



Hydrogeologisches Gutachten
zur Beseitigung von Niederschlagswasser

für die Bauleitplanung der Stadt Bornheim

„Gartenstraße“

Auftraggeber: re-consulting immobilien & hausverwaltung
Herrn Ludwig Breyer
Am Fronhof 5
53913 Swisttal-Heimerzheim

Planung: Städtebauliche Arbeitsgemeinschaft
Thomas-Mann-Straße 41
53111 Bonn

Auftrag Nr. / Zeichen: 7439/alfa

Datum: 16.09.2010

Inhalt

1	Situation	4
2	Geologie	4
3	Bodenaufschlüsse	5
4	Grundwasser	6
5	Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit.....	7
6	Beurteilung der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes ...	7
7	Bemessung.....	8
8	Bemessung.....	8
8.1	Haus 1	8
8.1.1	Ausgangswerte.....	8
8.1.2	Berechnung Mulde	9
8.1.3	Berechnung Rigole.....	10
8.2	Haus 2	10
8.2.1	Ausgangswerte.....	10
8.2.2	Berechnung Mulde	11
8.2.3	Berechnung Rigole.....	12
8.3	Haus 3	12
8.3.1	Ausgangswerte.....	12
8.3.2	Berechnung Mulde	14
8.3.3	Berechnung Rigole.....	14
9	Hinweise zur Ausführung.....	15
10	Schlussbemerkung	16

Dokumentation

- Anlage 1 Lageplan
- Anlage 2 Zeichenerklärung
- Anlagen 3 Bohrprofile
- Anlage 3.1 Bohrprofile KRB 1 und 2
- Anlage 3.2 Bohrprofile KRB 3 bis 5
- Anlage 4 Versickerungsversuche
- Anlage 4.1 Offenes Bohrloch
- Anlage 4.2 Open-End-Test
- Anlage 4.2.1 Probe V2/2
- Anlage 4.2.2 Proben V3/1 und 4/1

1 Situation

In Bornheim-Hersel sind von der Stadt Bornheim im Bereich der Gartenstraße in der Bauleitplanung drei Baugrundstücke ausgewiesen worden. Seitens der Stadt wird noch der Nachweis über die Möglichkeit zur Versickerung des Niederschlagswassers auf diesen Grundstücken gefordert.

Die Bauflächen liegen in einem Wohngebiet. Auf den Grundstücken befinden sich zurzeit Wiesenflächen und Kleingärten. Das Gelände ist weitgehend eben.

Das anfallende Niederschlagswasser soll gemäß Landeswassergesetz § 51 auf dem Grundstück versickert werden. Das Untersuchungsgrundstück liegt in der Wasserschutzzone III.

Unser Büro wurde mit der Durchführung einer hydrogeologischen Untersuchung und Begutachtung beauftragt.

2 Geologie

Regionalgeologisch liegt der Raum um Bornheim am westlichen Rand der Niederrheinischen Bucht, die mit Beginn des Miozäns bei gleichzeitiger Hebung der Nordeifel als Senkungsfeld in das Rheinische Schiefergebirge eingebrochen ist. In größeren Tiefen ist deshalb das devonische Grundgebirge zu erwarten. Die Niederrheinische Bucht enthält die mächtigen Sedimentfolgen der braunkohleführenden miozänen Formationen (Hauptflözgruppe) des Tertiärs, die sich überwiegend aus limnisch-fluviatilen Sanden, Kiesen und Tonen zusammensetzen, in die Braunkohlenflöze eingelagert sind. Im Hangenden der Braunkohlenformationen folgen die pliozänen Serien *Hauptkies*, *Rotton* und *Reuver*.

Über den tertiären Sedimenten treten die pleistozänen Flussablagerungen des Rheins in Form seiner Mittel- und Niederterrassen auf. Sie werden überwiegend aus gerundeten Kiesen und Sanden mit unterschiedlichen Anteilen an Schluff aufgebaut.

Überlagert werden die Terrassen im Bereich des Untersuchungsgebietes weiträumig von Löß, einem äolischen Sediment, das im Zuge der Verwitterung insbesondere in den oberen Horizonten entkalkt ist und in Lößlehm übergegangen ist.

