

# WAX-QUERSCHNITTSTHEMA WASSERSPEICHERUNG



STECKBRIEFE MIT BEST-PRACTICE-BEISPIELEN  
FÜR DIE WASSERSPEICHERUNG



# INHALTSVERZEICHNIS

<u>Einführung</u> .....	3	<u>Oberirdische Speicher</u> .....	30
<u>Urbane Speicher – zentraler Rückhalt</u> .....	9	<u>Talsperre Klingenberg</u> .....	31
<u>Regenüberlaufbecken in der Dürrbachau /</u>		<u>Talsperre Spremberg</u> .....	32
<u>Stadt Würzburg</u> .....	10	<u>Rurtalsperre Schwammenauel</u> .....	33
<u>Mischwasserspeicher Waßmannsdorf</u> .....	11	<u>Oberflächennahe &amp; tiefe Speicher</u> .....	34
<u>Kanalnetzsteuerung Jena</u> .....	12	<u>Gesteuerte Drainage</u> .....	35
<u>Urbane Speicher – dezentraler Rückhalt</u> .....	13	<u>Senkenpotential</u> .....	36
<u>Versickerungsmulde +</u> .....	14	<u>Naturräumliche Unterspeicher</u> .....	37
<u>Versickerungsrigole +</u> .....	15	<u>Technische Unterspeicher</u> .....	38
<u>Mulden-Rigolen-Element +</u> .....	16	<u>Injektionsbrunnen (Fall A: gespannter</u>	
<u>Baumrigole</u> .....	17	<u>Grundwasserleiter)</u> .....	39
<u>Intensives Gründach I (AMAREX)</u> .....	18	<u>Injektionsbrunnen (Fall B: ungespannter</u>	
<u>Intensives Gründach II (Inno MAUS)</u> .....	19	<u>Grundwasserleiter)</u> .....	40
<u>Retentionsdach</u> .....	20	<u>Glossar</u> .....	41
<u>(Smarte) Retentionszisterne</u> .....	21	<u>Impressum</u> .....	44
<u>Multifunktionale urbane Retentionsräume (MUR)</u> ..	22		
<u>Versickerungsmulde mit (Retentions-)Zisterne</u> .....	23		
<u>Speicherrigole als Zisterne</u> .....	24		
<u>Mulden-Speicherrigolen-Element mit Zisterne</u> .....	25		
<u>Baumstandort mit (Retentions-)Zisterne</u> .....	26		
<u>Gründach mit (Retentions-)Zisterne</u> .....	27		
<u>Retentionsdach mit Zisterne</u> .....	28		
<u>(Smarte) Retentionszisterne (zur Nutzung)</u> .....	29		



# EINFÜHRUNG WASSERSPEICHERUNG

**Zwischen Starkregen und Dürre – im WaX Querschnittsthema „Wasserspeicherung“ geht es um Maßnahmen, die überschüssiges Wasser in der Landschaft speichern und es in Dürrephasen verfügbar machen.**

Bilder von überfluteten Straßen in den Innenstädten, Menschen, die im Sommer in Sandalen durchs kniehohes Wasser waten, vorbei an übersprudelnden Gullydeckeln, sind uns allen bekannt. In Berlin versetzte beispielsweise ein Starkregenereignis 2019 die Feuerwehr über Stunden in den Ausnahmezustand, es wurden mehr als 200 Einsätze gefahren. Die Berliner Wasserbetriebe (BWB) meldeten Spitzenwerte von knapp 59 Liter Regen pro Quadratmeter innerhalb von einer Stunde – das entspricht dem durchschnittlichen Gesamtniederschlag für August.

Gleichzeitig sehen wir eine zunehmende Vertrocknung der Stadtbäume, Zeitungen berichten von Ernteverlusten in Milliardenhöhe, es wird vor bevorstehenden Verteilungskonflikten um die Ressource Wasser gewarnt. Die heißen, trockenen Sommer der Jahre 2003, 2018-2020 und 2022 haben uns den fortschreitenden Klimawandel in Deutschland spürbar vor Augen geführt. Sowohl Trockenheit als auch Starkregenereignisse nehmen laut Klimaprojektionen insbesondere im Sommer zu. Die Wintermonate werden hingegen tendenziell in Deutschland eher feuchter.

Doch wie können wir mit dieser Kombination von zu viel und zu wenig Wasser umgehen? Lässt sich das überschüssige Wasser vielleicht sogar nutzen, um längere Trockenphasen zu überbrücken? Diese Fragen werden im Querschnittsthema „Wasserspeicherung“ behandelt, an dem mehrere Verbände der BMBF-Fördermaßnahme „WaX“ projektübergreifend arbeiten. Konkret geht es darum, wie Wasserspeicher effektiv genutzt und weiterentwickelt werden können, um das Wassermanagement in Bezug auf Wasserextreme zu verbessern. Welche Wasserspeichermaßnahmen gibt es und wie groß ist deren Wirksamkeit im Kontext von Dürre und Starkregen? Inwieweit ist zudem ein Ausgleich zwischen Phasen des Wasserüberschusses und des Wassermangels möglich, bei gleichzeitigem Erhalt einer guten Wasserqualität?

