise (unterkellert oder nichtunterkellert) abhängig.

Bei **nichtunterkellerten Bauten** sollte ein Abstand von etwa 1 m eingehalten werden, damit die Versickerungsfläche nicht im verfüllten Ausschachtungsbereich liegt.

Bei **unterkellerten Gebäuden** liegen aufgrund der Bodenverhältnisse (auch ohne eine Regenwasserversickerung) ungünstige Wasserverhältnisse vor. Besonders nach langandauernden Niederschlägen ist mit Schicht- bzw. Stauwasser zu rechnen, das sich in den verfüllten Arbeitsräumen der Baugruben sammelt (Badewanneneffekt). Daher sind Maßnahmen zur dauerhaften Trockenhaltung der Kellergeschosse erforderlich.

Auf die Ausbildung einer Dränage sollte verzichtet werden, da hierbei das versickerte Regenwasser zumindest teilweise wieder in das Abwassernetz/Vorfluter abgeleitet wird. Wir empfehlen daher eine **wasserdruckhaltende Außenabdichtung** des Kellermauerwerks bzw. Ausbildung einer **"weißen" Stahlbetonwanne**. Bei wasserdichten Unterkellerungen spielen die einzuhaltenden Abstände zwischen Versickerungsanlage und Keller keine entscheidende Rolle. Eine direkte Versickerung in den verfüllten Arbeitsraum der Baugrube rund um das Gebäude sollte jedoch vermieden werden. Hieraus ergibt sich ein Abstand für die Versickerungsanlage von mindestens 2,0 bis 3,0 m.

Wenn dennoch eine Ringdränage mit lotrechter Sickerschicht ausgeführt wird, ist ein Mindestabstand der Versickerungsanlage von der Hauswand von ≥ 6 m einzuhalten.

5.5. Mögliche Beeinträchtigungen von Nachbargrundstücken

Zur Zeit kann das anfallende Niederschlagswassers vom Untergrund aufgenommen werden. Durch ein flächenhaft angelegtes Mulden-Rigolensystem wird eine örtliche Erhöhung der anfallenden Wassermengen weitgehend vermieden, so daß die bisherigen hydrologischen Randbedingungen erhalten bleiben. Eine Erhöhung der Wassermengen im Untergrund erfolgt also nicht. Hiernach ist eine Beeinträchtigung der Nachbargrundstücke bei Einhaltung der erforderlichen Anstände nicht zu erwarten.

6. Hinweise zur weiteren Planbearbeitung

Das vorliegende Gutachten liefert zunächst die allgemeine Beurteilung der Versickerungsmöglichkeit auf den Flächen A und B, soweit diese von bodenmechanischen und erdbautechnischen Problemen berührt wird.

Grundsätzlich ersetzt diese Beurteilung keine detaillierte Entwässerungsplanung und ist daher als Grundlage für diese zu verstehen.

Aufgrund der ungünstigen Randbedingungen in der **Fläche B** ist **keine** Versickerung **möglich**.

In der **Fläche A** ist nach den Ergebnissen der Untersuchungen eine Versickerung möglich. Bei dem vorgeschlagenen **vernetzten Mulden-Rigolensystem** sollte ein **Not-Überlauf** für extreme Niederschlagsereignisse sicherheitshalber vorgesehen werden.

Zum jetzigen Zeitpunkt liegen noch keine endgültigen Angaben zur Größe der befestigten (überbauten) Flächen vor. Daher ist noch eine Anpassung der Versickerungsfläche an die tatsächliche - zunächst auf 100 m² bezogene - befestigte Fläche erforderlich.

Das Wasser der (privaten) Verkehrsflächen sollte durch Schaffung einer durchlässigen Geländebefestigung (z.B. sickerfähiges Pflaster/Rasensteine) flächig im Untergrund versickert werden.

Weitere, sich im Laufe der Planbearbeitung ergebende Fragen können jeweils kurzfristig bearbeitet werden.

