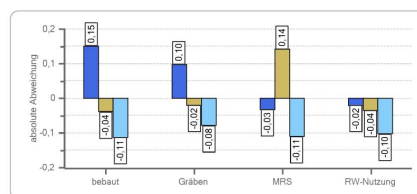
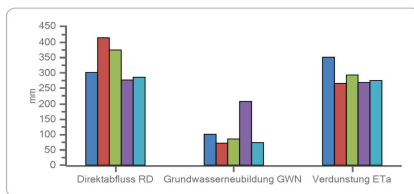


## Bilanzierung des Wasserhaushalts für das Neubaugebiet „Am Hermannsgarten“



14. Januar 2022

# Bilanzierung des Wasserhaushalts für das Neubaugebiet „Am Hermannsgarten“

## INHALT

<b>1. Veranlassung</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Grundlagen</b> .....	<b>1</b>
2.1. Flächenbilanz.....	1
2.2. Notwendigkeit von Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung.....	1
2.3. Topografie.....	1
2.4. Basisdaten .....	2
<b>3. Maßnahmenübersicht</b> .....	<b>3</b>
3.1. un bebauter Zustand.....	4
3.2. bebauter Zustand.....	4
3.3. Variante 1: flache Gräben mit Bewuchs .....	5
3.4. Variante 2: Mulden-Rigolen-System.....	6
3.5. Variante 3: Regenwassernutzung und flache Gräben mit Bewuchs .....	7
3.6. offene Rückhaltung .....	8
<b>4. Fazit</b> .....	<b>9</b>

## 1. Veranlassung

Im Zuge der Umsetzung des Neubaugebiets „Am Hermannsgarten“ sollen Alternativen zur reinen Ableitung des Regenwassers in das Kanalsystem untersucht werden (keine End-of-Pipe-Lösungen). Die Stadt Ulm hat InfraConsult mit der Entwicklung möglicher Regenwasserbewirtschaftungskonzepte beauftragt. Die Bearbeitung umfasst neben der reinen Erstellung der Wasserbilanzmodelle für verschiedene Bewirtschaftungsoptionen auch die Entwicklung jener, samt Prüfung auf ihre Machbarkeit (z.B. im Hinblick auf die Gefällesituation oder Flächenbedarf). Für die Bearbeitung wird das Programm WasserbilanzExpert der DWA verwendet.

## 2. Grundlagen

### 2.1. Flächenbilanz

Das neue Wohngebiet „Am Hermannsgarten“ umfasst 18.095 m<sup>2</sup> Bruttobauland. Davon sind rund 80 % als Baufläche vorgesehen (Wohnblöcke 1 bis 3). Der Rest setzt sich aus Erschließungs- und Grünflächen zusammen.

Das Grundstück ist rechteckig mit Kantenlängen von ca. 210 m auf 85 m.



Abb. 1: Flächenaufteilung im Neubaugebiet

<b>Gesamtfläche</b>	<b>18.095 m<sup>2</sup></b>
Baufläche (rot schraffiert)	13.940 m <sup>2</sup>
Erschließungsfläche (weiß)	2.580 m <sup>2</sup>
Grünfläche (grün scharffiert)	1.575 m <sup>2</sup>

### 2.2. Notwendigkeit von Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung

Durch den Bau undurchlässiger Fläche kommt bei Regen mehr Regenwasser zum Direktabfluss als im unbebauten Zustand. Ziel der Maßnahmenuntersuchung ist es den Wasserhaushalt des bebauten Zustands wieder dem des unbebauten („natürlichen“) Wasserhaushalts anzugleichen oder neu zu organisieren. Es sollte aber mindestens der Direktabfluss auf das natürliche Niveau reduziert werden.

Bei allen Überlegungen ist es erforderlich, dass sich die Freiflächenplanung mit der Entwässerungsplanung abstimmt.

### 2.3. Topografie

Die Fließwege des Oberflächenabflusses um das Baugebiet sind im Generalentwässerungsplan für Ulm (IC 2020) ermittelt worden. Entsprechend der topografischen Gegebenheiten (s. Abb. 2) besteht im Baugebiet eine Geländeneigung von Süd-West nach Nord-Ost mit einer Höhendifferenz von ca. 4 m. Es empfiehlt sich, Regenwasserbewirtschaftungsanlagen im nördlichen Bereich des Grundstücks anzuordnen.



