

Kleegräfe Geotechnik GmbH · Holzstraße 212 · 59556 Lippstadt
KÖNIG ARCHITEKTEN UND INGENIEURE GBR
Herr König
Am Hoppenhof 30

33104 Paderborn

□ Büro Lippstadt
Holzstraße 212
59556 Lippstadt
Bad Waldliesborn
Tel.: 02941/5404
Fax: 02941/3582
kleegraefe@t-online.de
www.kleegraefe.com

08.05.2018
Az.-Nr.: 180157/1
Az.-Nr.: 180225/1

Aktennotiz

**BV: Neubau eines Studentenwohnheims und Neubau von Bürogebäuden
Technologiepark in Paderborn
- Baugrunderkundung / Gründungsberatung –
hier: ergänzende Hinweisgebungen zur Versickerung**

Sehr geehrter Herr König,

anbei erhalten Sie als Aktennotiz zu den Baugrundgutachten vom 11.04. bzw. 13.04.2018 ergänzende Hinweisgebungen zum Versickerungspotenzial auf den untersuchten Grundstücken bzw. Vorschläge zur Versickerung von Niederschlagswässern.

Planungssituation: Für die abwassertechnische Erschließung des Grundstücks und weitere Bestimmungen im Bebauungsplan werden von den Stadtentwässerungsbetrieben Paderborn (STEB) zusätzliche Aussagen zur Versickerung von Regenwasser benötigt.

Insofern ist zu klären, ob das auf den Dachflächen und Stell-/Bewegungsflächen anfallende Niederschlagswasser – bei physikalischer Eignung der Böden und Einhaltung rechtlicher Bestimmungen – zumindest teilweise im Untergrund versickert werden kann oder ob ggf. Rückhalteeinrichtungen mit gedrosselter Abgabe an den öffentlichen Kanal erforderlich werden.

Richtlinien / Regelwerke: Die Hinweisgebungen, Untersuchungen sowie Bewertung erfolgen in enger Anlehnung an folgende Regelwerke / Verwaltungsvorschriften:

- *DWA-Regelwerk: Arbeitsblatt DWA-A 138 'Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser' (Ausgabe: April 2005).*

- ‘*Wasserrundbrief 3 - Niederschlagswasserversickerung*’ [RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung u. Landwirtschaft vom 18. Mai 1998 (IV B 5 – 673/2-29010 / IV B 6 – 031 002 0901) zur Durchführung des § 51a des *Landeswassergesetzes LWG* für das Land Nordrhein-Westfalen vom 4. Juli 1979 (GV.NW. S. 488) in der Neufassung vom 25. Juni 1995 (GV. NW. S. 926/SGV NW. 77)].
- Software zur Anlagendimensionierung: *DWA / ATV – Versickerungsexpert, Software zum Arbeitsblatt DWA-A 138 (Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser)*, Version 4.0/2006.

1.1 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Laborversuche)

Im bodenmechanischen Labor wurden zu den Gutachten vom 11.04. bzw. 13.04.2018 insgesamt 15 Korngrößenanalysen an den oberflächennahen, gewachsenen/geogenen und jedoch nur lokal versickerungsrelevanten Verwitterungskiesen, dem Verwitterungslehm und dem Füll-/Fluviatilschluff durchgeführt.

Im Ergebnis bleibt festzuhalten, dass das bodenmechanisch *untersuchte* Lockermaterial von schluffig-tonigen Anteilen geprägt wird bzw. stets gewisse bindige Anteile führt. Diese besitzen theoretisch geringe bis sehr geringe Durchlässigkeiten.

Es kann jedoch auch gezeigt werden, dass innerhalb der Verwitterungskiese der bindige Anteil zur Tiefe hin beständig abnimmt und die (theoretisch) ermittelten Durchlässigkeiten zunehmen.