Im Holozän ist es durch Flussaufschüttungen zur Bildung von Hochflutablagerungen gekommen. Diese bestehen überwiegend aus Schluff, Sand und Kies in wechselnder Zusammensetzung.

3 Bodenaufschlüsse

Zur Ermittlung der Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte im Bereich der drei möglichen Versickerungsanlagen wurden die Kleinrammbohrungen KRB 2, 3 und 4 mit Tiefen von ca. 3,0 m niedergebracht. Zur allgemeinen Bewertung des tieferen Untergrundes wurden darüber hinaus die beiden Kleinrammbohrungen KRB 1 und 5 durchgeführt, die bis in Tiefen von 5,20 m und 5,50 m abgeteuft wurden. Die Lage der Bohransatzpunkte ist im Lageplan auf Anlage 1 dargestellt.

Die Ergebnisse der Bodenaufschlüsse sind in Form von Bohrprofilen auf den Anlagen 3.1 und 3.2 höhenorientiert dargestellt. Als Höhenbezugspunkt diente der Kanaldeckel auf der Gartenstraße vor dem Haus-Nr. 19, der mit 0,00 m angenommen wurde. Die Zeichenerklärungen können der Anlage 2 entnommen werden.

Entsprechend den Bohrprofilen beginnt die Schichtenfolge mit Auffüllungsmaterial, das bei den Bohrungen KRB 1 und 2 im oberen Abschnitt aus einem gering schluffigen Sand besteht, der von einem gering sandigen Schluff mit Fremdbestandteilen in Form von Bauschutt, Ziegelbruch, Kohle, Schlacken, Plastik und organischen Bestandteilen unterlagert wird. Bei der Bohrung KRB 3 besteht die Auffüllung ausschließlich aus Schluff.

Die obersten 5 bis 30 cm enthalten organische Bestandteile infolge der Nutzung als Vegetationszone.

In den Bohrungen KRB 4 und 5 wurden eine Mutterbodenüberdeckung von 50 und 60 cm festgestellt. Hierbei handelt es sich um die landwirtschaftlich

genutzte Oberbodenzone, in die geringe Anteile an Beton und Ziegelbruch eingearbeitet wurden.

Unter dem Mutterboden beziehungsweise der Auffüllung folgt Schluff und Feinsand in Wechsellagerung mit einem mehr oder weniger schluffigen Mittel- und Feinsand, der den Hochflutsedimenten des Rheins zuzuordnen ist. Im Bereich der Bohrung KRB 1 wurde dieser Horizont vollständig durch die Auffüllung ersetzt. In den Bohrungen KRB 2 bis 5 reicht er bis in Tiefen zwischen 2,35 und 2,50 m unter GOK.

Im Liegenden stehen die Sedimente der Niederterrasse des Rheins an. Sie sind hier als sandiger bis stark sandiger Kies ausgebildet und wurden bis zur Bohrendtiefe von 5,50 m aufgeschlossen und nicht durchteuft. Die Mächtigkeit der Terrassen beträgt im Raum Hersel entsprechend der hydrogeologischen Karte 5208 Blatt Bonn ca. 25 m. Sie werden von tertiären Sedimenten der Niederrheinischen Bucht unterlagert.

4 Grundwasser

In keiner der Bohrungen wurde eine grundwasserführende Schicht angetroffen. Zur Beurteilung der Grundwasserhöchststände wurde eine Anfrage bei der Bezirksregierung Köln gestellt. Hiernach wurde an einer in der Nähe gelegenen Grundwasser-Messstelle im Beobachtungszeitraum von 1953 bis 1993 ein Grundwasserhöchststand von 48,0 m+NN gemessen. Als mittlerer Grundwasserstand wurde eine Höhe von 44,50 m angegeben.

Bei einer Geländehöhe von ca. 57,50 m+NN ist ein Flurabstand von ca. 9,50 m gegeben, so dass das Grundwasser für das Bauvorhaben nicht von Bedeutung ist.