Abb. 2: Topografie und Fließwege im Baugebiet, Quelle: GEP Ulm, IC 2020

## 2.4. Basisdaten

Für den Standort wurden die in *Tab. 1* aufgelisteten Randbedingungen getroffen.

Der Eingabewert für den mittleren Jahresniederschlag wurde für den Standort Ulm zu 750 mm angenommen. Die auf dem Gelände zu erwartende Durchlässigkeit des Bodens kann gemäß der Hydrogeologischen Karte des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau LGRB (*Abb. 3*) als *gering* bewertet werden. Der  $k_f$ -Wert wird mit 0,36 mm/h dementsprechend klein angesetzt (entspricht  $1 \cdot 10^{-7}$  m/s).

Tab. 1: Basisdaten für die Wasserbilanzierung im Untersuchungsgebiet

Parameter	Wert	Einheit	Kurz	Empfehlung <sup>1</sup>
Bruttobauland	18.095	m <sup>2</sup>	-	
Niederschlag	750	mm/a	P	800
Verdunstung	500	mm/a	ETp	500
Durchlässigkeit	0,36	mm/h	$k_f$	

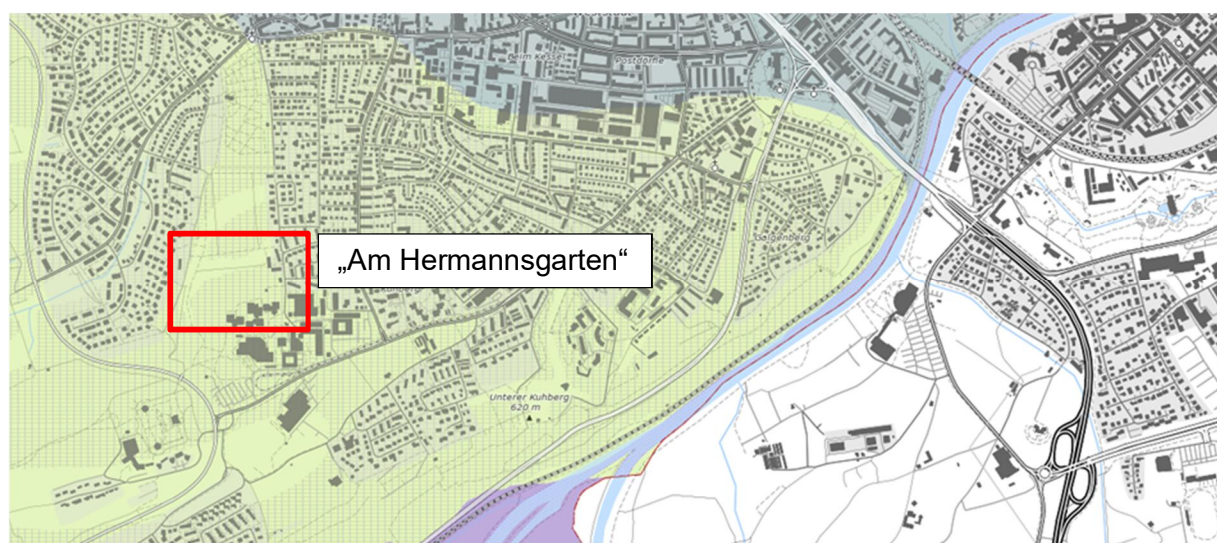


Abb. 3: Bewertung der Durchlässigkeit des Bodens im Stadtgebiet (grün = gering), Quelle: LGRB

<sup>1</sup> Standardwerte WasserbilanzExpert, DWA



### 3. Maßnahmenübersicht

Im Folgenden wird eine Auswahl an möglichen Varianten für das Neubaugebiet vorgestellt und deren Vor- und Nachteile abgewogen. Die Maßnahmen lauten:

- flache Gräben mit Bewuchs
- Mulden-Rigolen-System
- Regenwassernutzung und flache Gräben mit Bewuchs

In *Abb. 4* sind die Absolutwerte (in mm) der Anteile aus Direktabfluss, Grundwasserneubildung und Verdunstung am mittleren Jahresniederschlag gegenübergestellt.

In *Abb. 5* werden die Abweichungen des bebauten Zustands und der Varianten vom unbebauten Zustand betrachtet. Durch die auf 1,0 bezogenen Werte lässt sich jeweils einschätzen, um wie viel Prozent vom unbebauten Zustand abgewichen wird.

