Entwässerungskonzept

Vorhaben	:	Gemeinde Panketal Neubau Grundschule an der Elbestraße Entwässerungskonzept
Auftraggeber	:	**Gemeinde Panketal** **Schönower Straße 105** **16341 Panketal**
Auftragnehmer	:	**IVU Ingenieurbüro für Versorgungs- und Umwelttechnik GmbH** OT Mühlenbeck Am Hasensprung 11a 16567 Mühlenbecker Land
Bearbeiter	:	Herr **Stolzenburg** Herr Dipl.-Ing. **Bartholomäi**
IVU-Auftrags-Nr.	:	**147801**

Aufgestellt: IVU GmbH
Mühlenbeck, den 08.03.2021

Inhaltsverzeichnis

1.Aufgabenstellung 3
2. Hydrogeologische Betrachtung 4
3. Rückhaltung des Regenwassers 5
3.1 Wahl des Regenereignis 5
3.2 Flächen und Abflussbeiwerte 6
3.3 Bemessung von Regenrückhalteräumen nach DIN 1986-100 / DWA-A 138 7
3.4 Überflutungsnachweis nach DIN 1986-100 7
3.5 Ergebnisse zur Regenrückhaltung 8
3.6 Betrachtung weiterer Regenereignisse 8
3.7 unbefestigte Oberflächen 9
4. Technische Lösungen 10
4.1 Rigolen 10
4.2 Regenrückhalte-/Versickerungsbecken 11
5. Dachanlagen 13
5.1 Gründächer 13
5.2 Blue roof 14
5.3 Gründach + blue roof 15
6. Zusammenfassung 16
7. Schlusswort 16
8. Quellverzeichnis 17

Anlagenverzeichnis

Anlage 1.1 Übersicht: Speichervolumina für versiegelte Flächenanteile in Abhängigkeit des Bemessungsregens

Anlage 1.2 Übersicht: anfallende Stauvolumina auf Dächern in Abhängigkeit des Bemessungsregens

Anlage 1.3 Übersicht: Rückhaltevolumina für unbefestigte Flächenanteile in Abhängigkeit des Bemessungsregens

Anlage 1.4 Übersicht: Speichervolumina von Regenrückhaltebecken

Anlage 1.5 Übersicht: erforderliche Speichervolumina der Versickerungsanlage in Abhängigkeit von Gründächern

Anlage 1.6 Übersicht: erforderliche Speichervolumina der Versickerungsanlage in Abhängigkeit vom "blue roof"

1.Aufgabenstellung

Die Gemeinde Panketal plant zwischen der Elbestraße und der Ladestraße den Bau eines neuen Schulkomplexes. Der vorgesehene Bebauungsbereich erstreckt sich über die Flurstücke 334/6 bzw. 334/7 der Flur 003 innerhalb der Gemarkung Zepernick und umfasst dabei eine Fläche von ca. 34.500 m². Für das Bauvorhaben sind u.a. mehrere Schul- und Kitagebäude, Park- bzw. Stellplätze, Verkehrsflächen, ein Sportgelände und ein Aufenthaltsbereich für Jugendliche vorgesehen. Der Gemeinde Panketal liegen mehrere Entwurfskonzepte des neuen Schulkomplexes vor. Allerdings konnte noch keine Vorzugsvariante ermittelt werden. Die genaue Anzahl, Lage und Größe der geplanten Errichtungen steht daher noch nicht fest.

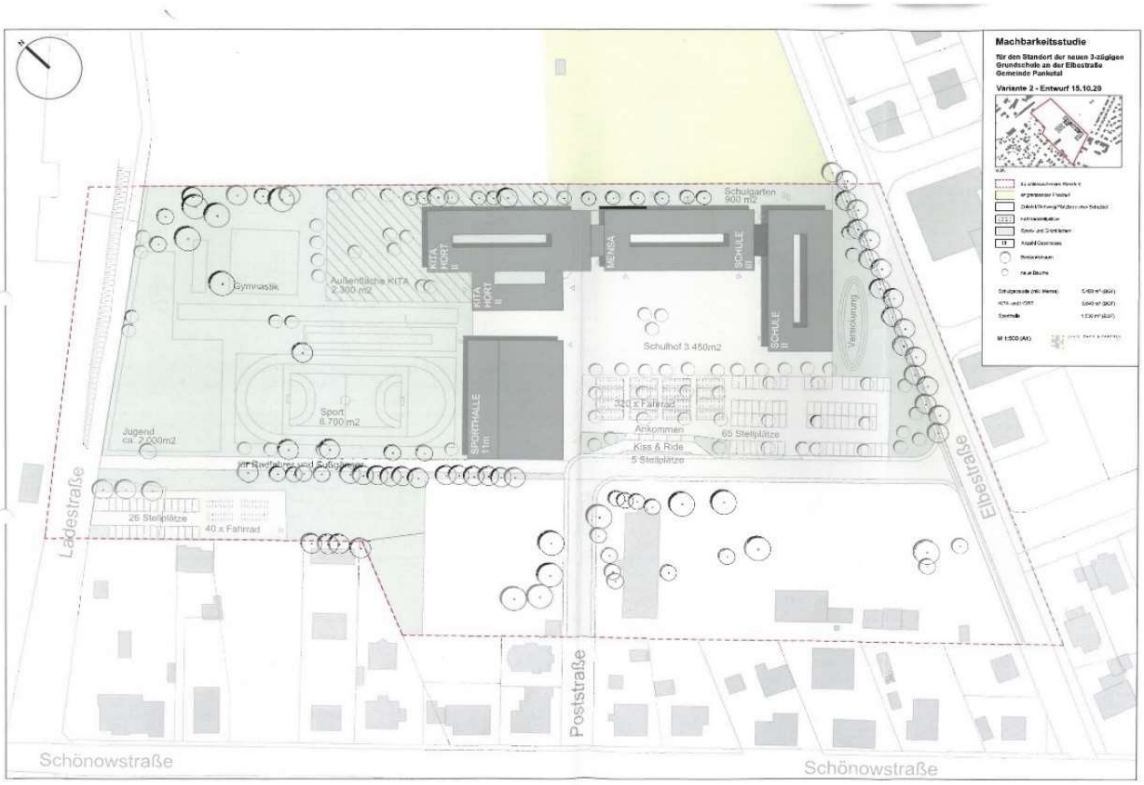

Abb. 1: Übersichtsplan einer Bebauungsvariante (Variante 2) des neuen Schulkomplexes

Im Rahmen der Aufstellung des Bebauungsplans soll für das Gelände zunächst ein Entwässerungskonzept erarbeitet werden. Innerhalb der Elbestraße befindet sich bereits ein Kanalsystem zur Regenwasserbeseitigung. Nach derzeitigem Wissensstand ist dieser Kanal allerdings bereits ausgelastet. Eine zusätzliche Einleitung der anfallenden Wassermengen des Schulbereichs in das Bestandskanalsystem könnte daher zu einer Überbelastung und somit zu einem Rückstau der Wassermengen führen. Um dennoch eine funktionsfähige Entwässerung innerhalb des geplanten Geländes zu gewährleisten, muss eine alternative Lösung gefunden werden. Da die anfallenden Niederschlagsanteile nicht in die bestehenden Systeme eingeleitet werden können, muss die Entwässerung auf dem Grundstück erfolgen. In diesem Bericht wird daher die mögliche Entwässerung des Schulbereichs mittels Versickerungsprozesse näher betrachtet.

Die Grundlage für die vorliegende Betrachtung stellt das Bebauungskonzept der Gemeinde mit dem höchsten Anteil versiegelter Oberflächen dar. Ebenfalls sind entsprechende Regenrückhalteräumen für Überflutungen im Falle starker Regenereignisse zu bestimmen.

Auf Basis der Berechnungsergebnisse sind entsprechende technische Lösungen zur Realisierung einer funktionsfähigen Entwässerungsanlage zu betrachten.

2. Hydrogeologische Betrachtung

Im Vorfeld der Planung des neuen Bebauungsbereichs wurde ein Gutachten zu den anstehenden Böden durch „Ingenieurbüro für Geotechnik Prof. Dr.-Ing. habil E. Weber GmbH“ erstellt. Die protokollierten Eigenschaften der Böden werden als Grundlage zur Auslegung einer Versickerungsanlage verwendet.

In der geotechnischen Stellungnahme vom 30.09.2020 wurde festgestellt, dass auf dem benachbarten Grund- bzw. Flurstück der Schönower Straße 102 ein Grundwasserstand von ca. 3,90 m bis 4,43 m Tiefe vorliegt. Der Grundwasserstand ist für die Auslegung einer möglichen Versickerungsanlage zu berücksichtigen.

Weiterhin wurden für das Bodengutachten zwölf Rammkernbohrungen für zwölf im Gelände befindliche Bereiche durchgeführt. In den hierzu erstellten Bohrprofilen wurden unterhalb der oberen Deckschichten (ca. 0,2 m bis 0,5 m) Schluff- bzw. Sand-Schluff-Schichten mit Tiefen bis zu 2,00 m festgestellt. Unterhalb dieser Schluffschichten wurden sandige Bodenschichten festgestellt.

Da die Wasserdurchlässigkeit der Böden einen entscheidenden Faktor zur Auslegung einer Versickerungsanlage darstellt, ist es notwendig die Durchlässigkeitswerte k_f der einzelnen Bodenschichten näher zu spezifizieren. Dem Bodengutachten sind folgende Angaben zu entnehmen:

<u>für Schluffschichten</u>

$k_f = 1{,}4 * 10^{-8}\ \frac{m}{s}$ bis $9{,}0 * 10^{-8}\ \frac{m}{s}$

<u>für Sandschichten</u>

$k_f = 2{,}4 * 10^{-4}\ \frac{m}{s}$ bis $9{,}1 * 10^{-5}\ \frac{m}{s}$

Nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 gelten nur Böden mit Wasserdurchlässigkeitswerten größer als $1{,}0 * 10^{-6}\ \frac{m}{s}$ für Versickerungsvorgänge als geeignet. Eine Versickerung des Niederschlagswassers durch die oberen Schluffschichten des Bodens kann daher nicht in Betracht gezogen werden.