Nach Auskunft des Wasser- und Schifffahrtsamtes Duisburg wurde beim Rheinkilometer 662 ein Höchstwasserstand von 51,28 m+NN des Rheins beim Hochwasser im Jahre 1995 gemessen.

Aufgrund der stellenweise auftretenden bindigen Böden kann es insbesondere nach Starkregenereignissen zur kurzzeitigen Bildung von Staunässe kommen (vgl. Anl. 3.1 KRB 2).

5 Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit

Zur Ermittlung der Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte) der anstehenden Böden wurden insgesamt vier Versickerungsversuche durchgeführt. Zwei Versickerungsversuche wurden in der Bohrung KRB 2 im offenen, verrohrten Bohrloch nach USBR EARTH-MANUAL sowie als Open-End-Test im ausgebauten, verrohrten Bohrloch durchgeführt sowie zwei weitere als Open-End-Test in den Bohrungen KRB 3 und 4.

Während bei der Versickerung im ausgebauten, verrohrten Bohrloch das Wasser nur über die Bohrlochsohle in den Boden eindringen kann, findet beim offenen Bohrloch die Versickerung sowohl über die Bohrlochwand als auch über die Sohle statt.

Die Ergebnisse der Versickerungsversuche sind in der nachfolgenden Tabelle 1 zusammengestellt (vgl. Anl. 4).

Tabelle 1: Ergebnisse der Versickerungsversuche

Versuch-Nr.	Versickerungsart	Tiefe [m]	Bodenart	k_{fu} Wert [m/s]
V2/1	Offenes Bohrloch	1,60 – 2,00	Wechsellagerung (Si, fsa, Fsa, si-si', MSa+FSa)	$k_{f2/1} = 3,08 \cdot 10^{-7}$
V2/2	Open-End-Test	2,65	Kiessand	$k_{f2/2} = 4,97 \cdot 10^{-4}$
V3/1	Open-End-Test	3,00	Kiessand	$k_{f3/1} = 1,22 \cdot 10^{-4}$
V4/1	Open-End-Test	2,65	Kiessand	$k_{f4/1} = 3,54 \cdot 10^{-4}$

6 Beurteilung der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Der entwässerungstechnisch nutzbare Versickerungsbereich liegt entsprechend DWA bei k_f -Werten zwischen $1 \cdot 10^{-3}$ und $1 \cdot 10^{-6}$ m/s. Bei Durchlässigkeitsbeiwerten $k_f > 1 \cdot 10^{-3}$ m/s sickert das Oberflächenwasser so schnell durch die Bodenschicht dem Grundwasser zu, dass keine ausreichende Verweildauer im Boden und damit keine genügende Dauer für biologische Abbauprozesse und chemische Rückhalteprozesse besteht. Sind die k_f -Werte $< 1 \cdot 10^{-6}$ m/s, so besteht die Gefahr, dass sich das Wasser in den

Versickerungsanlagen aufstaut und eine Verschlämmung des Porenraums durch Sedimentation von Feinstpartikeln bewirkt.

Da die Durchlässigkeitsbeiwerte durch Feldversuche bestimmt wurden, handelt es sich um k -Werte der ungesättigten Zone. Die k_f -Werte des gesättigten Bodens ergeben sich durch Verdopplung ($k_f = 2 \cdot k_{fu}$).

Die Versickerung von Niederschlagswasser ist in dem Kiessand, der ab Tiefen zwischen 2,25 und 2,50 m unter GOK ansteht, möglich. Die darüber befindliche Wechsellagerung weist hingegen eine zu geringe Wasserdurchlässigkeit auf. Sie kann nicht zur Versickerung des Niederschlagswassers herangezogen werden.

7 Bemessung

Da die Grundstücke innerhalb der Wasserschutzzone III liegen, darf die Versickerung nur über die belebte Bodenzone erfolgen. Als Versickerungsanlagen kommen Mulden-Rigolen-Elemente in Betracht.

Bei der Berechnung der Anlagen wird die vollständige Aufnahme des anfallenden Regenwassers von den Dachflächen der Häuser zugrunde gelegt. Die Bemessung der gewählten Versickerungsanlagen erfolgt nach den DWA-Richtlinien (April 2005) Blatt A 138 für ein 5-jähriges Regenereignis. Die maßgebenden Regenintensitäten wurden aus dem Kostra-Atlas entnommen.