Um kommunalen Akteuren und Praxisanwendern einen Überblick über die Vielseitigkeit an Wasserspeichermaßnahmen für den urbanen und ländlichen Raum zu geben, haben die WaX Verbundprojekte 28 Steckbriefe mit Best-Practice-Beispielen zusammengestellt. In den Steckbriefen werden die einzelnen Maßnahmen kurz beschrieben und die Hauptfunktionen herausgearbeitet. Weitere Informationen zu den Steckbriefen und dem Querschnittsthema finden Sie auf der Webseite: <https://www.bmbf-wax.de/wasserspeicherung/>



# EINFÜHRUNG WASSERSPEICHERUNG

## Über WaX und die Querschnittsthemen

**Ziel der Fördermaßnahme “Wasser-Extremereignisse“ (WaX) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) ist es, die nachteiligen Folgen von Dürren, aber auch von Starkregen- und Hochwasserereignissen durch verbesserte Managementstrategien und Anpassungsmaßnahmen abzuwenden bzw. zu mindern**

Zwölf interdisziplinäre und anwendungsorientierte Forschungsverbände erarbeiten praxisnahe und fachübergreifende Ansätze, die die Auswirkungen von Wasserextremen auf die Gesellschaft und den natürlichen Lebensraum begrenzen und neue Perspektiven für die Wasserwirtschaft eröffnen.

Die Fördermaßnahme ist im Bundesprogramm “Wasser: N – Forschung und Innovation für Nachhaltigkeit“ angesiedelt, das Teil der BMBF-Strategie „Forschung für Nachhaltigkeit“ (FONA) ist.

Weitere Informationen: [www.bmbf-wax.de](http://www.bmbf-wax.de)

### Was sind Querschnittsthemen?

Zwischen den zwölf WaX-Verbundvorhaben bestehen einige Überschneidungen und Themen von übergreifender Relevanz, die sogenannten Querschnittsthemen. Diese Themen wurden am Anfang der Projektphase von den Verbundvorhaben und dem Lenkungskreis identifiziert und werden von sogenannten Kümmerern betreut. Im Frühjahr 2023 startete der regelmäßige Austausch zu den Querschnittsthemen mit ersten Workshops und der Bildung von Arbeitsgruppen. Das Ziel besteht in einer vertieften Vernetzung, die den Austausch von Ideen, Informationen, Daten und Methoden erleichtert und Synergien zwischen den Vorhaben schafft.

Weitere Informationen: <https://www.bmbf-wax.de/querschnittsthemen/>

# EINFÜHRUNG WASSERSPEICHERUNG



## Aufbau und Einordnung der Steckbriefe

In den Steckbriefen wird die jeweilige Maßnahme kurz beschrieben und die Hauptfunktion zusammengefasst. Auf der rechten Seite sind die quantitativen Parameter dargestellt, die eine grobe Einschätzung der Größenordnungen der Wasserspeicherung erlauben sollen. Bitte beachten Sie, dass es sich dabei i.d.R. nicht um Messwerte, sondern um Schätzwerte handelt, die auf Experteneinschätzungen beruhen. Die verwendeten Parameter (z.B. max. Zulauf, Verdunstung oder max. Speichervolumen) werden unten auf der Seite in einem Glossar erläutert.

Jeder Steckbrief enthält oben rechts ein visuelles Kurzprofil in Form eines Spinnennetzdiagramms. Dies ermöglicht ein schnelles Gesamtverständnis, wofür die jeweilige Wasserspeichermaßnahme grundsätzlich geeignet ist. Das Diagramm fasst die Wirksamkeit der jeweiligen Maßnahme in Bezug auf folgende Fragen auf einer Skala von 0 – 3 (aufsteigend, d.h. eine höhere Punktzahl zeigt eine bessere Wirksamkeit an) zusammen:

Wie groß ist die Wirksamkeit der Maßnahme...

- um Hochwasserereignisse\* zu minimieren?
- für die Wasserqualität, indem sie den Schadstoffeintrag in Oberflächengewässer bei Starkregen reduziert?
- um Wassermangelsituationen zu entschärfen?
- um Wasserüberschuss und -mangel auszugleichen (Ausgleich Landschaftswasserhaushalt)?
- für die Trinkwassersicherheit (im quantitativen Sinne)?

Die Angaben basieren auf Einschätzungen von Expert:innen aus den jeweiligen WaX-Verbundprojekten und dienen einer groben Orientierung. Es handelt sich nicht um messbasierte Angaben.

Die Steckbriefe sind in verschiedene Speichertypen untergliedert: urbane, oberirdische sowie oberflächennahe & tiefe Speicher. Werden verschiedene Maßnahmen in einem Spinnennetzdiagramm kombiniert, zeigt sich die unterschiedliche Wirksamkeit der Maßnahmen. Im Folgenden ist die Wirksamkeit für verschiedene Speichertypen kurz dargestellt.

\* In den Begriff "Hochwasser" schließen wir in diesem Kontext auch Überflutungen durch Starkregen abseits von Gewässern mit ein.



# EINFÜHRUNG WASSERSPEICHERUNG

## Vergleich der Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen: Urbane Speicher

Die **zentralen urbanen Speicher**, wie der „Mischwasserspeicher Waßmannsdorf“ (Abb. 1), aber auch das „Regenüberlaufbecken in der Dürrbachau/Stadt Würzburg“ und die „Kanalnetzsteuerung Jena“ (letztere beiden hier nicht dargestellt, aber mit gleichem Profil wie der Mischwasserspeicher in Abb. 1) dienen v.a. dem Gewässerschutz, indem sie Abflussspitzen in der Regenwasserkanalisation temporär zurückhalten oder die Speicherkapazitäten des Kanalnetzes optimieren. Dadurch wird der Schadstoffeintrag in Oberflächengewässer bei Starkregenereignissen reduziert. Bei den **urbanen dezentralen Speichern** handelt es sich um blau-grüne Infrastrukturen. Diese halten Regenwasser zurück und reduzieren den Oberflächenabfluss bei Starkregen. Dadurch können sie in der Fläche urbane Überschwemmungen mindern (siehe Beispiel „Intensives Gründach“, Abb. 1). Werden blau-grüne Infrastrukturen durch Elemente zur Wasserspeicherung erweitert, können sie außerdem dabei helfen, Trockenzeiten zu überbrücken (siehe Beispiel „Versickerungsmulde mit Retentions-Zisterne“, Abb. 1).