1.2 Ermittlung des Versickerungspotenzials (Geländeversuche)

Zur Ermittlung der hydraulischen Leitfähigkeit (= Wasserdurchlässigkeit) ist es notwendig, den k_f -Wert ("Durchlässigkeitsbeiwert") für die relevanten Lockersedimente festzustellen. Die Auswertung der Versickerungsversuche (hydrostatisches Verfahren mittels Auffüllversuche) über der Grundwasseroberfläche erfolgt bei einer quantitativ feststellbaren Versickerung nach der Formel des „US Departments of the Interior Bureau of Reclamation Design of small Dams (1960: 144)“.

Im Rahmen von Projekten im Nahbereich (u.a. BV Technologiepark Hs.-Nr. 24 und Bebauung Querweg Ecke Giselastraße) wurden insgesamt zehn Versickerungsversuche durchgeführt, die aufgrund der örtlichen Nähe und der

vergleichbaren Untergrundbedingungen orientierend für das vorliegende Bauvorhaben herangezogen werden können.

Durchführung der Versickerungsversuche im Gelände: Die Versickerungsversuche wurden als hydrostatisches Verfahren (Auffüllversuche) mit konstanter Druckhöhe durchgeführt (‘open-end-test’). Für die Durchführung der Versuche wurden die Bohrlöcher der Sondierungen BS 10 und BS 11 sowie der Baggerschurf S 1 verwendet.

Als erster Schritt des jeweiligen Versickerungsversuchs erfolgte eine ausreichende Wässerung des Aufschlussprofils zwecks Sättigung des Bodenaufbaus. Im Anschluss erfolgte eine Wassersäulenfestlegung. Darauf wird die Wasserzugabe pro Zeiteinheit gemessen, welche zur Konstanthaltung dieser o.g. definierten Wassersäulenhöhe benötigt wird.

Die Versickerungsversuche belegen stark schwankende, aber insgesamt ausreichend hohe Durchlässigkeiten, die sich im Bereich von $k_f \geq 5 \times 10^{-6}$ m/s bis ca. 5×10^{-4} m/s bewegen (DIN 18 130: ‘durchlässig’ bis ‘stark durchlässig’).

Hier ist davon auszugehen, dass der Hauptteil der Versickerungsleistung von den untersten anstehenden (geringsten verlehmtten) Bodenschichten erbracht wurde und die o.g. Werte nur einen ‘Durchschnittswert’ darstellen.

Bei den praktischen Versickerungsversuchen konnte als Ergebnis eine insgesamt ausreichende Versickerungsleistung ermittelt werden.

1.3 Bewertung des Versickerungspotenzials

Wasserrechtliche Bewertung: Das Untersuchungsgebiet liegt nicht innerhalb ausgewiesener oder in Planung befindlicher Trinkwasser- oder Heilquellenschutzgebiete. Diesbezüglich sind keine besonderen Auflagen zu beachten.

Bodengenese: Ausschließlich gewachsene Böden dürfen das versickerungsrelevante Medium stellen. Ein Gefährdungspotenzial bzgl. möglicher Auswaschungen besteht hier nicht. Eine nachteilige Veränderung von Boden/Grundwasser ist demnach nicht zu befürchten. Die aufgefüllten Oberböden werden maßnahmenvorlaufend abgeschoben und sind nicht versickerungsrelevant.

Materialspezifische Bewertung: Die Versickerungsversuche belegen Durchlässigkeiten auf einem mäßig hohen Niveau. Sie bewegen sich im Bereich von $k_f > 5 \cdot 10^{-6}$ m/s bis $k_f \sim 5 \cdot 10^{-4}$ m/s. Hierbei handelt es sich um deutliche Durchlässigkeiten im wasserrechtlich zulässigen Bereich.

Der Untergrund weist eine materialspezifische Versickerungszulässigkeit auf. Eine Versickerung innerhalb des Areals ist somit möglich und zulässig.

Grundwasserrelevante Faktoren: Eine bei der Versickerung von Niederschlagswässern sehr wichtige und mitentscheidende Größe ist das Vorhandensein von Grundwasser und sein Flurabstand. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass bei den direkt vor-Ort durchgeführten Geländearbeiten bis zu den erreichten Endteufen von maximal 3,0 m u.GOK kein Grundwasser angetroffen wurde. 'Echtes' Grundwasser wird erst deutlich tiefer ($>> 15$ m u.GOK) im kompakten Grundgebirge erwartet.