8 Bemessung

8.1 Haus 1

8.1.1 Ausgangswerte

Regenspende	$r_{i(n)}$	=	KOSTRA - Werte
Häufigkeit	n	=	0,2
Durchlässigkeitsbeiwert (Gr + Sa)	$k_{fu2/2}$	=	$4,97 \cdot 10^{-4}$ m/s
Durchlässigkeitsbeiwert (Mu)	$k_{f,Mu}$	=	$5,0 \cdot 10^{-5}$ m/s
Dachfläche	A_D	=	110 m ²
Abflussbeiwert Dach	ψ_{sD}	=	0,95

Zuschlagfaktor	f_z	=	1,2
Korrekturfaktor k_f -Wert (Gr, + Sa)	f_k	=	2

Die anrechenbare Fläche ergibt sich zu:

$$A_u = A_D \cdot \psi_{sD} = 110 \cdot 0,95 = 104,5 \text{ m}^2$$

8.1.2 Berechnung Mulde

Als Versickerungsfläche wird $A_s = 0,1 \cdot A_u \approx 9,0 \text{ m}^2$ gewählt.

Das erforderliche Muldenvolumen berechnet sich zu:

$$V = [(A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - A_s \cdot k_f / 2] \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$V = (0,000817 \cdot r_{D(0,2)} - 0,016) \cdot D$$

Tabelle 2.1: Erforderliches Muldenvolumen

D [min]	$r_{D(0,2)}$ [l/s·ha]	L [m]
30	114,3	2,32
45	89,0	2,54
60	74,6	2,69
90	53,2	2,45
120	41,9	2,16

Für die maßgebende Regendauer von 60 Minuten ergibt sich ein erforderliches Muldenvolumen von 2,69 m³.

Die Einstauhöhe errechnet sich zu

$$z_M = V/A_s = 2,69/9 = 0,299 \text{ m}$$

Die Entleerungszeit ergibt sich mit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f = 2 \cdot 0,299 / 5,0 \cdot 10^{-5} = 11956 \text{ s} = 3,32 \text{ h}$$

8.1.3 Berechnung Rigole

Die erforderliche Rigolenlänge berechnet sich zu:

$$L = [(A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - V_M / (D \cdot 60 \cdot f_z)] / [b_R \cdot h \cdot s_R / (D \cdot 60 \cdot f_z) + (b_R + 0,5 \cdot h) \cdot k_f / 2]$$

Gewählt: nutzbare Höhe $h = 0,50$ m, $b_R = 0,50$ m, $s_R = 0,35$

Mit den o.a. Ausgangswerten ergibt sich:

$$L = (0,000011 \cdot r_{D(0,2)} - 0,037/D) / (0,001215/D + 3,72 \cdot 10^{-4})$$

Tabelle 2.2: Erforderliche Rigolenlänge

D [min]	$r_{D(0,2)}$ [l/s·ha]	L [m]
30	114,3	0,13
45	89,0	0,45
60	74,6	0,57
90	53,2	0,49
120	41,9	0,43

Für die maßgebende Regendauer von 60 Minuten ergibt sich eine erforderliche Rigolenlänge von ca. 60 cm. Die Rigole muss eine Breite von 0,50 m und eine nutzbare Höhe von 0,50 m haben. Die Sohle muss mindestens 0,50 m in den sandigen Kies einbinden und liegt damit bei ca. 3,00 m unter GOK.