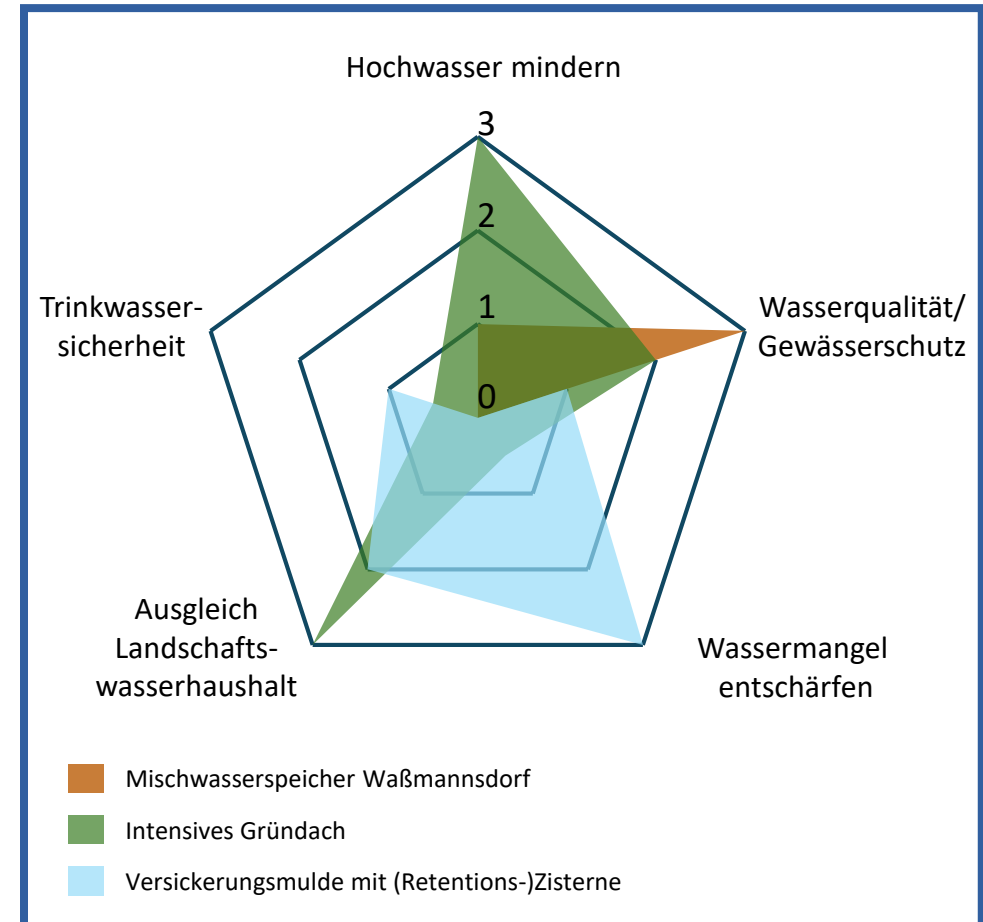


Abb. 1. Vergleich verschiedener urbaner zentraler und dezentraler Speicher.



# EINFÜHRUNG WASSERSPEICHERUNG

## Vergleich der Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen: Oberirdische Speicher

Die **oberirdischen Speicher** umfassen verschiedene Talsperren. Je nach Anlagentyp unterscheidet sich die Hauptnutzung der Talsperren etwas voneinander (Abb. 2). Die Hauptfunktion der Talsperren liegt in der Bereitstellung von Trinkwasser, im Hochwasserschutz und in der Wasseraufhöhung bei Niedrigwasser.