Um eine funktionsfähige Entwässerung des Geländes mittels Versickerung dennoch gewährleisten zu können, müssen Ableitungen der anfallenden Wassermengen in die tieferen versickerungsfähigen Sandschichten vorgesehen werden.

3. Rückhaltung des Regenwassers

Um die Entwässerung auf dem Gelände sicher zu stellen, muss zunächst die Versickerungsanlage für das maßgebende Regenereignis entsprechend dimensioniert werden. In Abhängigkeit der örtlichen Eigenschaften der Böden, sowie der für die Versickerungsanlage zur Verfügung stehenden Fläche kann die erforderliche Speicherkapazität der Anlage bestimmt werden.

Darüber hinaus ist zu beachten, dass es bei einem extremen Regenereignis zu einer Überlastung der Versickerungsanlage kommen kann und ein zusätzlicher Rückhalteraum für den Fall einer Überflutung berücksichtigt werden muss

3.1 Wahl des Regenereignis

Für die Auslegung der Versickerungsanlage wird nach DWA-A 138 der Bemessungsregen mit einem Wiederkehrintervall von 5 Jahren verwendet. Die maßgebende Regendauer kann hierbei nicht pauschalisiert werden, sondern muss für den konkreten Einzelfall ermittelt werden.
Für den Überflutungsnachweis sind nach der DIN 1986-100 Regenereignisse mit einem Wiederkehrintervall von min. 30 Jahren zu betrachten. Da der Schulkomplex mit einem außergewöhnlichen Maß an Sicherheit bemessen werden sollte, wird der Überflutungsnachweis, neben dem 30-jährigen, ebenfalls für ein 100-jähriges Regenereignis durchgeführt. Die hierbei maßgebenden Regendauern sind ebenfalls für den Einzelfall zu bestimmen.

Die Grundlage zum vorliegenden Konzept bilden die Angaben zu den örtlichen Regenspenden. Die aktuellen KOSTRA-Datensätze des Deutschen Wetterdienstes (Kostra-DWD-2010R) werden hierbei verwendet. Die Regenspenden in Gebiet Panketal sind in der Tabelle 1 dargestellt:

Regendauer D	Regenspende r $[\frac{l}{s*ha}]$		
	T = 5 a	T = 30 a	T = 100 a
5 min	290,0	416,7	500,0
10 min	220,0	308,3	366,7
15 min	180,0	252,2	300,0
20 min	154,2	215,8	257,5
30 min	121,1	171,1	205,0
45 min	93,0	134,1	161,9
60 min	76,7	111,9	135,8
90 min	55,7	81,9	99,4
2 h	44,6	65,6	79,9
3 h	32,4	48,0	58,4
4 h	25,9	38,5	46,9
6 h	18,9	28,1	34,4
9 h	13,8	20,6	25,2
12 h	11,0	16,5	20,2
18 h	8,0	12,1	14,8
24 h	6,4	9,7	11,9
48 h	3,6	5,4	6,6
72 h	2,6	3,8	4,6

Tab. 1: DWD-Kostra-Daten für Gebiet Panketal

3.2 Flächen und Abflussbeiwerte

Für die Auslegung der Versickerungsanlage sowie die Betrachtung des Überflutungsnachweises ist es weiterhin notwendig, die Oberflächen des künftigen Schulkomplexes zu spezifizieren. Hierzu ist der mittlere Abflussbeiwert der jeweiligen Oberflächen nach DIN 1986-100 miteinzubeziehen.

Die befestigten und unbefestigten Anteile sind zu differenzieren. Die folgende Tabelle 2 stellt die versiegelten Flächenanteile dar. Für die Größenangaben der Teilflächen wurden die Angaben der Gemeinde Panketal zum Bebauungskonzepts mit dem aktuell höchsten Anteil versiegelter Oberflächen verwendet. Für die Dächer des Komplexes werden zunächst die Abflussbeiwerte für konventionelle Schräg- bzw. Flachdachvarianten angesetzt.

Bezeichnung	Größe	Art	mittlerer Abflussbeiwert	abflusswirksame Fläche
Schule	5.096,00 m²	Schräg-/Flachdach	0,9	4.586,40 m²
Sporthalle	1.700,00 m²	Schräg-/Flachdach	0,9	1.530,00 m²
Kita	1.800,00 m²	Schräg-/Flachdach	0,9	1.620,00 m²
Straße	3.600,00 m²	Asphalt	0,9	3.240,00 m²
Abstell. Kfz	2.100,00 m²	Pflaster	0,7	1.470,00 m²
Abstell. Rad	248,00 m²	Pflaster	0,7	173,60 m²
Jugendplatz	2.000,00 m²	Pflaster	0,7	1.400,00 m²
Kita - außen	1.500,00 m²	Pflaster	0,7	1.050,00 m²
Hort - außen	3.000,00 m²	Pflaster	0,7	2.100,00 m²
Sportfläche	4.330,00 m²	Tartan	0,2	866,00 m²
Gesamt	**25.374,00 m²**			**18.036,00 m²**

Tab. 2: Flächenangaben für befestigte Oberflächen bzgl. der Bebauungsvariante des neuen Schulkomplexes mit dem höchsten Anteil versiegelter Flächen

Es ist zu beachten, dass die Angaben des Abflussbeiwerts nach DIN 1986-100 nur für Regenereignisse mit einem Wiederkehrintervall von max. 5 Jahren zulässig sind. Für Berechnungen mit Regenereignissen, bei denen T > 5 a ist, gilt aufgrund des an der Oberfläche auftretenden Wasserstaus ψ = 1.

Mit den definierten Größen der Regenspenden bzw. der abflusswirksamen Teilflächen ist es möglich, die anfallenden Niederschlagsmengen näher zu bestimmen. Nach dem Arbeitsblatt DWA A-138 gilt:

$$V = \sum_i \left(\frac{A_i}{10.000,00} * \ \psi_i\right) * r_{D;T} * D * 0{,}06$$

mit:

V - anfallende Regenwassermenge im Entwässerungsgebiet [m³]

A_i - Teilfläche des Entwässerungsgebiets [m²]

ψ_i - mittlerer Abflussbeiwert der Teilfläche Ai

D - Regendauer [min]

T - Wiederkehrzeit [a]

$r_{D,T}$ - Regenspende [$\frac{l}{s*ha}$]

3.3 Bemessung von Regenrückhalteräumen nach DIN 1986-100 / DWA-A 138

Mit den Regenspenden und den Angaben zur Wasserdurchlässigkeit des Bodens kann man die erforderliche Speicherkapazität der Versickerungsanlage nach DWA-A 138 rechnerisch wie folgt bestimmen:

$$V = (Q_{zu} - Q_S) * D * 60 * f_z * f_a$$

mit:

V - erf. Speicherkapazität der Versickerungsanlage [m³]

Q_{zu} - Zufluss im Regenereignis[m³/s]

Q_s - Versickerungsrate [m³/s]

D - Regendauer [min]

f_z - Zuschlagsfaktor nach DWA-A 117; f_z = 1,2 (geringes Risikomaß)

f_a - Abminderungsfaktor nach DWA-A 117; f_a = 1,0

Es ist hierbei zu beachten, dass ein entsprechender Zuschlagsfaktor f_z (hier f_z = 1,2) mitbetrachtet wird, um einer möglichen Unterbemessung der Versickerungsanlage vorzubeugen. Der Abminderungsfaktor f_a kann nach DWA-A 138 für Versickerungsvorgänge auf 1 gesetzt werden und ist somit für die Auslegung der Versickerungsanlage nicht relevant.

Der Drosselabfluss bzw. die Versickerungsrate ist von der Größe der Versickerungsfläche abhängig. Die Versickerungsfläche ist wiederum von den örtlichen Gegebenheiten und Möglichkeiten, z.B. der realisierbaren Grundfläche der Versickerungsanlage und der Einbindetiefe in die Sandschichten, abhängig und zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht exakt festzulegen. Daher kommen bei der Ermittlung des erforderlichen Speichervolumens folgende Versickerungsflächen zum Ansatz.

A_{S1} = 400,00 m² A_{S2} = 600,00 m²

3.4 Überflutungsnachweis nach DIN 1986-100

Für extreme Regenereignisse müssen die sich ergebenen Differenzen zwischen der auf den befestigten Flächen anfallenden Niederschlagsmengen und dem Speichervolumen der Versickerungsanlage schadlos auf dem Grundstück zurückgehalten werden. Die unschädliche Überflutung kann auf der Fläche des Grundstücks, z.B. durch Hochborde oder durch die Erweiterung der Versickerungsanlage bzw. zusätzliche Speicherelemente, erfolgen. Für die Bemessung der Rückhalteräume ist ein Bemessungsregen mit einem Wiederkehrintervall von min. 30 Jahren anzusetzen. Da der Schulkomplex mit einem außergewöhnlichen Maß an Sicherheit bemessen werden sollte, wird der Überflutungsnachweis, neben dem 30-jährigen, ebenfalls für ein 100-jähriges Regenereignis durchgeführt

Maßgebende Regendauern können nicht pauschalisiert werden und müssen für den konkreten Einzelfall ermittelt werden. Das Rückhaltevolumen wird nach der DIN 1986-100 wie folgt bestimmt:

$$V_{rück} = V_{T=30/100} - V_{speicher}$$

mit:

$V_{rück}$ - erf. Rückhaltevolumen im Überflutungsfall [m³]

$V_{T = 30/100}$ - max. anfallende Staumenge für Wiederkehrintervall T [m³]

$V_{speicher}$ - Summe aller Speicherelemente [m³]

Die Gesamtübersicht zu den anfallenden Staumengen für diverse Regendauern kann der Anlage 1.1 entnommen werden.