Beispiel: Der Direktabfluss (Faktor a) des bebauten Zustands ist im Vergleich zum unbebauten Zustand um 15 % angestiegen, während die Grundwasserneubildung (Faktor g) um 4 % und die Verdunstung (Faktor v) um 11 % zurückgegangen ist.

In *Tab. 2* sind die Ergebnisse der Berechnungen zusammengefasst. Die Wasserbilanzen werden in den folgenden Unterkapiteln erläutert.

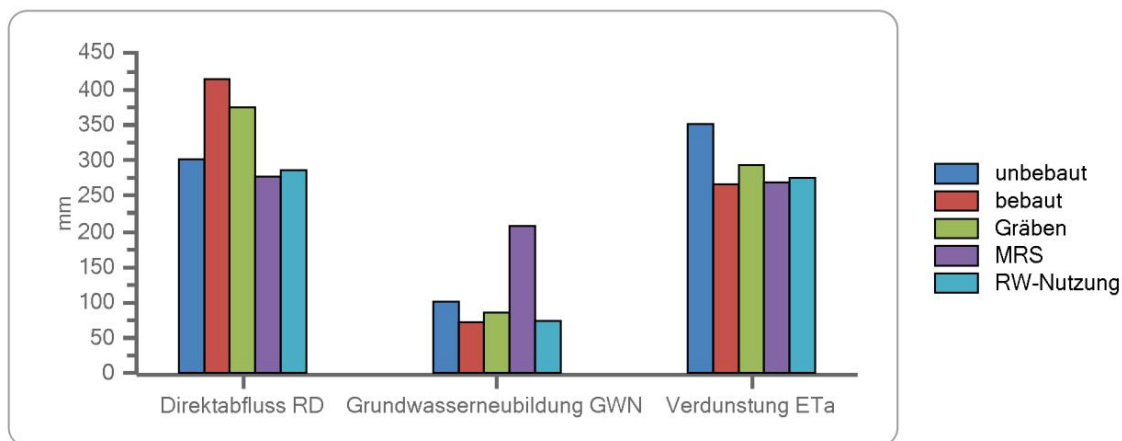


Abb. 4: Vergleich der Wasserbilanzen mit dem unbebauten (blau) und bebauten Zustand (rot)

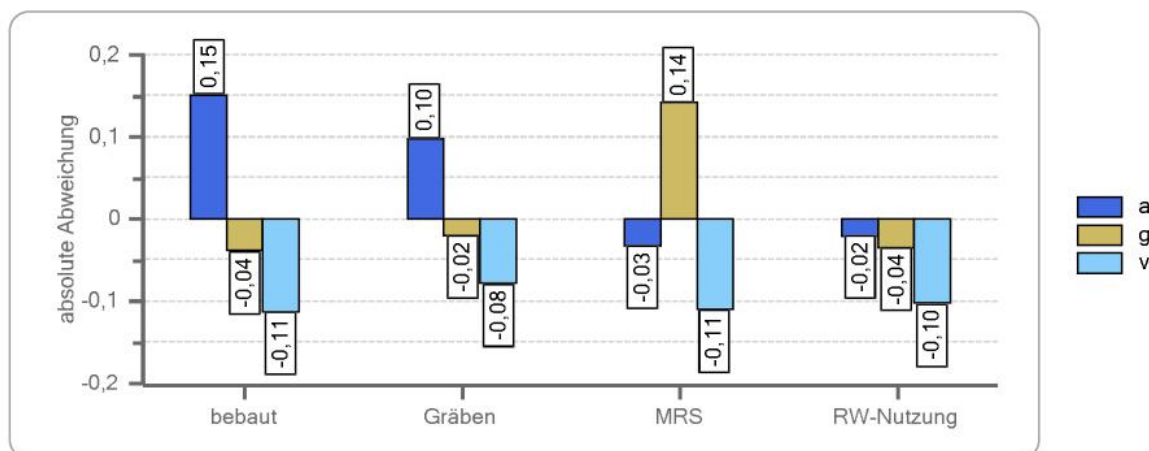


Abb. 5: Abweichungen der Aufteilungsfaktoren a, g und v vom unbebauten Zustand

Tab. 2: Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse

Variante	Wasserbilanz			Aufteilungsfaktor			Abweichung		
	RD	GWN	ETa	a	g	v	a	g	v
	(mm)			(-)			(-)		
unbebaut	300	100	350	0,400	0,133	0,467			
bebaut	413	72	266	0,551	0,095	0,354	0,151	-0,038	-0,113
Gräben	373	85	292	0,498	0,113	0,389	0,098	-0,020	-0,077
MRS	276	207	268	0,367	0,276	0,357	-0,033	0,142	-0,110
RW-Nutzung	285	74	274	0,380	0,098	0,365	-0,020	-0,035	-0,101