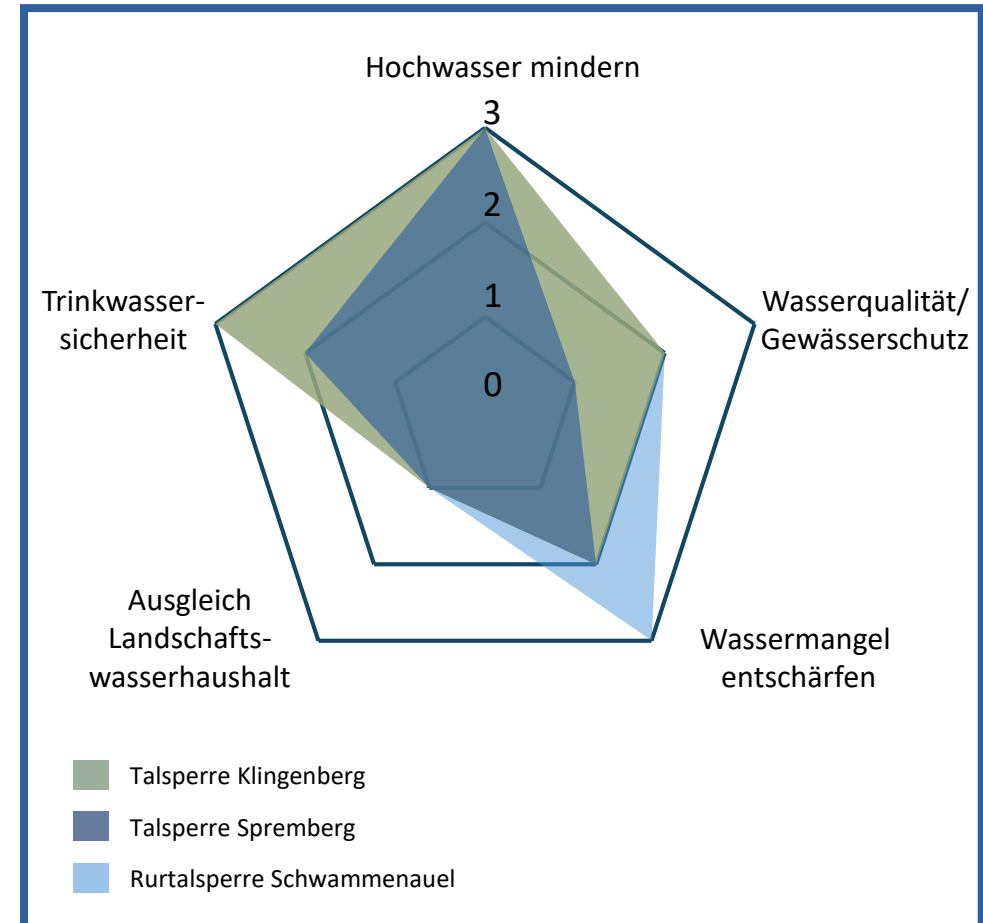


Abb. 2. Vergleich verschiedener oberirdischer Speicher.



# EINFÜHRUNG WASSERSPEICHERUNG

## Vergleich der Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen: Oberflächennahe und tiefe Speicher

Die oberflächennahen und tiefen Speicher können sehr unterschiedliche Funktionen erfüllen (Abb. 3). Das zentrale Element der „technischen Untergrundspeicher“ (siehe Abb. 3), aber auch der „naturräumlichen Untergrundspeicher“ (hier nicht dargestellt) liegt in der Kopplung von Hochwasserschutz und Dürrevorsorge. Es handelt sich um die Speicherung von überschüssigem Wasser im geologischen Untergrund. Wird Wasser tief im Untergrund gespeichert (siehe „Injektionsbrunnen“, Abb. 3), kann das dem Landschaftswasserhaushalt und somit der Trinkwassersicherheit zu Gute kommen. Natürliche Senken halten Regenwasser zurück und lassen es vor Ort versickern, was durch zuflussfördernde Maßnahmen noch verstärkt werden kann (siehe „Senkenpotential“, Abb. 3). Das dient zum einen dem Hochwasserschutz, zum anderen wird der Landschaftswasserhaushalt verbessert.