3.5 Ergebnisse zur Regenrückhaltung

In der Tabelle 3 wurden, auf Basis der vorhergehenden Annahmen, die ermittelten Volumina zur Speicherung bzw. Rückhaltung für Niederschlagsanteile zusammengefasst.

Die Speichermenge der Versickerungsanlage wird in Abhängigkeit der wirksamen Versickerungsfläche dargestellt. Weiterhin wurden Überflutungsnachweise für diese Anlagen mit Wiederkehrintervallen von 30 Jahren bzw. 100 Jahren durchgeführt. Die für den Überflutungsfall zusätzlichen notwendigen Rückhaltevolumina wurden in Abhängigkeit der erforderlichen Speichermenge der Versickerungsanlage ermittelt.

	erf. Speichervolumen $V_{speicher}$ einer Versickerungsanlage	**Rückhaltevolumen $V_{rück}$ im max. Überflutungsfall (T = 30 Jahre)**	**Rückhaltevolumen $V_{rück}$ im max. Überflutungsfall (T = 100 Jahre)**
A_{S1} = 400 m²	538 m³	839 m³	1.253 m³
A_{S2} = 600 m²	480 m³	745 m³	1.105 m³

Tab. 3: Angaben zu Speichervolumen der Versickerungsanlage und der Rückhaltevolumen im Überflutungsfall

Es ergibt sich eine erforderliche Speicherkapazität der Versickerungsanlage in Abhängigkeit der Versickerungsfläche von ca. 480,00 m³ bis 540,00 m³. Weiterhin sind zusätzliche Rückhalteräume für den Überflutungsfall der Größe von ca. 750,00 m³ - 840,00 m³ (für ein Wiederkehrintervall mit 30 Jahren) bzw. 1.100,00 m³ - 1.250,00 m³ (für ein Wiederkehrintervall mit 100 Jahren) zu berücksichtigen.

Die sich auf Grundlage des Bemessungsregen mit einer Jährlichkeit von 30 bzw. 100 Jahren ergebenden Rückhaltevolumina führen zu einem Einstau des Niederschlagwassers auf den versiegelten Oberflächen bis zu 3,5 cm (T = 30 Jahre) bzw. 4,5 cm (T = 100 Jahre). Es ist zu beachten, dass die Stauhöhen nur Idealwerte für eine auf den Oberflächen gleichmäßig verteilte Niederschlagsmenge darstellen.

3.6 Betrachtung weiterer Regenereignisse

Laut Aufgabenstellung sollen weitere Regenereignisse betrachtet werden. Die folgenden Bemessungsregen werden hierzu spezifiziert:

- **R_1** mit: T = 5 Jahre, D = 10 min
- **R_2** mit: T = 30 Jahre, D = 10 min
- **R_3** mit: T = 100 Jahre, D = 5 min

Die auftretenden Stauvolumina für die definierten Regenereignissen sind in der Tabelle 5 dem in vorangegangenen Abschnitten ermittelten Speichervolumen der Versickerungsanlage gegenübergestellt.

	Anfallende Staumenge R_1	**Anfallende Staumenge R_2**	**Anfallende Staumenge R_3**	**ermitteltes Speichervolumen der Versickerungsanlage**
A_{S1} = 400 m²	273 m³	550 m³	450 m³	**538 m³**
A_{S2} = 600 m²	266 m³	544 m³	447 m³	**480 m³**

Tab. 4: Gegenüberstellung der Stauvolumina bei R1/R2/R3 und dem Speichervolumen

Ein Vergleich zeigt, dass die anfallenden Stauvolumina der Regenereignisse R_1 und R_3 geringer ausfallen, als die nach DWA-A 138 ermittelte und erforderliche Speicherkapazität der Versickerungsanlage. Ein

Rückstau des Regenwassers im Falle dieser Regenereignisse ist nach einer Auslegung der Versickerungsanlage nach den gültigen Normen des DWA-Regelwerks damit nicht zu erwarten.

Für das Regenereignis R2 übersteigen das anfallenden Stauvolumina die nach DWA-A 138 ausgelegte Speicherkapazität der Versickerungsanlage.

3.7 unbefestigte Oberflächen

Neben der Entwässerung der befestigten Oberflächenanteile ist weiterhin die Niederschlagsrückhaltung für die unversiegelten Bereiche im vorgesehenen Gebiet zu gewährleisten. Unter Berücksichtigung der gesamten zur Verfügung stehenden Fläche innerhalb der Flurstücke 334/6 bzw. 334/7 von ca. 34.500 m² und der von der Gemeinde Panketal beabsichtigten versiegelten Baufläche von 25.374 m² kann der freie Flächenanteil näher bestimmt werden. Für die Freiflächen wird angenommen, dass es sich um flaches Gelände handelt, ein entsprechender mittlerer Abflussbeiwert von ψ = 0,1 wird nach DIN 1986-100 verwendet.

Bezeichnung	Größe	Fläche	mittlerer Abfluss-beiwert	abflusswirksame Fläche
unbefestige Flächen	9.126,00 m²	flaches Gelände	0,1	912,60 m²

Tab. 5: Flächenangaben für unversiegelte Oberflächenanteile im Schulkomplex

Das auf den unversiegelten Bereichen anfallende Regenwasser versickert aufgrund der anstehenden, bindigen Böden wiederum nur schlecht. Die Bildung von Wasserlachen im Falle eines Starkregens ist zu berücksichtigen. Um Überschwemmungen in den unbefestigten Arealen zu vermeiden, sind ebenfalls entsprechend dimensionierte Rückhalteräume im Gelände vorzusehen. Überflutungsnachweise werden nach der DIN 1986-100 wiederum mit Wiederkehrintervallen von 30 Jahren bzw. 100 Jahren durchzuführen.

In der Tabelle 7 wurden, auf Basis der vorhergehenden Annahmen, die ermittelten Volumina zur Rückhaltung des Niederschlags für die unbefestigte Oberfläche zusammengefasst. Weiterhin kann der Anlage 1.3 eine Übersicht zu den erforderlichen Rückhaltevolumina für unterschiedliche Bemessungsregen entnommen werden.

	Rückhaltevolumen für max. Überflutungsfall (T = 30 Jahre)	Rückhaltevolumen für max. Überflutungsfall (T = 100 Jahre))
A = 9.126 m²	951 m³	1.178 m³

Tab. 6: Angaben zu Rückhaltevolumina im Überflutungsfall

Die sich auf Grundlage des Bemessungsregens mit einer Jährlichkeit von 30 bzw. 100 Jahren ergebenden Rückhaltevolumina führen zu einem Flächeneinstau bis zu ca. 12 cm. Bei der Planung der Grünflächenanlagen sollte dies entsprechend, z.B. durch Mulden oder Hochborde, berücksichtigt werden.

4. Technische Lösungen

Für die Regenwasserrückhaltung stehen unterschiedliche technische Realisierungsmöglichkeiten zur Verfügung. Unabhängig von der Wahl der Entwässerungsanlage ist jedoch stets sicherzustellen, dass diese zu keiner Zeit eine Gefahr für in der Umgebung befindliche Einrichtungen darstellen. Ausreichend bemaßte Abstände zu anliegenden Bauten sind bei der Errichtung der Entwässerungsanlage ggf. einzuhalten. Die Verwendung von wasserdruckhaltenden Abdichtungen an entsprechenden Einrichtungen ist zwar möglich, generell sollte dennoch eine an Gebäuden angrenzende Errichtung von Versickerungsanlagen vermieden werden. Weiterhin ist zu beachten, dass nach dem Merkblatt DWA-M 153 bei grundsätzlich allen Entwässerungsvorgängen zu prüfen ist, ob eine Regenwasserbehandlung vor Eintritt in die Versickerungsanlage erforderlich ist.

Mit den ermittelten Speicherkapazitäten der Versickerungsanlage nach DIN 1986-100 bzw. den Arbeitsblättern des DWA können die min. erforderlichen Dimensionen bzw. Abmessungen einer möglichen Versickerungsanlage konkretisiert werden. Hierbei werden Rigolenanlagen bzw. ein Regenrückhaltebecken, ohne die Berücksichtigung weiterer Speicherelemente für den Überflutungsnachweis, betrachtet.

4.1 Rigolen

Rigolenanlagen stellen unterirdische quaderförmige Pufferspeicher dar, welche das Niederschlagswasser aufgrund ihrer Beschaffenheit nach unten bzw. teilweise durch die Seitenwände versickern lassen. Generell können Rigolen auch problemlos unter befestigte Bereiche verbaut werden.

Die Wartungsmöglichkeiten einer Rigole sind stark begrenzt. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die Regenversickerung langfristig durch Eintrag in die Anlage nachlässt. Um Verunreinigungen innerhalb der Anlage zu reduzieren, ist ein Schmutzfang in die Zuleitung zur Anlage mit einzuplanen. Zudem sollte eine Spülmöglichkeit zum Reinigen der Anlage berücksichtigt werden.

Die Versickerungsrate Qs einer Rigole lässt sich über die Geometrie der Anlage und dem Durchlässigkeitsbeiwert k_f des Bodens nach DWA-A 138 ermitteln.

$$Qs = \frac{1}{2} * k_f * A_s$$

Weiterhin kann die Versickerungsfläche A_s über die Geometrie der quaderförmigen Rigole bestimmt werden.

$$A_s = L * (b + \frac{1}{2} * h)$$

In Anbetracht der ermittelten erforderlichen Speichervolumina nach DIN 1986-100 bzw. DWA-A 138, ist davon auszugehen, dass das Breitenmaß b einer möglichen Rigolenanlage deutlich größer ausfällt, als das zugehörige Höhenmaß h der Anlage. Für großflächige Rigolen kann somit überschlägig angenommen werden, dass die Grundfläche A der Anlage gleich der Versickerungsfläche A_s ist.

$$A_s = L * \left(b + \frac{1}{2} * h\right) \approx L * b = A$$

Mit der Annahme kann das Höhenmaß h der Rigole in Abhängigkeit der Versickerungsfläche bestimmt werden. In Tabelle 8 wurden die Aufmaße zu den Anlagenhöhen zusammengefasst.

	erf. Speichermenge d. Versickerungsanlage	**resultierende Höhe d. Anlage**
A_{S1} = 400 m²	538 m³	**1,34 m**
A_{S2} = 600 m²	480 m³	**0,80 m**

Tab. 7: Höhenangaben zum Speicherelement der Versickerungsanlage

Je nach tatsächlicher Größe der für die Errichtung einer Rigolenanlage verfügbaren Fläche sind Anlagenhöhen von 0,8 m bis zu 1,40 m einzuplanen.