Die diesbezügliche wasserrechtliche Voraussetzung (1 m Mindestabstand zwischen Anlagenfuß und max. GW-Stand) kann somit dauerhaft eingehalten werden.

Fazit: Versickerungen sind bei Zugrundelegung des Boden- und Grundwasserinventars technisch möglich und wasserrechtlich zulässig. Sie können ausschließlich 'flächig' innerhalb des 'gering verlehnten Verwitterungsschutts' bzw. des 'angewitterten Kalkmergelsteins' durchgeführt werden.

Grundsätzlich sollten die Versickerungsanlagen so tief wie nötig (für eine ausreichende Leistungsfähigkeit) und so hoch wie möglich (um eine maximale Filterstrecke der Wässer vor Eintritt in das unverwitterte Grundgebirge sicherzustellen) installiert werden.

1.4 Hinweisgebungen zur Niederschlagswasserabführung

Anhand der Ergebnisse der im Gelände im Nahbereich zum o.g. Bauvorhaben mittels der Auffüllversuche gewonnenen Durchlässigkeiten zeigt sich eine ausreichende Versickerungseignung.

Die konkrete Dimensionierung der Versickerungsanlage sollte anhand eines detaillierten Flächenaufmaßes der anzuschließenden Flächen erfolgen. Der Anlagenzulauf soll hydraulisch im Freigefälle (ohne Hebung) erfolgen.

Vorflutereingabe: Aufgrund des Nichtvorhandenseins eines Vorfluters im unmittelbaren Nahbereich existiert keine Möglichkeit einer (wasserrechtlich gleichberechtigten) ortsnahen Einleitung.

Qualität der Wässer: Das anfallende Niederschlagswasser der Dachflächen sowie der Stell- und Bewegungsflächen wird vom AN in Anlehnung an den RdErl. des MURL NRW von den Unterzeichnern als 'schwach belastet' / 'gering verschmutzt' eingestuft. Es ist somit eine Vorreinigung der Wässer durch den Einbau einer Absetzmöglichkeit notwendig.

Zur Vermeidung von Feinkorneintrag in die Versickerungsanlage, was langfristig zu einer Verschlechterung der Versickerungsleistung führen kann, wird ebenfalls die Schaffung einer Absetzmöglichkeit des Feinkornanteils angeraten (z.B. vorgeschalteter Absetzschacht, erhältlich als Fertigbauteil verschiedener Hersteller).

Angeschlossene undurchlässige Flächen (A_E/A_U): Über die genaue anzuschließende Flächengröße liegen dem IB KLEEGRÄFE keine Angaben vor. Die weiteren Hinweisgebungen basieren daher auf einer beispielhaften 'Einheitsfläche' von 1.000 m^2 ($A_E = 1.000 \text{ m}^2$).

Die Dachflächen können hinsichtlich des Abflußbeiwertes mit $\Psi = 0,9$ angesetzt werden. Derselbe Abflußbeiwert kann für schwarzdeckenversiegelte Stell- und Bewegungsflächen, oder solche mit einer 'dichten' Pflasterversiegelung angesetzt werden.

Es ergibt sich somit eine 'angeschlossene undurchlässige Einheitsfläche' (A_U) von 900 m^2 .

Abstände: Die zu errichtende Versickerungsanlage sollte einen Sicherheitsabstand von mindestens 6 m zu unterkellerten Gebäudeteilen einhalten, sofern diese nicht über entsprechende Abdichtungen verfügen sollten. Zu nichtunterkellerten Gebäuden sollten 3 m Sicherheitsabstand eingehalten werden. Versickerungsanlagen müssen des Weiteren einen Mindestabstand von 2 m zu Grundstücksgrenzen einhalten.

Versickerung: Es sollte ausschließlich der gering verlehnte Verwitterungskies bzw. der angewitterte Kalkmergelstein 'flächig' als Versickerungsmedium herangezogen werden.