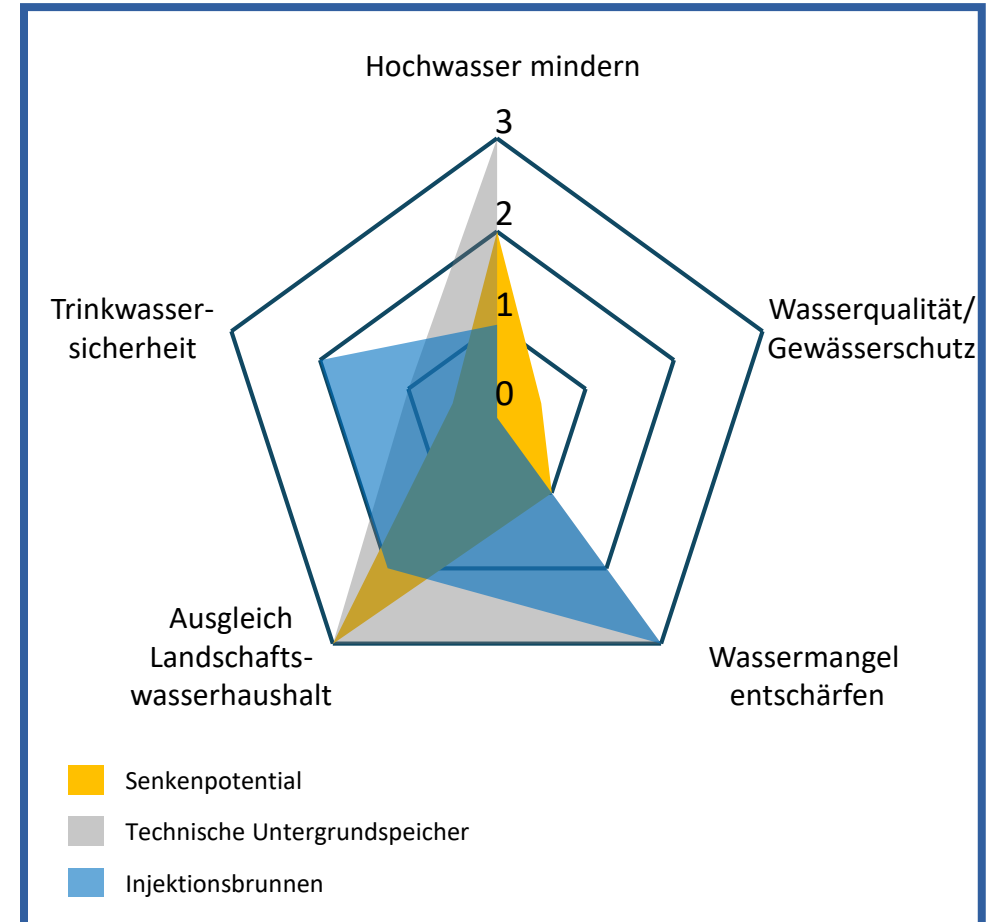


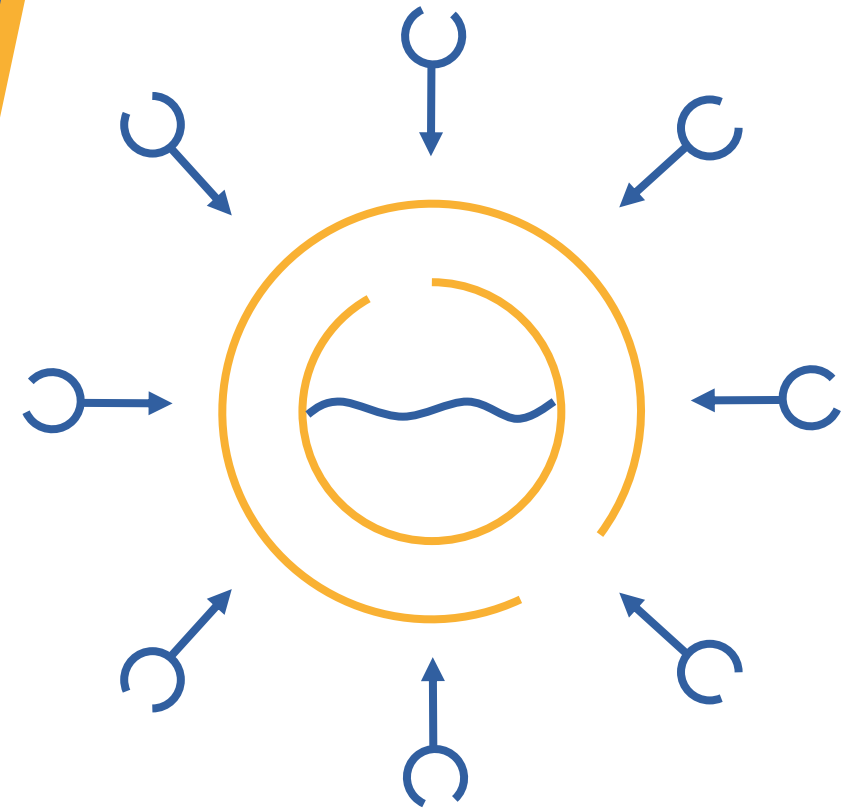
Abb. 3. Vergleich verschiedener oberflächennaher und tiefer Speicher.





# Urbane Speicher

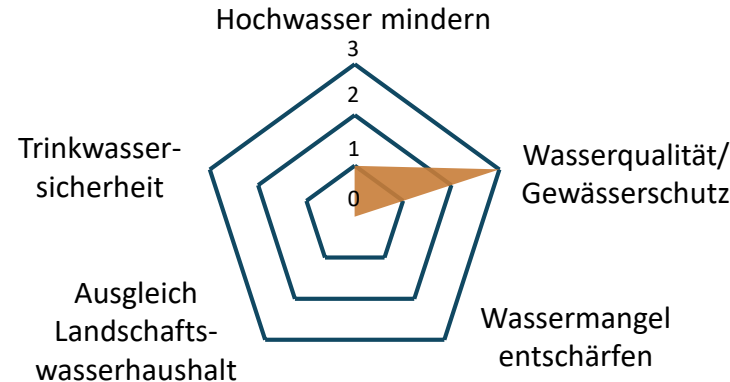
- Zentraler Rückhalt -





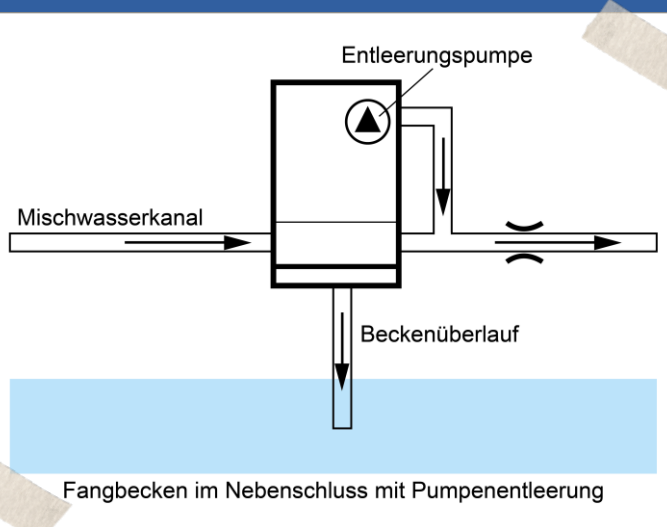
# Regenüberlaufbecken 218 in der Dürrbachau / Stadt Würzburg

**Hauptfunktion der Maßnahme:**  
*Temporärer Rückhalt von Abflussspitzen in der Regenwasserkanalisation*



## Beschreibung

Ein Regenüberlaufbecken ist eine spezifische Form des urbanen Wasserrückhaltes kombiniert mit einem Entlastungsbauwerk für Abwasserkanalsysteme. Es besteht aus dem (vorgeschalteten) Speichervolumen, Ablauf zur Kläranlage und Überlauf zum Gewässer. Der während des Regens gespeicherte Beckeninhalt wird zeitversetzt / gedämpft zum Klärwerk geleitet. Ist die Beckenkapazität ausgelastet, muss ein Überlauf / Abschlag in den Vorfluter erfolgen. Das Regenüberlaufbecken in der Dürrbachau dient dem temporären Rückhalt von Abflussspitzen in der Regenwasserkanalisation eines Stadtteils von Würzburg.