4.2 Regenrückhalte-/Versickerungsbecken

Regenrückhaltebecken sind i.d.R. oberirdische Becken zur Rückhaltung von Niederschlagswasser. Die offenen Becken ermöglichen aufgrund der Erdbauweise naturnahe Gestaltungen und weisen im Vergleich zu anderen Speicherelementen oftmals geringere Baukosten auf.

Um die möglichen Dimensionen des Beckens zur Grundstücksentwässerung besser einschätzen zu können, sind zunächst einige Annahmen zur baulichen Gestaltung des Beckens zu treffen.

1. Tiefe der Zuleitung

Die Tiefenlage der Zuleitung ins Rückhaltebecken stellt den zur maximalen Speicherung höchsten Wasserfüllstand dar. Eine Überschreitung führt zu einem Rückstau des Regenwassers. In Anbetracht der Größe des Entwässerungsgebietes und einem zu berücksichtigen Gefälle des Leitungssystems wird die Tiefenlage des Zuflusses auf 1,50 m (Rohrunterkante) unterhalb der Geländeoberkante abgeschätzt.

2. Tiefe der Beckensohle

Die maximale mögliche bzw. zulässige Sohltiefe des Beckens wird durch den Grundwasserstand (ca. 3,90 m bis 4,30 m im Schulareal) definiert. Auf Basis des erstellten Bodengutachtens und einem Mindestabstand zwischen der Beckensohle und dem Grundwasserstand von 1,00 m wird für die Sohltiefe des Beckens ein Maß von 3,00 m unterhalb der Geländeoberkante abgeschätzt.

3. Geometrie des Beckens

Für den Grundriss des Beckens wird eine Kreisfläche angesetzt, da diese die geometrisch kompakteste Bauvariante darstellt. Die resultierende Speicherkapazität des Beckens kann, bedingt durch eine allseitig vorhandene Böschung, über die Volumenformel eines Kegelstumpfes berechnet werden.

$$V = \frac{h*\pi}{3} * ({r_1}^2 + r_1 * r_2 + {r_2}^2)$$

mit:

V - Speichervolumen des Rückhaltebeckens [m³]

h - max. Höhe des Wasserstands im Becken ohne Rückstau [m]; h = 1,5 m

r_1 - Radius der Kreisfläche auf Höhenlage des Zuflusses [m]

r_2 - Radius der Kreisfläche auf Höhenlage der Beckensohle [m]

4. Böschung des Beckens

Es wird angenommen, dass ein allseitiges Böschungsverhältnis von 1:2, beginnend von der Geländeoberkante, vorliegt. Unter Berücksichtigung des max. Wasserstand im Becken ohne auftretenden Rückstau (2,50 m von Sohle bis Höhe des Zulaufs) ergibt sich ein Verhältnis bzgl. r_1 und r_2.

$$r_1 = r_2 + 3{,}0\ m$$

5. Versickerungsfläche

Überschlägig wird angenommen, dass die Versickerungsfläche der Anlage mit der Kreisfläche des Beckens bei 50% des max. Wasserstands ohne Rückstau (h = 0,75) gleichzusetzen ist. Über das Böschungsverhältnis ergibt sich somit folgender Ansatz für die Versickerungsfläche

$$A_s = \pi * (r_1 - 1{,}5\ m)^2$$

Mit den Annahmen und die daraus resultierenden Volumina des Beckens kann eine Gegenüberstellung mit den nach DIN 1986-100 bzw. DWA-A 117/138 erforderlichen Speichervolumina einer Versickerungsanlage in Abhängigkeit der Versickerungsfläche erfolgen. Zudem kann die, für die Errichtung des Rückhaltebeckens, benötigte bzw. einzuplanende Bebauungsfläche konkretisiert werden.

	Grundfläche des Rückhaltebeckens bzgl. der GOK	Speichermenge des Rückhaltebeckens	erf. Speichermenge einer Versickerungsanlage nach DWA-A 117 / 138
As = 300 m²	**640 m²**	454 m³	580 m³
As = 350 m²	**712 m²**	529 m³	557 m³
As = 400 m²	**783 m²**	604 m³	538 m³
As = 450 m²	**852 m²**	679 m³	518 m³
As = 500 m²	**920 m²**	754 m³	504 m³

Tab. 8: Angaben zur Errichtung eines Rückhaltebeckens

Die Gegenüberstellung der fixen Speicherräume des Rückhaltebeckens mit den erforderlichen Speichermengen nach DWA – A 117/138 zeigt, dass die Grundfläche (GOK-Niveau) eines Versickerungsbeckens in geometrisch kompakter Form mindestens ca. 780 m² betragen muss. Eine Unterbemessung der Anlage würde dazu führen, dass Überflutungen innerhalb des Schulkomplexes bereits bei schwächeren Regenereignissen, bedingt durch die geringe Speicherkapazität der Anlage und den somit frühzeitig einsetzenden Rückstau des anfallenden Niederschlags, auftreten könnten.

5. Dachanlagen

Um die geplante Versickerungsanlage zu entlasten, können Dachanlagen mit zusätzlichen Regenwasserrückhaltungen versehen werden. Zusätzlich anfallende Gewichte sind bei der Planung der Dachkonstruktion zu berücksichtigen.

Im Folgenden werden unterschiedliche Arten der Rückhaltung von Niederschlägen auf Dachflächen betrachtet. Um den höchsten Einfluss bzw. Entlastung auf die Hauptversickerungsanlage des Schulkomplexes darzustellen, wird angenommen, dass eine vollständige Umgestaltung aller aus dem Bebauungsplan hervorgehenden Dachflächen vorgesehen wird.

5.1 Gründächer

Gründächer sind mit Vegetationsflächen versehen. Hierbei können z.B. Moose, Bodendecker oder auch Bäume auf die Dachfläche integriert werden. Die Gründächer besitzen durch die vorhandene Bepflanzung entsprechende Pufferspeicher. Die Pufferwirkung der Gründächer ist allerdings stark begrenzt und i.d.R. nur bei kleineren Regenereignissen von Bedeutung.

Nach der DIN 1986-100 können die mittleren Abflussbeiwerte für begrünte Dachflächen in Abhängigkeit der Aufbaudicke der Begrünung angegeben werden. Um wiederum die höchstmögliche Niederschlagsrückhaltung darzulegen, wird das Errichten einer Intensivbegrünung (mit Aufbaudicke > 30 cm) betrachtet. Der mittlere Abflussbeiwert ist dabei mit $\psi = 0{,}1$ anzusetzen.

Durch die Anpassung des Abflussbeiwerts ergibt sich eine neue und für die Versickerungsanlage relevante abflusswirksame Fläche.

Bezeichnung	Größe	Fläche	mittlerer Abflussbeiwert	abflusswirksame Fläche
Schule	5.096,00 m²	Gründach	0,1	509,60 m²
Sporthalle	1.700,00 m²	Gründach	0,1	170,00 m²
Kita	1.800,00 m²	Gründach	0,1	180,00 m²
Rest aus Tab. 2	16.778,00 m²			10.299,60 m²
Gesamt	**25.374,00 m²**			**11.159,20 m²**

Tab. 9: Flächenangaben nach Auslegung als Gründachanlagen

Analog zu den Abschnitten 3.2 bis 3.4 kann das für die Versickerungsanlage erforderliche Speichervolumen dargestellt werden. Eine Zusammenfassung wird in der Tabelle 9 dargestellt.

	erf. Speichermenge der Versickerungsanlage ohne Gründach	erf. Speichermenge der Versickerungsanlage mit Intensivbegrünung
A_{S1} = 400 m²	538 m³	291 m³
A_{S2} = 600 m²	480 m³	252 m³

Tab. 10: Vergleich der erf. Speichervolumina der Versickerungsanlage mit bzw. ohne Verwendung von begrünten Dachanlagen

Es ist zu beachten, dass die Angaben des Abflussbeiwerts laut der DIN 1986-100 wiederum nur für Regenereignisse mit Wiederkehrintervallen bis zu 5 Jahren gültig sind. Die Gründächer bieten bei stärkeren Regenereignisse daher keine zusätzliche Regenrückhaltung.

5.2 Blue roof

Mit einem „blue roof“ werden die auf den Dachflächen anfallenden Niederschlagsmengen aufgefangen und kurzzeitig gespeichert. Auf dem Dach befindliche Füllkörper werden eingestaut und eine gedrosselte Abgabe der Regenmengen erfolgt. Der Ablaufstrom in den Drosselelementen kann auf ca. 0,1 $\frac{l}{s}$ eingestellt werden. Überschlägig sollte davon ausgegangen werden, dass je 500 m² Dachfläche eine Ablaufdrossel vorgesehen wird. Der mittlere Abflussbeiwert bei Verwendung eines „blue roof“ wird, analog zu herkömmlichen Flach- bzw. Schrägdächern, mit ψ = 0,9 angenommen.