8.2 Haus 2

8.2.1 Ausgangswerte

Regenspende	$r_{i(n)}$	= KOSTRA - Werte
Häufigkeit	n	= 0,2
Durchlässigkeitsbeiwert (Gr + Sa)	$k_{fu3/1}$	= $1,22 \cdot 10^{-4}$ m/s
Durchlässigkeitsbeiwert (Mu)	$k_{f,Mu}$	= $5,0 \cdot 10^{-5}$ m/s
Dachfläche	A_D	= 142 m ²
Abflussbeiwert Dach	ψ_{sD}	= 0,95
Zuschlagfaktor	f_z	= 1,2

$$\text{Korrekturfaktor } k_f\text{-Wert (Gr, + Sa)} \quad f_k = 2$$

Die anrechenbare Fläche ergibt sich zu:

$$A_u = A_D \cdot \psi_{sD} = 142 \cdot 0,95 = 134,9 \text{ m}^2$$

8.2.2 Berechnung Mulde

Als Versickerungsfläche wird $A_s = 0,1 \cdot A_u \approx 12,0 \text{ m}^2$ gewählt.

Das erforderliche Muldenvolumen berechnet sich zu:

$$V = [(A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - A_s \cdot k_f / 2] \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$V = (0,00106 \cdot r_{D(0,2)} - 0,022) \cdot D$$

Tabelle 3.1: Erforderliches Muldenvolumen

D [min]	$r_{D(0,2)}$ [l/s·ha]	L [m]
30	114,3	2,98
45	89,0	3,26
60	74,6	3,44
90	53,2	3,12
120	41,9	2,73

Für die maßgebende Regendauer von 60 Minuten ergibt sich ein erforderliches Muldenvolumen von 3,44 m³.

Die Einstauhöhe errechnet sich zu

$$z_M = V/A_s = 3,44/12 = 0,29 \text{ m}$$

Die Entleerungszeit ergibt sich mit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f = 2 \cdot 0,29 / 5,0 \cdot 10^{-5} = 11467 \text{ s} = 3,19 \text{ h}$$

8.2.3 Berechnung Rigole

Die erforderliche Rigolenlänge berechnet sich zu:

$$L = [(A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - V_M / (D \cdot 60 \cdot f_z)] / [b_R \cdot h \cdot s_R / (D \cdot 60 \cdot f_z) + (b_R + 0,5 \cdot h) \cdot k_f / 2]$$

Gewählt: nutzbare Höhe $h = 0,50$ m, $b_R = 0,50$ m, $s_R = 0,35$

Mit den o.a. Ausgangswerten ergibt sich:

$$L = (0,000015 \cdot r_{D(0,2)} - 0,048/D) / (0,001215/D + 9,15 \cdot 10^{-5})$$

Tabelle 3.2: Erforderliche Rigolenlänge

D [min]	$r_{D(0,2)}$ [l/s·ha]	L [m]
30	114,3	0,66
45	89,0	2,07
60	74,6	2,68
90	53,2	2,39
120	41,9	2,14

Für die maßgebende Regendauer von 60 Minuten ergibt sich eine erforderliche Rigolenlänge von ca. 2,68 m. Die Rigole muss eine Breite von 0,50 m und eine nutzbare Höhe von 0,50 m haben. Die Sohle muss mindestens 0,50 m in den sandigen Kies einbinden und liegt damit bei ca. 3,00 m unter GOK.

8.3 Haus 3

8.3.1 Ausgangswerte

Regenspende	$r_{i(n)}$	= KOSTRA - Werte
Häufigkeit	n	= 0,2
Durchlässigkeitsbeiwert (Gr + Sa)	$k_{f,4/1}$	= $3,54 \cdot 10^{-4}$ m/s
Durchlässigkeitsbeiwert (Mu)	$k_{f,Mu}$	= $5,0 \cdot 10^{-5}$ m/s
Dachfläche	A_D	= 142 m ²
Abflussbeiwert Dach	ψ_{sD}	= 0,95
Zuschlagfaktor	f_z	= 1,2

Korrekturfaktor k_f -Wert (Gr, + Sa) f_k = 2

Die anrechenbare Fläche ergibt sich zu:

$$A_u = A_D \cdot \psi_{sD} = 142 \cdot 0,95 = 134,9 \text{ m}^2$$

8.3.2 Berechnung Mulde

Als Versickerungsfläche wird $A_s = 0,1 \cdot A_u \approx 12,0 \text{ m}^2$ gewählt.