## Quantitative Parameter

*Größe der Speicherung*

### Zu- & Abflusraten

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} = 2 \text{ m}^3/\text{s}$	$\overline{Q}_{zu} = 0 \text{ m}^3/\text{s}$	$\max Q_{ab} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$	$\overline{Q}_{ab} = 0 \text{ m}^3/\text{s}$	ET = 0	Perc = 0	$Q_x = 0$

### Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis
$V_{max} = 240 \text{ m}^3$	$V_{vor} = 0 \text{ m}^3$

### Speicheroberfläche

Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$A_{EZG} = \text{wenige km}^2$ (nicht klar abzugrenzen)

### Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollenfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{\text{Füllung}} = \text{Wenige Minuten bis ca. 1 h}$	$t_{\text{Leerung}} = \text{ca. 1 Tag}$

### Kosten

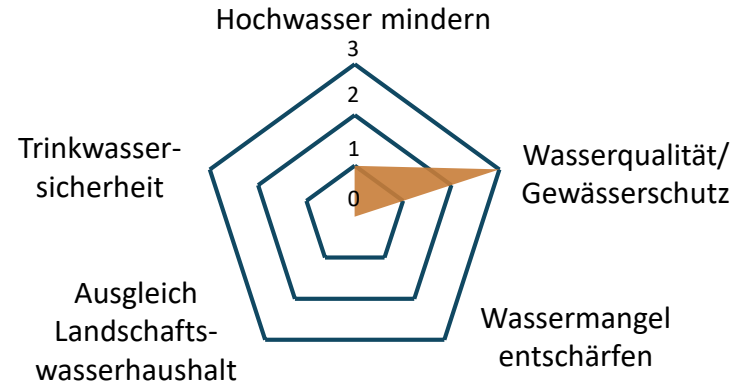
Zu den möglichen Kosten kann nach jetzigem Stand noch keine Auskunft gegeben werden.

\* Zugehörige Oberfläche muss bekannt sein



# Mischwasserspeicher Waßmannsdorf (bei Berlin)

**Hauptfunktion der Maßnahme:**  
Entlastung der Klärwerkskapazitäten;  
Reduktion von Schadstoffeinleitungen



## Beschreibung

Der Mischwasserspeicher Waßmannsdorf besteht aus zwei Kammern mit je 25.050 m<sup>3</sup> Nutzvolumen und ist als oberirdisches, rechteckiges Stahlbetonbecken konzipiert. Er dient dazu, Spitzenzuläufe aus Misch- und Schmutzwassersystemen bei starken Niederschlägen zu speichern, wenn die Klärwerkskapazitäten erreicht sind. Das gespeicherte Wasser wird dann kontinuierlich dem Klärwerk zugeführt. Der Mischwasserspeicher entlastet die Pumpwerkseinzugsgebiete Kreuzberg und Schöneberg in Berlin. Diese Pumpwerkseinzugsgebiete entlassen bei Starkregen Mischwasser in den Landwehrkanal, wobei das Ziel ist, Überlastereignisse zu vermeiden.



Luftbild vom fertiggestellten Mischwasserspeicher im Sommer 2020 (© BwB)

## Quantitative Parameter Größe der Speicherung

### Zu- & Abflussraten

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} = 180.000 \text{ m}^3/\text{Tag}$	$\overline{Q}_{zu} = \text{N.A.}$	$\max Q_{ab} = \text{beliebig}$	$\overline{Q}_{ab} = \text{N.A.}$	ET = 0	Perc = 0	$Q_x = 0$

### Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis
$V_{max} = 50.000 \text{ m}^3$	$V_{vor} = 0 \text{ m}^3$

### Speicheroberfläche

Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$A_{Speicher} = 5.300 \text{ m}^2$	$A_{EZG} = \text{Abwasser von ca. 1,3 Mio. Einwohner:innen}$

### Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{\text{Füllung}} = \text{Mehrere Stunden bis wenige Tage}$	$t_{\text{Leerung}} = \text{Mehrere Tage}$

### Kosten

Die Bruttokosten belaufen sich laut BwB (2020) auf ca. 40 Mio. Euro.