Für die Berechnung des Speichervolumens mittels „blue roof“ kann wiederum folgender Ansatz nach DWA-A 138 verwendet werden:

$$V = (Q_{zu} - Q_{dr}) * D * 60 * f_z * f_a$$

mit:

V - erf. Speicherkapazität der Dachanlage [m³]

Q_{zu} - Zuflussstrom im Regenereignis [m³/s]

Q_{dr} - Drosselrate im Regenereignis [m³/s]; 17 Drosseln je 0,1 $\frac{l}{s}$ Ablauf

D - Regendauer [min]

f_z - Zuschlagsfaktor nach DWA-A 117; f_z = 1,2 (geringes Risikomaß)

f_a - Abminderungsfaktor nach DWA-A 117; entfällt

Um die Dimensionen zur Speicherung mittels „blue roof“ besser einzuschätzen, sind in Anlage 1.2 bzw. 1.6 die notwendigen Speichervolumina, zum vollständigen zwischenzeitlichen Einstauen des Niederschlagwassers ohne Überlaufen der Füllkörper, in Abhängigkeit des Bemessungsregens, dargestellt. Das dabei maximal erforderliche Speichervolumen stellt sich bei einem Regenereignis mit einem Wiederkehrintervall von 100 Jahren und einer Regendauer von 24 Stunden ein.

Mit der zwischenzeitlichen Speicherung der Niederschlagsmengen mittels „blue roof“ wird die nach DIN 1986-100 ausgelegte Versickerungsanlage entlastet. Der Einfluss der Dachkonstruktion auf die erforderliche Speicherkapazität der Versickerungsanlage sowie der zugehörige Speicherraum des „blue roof“ werden in Tabelle 10 dargestellt.

	erf. Speichermenge der Versickerungsanlage (ohne „blue roof“)	**erf. Speichermenge der Versickerungsanlage (mit „blue roof“)**	**erf. Speichermenge der Dachanlage (mit „blue roof“)**
A_{S1} = 400 m²	538 m³	270 m³	353 m³
A_{S2} = 600 m²	480 m³	231 m³	353 m³

Tab. 11: Vergleich der erf. Speichervolumina der Versickerungsanlage mit bzw. ohne Verwendung eines „blue roof“

Unabhängig von der Wahl der Größe von möglichen Speicherräumen auf dem Dach ist sicherzustellen, dass es zu keinem Zeitpunkt zu einem unkontrollierbaren Abfluss des Regenwassers kommt. Zusätzliche Ableitungen, um eine entsprechende Notentwässerung nach DIN 1986-100 zu gewährleisten, sind bei der Dachgestaltung zu berücksichtigen.

5.3 Gründach + blue roof

Die Bauvariante aus Gründach und „blue roof“ kann ebenfalls zur Rückhaltung des Niederschlags verwendet werden. Im Gegensatz zum „blue roof“ bietet die Kombination beider Varianten durch die Grünfläche einen Erholungscharakter und vergleichsweise hohe gestalterische Freiheiten. Es ist zu beachten, dass diese Variante, durch die Begrünung und die Wasserstaumengen, die statisch höchste Beanspruchung für die Dachkonstruktion darstellt.

Die Kombination beider Regenrückhaltungen bietet die gleiche Entlastung für die Versickerungsanlage, wie das einfache „blue roof“, allerdings kann der zugehörige Speicher- bzw. Stauraum auf dem Dach durch die Begrünung und dem verringerten Abflussbeiwert reduziert werden. Bei einer zusätzlichen Extensivbegrünung (ψ=0,3) kann die Speicherkapazität auf dem Dach auf 86 m³ reduziert werden. Bei einer Intensivbegrünung (ψ=0,1) ist eine Reduzierung des Speichers bis auf 21 m³ möglich.

Es ist wiederum zu beachten, dass dieser nach der DIN 1986-100 nur für Regenereignisse mit Wiederkehrintervallen bis zu 5 Jahren gültig ist.

6. Zusammenfassung

Auf der Grundlage der Angaben des Deutschen Wetterdienstes zu den örtlichen Regenspenden im Gebiet Panketal und dem erstellten Bodengutachten im Bereich des neuen Schulkomplexes wurden die Dimensionen von erforderlichen Speicherräumen von Versickerungsanlagen sowie von Regenrückhalteräume im Überflutungsfall ermittelt und dargestellt. Die Betrachtungen erfolgten für befestigte und unbefestigte Oberflächenanteile.

Unter Berücksichtigung der ermittelten Speichervolumina für Versickerungsanlage wurden technische Lösungen zur Umsetzung der Entwässerungen näher betrachtet. Die Entwässerung des Komplexes durch Errichtung einer Rigolenanlage ist hierbei realisierbar. Das unterirdische Bauwerk stellt zudem nur geringe Einschränkungen für die oberirdische Bebauungen bzw. Oberflächengestaltung dar. Je nach Wahl zur Größe des endgültigen Versickerungsbereiches sollten realistische Anlagenhöhen bzgl. der Rigole von 0,80 m bis 1,60 m vorgesehen werden. Weiterhin wurde die Errichtung eines Regenrückhaltebecken näher betrachtet. Unter der Annahme, dass das Versickerungsbecken in geometrisch kompakter Form sowie mit einem Böschungsverhältnis von 1:2 errichtet wird, ist unter Berücksichtigung der Errichtung von Sicherheitsräumen, Abstandsflächen und Geländeübergängen eine Retentionsfläche von ca. 1.500 m² erforderlich.

Neben den Betrachtungen zur Entwässerung der befestigten Oberflächen im Komplex wurde ebenfalls festgestellt, das entsprechende Regenrückhaltungen in den unversiegelten Bereichen erfolgen müssen. Für die Planung zur Gestaltung der Bereiche sollten daher entsprechende Rückhalteräume für Überflutungsfälle (z.B. Mulden) berücksichtigt werden.

Zusätzlich wurde der Einfluss von unterschiedlichen Gestaltungsmöglichkeiten der Dachflächen dargestellt. So ist es durch die Errichtung eines Gründachs oder „blue roof“ möglich, die Versickerungsanlage teilweise stark zu entlasten. Gründächer stellen naturnahe Alternativen zur Regenrückhaltung von schwächeren Regenereignissen dar, während sich ein „blue roof“ durch die zusätzliche Speichermöglichkeit mit geregeltem Ablauf für alle Regenereignisse auszeichnet. Für beide Gestaltungsmöglichkeiten sind jedoch die zusätzlich statischen Belastungen in die Planung der zur Statik des Gebäudes mit einzukalkulieren.

7. Schlusswort

Die in diesem Bericht ermittelten Angaben beziehen sich auf den aktuellen Bebauungsentwurf der Gemeinde Panketal mit der höchsten Bebauungsdichte. Da dieses Baukonzept jedoch noch nicht die endgültigen Festlegungen der Gemeinde Panketal darstellen, ist nach der letztendlichen Entscheidung des Auftraggebers zum Bebauungskonzept nochmals zu prüfen, ob weitere spezifischere Betrachtungen bzgl. der Grundstücksentwässerung vorgenommen werden sollen.

Weiterhin ist zu beachten, dass die in diesem Bericht angenommenen Angaben zum Grundwasserstand, laut dem Bodengutachten „Ingenieurbüro f. Geotechnik Prof. Dr.-Ing. habil E. Weber GmbH“ vom 30.09.2020, nur Abschätzungen auf Grundlage einer Vermessung der benachbarten Grundstücke vom Dezember 2018 darstellen. Nach der Entscheidungsfindung sollten die tatsächlichen und maßgebenden Grundwasserstände nochmals mit der zuständigen Unteren Wasserbehörde abgestimmt werden.

8. Quellverzeichnis

(1) DIN 1986-100 Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke
Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056

(2) DWA Regelwerk: Merkblatt DWA M 153: Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, August 2007

(3) DWA Regelwerk: Arbeitsblatt DWA-A 117: Bemessung von Regenrückhalteräumen, April 2006

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

(5) Geotechnische Stellungnahme - Bodengutachten, „Ingenieurbüro für Geotechnik Prof. Dr.-Ing. habil E. Weber GmbH“, 30.09.2020

(6) KOSTRA, Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertungen vom Deutschen Wetterdienst, 2010

Ingenieurbüro für Versorgungs- und Umwelttechnik GmbH

Anlage 1.1: Übersicht: Speichervolumina für versiegelte Flächenanteile in Abhängigkeit des Bemessungsregens