Es kann orientierend ein mittlerer Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ angesetzt werden. Vorgenannter Wert beinhaltet einen deutlichen Sicherheitsabschlag gegenüber den im Nahbereich tatsächlich ermittelten Werten.

Da die Versickerung innerhalb des ´gering bindigen Verwitterungsschutts´ primär über das zur Verfügung stehende Porenvolumen erfolgt, muss eine ausreichend tiefe Einbindung erfolgen, um nutzbares Rigolenvolumen zu erzeugen. Angeraten wird eine Rigolen-Mindesteinbindung von 1,0 m in die Verwitterungskiese. Dies ist nicht mit der rechnerisch ermittelten / nötigen Rigolenhöhe zu verwechseln und unabhängig von der hydraulischen Eingabehöhe der Wässer (Frostfreiheit).

Sollten nach Freilegung der Rigolensohle Verwitterungslehme oder stark verlehnte Verwitterungskiese anstehen, so sind diese gegen ausreichend durchlässiges Material auszutauschen. Dies sollte gutachterlich abgenommen werden (s.u.).

Abnahme/Kontrolle der Durchlässigkeiten: Notwendig ist die sorgfältige ingenieurgeologische Abnahme der Rigolensohle nach Aushub zwecks Überprüfung der tatsächlichen Positionierung innerhalb des gering bindigen Verwitterungskieses.

Des Weiteren sind die Grundwassersituation und die Versickerungsleistung zu überprüfen und gegebenenfalls eine Maßnahmenanpassung durchzuführen. Die Arbeiten zur Erstellung der Versickerungsanlagen sind gutachterlich durch das IB KLEEGRÄFE zu begleiten.

Dimensionierung der Versickerungsanlage nach DWA / ATV: Es erfolgt eine überschlägige Anlagendimensionierung für eine Einheitsfläche von $A_E = 1.000 \text{ m}^2$ ($A_u = 900 \text{ m}^2$).

Anpassungen der Anlagendimension bei Vorlage konkreter Flächengrößen bzw. geänderter Oberflächengestaltung können durch Interpolation angeglichen oder kurzfristig nachgereicht werden.

Aus Sicherheitsgründen wird bei den nachfolgenden Beispielberechnungen das ´5-jährige-Regenereignis´ ($n = 0,2$) zugrunde gelegt und ein – gegenüber den im Gelände ermittelten Werten deutlich verminderter – Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ berücksichtigt.

Hinsichtlich der Niederschlagsspende wurde das Rasterfeld 2546 (Paderborn) herangezogen (KOSTRA-DWD 2010R, Version 3.2). Es wurde ein Zuschlagsfaktor von $f_z = 1,2$ gewählt (Risikomaß: gering).

Es erfolgt die Berechnung einer einzelnen Versickerungsanlage mit drei Rohren zur Wasserverteilung (siehe Lageplan; Anlage 1).

Es werden die Versickerungsformen einer herkömmlichen Kiesrigole und einer Rigole mit sog. 'Versickerungsbausteinen' als Füllkörperrigole. Hierbei wird davon ausgegangen, dass eine Kiesrigole ausschließlich im Bereich nicht befahrener Grünflächen realisiert wird und Füllkörperrigolen prinzipiell auch unter Verkehrsflächen hergestellt werden können.

Die Länge der Rigole wird als Variable zur endgültigen Dimensionierung aufgefasst. Es muss an dieser Stelle angemerkt werden, dass die geometrische Ausgestaltung letztlich wahlfrei ist, solange die in Tabellen 1 und 2 errechneten Rahmenbedingungen (Flächen, Volumen, etc.) erreicht werden.