### 3.1. unbebauter Zustand

Die Eingabewerte für den unbebauten Zustand werden für die in Unterkapitel 2.4 getroffenen Randbedingungen verhältnismäßig angepasst (Tab. 3): Der Anteil für den Direktabfluss wird erhöht, die Anteile Grundwasserneubildung und Verdunstung verkleinert. In Summe ergeben sie den mittleren Jahresniederschlag von 750 mm bzw. im Fall der Aufteilungsfaktoren 1,0.

Tab. 3: Aufteilungswerte und -faktoren für den unbebauten Zustand

Parameter	Wert	Einheit	Kurz	Empfehlung
Direktabfluss	300	mm/a	RD	200
Grundwasserneubildung	100	mm/a	GWN	200
Verdunstung	350	mm/a	ETa	400
Direktabfluss	0,400	-	a	0,250
Grundwasserneubildung	0,133	-	g	0,250
Verdunstung	0,467	-	v	0,500

### 3.2. bebauter Zustand

Die Arten der Dach- und Erschließungsflächen („Element Typ“ in Tab. 4) sind für alle untersuchten Varianten gleich.

Um Effekte einer möglichen Photovoltaikanlage auf der Dachfläche zu berücksichtigen, wurde in der Bilanzierung ein Flachdach mit Kiessschüttung anstatt eines Flachdachs mit Begrünung gewählt. Zudem wurde der Dachflächenanteil der Baufläche grob mit 50 % angesetzt, der der Grünflächen mit 30 % und der der Verkehrsflächen mit 20 % (vgl. Nutzungsskizze Abb. 6), wodurch die Flächenbilanz aus Kapitel 2.1 angepasst wird.

Als Verkehrs- bzw. Erschließungsfläche wird Asphalt angenommen (Worst Case).

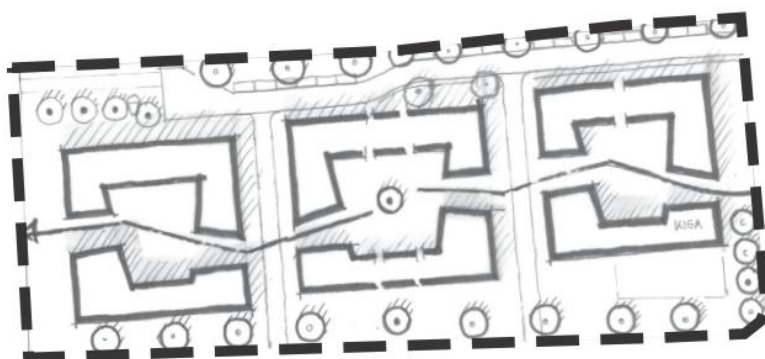


Abb. 6: Nutzungsskizze Wohngebiet

Tab. 4: Ergebnisübersicht bebauter Zustand

Typ	Name	Element Typ	Größe (m <sup>2</sup> )	a	g	v	Zufluss (m <sup>3</sup> )	RD (m <sup>3</sup> )	GWN (m <sup>3</sup> )	ETa (m <sup>3</sup> )	Ziel
Fläche	Baufläche	Flachdach (Kies)	6.970	0,77	0,00	0,23	5.228	4.031	0	1.197	Ableitung
Fläche	Verkehrsfläche	Asphalt, fugenloser Beton	5.368	0,75	0,00	0,25	4.026	3.009	0	1.017	Ableitung
Fläche	Grünfläche	Garten, Grünflächen	5.757	0,10	0,30	0,60	4.318	432	1.295	2.591	Ableitung

### 3.3. Variante 1: flache Gräben mit Bewuchs

Entlang der Nordseite des Grundstücks wird ein flacher Graben mit Bewuchs auf etwa 600 m<sup>2</sup> Grünfläche angeordnet, dem die Oberflächenabflüsse von Dach- und Erschließungsflächen zugeleitet werden. Der Graben mündet in den Regenwasserkanal in der Köllestraße. Insgesamt stehen auf dem Gelände 1.575 m<sup>2</sup> Grünfläche entlang der Zuwegungen zur Verfügung.