Wiederkehrzeit T		5 Jahre (Berücksichtigung des mittleren Abflussbeiwerts)																	
Regendauer D		D = 5 min	D = 10 min	D = 15 min	D = 20 min	D = 30 min	D = 45 min	D = 60 min	D = 90 min	D = 2 h	D = 3 h	D = 4 h	D = 6 h	D = 9 h	D = 12 h	D = 18 h	D = 24 h	D = 48 h	D = 72 h
Regenmenge V		156,9 m³	238,1 m³	292,2 m³	333,7 m³	393,1 m³	452,9 m³	498,0 m³	542,5 m³	579,2 m³	631,1 m³	672,7 m³	736,3 m³	806,4 m³	857,1 m³	935,0 m³	997,3 m³	1122,0 m³	1215,5 m³
Sicker-fläche As*	50 m²	187,5	284,1	348,2	397,2	466,9	536,1	587,8	636,2	675,4	727,9	767,9	824,6	879,3	910,5	945,1	960,9	874,6	751,0
	100 m²	186,7	282,4	345,7	393,9	462,0	528,7	578,0	621,5	655,7	698,4	728,6	765,6	790,8	792,6	768,2	725,0	402,9	43,3
	150 m²	185,8	280,8	343,2	390,7	457,0	521,3	568,1	606,8	636,0	668,9	689,3	706,7	702,4	674,7	591,3	489,2	0,0	0,0
	200 m²	185,0	279,1	340,8	387,4	452,1	514,0	558,3	592,0	616,4	639,4	650,0	647,7	613,9	556,7	414,4	253,3	0,0	0,0
	250 m²	184,2	277,5	338,3	384,1	447,2	506,6	548,5	577,3	596,7	609,9	610,6	588,7	525,5	438,8	237,5	17,4	0,0	0,0
	300 m²	183,4	275,9	335,9	380,8	442,3	499,2	538,6	562,5	577,1	580,4	571,3	529,8	437,0	320,9	60,6	0,0	0,0	0,0
	350 m²	182,6	274,2	333,4	377,6	437,4	491,9	528,8	547,8	557,4	551,0	532,0	470,8	348,5	202,9	0,0	0,0	0,0	0,0
	400 m²	181,7	272,6	331,0	374,3	432,5	484,5	519,0	533,0	537,8	521,5	492,7	411,8	260,1	85,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	450 m²	180,9	270,9	328,5	371,0	427,6	477,1	509,2	518,3	518,1	492,0	453,4	352,8	171,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	500 m²	180,1	269,3	326,0	367,7	422,6	469,8	499,3	503,6	498,4	462,5	414,1	293,9	83,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	550 m²	179,3	267,7	323,6	364,4	417,7	462,4	489,5	488,8	478,8	433,0	374,8	234,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	600 m²	178,5	266,0	321,1	361,2	412,8	455,0	479,7	474,1	459,1	403,5	335,5	175,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Wiederkehrzeit T		30 Jahre																	
Regendauer D		D = 5 min	D = 10 min	D = 15 min	D = 20 min	D = 30 min	D = 45 min	D = 60 min	D = 90 min	D = 2 h	D = 3 h	D = 4 h	D = 6 h	D = 9 h	D = 12 h	D = 18 h	D = 24 h	D = 48 h	D = 72 h
Regenmenge V		317,2 m³	469,4 m³	575,9 m³	657,1 m³	781,5 m³	918,7 m³	1022,2 m³	1122,2 m³	1198,5 m³	1315,4 m³	1406,7 m³	1540,1 m³	1693,6 m³	1808,7 m³	1989,5 m³	2126,5 m³	2367,7 m³	2499,2 m³
Sicker-fläche As*	50 m²	379,8	561,6	688,7	785,2	932,8	1095,1	1216,8	1331,9	1418,5	1549,0	1648,8	1789,2	1943,8	2052,5	2210,5	2316,0	2369,5	2291,5
	100 m²	379,0	560,0	686,2	782,0	927,9	1087,7	1206,9	1317,1	1398,8	1519,5	1609,5	1730,2	1855,4	1934,5	2033,6	2080,1	1897,8	1583,9
	150 m²	378,2	558,3	683,8	778,7	923,0	1080,3	1197,1	1302,4	1379,2	1490,0	1570,1	1671,2	1766,9	1816,6	1856,7	1844,2	1426,0	876,2
	200 m²	377,4	556,7	681,3	775,4	918,1	1073,0	1187,3	1287,7	1359,5	1460,5	1530,8	1612,2	1678,5	1698,6	1679,8	1608,4	954,3	168,6
	250 m²	376,5	555,1	678,8	772,1	913,2	1065,6	1177,5	1272,9	1339,9	1431,0	1491,5	1553,3	1590,0	1580,7	1502,9	1372,5	482,5	0,0
	300 m²	375,7	553,4	676,4	768,8	908,3	1058,2	1167,6	1258,2	1320,2	1401,6	1452,2	1494,3	1501,6	1462,8	1326,0	1136,6	10,8	0,0
	350 m²	374,9	551,8	673,9	765,6	903,4	1050,9	1157,8	1243,4	1300,6	1372,1	1412,9	1435,3	1413,1	1344,8	1149,1	900,7	0,0	0,0
	400 m²	374,1	550,1	671,5	762,3	898,5	1043,5	1148,0	1228,7	1280,9	1342,6	1373,6	1376,4	1324,7	1226,9	972,2	664,9	0,0	0,0
	450 m²	373,3	548,5	669,0	759,0	893,5	1036,1	1138,1	1214,0	1261,3	1313,1	1334,3	1317,4	1236,2	1109,0	795,3	429,0	0,0	0,0
	500 m²	372,5	546,9	666,6	755,7	888,6	1028,7	1128,3	1199,2	1241,6	1283,6	1295,0	1258,4	1147,8	991,0	618,4	193,1	0,0	0,0
	550 m²	371,6	545,2	664,1	752,5	883,7	1021,4	1118,5	1184,5	1221,9	1254,1	1255,6	1199,5	1059,3	873,1	441,5	0,0	0,0	0,0
	600 m²	370,8	543,6	661,6	749,2	878,8	1014,0	1108,7	1169,7	1202,3	1224,7	1216,3	1140,5	970,9	755,2	264,6	0,0	0,0	0,0

Wiederkehrzeit T		100 Jahre																	
Regendauer D		D = 5 min	D = 10 min	D = 15 min	D = 20 min	D = 30 min	D = 45 min	D = 60 min	D = 90 min	D = 2 h	D = 3 h	D = 4 h	D = 6 h	D = 9 h	D = 12 h	D = 18 h	D = 24 h	D = 48 h	D = 72 h
Regenmenge V		380,6 m³	558,3 m³	685,1 m³	784,1 m³	936,3 m³	1109,2 m³	1240,5 m³	1362,0 m³	1459,7 m³	1600,4 m³	1713,7 m³	1885,4 m³	2071,7 m³	2214,2 m³	2433,5 m³	2608,9 m³	2893,9 m³	3025,4 m³
Sicker-fläche As*	50 m²	455,9	668,3	819,7	937,6	1118,6	1323,6	1478,8	1619,6	1732,0	1891,0	2017,1	2203,5	2397,6	2539,1	2743,3	2894,8	3000,9	2922,9
	100 m²	455,1	666,7	817,2	934,3	1113,7	1316,3	1468,9	1604,9	1712,3	1861,5	1977,8	2144,5	2309,2	2421,2	2566,4	2658,9	2529,1	2215,2
	150 m²	454,3	665,0	814,7	931,0	1108,8	1308,9	1459,1	1590,1	1692,7	1832,0	1938,5	2085,6	2220,7	2303,3	2389,4	2423,0	2057,4	1507,6
	200 m²	453,5	663,4	812,3	927,8	1103,9	1301,5	1449,3	1575,4	1673,0	1802,5	1899,1	2026,6	2132,3	2185,3	2212,5	2187,1	1585,6	800,0
	250 m²	452,6	661,7	809,8	924,5	1099,0	1294,2	1439,4	1560,7	1653,4	1773,0	1859,8	1967,6	2043,8	2067,4	2035,6	1951,3	1113,9	92,4
	300 m²	451,8	660,1	807,4	921,2	1094,1	1286,8	1429,6	1545,9	1633,7	1743,6	1820,5	1908,7	1955,4	1949,5	1858,7	1715,4	642,2	0,0
	350 m²	451,0	658,5	804,9	917,9	1089,2	1279,4	1419,8	1531,2	1614,1	1714,1	1781,2	1849,7	1866,9	1831,5	1681,8	1479,5	170,4	0,0
	400 m²	450,2	656,8	802,5	914,7	1084,2	1272,0	1410,0	1516,4	1594,4	1684,6	1741,9	1790,7	1778,5	1713,6	1504,9	1243,6	0,0	0,0
	450 m²	449,4	655,2	800,0	911,4	1079,3	1264,7	1400,1	1501,7	1574,8	1655,1	1702,6	1731,8	1690,0	1595,7	1328,0	1007,8	0,0	0,0
	500 m²	448,5	653,6	797,5	908,1	1074,4	1257,3	1390,3	1486,9	1555,1	1625,6	1663,3	1672,8	1601,6	1477,7	1151,1	771,9	0,0	0,0
	550 m²	447,7	651,9	795,1	904,8	1069,5	1249,9	1380,5	1472,2	1535,4	1596,1	1624,0	1613,8	1513,1	1359,8	974,2	536,0	0,0	0,0
	600 m²	446,9	650,3	792,6	901,6	1064,6	1242,6	1370,6	1457,5	1515,8	1566,7	1584,6	1554,9	1424,7	1241,9	797,3	300,2	0,0	0,0

* Angabe der Speichervolumina in m³

* für die Berechnung der Sickerrate wurde ein Durchlässigkeitswert von kf = 0,000091 m/s verwendet.

* für die Berechnung wurde ein Zuschlagsfaktor fz = 1,2 und ein Abminderungsfaktor fa = 1,0 verwendet.

Betrachtung Speichervolumina nach Aufgabenstellung

erforderliche Speichervolumina nach DWA-A 117 / DWA-A 138

notwendige Speichervolumina für max. Lastfall (für 30 Jahre u. 100 Jahre)

Ingenieurbüro für Versorgungs- und Umwelttechnik GmbH

Anlage 1.2: Übersicht: anfallende Stauvolumina auf Dächern in Abhängigkeit des Bemessungsregens

Wiederkehrzeit T	5 Jahre (mit ψ = 0,1)																	
Regendauer D	D = 5 min	D = 10 min	D = 15 min	D = 20 min	D = 30 min	D = 45 min	D = 60 min	D = 90 min	D = 2 h	D = 3 h	D = 4 h	D = 6 h	D = 9 h	D = 12 h	D = 18 h	D = 24 h	D = 48 h	D = 72 h
Regenmenge V [m³]	7,5	11,3	13,9	15,9	18,7	21,6	23,7	25,9	27,6	30,1	32,1	35,1	38,4	40,8	44,6	47,5	53,5	57,9
erf. Rückhalteraum	8,4	12,4	14,9	16,6	18,8	20,4	21,1	20,0	18,4	14,1	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Wiederkehrzeit T	5 Jahre (mit ψ = 0,3)																	
Regendauer D	D = 5 min	D = 10 min	D = 15 min	D = 20 min	D = 30 min	D = 45 min	D = 60 min	D = 90 min	D = 2 h	D = 3 h	D = 4 h	D = 6 h	D = 9 h	D = 12 h	D = 18 h	D = 24 h	D = 48 h	D = 72 h
Regenmenge V [m³]	22,4	34,0	41,8	47,7	56,2	64,8	71,2	77,6	82,8	90,2	96,2	105,3	115,3	122,5	133,7	142,6	160,4	173,8
erf. Rückhalteraum	26,3	39,6	48,3	54,8	63,8	72,2	78,1	82,1	84,7	86,3	86,0	82,3	72,3	58,9	28,2	0,0	0,0	0,0