\* Zugehörige Oberfläche muss bekannt sein



# Kanalnetzsteuerung Jena



**Hauptfunktion der Maßnahme:**  
Aktivierung von ungenutztem Stauraum zur Zwischenspeicherung von Starkregen

## Beschreibung

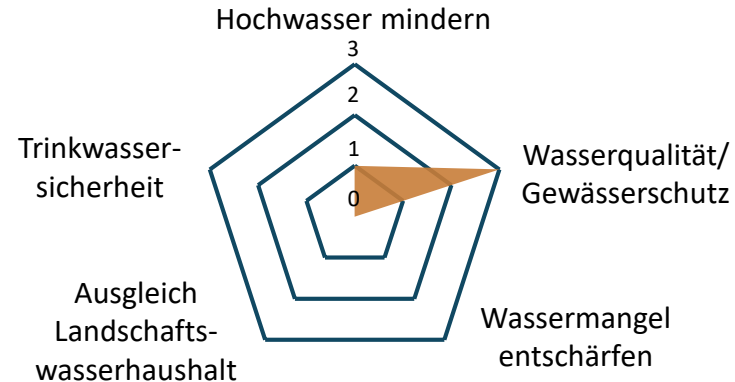
Bei Starkregen kann es zu einer unkontrollierten Ausschwemmung von unbehandeltem Abwasser aus dem Kanalnetz kommen. Dadurch werden umliegende Gewässer verschmutzt. Durch Modifizierung des Systems z.B. mit aktiven Abflussbegrenzern (Drosselschieber) und einer intelligenten Steuerung (basierend auf Verfahren der Künstlichen Intelligenz), kann das bestehende Speichervolumen bei Starkregenereignissen optimal ausgenutzt und das anfallende Wasser zwischengespeichert werden. Anschließend kann das Wasser zur Kläranlage geleitet, dezentral genutzt oder aufbereitet werden.



© JenaWasser

## Quantitative Parameter

Größe der Speicherung



### Zu- & Abflussraten

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} = 100\% \text{ RAS}^*$	$\overline{Q}_{zu} = 100\% \text{ RAS}$	$\max Q_{ab} = 100\%$	$\overline{Q}_{ab} = \text{variabel/steuerbar}$	ET = 0	Perc = 0	$Q_x = \text{Abschlag Mischwasserbauwerke}$

### Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis
$V_{max} = 12.000m^3^{**}$	$V_{vor} = 0$

### Speicheroberfläche

Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$A_{Speicher} = \text{nicht zutreffend}^{***}$	$A_{EZG} = 550 \text{ ha befestigte Fläche}$

### Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{Füllung} = \text{Minuten}$	$t_{Leerung} = \text{Je nach Steuerungsansatz}$

### Kosten

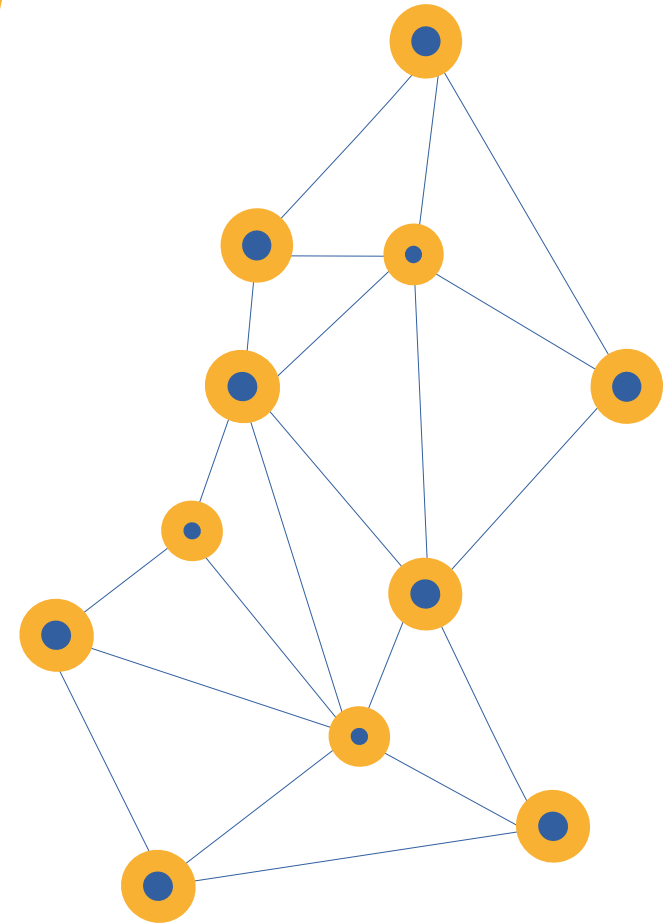
Die Kosten belaufen sich gemäß Antrag auf 680.000 Euro.

\*RAS = maximale Regenabflussspende  
 \*\* ca. 15% mehr als ohne Maßnahme im Gesamtnetz  
 \*\*\* Einbau in existierenden unterirdischen Hauptsammler