.....
(Dipl.-Ing. F.J. Giljohann)

.....
(Dr.-Ing. Jochen Schäfer)

.....
(Dr.-Ing. P. Mao)

Verzeichnis der Anlagen

- Anlage 1 : Lageplan der Aufschlußstellen
- Anlage 2 : Baugrundprofile
Erklärung der Zeichen und Abkürzungen
- Anlage 3 : Laborergebnisse
3.1: Zusammenstellung der Laborergebnisse
3.2: Kornverteilungslinien
- Anlage 4 :
Hydraulische Bemessung
4.1: Sickerversuche in den Schürfen
4.2: Regenreihe / Bemessung
- Anlage 5 : Skizzen Versickerungssystem
5.1: Mulden-Kiesrigolen-System
5.2: Mulden-Rigolen-System mit Drain-Max

Zusammenstellung der Laborergebnisse

Labor	Bohrung	Entnahmetiefe	Bodenart	Wassergehalt w	Glühverlust V_{gl}
Nr.	Nr.	m	-	%	%
1	V 1	0,5	L(U,s,g´), h.fest, braun		
2		0,8	L(U,s,g), h.fest, braun		
3	V 2	0,4	Lx(G,s,u), graubraun		
4	V 3	0,4	Lx(G,s,u), graubraun		
5	V 4	0,7	L(U,s), h.fest, braun		
6	V 5	0,2	Lx(G,s,u), braun		
7	V 6	0,5	L(U,s,g´), h.fest, graubraun		
8		0,7	Lx(G,s,u), braun		
9	RKB 1	0,9	Lx(G,s,u´,t´), hellbraun	12,9	
10		2,0	Lx(G,s,u´,t´), hellbraun	15,6	
11		3,0	Tst, \bar{V} , fest, graubraun	8,7	
12	RKB 2	1,0	Lx(G,s,u), grau/raun		
13		1,8	Tst, \bar{V} , fest, graubraun		
14	RKB 3	0,6	L(U,s,g´), h.fest, graubraun	24,2	
15		1,5	Lx(G,s,u), grau/braun	9,6	
16		2,1	Lx(G,s,u), grau/braun	9,6	
17		2,6	Tst, \bar{V} , fest, grau	5,0	
18		3,0	Tst, \bar{V} , fest, braun	6,4	
19	RKB 4	1,0	L(U,s,g´), steif-h.fest, braun	25,1	
20		2,0	Lx(G,s,u), graubraun	10,4	
21		3,0	Tst, \bar{V} , fest-hart, dkl.graubraun	7,8	
22	RKB 5	0,4	Tst, \bar{V} , fest, graubraun		
23		0,5	Tst, \bar{V} , fest-hart, graubraun		
24	RKB 6	0,3	L(U,s,t´), steif-h.fest, grau	33,8	
25		0,6	Lx(G, \bar{U} , s), dkl.graubraun	9,3	

Labor	Bohrung	Entnahmetiefe	Bodenart	Wassergehalt w	Glühverlust V_{gl}
Nr.	Nr.	m	-	%	%
26	RKB 7	1,1	Tst, \bar{v} , fest-hart, graubraun	9,3	
27		1,4	Tst, \bar{v} , fest-hart, grau	5,5	
28		0,4	L(U,s,g), steif-h.fest, braun		
29		0,8	Tst, \bar{v} , fest-hart, grau/braun		
30		1,2	Tst, \bar{v} , fest-hart, verlehmt, graubraun		
31	RKB 8	0,4	L(U,s,g), h.fest, braun	18,6	
32		0,7	Lx(G,s,u), grau/braun	10,6	
33		1,0	Tst, \bar{v} , fest-hart, grau/braun	6,1	
34		1,3	Tst, \bar{v} , fest-hart, graubraun	6,4	
35		1,5	Tst,v, fest-hart, grau	3,7	

Hydraulische Berechnung

Sickerversuche in den Schürfe

Es wurden insgesamt 6 Sickerversuche durchgeführt, die folgende Ergebnisse ergaben:

Fläche	Versickerungsversuch Nr.	Zeit min/sec	Versickerungsmenge Ltr./m ² /min.	Abgeleiteter k - Wert (m/s) ¹⁾
Fläche A	Versuch V 1	0/32	18,8	$8,5 \cdot 10^{-5}$
	Versuch V 2	0/25	24,0	$1,1 \cdot 10^{-4}$
	Versuch V 3	0/41	14,6	$6,6 \cdot 10^{-5}$
	Versuch V 4	1/40	6,0	$2,7 \cdot 10^{-5}$
Fläche B	Versuch V 5	1/46	5,7	$2,6 \cdot 10^{-5}$
	Versuch V 6	1/04	9,4	$4,2 \cdot 10^{-5}$

¹⁾ Lang-Huder, Bodenmechanik und Grundbau, Springer Verlag, 1990

Regenreihe / Bemessung