	Parameter	$A_E = 1.000 \text{ m}^2$ ($A_U = 900 \text{ m}^2$)
Rigole	Tiefe t_r (Einbindung 1,0 m)	(2,0 m; abhängig von Höhe Einlauf)
	Länge L_r	20,1 m
	Breite b_r	3,0 m
	rechnerisch nutzbare Höhe h_r	1,00 m
	eff. Rig.-Volumen V_r	24,3 m^3

Tabelle 1: Dimensionierung einer Kiesrigole nach DWA / ATV

	Parameter	$A_E = 1.000 \text{ m}^2$ ($A_U = 900 \text{ m}^2$)
Rigole	Tiefe t_r (Einbindung 0,67 m)	(1,54 m; abhängig von Höhe Einlauf)
	Länge L_r	14,5 m
	Breite b_r	3,0 m
	rechnerisch nutzbare Höhe h_r	0,67 m
	eff. Rig.-Volumen V_r	26,8 m^3

Tabelle 2: Dimensionierung einer Füllkörperrigole nach DWA / ATV

Für jeweils 1.000 m^2 anzuschließende Fläche wäre nach Tabelle 1 eine Rigolenlänge von 20,1 m herzustellen. Nach Tabelle kann die Länge bei Herstellung von Füllkörperrigolen auf 14,5 m je 1.000 m^2 angeschlossene Fläche verkürzt werden (bei 3 m Breite).

1.4.1 Hinweisgebungen zur Errichtung von Füllkörperrigolen

Bauweise/Bauhöhe Füllkörperrigole: Oberhalb der geplanten Rigolenanlage ist möglicherweise die Errichtung von Pkw-Stell- und Bewegungsflächen vorgesehen.

Die Oberfläche wird dort folglich versiegelt und muss bestimmten Anforderungen an die Tragfähigkeit genügen. Daher kommen unter Berücksichtigung der o.g. Sicherheitsabstände nur unterirdische und überfahrbare Versickerungsanlagen in Frage.

Aus den vorgenannten Gründen wird die Verwendung von sogenannten Füllkörper- / Speicherblock-Rigolen aus vorgefertigten Kunststoffbauten angeraten. Vorteil dieses Systems ist das sehr hohe Speichervolumen (i.d.R. $S_R \geq 95 \%$), was einen verringerten Flächenbedarf für die Rigolen bewirkt. Des Weiteren wird von den Herstellern eine hohe Verkehrsbelastung bei Mindestüberdeckung garantiert. Es handelt sich i.d.R. um einen Hohlblock aus Polypropylen.

Diese weisen beispielsweise eine typische Höhe von ca. 67-70 cm (Typ Vollblock) auf. Diese Blöcke werden in der notwendigen Zahl miteinander verbunden. Der Gesamtblock wird vollständig mit einem ausreichend durchlässigen Geotextil ummantelt (unten, seitlich, oben). Der Zufluss der Rigole und Rohre muss ausreichend groß dimensioniert sein. Es muss eine Entlüftungseinheit installiert werden.

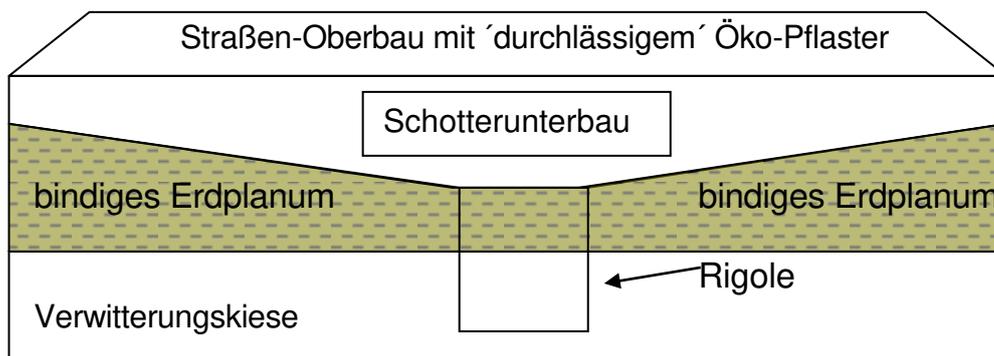
Aufgrund der komplexen und ineinandergreifenden Wirkweise dieser Anlage werden i.d.R. Komplettlösungen von den Anbietern dieser Systeme angeboten. Eine exakte Berechnung / Dimensionierung von Seiten der betreffenden Firmen wird notwendig.