Das erforderliche Muldenvolumen berechnet sich zu:

$$V = [(A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - A_s \cdot k_f / 2] \cdot D \cdot 60 \cdot f_z$$

$$V = (0,00106 \cdot r_{D(0,2)} - 0,022) \cdot D$$

Tabelle 4.1: Erforderliches Muldenvolumen

D [min]	$r_{D(0,2)}$ [l/s·ha]	L [m]
30	114,3	2,98
45	89,0	3,26
60	74,6	3,44
90	53,2	3,12
120	41,9	2,73

Für die maßgebende Regendauer von 60 Minuten ergibt sich ein erforderliches Muldenvolumen von 3,44 m³.

Die Einstauhöhe errechnet sich zu

$$z_M = V/A_s = 3,44/12 = 0,29 \text{ m}$$

Die Entleerungszeit ergibt sich mit

$$t_E = 2 \cdot z_M / k_f = 2 \cdot 0,29 / 5,0 \cdot 10^{-5} = 11467 \text{ s} = 3,19 \text{ h}$$

8.3.3 Berechnung Rigole

Die erforderliche Rigolenlänge berechnet sich zu:

$$L = [(A_u + A_s) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - V_M / (D \cdot 60 \cdot f_z)] / [b_R \cdot h \cdot s_R / (D \cdot 60 \cdot f_z) + (b_R + 0,5 \cdot h) \cdot k_f / 2]$$

Gewählt: nutzbare Höhe $h = 0,50$ m, $b_R = 0,50$ m, $s_R = 0,35$

Mit den o.a. Ausgangswerten ergibt sich:

$$L = (0,000015 \cdot r_{D(0,2)} - 0,048/D) / (0,001215/D + 2,7 \cdot 10^{-4})$$

Tabelle 4.2: Erforderliche Rigolenlänge

D [min]	$r_{D(0,2)}$ [l/s·ha]	L [m]
30	114,3	0,28
45	89,0	0,84
60	74,6	1,05
90	53,2	0,90
120	41,9	0,79

Für die maßgebende Regendauer von 60 Minuten ergibt sich eine erforderliche Rigolenlänge von ca. 1,05 m. Die Rigole muss eine Breite von 0,50 m und eine nutzbare Höhe von 0,50 m haben. Die Sohle muss mindestens 0,50 m in den sandigen Kies einbinden und liegt damit bei ca. 2,85 m unter GOK.

9 Hinweise zur Ausführung

Die Auffüllung ist im Bereich der Versickerungsanlagen vollständig zu entfernen. Die Mulden sind mit einer belebten Bodenzone in einer Stärke von ≥ 20 cm zu versehen. Hierfür ist ein Mutterboden, bestehend aus einem gering schluffigen Feinsand mit organischen Bestandteilen zu verwenden. Die Mulde ist in einer Tiefe von maximal 30 cm herzustellen.

Zum Schutz vor dem Eintrag von Feinkornmaterial ist über der Rigole und an den Seiten ein Geotextil anzuordnen. Die Rigole wird mittig unter der Mulde angeordnet. Der Rigolengraben wird an der Oberkante auf die Grundfläche der Mulde verbreitert, so dass das Sickerwasser der Mulde direkt der Rigole zufließen kann.

Gemäß ATV ist ein Abstand der Versickerungsanlage zu unterkellerten, nicht druckwasserdichten Gebäuden von $1,5 \times h$ (Baugrubentiefe der angrenzenden Gebäude) einzuhalten. Der Abstand zur Grundstücksgrenze sollte mindestens 2,0 m betragen.

10 Schlussbemerkung

Die durchgeführten Bohrungen stellen nur punktförmige Bodenaufschlüsse dar, die Angaben über die Beschaffenheit des Untergrundes an den jeweiligen Untersuchungsstellen geben. Hieraus werden die geologischen Verhältnisse für den gesamten Untersuchungsbereich interpoliert. Abweichende Bodenverhältnisse zwischen den Untersuchungspunkten sind daher möglich. Die Erdarbeiten sind deshalb von der Bauleitung zu überwachen und die beim Aushub angetroffenen Böden mit den Angaben des Bodengutachtens zu vergleichen und gegebenenfalls vom Bodengutachter überprüfen zu lassen.