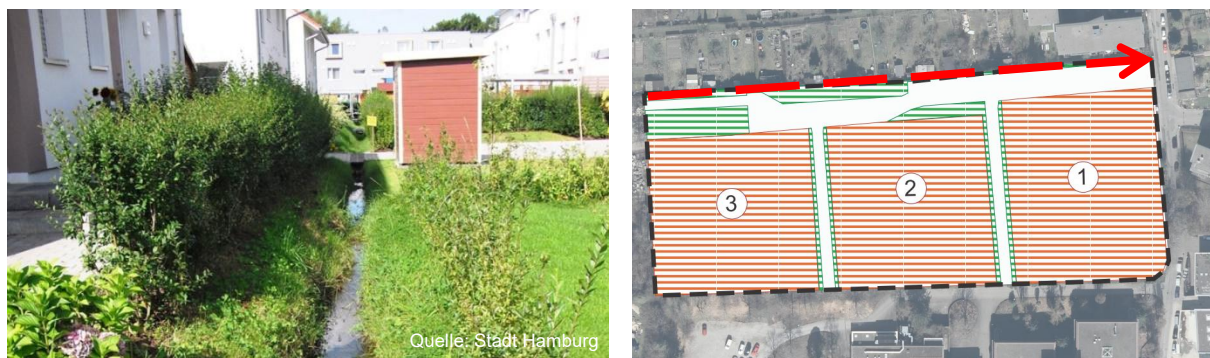


Abb. 7: Ausführungsbeispiel für einen Entwässerungsgraben (links) und Lage im Baugebiet (rechts)

Tab. 5: Ergebnisse Wasserbilanz Variante 1

Typ	Name	Element Typ	Größe (m <sup>2</sup> )	a	g	v	Zufluss (m <sup>3</sup> )	RD (m <sup>3</sup> )	GWN (m <sup>3</sup> )	ETa (m <sup>3</sup> )	Ziel
Fläche	Baufläche	Flachdach (Kies)	6.970	0,77	0,00	0,23	5.228	4.031	0	1.197	RWB
Fläche	Verkehrsfläche	Asphalt, fugenloser Beton	5.368	0,75	0,00	0,25	4.026	3.009	0	1.017	RWB
Fläche	Grünfläche	Garten, Grünflächen	5.157	0,10	0,30	0,60	3.868	387	1.160	2.321	Ableitung
Maßnahme	RWB	flache Gräben mit Bewuchs (Fläche des Grabens A_Graben > 2 % von angeschlossenem Au)	600	0,85	0,05	0,10	7.490	6.366	374	749	Ableitung

Die Fläche des Grabens (600 m<sup>2</sup>) entspricht rund 5 % der angeschlossenen undurchlässigen Fläche A<sub>u</sub> (hier Dach- und Verkehrsflächen insg. 12.338 m<sup>2</sup>) und erfüllt damit die Vorgabe von mindestens 2 %.

Die Wasserbilanz für den Graben (Tab. 5) weicht von der des bebauten Zustands kaum ab und weist nur kleine Verbesserungen (Reduzierung des Direktabflusses, Erhöhung von Grundwasserneubildung und Verdunstung) auf. Das ist u.a. auf die geringe Retentionswirkung zurückzuführen. Ohne Rückhaltung kann das Wasser aufgrund der geringen Durchlässigkeit weder versickern noch verdunsten.

### 3.4. Variante 2: Mulden-Rigolen-System

Entlang der Nordseite des Grundstücks wird auf 600 m<sup>2</sup> Fläche ein Mulden-Rigolen-System (MRS) eingebaut. Ziel eines MRS ist es, durch die zusätzliche Kiesfüllung (oder Kunststoffkörper) im Untergrund ein größeres Speicher- und Versickerungspotential zu schaffen als das einer Mulde an der Oberfläche. Für die Dachflächen bietet es sich an, den Zulauf unterirdisch in die Rigole einzuleiten, um Wegkreuzungen zu vermeiden (vgl. Prinzipskizze Rigole in Abb. 9) Der Ablauf der Rigole wird dem Regenwasserkanal gedrosselt zugeführt. Der Überlauf des Systems mündet ebenfalls in den Regenwasserkanal in der Köllestraße.