Wiederkehrzeit T	5 Jahre (mit ψ = 0,9)																	
Regendauer D	D = 5 min	D = 10 min	D = 15 min	D = 20 min	D = 30 min	D = 45 min	D = 60 min	D = 90 min	D = 2 h	D = 3 h	D = 4 h	D = 6 h	D = 9 h	D = 12 h	D = 18 h	D = 24 h	D = 48 h	D = 72 h
Regenmenge V [m³]	67,3	102,1	125,3	143,2	168,6	194,3	213,6	232,7	248,4	270,7	288,5	315,8	345,9	367,6	401,1	427,8	481,3	521,4
erf. Rückhalteraum	80,2	121,3	148,6	169,3	198,7	227,6	249,0	268,2	283,4	302,8	316,9	334,9	349,0	353,0	349,1	337,1	225,0	96,9

Wiederkehrzeit T	30 Jahre																	
Regendauer D	D = 5 min	D = 10 min	D = 15 min	D = 20 min	D = 30 min	D = 45 min	D = 60 min	D = 90 min	D = 2 h	D = 3 h	D = 4 h	D = 6 h	D = 9 h	D = 12 h	D = 18 h	D = 24 h	D = 48 h	D = 72 h
Regenmenge V	107,5	159,0	195,1	222,6	264,7	311,2	346,3	380,2	406,0	445,6	476,6	521,7	573,7	612,7	674,0	720,4	802,1	846,7
erf. Rückhalteraum	128,3	189,6	232,3	264,7	314,0	368,0	408,2	445,2	472,5	512,7	542,5	582,0	622,4	647,1	676,6	688,2	610,0	487,2

Wiederkehrzeit T	100 Jahre																	
Regendauer D	D = 5 min	D = 10 min	D = 15 min	D = 20 min	D = 30 min	D = 45 min	D = 60 min	D = 90 min	D = 2 h	D = 3 h	D = 4 h	D = 6 h	D = 9 h	D = 12 h	D = 18 h	D = 24 h	D = 48 h	D = 72 h
Regenmenge V	128,9	189,1	232,1	265,6	317,2	375,8	420,2	461,4	494,5	542,2	580,5	638,7	701,8	750,1	824,4	883,8	980,4	1024,9
erf. Rückhalteraum	154,1	225,7	276,7	316,3	377,0	445,4	496,9	542,7	578,7	628,6	667,3	722,4	776,1	812,0	857,1	884,3	823,9	701,1

* Angabe der Volumina in m³
* für die Berechnung wurde ein Zuschlagsfaktor fz = 1,2 und ein Abminderungsfaktor fa = 1,0 verwendet.
* Drosselabfluss mit 17 Drosseln je 0,1 l/s

erforderliche Speichervolumina nach DWA-A 117 / DWA-A 138

Stauvolumumina für max. Lastfall (für 30 Jahre u. 100 Jahre)

Gemeinde Panketal
Entwässerung des neuen Schulkomplex
Elbestraße, 16341 Panketal
Erstellung eines Entwässerungskonzepts

Ingenieurbüro für Versorgungs- und Umwelttechnik GmbH

Anlage 1.3: Übersicht: Rückhaltevolumina für unbefestigte Flächenanteile in Abhängigkeit des Bemessungsregens

Wiederkehrzeit T	5 Jahre (Berücksichtigung des mittleren Abflussbeiwerts)																	
Regendauer D	D = 5 min	D = 10 min	D = 15 min	D = 20 min	D = 30 min	D = 45 min	D = 60 min	D = 90 min	D = 2 h	D = 3 h	D = 4 h	D = 6 h	D = 9 h	D = 12 h	D = 18 h	D = 24 h	D = 48 h	D = 72 h
Regenmenge [m³]	7,9	12,0	14,8	16,9	19,9	22,9	25,2	27,4	29,3	31,9	34,0	37,3	40,8	43,4	47,3	50,5	56,8	61,5
unbef. Flächen mit A = 9126 m²	9,4	14,2	17,3	19,7	23,0	26,2	28,5	30,3	31,6	33,0	33,7	34,1	33,0	30,8	24,8	18,0	0,0	0,0

Wiederkehrzeit T	30 Jahre																	
Regendauer D	D = 5 min	D = 10 min	D = 15 min	D = 20 min	D = 30 min	D = 45 min	D = 60 min	D = 90 min	D = 2 h	D = 3 h	D = 4 h	D = 6 h	D = 9 h	D = 12 h	D = 18 h	D = 24 h	D = 48 h	D = 72 h
Regenmenge [m³]	114,1	168,8	207,1	236,3	281,1	330,4	367,6	403,6	431,0	473,1	505,9	553,9	609,1	650,5	715,6	764,8	851,6	898,9
unbef. Flächen mit A = 9126 m²	136,8	202,3	248,1	283,0	336,4	395,2	439,4	481,7	513,7	562,4	600,0	654,0	715,0	759,3	826,7	875,2	936,7	950,9

Wiederkehrzeit T	100 Jahre																	
Regendauer D	D = 5 min	D = 10 min	D = 15 min	D = 20 min	D = 30 min	D = 45 min	D = 60 min	D = 90 min	D = 2 h	D = 3 h	D = 4 h	D = 6 h	D = 9 h	D = 12 h	D = 18 h	D = 24 h	D = 48 h	D = 72 h
Regenmenge [m³]	136,9	200,8	246,4	282,0	336,7	398,9	446,2	489,8	525,0	575,6	616,3	678,1	745,1	796,4	875,2	938,3	1040,8	1088,1
unbef. Flächen mit A = 9126 m²	164,1	240,7	295,2	337,8	403,2	477,4	533,6	585,2	626,5	685,4	732,5	803,1	878,2	934,4	1018,3	1083,4	1163,8	1178,0

* Angaben der Rückhaltungen in m³
* für die Berechnung wird eine Sickerrate von kf = 0,00000009 m/s angesetzt.
* für die Berechnung wurde ein Zuschlagsfaktor fz = 1,2 und ein Abminderungsfaktor fa = 1,0 verwendet.

notwendige Rückhaltevolumina für max. Lastfall (für 30 Jahre u. 100 Jahre)

Anlage 1.4: Übersicht: Speichervolumina von Regenrückhaltebecken

Sicker-fläche As	für Errichtung erforderliche Oberfläche	Speichervolumen d. Rückhaltebeckens	erf. Speichermenge nach DWA-A 117/138
50 m²	226,4	78,5	960,9
100 m²	323,1	153,5	792,6
150 m²	409,0	228,5	706,7
200 m²	489,2	303,5	650,0
250 m²	565,8	378,5	610,6
300 m²	639,9	453,5	580,4
350 m²	712,0	528,5	557,4
400 m²	782,7	603,5	537,8
450 m²	852,0	678,5	518,3
500 m²	920,3	753,5	503,6
550 m²	987,7	828,5	489,5
600 m²	1054,4	903,5	479,7

Unterbemessung des Rückhaltebeckens

Ingenieurbüro für Versorgungs- und Umwelttechnik GmbH

Anlage 1.5: Übersicht: erforderlicher Speichervolumina der Versickerungsanlage in Abhängigkeit von Gründächern