Überfahrbarkeit der Rigole: Die o.g. Systeme der Hersteller sind allesamt überfahrbar (SLW 60 geeignet) und damit prinzipiell auch im Bereich möglicher Feuerwehrumfahrten/-aufstellflächen einsetzbar.

Bei einer anzunehmenden Errichtung der Oberflächenversiegelung nach RStO 12 Belastungsklasse Bk0,3 (Bauweise in Pflaster) ist eine **Mindestüberdeckung des Rigolenkörpers von > 65 cm durch ein Mineralgemisch** sicherzustellen, welches in Funktion einer Schottertragschicht zu errichten ist und auf der Oberkante ein Verformungsmodul von $E_{v2} > 120 \text{ MPa}$ aufweisen muss. Hierauf kann der Oberbau (Pflasterung inkl. Bettung; Stärke ca. 12 cm gemäß RStO 12, Tafel 2, Zeile 1 oder 2) angeordnet werden. Unterhalb der Füllkörper ist eine etwa 10 cm starke Ausgleichsschicht aus einem Mineralgemisch herzustellen.

Hinsichtlich der maximalen Sohl-tiefen und Überdeckungs-mächtigkeiten sind die herstellere-spezifischen Vorgaben zu beachten. Bis zu einem gewissen Maß sind höhere Überdeckungs-stärken unproblematisch bzw. sogar bautechnisch günstig.

Überdeckung Rigole: Für die Überdeckung der Rigole bis zur Unterkante des RStO-Aufbaus sollte ein raumbeständiges, verdichtungsfähiges, kornabgestuftes Mineralgemisch verwendet werden. Im Hinblick auf die später oberhalb der Rigole anzuordnende Verkehrsfläche sollte die Auffüllung mit einem 'Güteschotter' erfolgen. Der 'Güteschotter' sollte nach den 'Technischen Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau - Ausgabe 2004' (TL Gestein-StB 04) zertifiziert sein. Dies sollte jeweils von der Bauleitung anhand der Lieferscheine kontrolliert werden. Es darf keinesfalls schrumpf- oder quellfähiges Material verwendet werden. Die Schotterverdichtung sollte mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 100\%$ erfolgen.



Höhenmäßige Anordnung der Rigole: Es wird eine Gesamtstärke des Aufbaus oberhalb des Rigolenkörpers von 0,77 m (0,65 m Schotter + 0,12 m Pflasterung mit Splittbettung) angenommen. Somit ergibt sich bei Verwendung eines 0,67 m hohen 'Vollblocks' und einer 10 cm hohen Ausgleichsschicht unterhalb des Vollblocks eine Höhe der Unterkante der Versickerungsanlage von 1,54 m unter OK Fahrbahn.

Geotextil: Nach Ausschachtung auf die notwendige Tiefe und Abnahme muss zunächst ein Geotextil (Vorschlag: **Geotextilrobustheitsklasse** GRK 3; mechanisch verfestigt; Stempeldurchdruckkraft > 1,5 kN; Bemessungsfall AS 3/AB 2) eingelegt werden, um Aus-/Einspülungen zu unterbinden. Dieses Geotextil ist überlappend einzulegen und seitlich hochzuziehen. Die Rigolen-Bauteile müssen vollständig (unten, seitlich, oben, Stirnseiten) umschlossen werden.

Wichtig ist eine ausreichende Durchlässigkeit der Geotextilien. Diesbezügliche Angaben können vom Hersteller geliefert werden.

Der Zufluss der Rigole und Rohre muss ausreichend groß dimensioniert sein.

Sollten noch Fragen offen sein, stehen wir Ihnen jederzeit gerne zur Verfügung.

Kleegräfe
- Geotechnik GmbH -

Dipl.-Ing. (FH) J. Kleegräfe
(Beratender Geowissenschaftler BDG / Geschäftsführer)

V. Thiemann
(Dipl.-Geol.)



Verteiler: KÖNIG ARCHITEKTEN UND INGENIEURE GBR
Am Hoppenhof 30, 33104 Paderborn

pdf.