Abb. 8: Ausführungsbeispiel für ein Mulden-Rigolen-System (links) und Lage im Baugebiet (rechts)

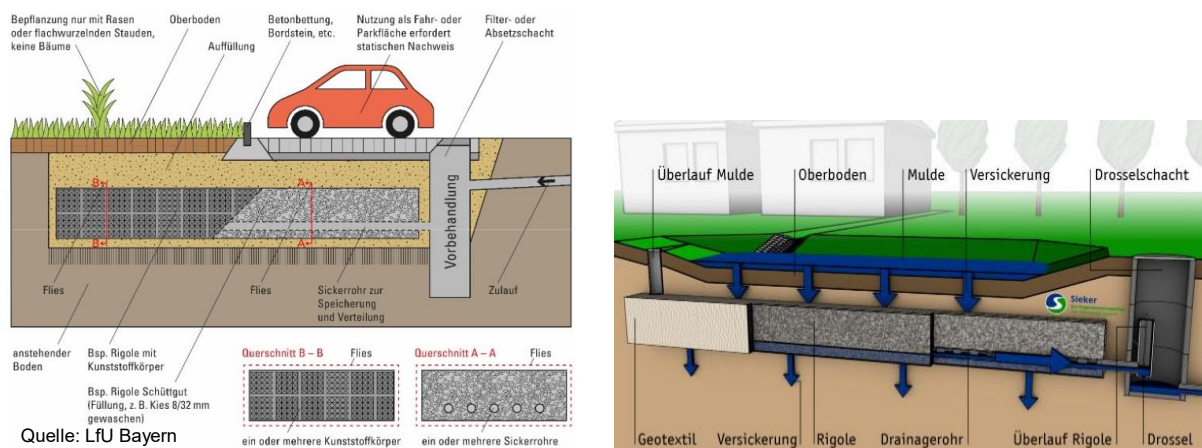


Abb. 9: Prinzipskizze für Rigolen (links) und Mulden-Rigolen-Systeme (rechts)

Tab. 6: Ergebnisse Wasserbilanz Variante 2

Typ	Name	Element Typ	Größe (m <sup>2</sup> )	a	g	v	Zufluss (m <sup>3</sup> )	RD (m <sup>3</sup> )	GWN (m <sup>3</sup> )	ETa (m <sup>3</sup> )	Ziel
Fläche	Baufläche	Flachdach (Kies)	6.970	0,77	0,00	0,23	5.228	4.031	0	1.197	RWB
Fläche	Verkehrsfläche	Asphalt, fugenloser Beton	5.368	0,75	0,00	0,25	4.026	3.009	0	1.017	RWB
Fläche	Grünfläche	Garten, Grünflächen	5.157	0,10	0,30	0,60	3.868	387	1.160	2.321	Ableitung
Maßnahme	RWB	Mulden-Rigolen-System	600	0,61	0,34	0,04	7.490	4.600	2.581	308	Ableitung

Der  $k_f$ -Wert des MRS entspricht der gewählten Durchlässigkeit von 0,36 mm/h für die örtlichen Verhältnisse.

Die Drosselabflussspende des Systems wurde zu 5 l/(s\*ha) angenommen und liegt damit in der Mitte der Spannweite (1 l/(s\*ha) bis 10 l/(s\*ha)) an wählbaren Drosselabflussspenden für ein MRS.

Das Potential zur Versickerung ist bei dieser Variante im Vergleich zu den anderen besonders groß, was auf die zusätzliche Versickerungsmöglichkeit im Untergrund und den Re-



tentionsraum der Versickerungsmulden zurückzuführen ist. Unter allen miteinander verglichenen Maßnahmen reduziert das MRS den Direktabfluss am deutlichsten. Zudem ist eine Vergrößerung der Rigole unter die Verkehrsfläche oder - in Abhängigkeit des Grundwasserspiegels - in den Untergrund denkbar, ohne zusätzlichen Platz auf der Oberfläche zu beanspruchen.

### 3.5. Variante 3: Regenwassernutzung und flache Gräben mit Bewuchs

Das auf den Dachflächen anfallende Regenwasser wird einer Zisterne im Untergrund zugeführt, um es u.a. für die Gartenbewässerung zu verwenden (s. Prinzipskizze Regenwassernutzung in Abb. 10). Pro Wohnblock könnte ein Speicher vorgesehen werden. Die für die Zisternen getroffenen Annahmen sind in Tab. 7 aufgelistet. Der Überlauf der Speicher mündet in den Graben oder direkt in den angrenzenden Regenwasserkanal.

Die Verkehrsflächen werden in einen flachen Graben entlang der Nordseite des Grundstücks entwässert. Der Graben nimmt etwa 600 m<sup>2</sup> Grünfläche in Anspruch und leitet das Oberflächenwasser in den Regenwasserkanal ein.