Wiederkehrzeit T		5 Jahre (Berücksichtigung des mittleren Abflussbeiwerts)																	
Regendauer D		D = 5 min	D = 10 min	D = 15 min	D = 20 min	D = 30 min	D = 45 min	D = 60 min	D = 90 min	D = 2 h	D = 3 h	D = 4 h	D = 6 h	D = 9 h	D = 12 h	D = 18 h	D = 24 h	D = 48 h	D = 72 h
Regenmenge V		97,1 m³	147,3 m³	180,8 m³	206,5 m³	243,2 m³	280,2 m³	308,1 m³	335,6 m³	358,3 m³	390,5 m³	416,2 m³	455,6 m³	499,0 m³	530,3 m³	578,5 m³	617,1 m³	694,2 m³	752,0 m³
Sicker-fläche As*	50 m²	115,7	175,1	214,5	244,5	287,0	328,9	359,9	388,0	410,4	439,1	460,1	487,7	510,3	518,4	517,3	504,6	361,3	194,8
	100 m²	114,9	173,5	212,0	241,2	282,1	321,5	350,1	373,3	390,7	409,6	420,8	428,7	421,8	400,5	340,4	268,7	0,0	0,0
	150 m²	114,0	171,8	209,6	238,0	277,2	314,1	340,3	358,5	371,0	380,1	381,5	369,8	333,4	282,5	163,5	32,9	0,0	0,0
	200 m²	113,2	170,2	207,1	234,7	272,2	306,8	330,4	343,8	351,4	350,6	342,2	310,8	244,9	164,6	0,0	0,0	0,0	0,0
	250 m²	112,4	168,6	204,6	231,4	267,3	299,4	320,6	329,1	331,7	321,2	302,9	251,8	156,5	46,7	0,0	0,0	0,0	0,0
	300 m²	111,6	166,9	202,2	228,1	262,4	292,0	310,8	314,3	312,1	291,7	263,6	192,9	68,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	350 m²	110,8	165,3	199,7	224,9	257,5	284,7	301,0	299,6	292,4	262,2	224,2	133,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	400 m²	110,0	163,7	197,3	221,6	252,6	277,3	291,1	284,8	272,8	232,7	184,9	74,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	450 m²	109,1	162,0	194,8	218,3	247,7	269,9	281,3	270,1	253,1	203,2	145,6	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	500 m²	108,3	160,4	192,4	215,0	242,8	262,5	271,5	255,4	233,5	173,7	106,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	550 m²	107,5	158,7	189,9	211,8	237,8	255,2	261,6	240,6	213,8	144,3	67,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	600 m²	106,7	157,1	187,5	208,5	232,9	247,8	251,8	225,9	194,1	114,8	27,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Wiederkehrzeit T		30 Jahre																	
Regendauer D		D = 5 min	D = 10 min	D = 15 min	D = 20 min	D = 30 min	D = 45 min	D = 60 min	D = 90 min	D = 2 h	D = 3 h	D = 4 h	D = 6 h	D = 9 h	D = 12 h	D = 18 h	D = 24 h	D = 48 h	D = 72 h
Regenmenge V		317,2 m³	469,4 m³	575,9 m³	657,1 m³	781,5 m³	918,7 m³	1022,2 m³	1122,2 m³	1198,5 m³	1315,4 m³	1406,7 m³	1540,1 m³	1693,6 m³	1808,7 m³	1989,5 m³	2126,5 m³	2367,7 m³	2499,2 m³
Sicker-fläche As*	50 m²	379,8	561,6	688,7	785,2	932,8	1095,1	1216,8	1331,9	1418,5	1549,0	1648,8	1789,2	1943,8	2052,5	2210,5	2316,0	2369,5	2291,5
	100 m²	379,0	560,0	686,2	782,0	927,9	1087,7	1206,9	1317,1	1398,8	1519,5	1609,5	1730,2	1855,4	1934,5	2033,6	2080,1	1897,8	1583,9
	150 m²	378,2	558,3	683,8	778,7	923,0	1080,3	1197,1	1302,4	1379,2	1490,0	1570,1	1671,2	1766,9	1816,6	1856,7	1844,2	1426,0	876,2
	200 m²	377,4	556,7	681,3	775,4	918,1	1073,0	1187,3	1287,7	1359,5	1460,5	1530,8	1612,2	1678,5	1698,6	1679,8	1608,4	954,3	168,6
	250 m²	376,5	555,1	678,8	772,1	913,2	1065,6	1177,5	1272,9	1339,9	1431,0	1491,5	1553,3	1590,0	1580,7	1502,9	1372,5	482,5	0,0
	300 m²	375,7	553,4	676,4	768,8	908,3	1058,2	1167,6	1258,2	1320,2	1401,6	1452,2	1494,3	1501,6	1462,8	1326,0	1136,6	10,8	0,0
	350 m²	374,9	551,8	673,9	765,6	903,4	1050,9	1157,8	1243,4	1300,6	1372,1	1412,9	1435,3	1413,1	1344,8	1149,1	900,7	0,0	0,0
	400 m²	374,1	550,1	671,5	762,3	898,5	1043,5	1148,0	1228,7	1280,9	1342,6	1373,6	1376,4	1324,7	1226,9	972,2	664,9	0,0	0,0
	450 m²	373,3	548,5	669,0	759,0	893,5	1036,1	1138,1	1214,0	1261,3	1313,1	1334,3	1317,4	1236,2	1109,0	795,3	429,0	0,0	0,0
	500 m²	372,5	546,9	666,6	755,7	888,6	1028,7	1128,3	1199,2	1241,6	1283,6	1295,0	1258,4	1147,8	991,0	618,4	193,1	0,0	0,0
	550 m²	371,6	545,2	664,1	752,5	883,7	1021,4	1118,5	1184,5	1221,9	1254,1	1255,6	1199,5	1059,3	873,1	441,5	0,0	0,0	0,0
	600 m²	370,8	543,6	661,6	749,2	878,8	1014,0	1108,7	1169,7	1202,3	1224,7	1216,3	1140,5	970,9	755,2	264,6	0,0	0,0	0,0

Wiederkehrzeit T		100 Jahre																	
Regendauer D		D = 5 min	D = 10 min	D = 15 min	D = 20 min	D = 30 min	D = 45 min	D = 60 min	D = 90 min	D = 2 h	D = 3 h	D = 4 h	D = 6 h	D = 9 h	D = 12 h	D = 18 h	D = 24 h	D = 48 h	D = 72 h
Regenmenge V		380,6 m³	558,3 m³	685,1 m³	784,1 m³	936,3 m³	1109,2 m³	1240,5 m³	1362,0 m³	1459,7 m³	1600,4 m³	1713,7 m³	1885,4 m³	2071,7 m³	2214,2 m³	2433,5 m³	2608,9 m³	2893,9 m³	3025,4 m³
Sicker-fläche As*	50 m²	455,9	668,3	819,7	937,6	1118,6	1323,6	1478,8	1619,6	1732,0	1891,0	2017,1	2203,5	2397,6	2539,1	2743,3	2894,8	3000,9	2922,9
	100 m²	455,1	666,7	817,2	934,3	1113,7	1316,3	1468,9	1604,9	1712,3	1861,5	1977,8	2144,5	2309,2	2421,2	2566,4	2658,9	2529,1	2215,2
	150 m²	454,3	665,0	814,7	931,0	1108,8	1308,9	1459,1	1590,1	1692,7	1832,0	1938,5	2085,6	2220,7	2303,3	2389,4	2423,0	2057,4	1507,6
	200 m²	453,5	663,4	812,3	927,8	1103,9	1301,5	1449,3	1575,4	1673,0	1802,5	1899,1	2026,6	2132,3	2185,3	2212,5	2187,1	1585,6	800,0
	250 m²	452,6	661,7	809,8	924,5	1099,0	1294,2	1439,4	1560,7	1653,4	1773,0	1859,8	1967,6	2043,8	2067,4	2035,6	1951,3	1113,9	92,4
	300 m²	451,8	660,1	807,4	921,2	1094,1	1286,8	1429,6	1545,9	1633,7	1743,6	1820,5	1908,7	1955,4	1949,5	1858,7	1715,4	642,2	0,0
	350 m²	451,0	658,5	804,9	917,9	1089,2	1279,4	1419,8	1531,2	1614,1	1714,1	1781,2	1849,7	1866,9	1831,5	1681,8	1479,5	170,4	0,0
	400 m²	450,2	656,8	802,5	914,7	1084,2	1272,0	1410,0	1516,4	1594,4	1684,6	1741,9	1790,7	1778,5	1713,6	1504,9	1243,6	0,0	0,0
	450 m²	449,4	655,2	800,0	911,4	1079,3	1264,7	1400,1	1501,7	1574,8	1655,1	1702,6	1731,8	1690,0	1595,7	1328,0	1007,8	0,0	0,0
	500 m²	448,5	653,6	797,5	908,1	1074,4	1257,3	1390,3	1486,9	1555,1	1625,6	1663,3	1672,8	1601,6	1477,7	1151,1	771,9	0,0	0,0
	550 m²	447,7	651,9	795,1	904,8	1069,5	1249,9	1380,5	1472,2	1535,4	1596,1	1624,0	1613,8	1513,1	1359,8	974,2	536,0	0,0	0,0
	600 m²	446,9	650,3	792,6	901,6	1064,6	1242,6	1370,6	1457,5	1515,8	1566,7	1584,6	1554,9	1424,7	1241,9	797,3	300,2	0,0	0,0

* Angabe der Speichervolumina in m³

* für die Berechnung der Sickerrate wurde ein Durchlässigkeitswert von kf = 0,000091 m/s verwendet.

* für die Berechnung wurde ein Zuschlagsfaktor fz = 1,2 und ein Abminderungsfaktor fa = 1,0 verwendet.

Betrachtung Speichervolumina nach Aufgabenstellung

erforderliche Speichervolumina nach DWA-A 117 / DWA-A 138

notwendige Speichervolumina für max. Lastfall (für 30 Jahre u. 100 Jahre)

Anlage 1.6: Übersicht: erforderliche Speichervolumina der Versickerungsanlage in Abhängigkeit vom "blue roof"

Wiederkehrzeit T		5 Jahre (Berücksichtigung des mittleren Abflussbeiwerts)																	
Regendauer D		D = 5 min	D = 10 min	D = 15 min	D = 20 min	D = 30 min	D = 45 min	D = 60 min	D = 90 min	D = 2 h	D = 3 h	D = 4 h	D = 6 h	D = 9 h	D = 12 h	D = 18 h	D = 24 h	D = 48 h	D = 72 h
Sicker-fläche As*	50 m²	107,3	162,7	199,6	227,9	268,2	308,5	338,8	368,0	391,9	425,0	451,0	489,7	530,3	557,5	596,0	623,8	649,6	654,1
	100 m²	106,5	161,1	197,1	224,6	263,3	301,1	329,0	353,3	372,3	395,5	411,7	430,7	441,8	439,6	419,1	387,9	177,9	0,0
	150 m²	105,7	159,5	194,7	221,3	258,3	293,7	319,1	338,5	352,6	366,1	372,4	371,7	353,4	321,6	242,2	152,1	0,0	0,0
	200 m²	104,9	157,8	192,2	218,0	253,4	286,4	309,3	323,8	333,0	336,6	333,1	312,8	264,9	203,7	65,3	0,0	0,0	0,0
	250 m²	104,0	156,2	189,8	214,8	248,5	279,0	299,5	309,1	313,3	307,1	293,8	253,8	176,5	85,8	0,0	0,0	0,0	0,0
	300 m²	103,2	154,5	187,3	211,5	243,6	271,6	289,6	294,3	293,6	277,6	254,5	194,8	88,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	350 m²	102,4	152,9	184,9	208,2	238,7	264,3	279,8	279,6	274,0	248,1	215,2	135,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	400 m²	101,6	151,3	182,4	204,9	233,8	256,9	270,0	264,8	254,3	218,6	175,8	76,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	450 m²	100,8	149,6	179,9	201,7	228,9	249,5	260,2	250,1	234,7	189,2	136,5	17,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	500 m²	99,9	148,0	177,5	198,4	223,9	242,1	250,3	235,3	215,0	159,7	97,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	550 m²	99,1	146,4	175,0	195,1	219,0	234,8	240,5	220,6	195,4	130,2	57,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	600 m²	98,3	144,7	172,6	191,8	214,1	227,4	230,7	205,9	175,7	100,7	18,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

* Angabe der Speichervolumina in m³

* für die Berechnung der Sickerrate wurde ein Durchlässigkeitswert von kf = 0,000091 m/s verwendet.

* für die Berechnung wurde ein Zuschlagsfaktor fz = 1,2 und ein Abminderungsfaktor fa = 1,0 verwendet.

erforderliche Speichervolumina nach DWA-A 117 / DWA-A 138