Für eine Ausführung mit Versickerungsmulde anstatt des Grabens ist die Durchlässigkeit des anstehenden Bodens mit der getroffenen Annahme von 0,36 mm/h zu gering (mind. 14 mm/h erforderlich).

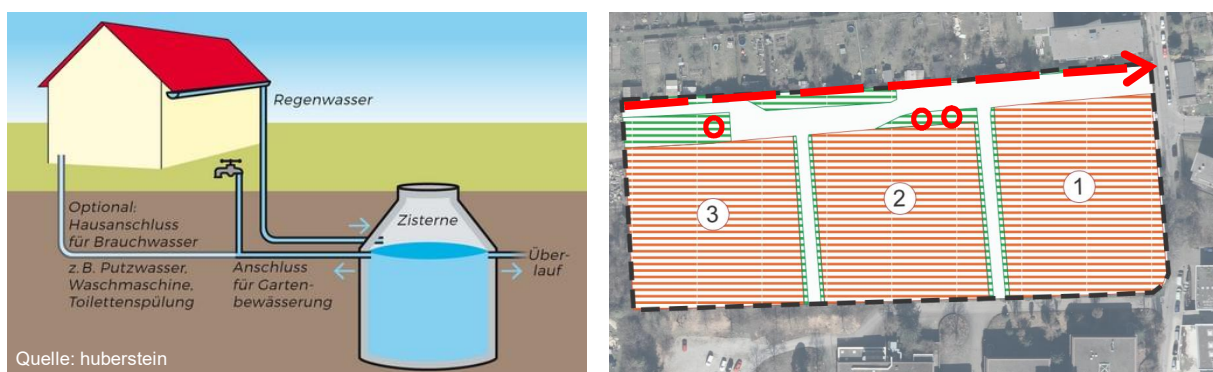


Abb. 10: Prinzipskizze Regenwassernutzung (links) und Lage im Baugebiet (rechts)

Tab. 7: Annahmen Regenwassernutzung

Parameter	Wert	Einheit	Minimum	Maximum	Empfehlung
Speichervolumen	100	m <sup>3</sup>	0	1.000	n. def.
Anzahl Personen	400 (ger.)	E	0	1.000	n. def.
Wasserverbrauch	20	l/E*d	0	100	n. def.
Bewässerungsfläche	500	m <sup>2</sup>	0	100.000	n. def.
spez. Jahresbedarf	60	l/m <sup>2</sup>	0	200	n. def.

Tab. 8: Ergebnisse Wasserbilanz Variante 3

Typ	Name	Element Typ	Größe (m <sup>2</sup> )	a	g	v	Zufluss (m <sup>3</sup> )	RD (m <sup>3</sup> )	GWN (m <sup>3</sup> )	ETa (m <sup>3</sup> )	Ziel
Fläche	Baufläche	Flachdach (Kies)	6.970	0,77	0,00	0,23	5.228	4.031	0	1.197	RWB
Fläche	Verkehrsfläche	Asphalt, fugenloser Beton	5.368	0,75	0,00	0,25	4.026	3.009	0	1.017	RWB2
Fläche	Grünfläche	Garten, Grünflächen	5.157	0,10	0,30	0,60	3.868	387	1.160	2.321	Ableitung
Maßnahme	RWB	Regenwassernutzung	0	0,45	0,00	0,02	4.031	1.825	0	76	Ableitung
Maßnahme	RWB2	flache Gräben mit Bewuchs (Fläche des Grabens A_Graben > 2 % von angeschlossenem Au)	600	0,85	0,05	0,10	3.459	2.940	173	346	Ableitung

Die Bilanz der Maßnahmenkombination aus Regenwassernutzung und Entwässerungsgraben zeigt, dass der Anteil des Direktabflusses aus Variante 1 nun durch die Zisternen gepuffert werden kann. Dieser Anteil ließe sich noch vergrößern, wenn das Speichervolumen erweitert wird.

Hinweis zum Berechnungsverfahren: *Tab. 8* ist Bestandteil des Ergebnisberichts, der im Programm automatisch erstellt wird. In der Auflistung fehlen die Angaben der Werte für die Speicherwirkung der Regenwassernutzung (Aufteilungsfaktor Entnahme = 0,529; Entnahmemenge = 2.130,9 m<sup>3</sup>/a). Das gespeicherte Wasservolumen der Regenwassernutzung wird in der Bilanzierung als „Entnahme“ betrachtet.

### 3.6. offene Rückhaltung

Die im Bebauungsplan (*Abb. 11*) dargestellte Grünfläche an der Nord-West-Seite des Grundstücks könnte als offene Rückhaltung (Teich) genutzt werden, wenn das Dachwasser entgegen der natürlichen Geländeneigung mittels eines Druckableitungssystems in den Teich geleitet wird (s. *Abb. 12*). Für eine Beschickung des Teichs im Freispiegelabfluss müssten die Bauflächen 3 und 1 getauscht werden.

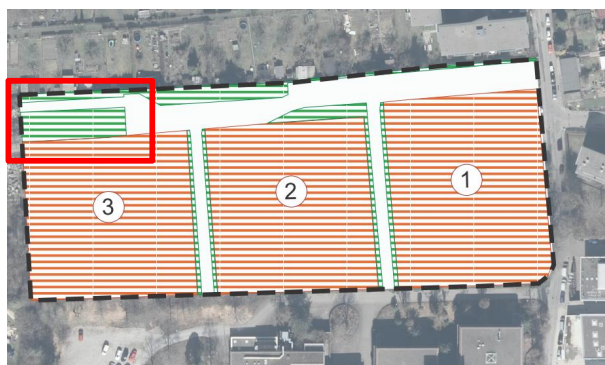


Abb. 11: Grünfläche als Retentionsbereich im Baugebiet

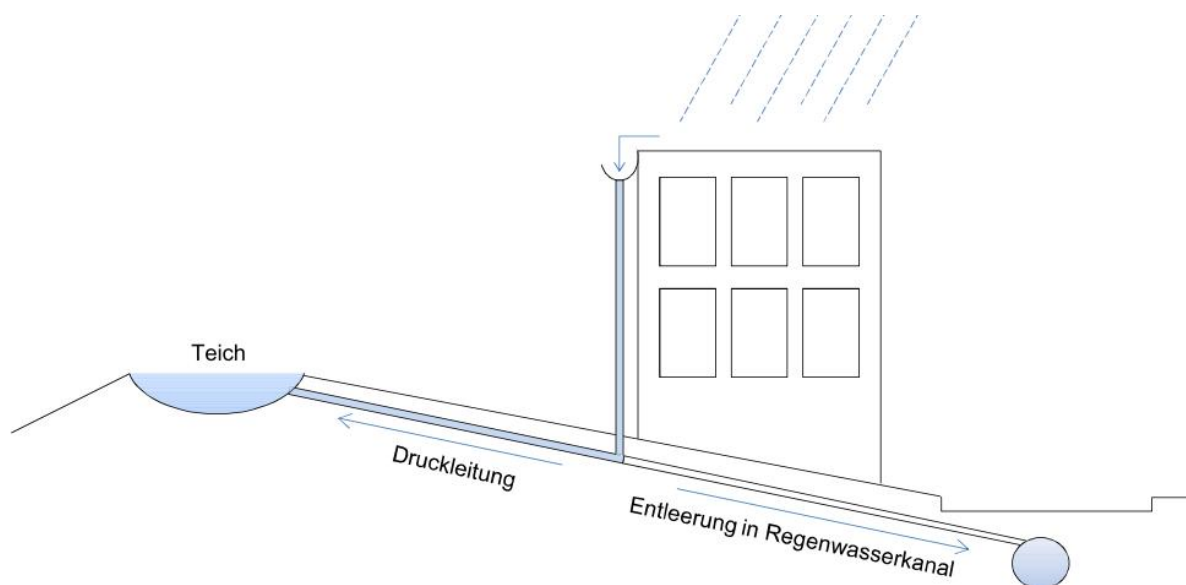


Abb. 12: Prinzipskizze Druckableitungssystem

## 4. Fazit

Die Varianten 2 und 3 zur alternativen Regenwasserbewirtschaftung weisen erkennbare Verbesserungen vom bebauten Zustand auf. Variante 1 gestaltet sich im Hinblick auf die Umsetzung als sehr einfach, weicht aber aufgrund der geringen Durchlässigkeit des Bodens kaum vom Wasserhaushalt des bebauten Zustands ab.

Die Varianten 2 und 3 sind als positiv zu bewerten, da sie den Anteil des Direktabflusses und damit die Abgabe in den Regenwasserkanal erheblich reduzieren. Zudem nehmen beide Varianten wenig Grünfläche in Anspruch.

Stuttgart, 14.01.2022

gez. Ulrich Haas

gez. Lennart Haas