# Urbane Speicher

- Dezentraler Rückhalt -



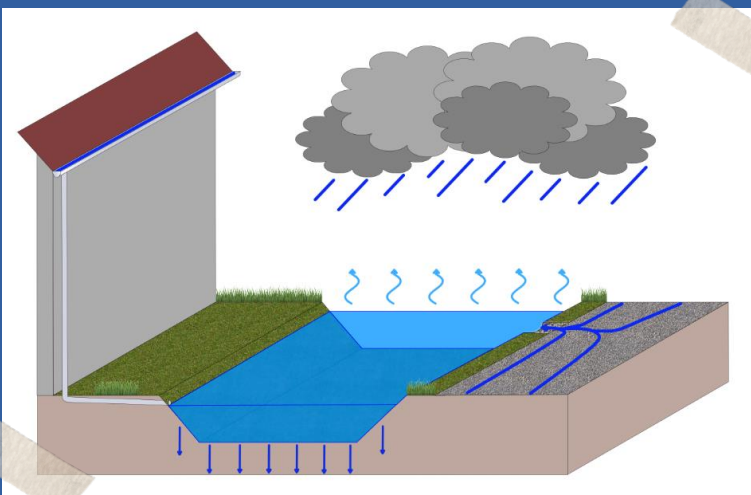
# Versickerungsmulde +

## Hauptfunktion der Maßnahme:

Reduktion des Oberflächenabflusses von Dach- und Verkehrsflächen bei Starkregen

### Beschreibung

Bei einer Versickerungsmulde wird Niederschlagsabfluss durch eine bewachsene Bodenzone in den Untergrund versickert (Einleitung ins Grundwasser). In der Regel werden Mulden auf eine Jährlichkeit von  $T = 5$  a bemessen. Die Versickerungsmulde+ wird gezielt für seltenere Regenereignisse auf eine Jährlichkeit von  $T \leq 100$  a bemessen, sodass zusätzliches Muldenvolumen zum Speichern von Niederschlagsabfluss vorhanden ist. Nach einem Starkregenereignis entleert sich die Mulde selbsttätig durch Versickerung. Die technischen Anforderungen an die Versickerungsleistung des Bodens und die Bemessungsdetails der Versickerungsmulde+ ergeben sich nach dem einfachen Verfahren gemäß DWA-Arbeitsblatt DWA-A 138-1 (DWA, 2020).

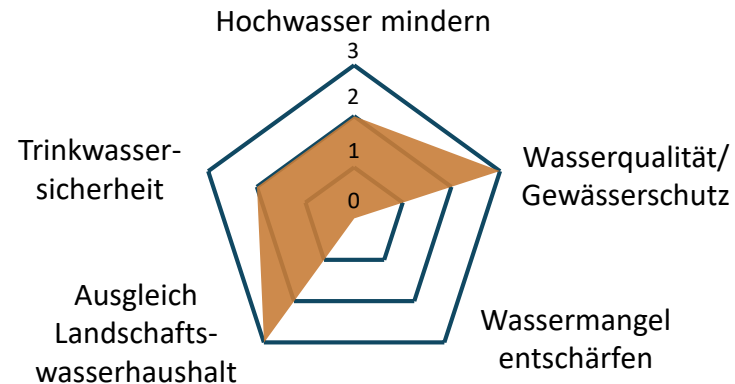


Versickerungsmulde + (© RPTU AMAREX)



## Quantitative Parameter

Größe der Speicherung



### Zu- & Abflussraten

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} \leq x * 10^2 \text{ l/s}$	$\overline{Q}_{zu} = \text{k.A.}$	$\max Q_{ab} = 0 \text{ l/s}$ ggf. Überlauf	$\overline{Q}_{ab} = \text{k.A.}$	$ET \approx 0$	Perc = gemäß Sickerate, wenige l/s	$Q_x = 0$

### Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis
$V_{max} \leq x * 10^2 \text{ m}^3$	$V_{vor} = \text{keine}$

### Speicheroberfläche

Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$A_{Speicher} \leq x * 10^2 \text{ m}^2$	$A_{EZG} = 5 - 15 * A_{Speicher}$

### Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{\text{Füllung}} = \text{Wenige Minuten}$	$t_{\text{Leerung}} = \text{Mehrere Stunden bis wenige Tage}$

### Kosten

Planungs-, Bau- und Betriebskosten entsprechen denen konventioneller Versickerungsmulden. Bislang keine gesonderte Recherche aktueller Kostenansätze.

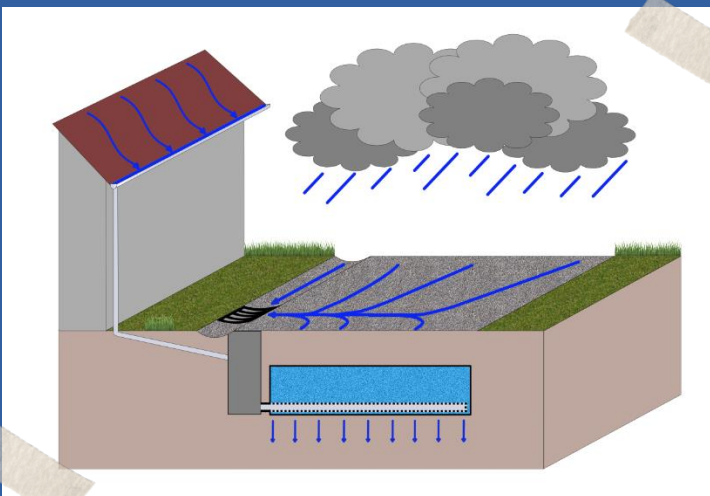
Hinweis: Angaben sind grobe Größenordnungen, Parameter sind individuell von der Anlage abhängig bzw. nicht bezifferbar (k.A.)

# Versickerungsrigole +

**Hauptfunktion der Maßnahme:**  
Reduktion des Oberflächenabflusses von Dach- und Verkehrsflächen bei Starkregen

## Beschreibung

Eine Rigole ist ein unterirdischer Speicherkörper, aus dem Niederschlagsabfluss in den Untergrund versickert. An die Rigole kann der Oberflächenabfluss von Dach- und Verkehrsflächen angeschlossen werden. Eine Rigole wird in der Regel auf eine Jährlichkeit von  $T = 5$  a bemessen. Die Rigole+ wird gezielt auf eine auf eine Jährlichkeit von  $T \leq 100$  a bemessen, damit zusätzliches Rigolenvolumen zum Speichern von Niederschlagsabfluss vorhanden ist. Nach einem Starkregenereignis entleert sich die Rigole selbsttätig durch Versickerung. Die technischen Anforderungen an die Versickerungsleistung des Bodens und die Bemessungsdetails der Rigole+ ergeben sich nach dem einfachen Verfahren gemäß DWA-Arbeitsblatt DWA-A 138-1 (DWA, 2020).



Versickerungsrigole + (© RPTU AMAREX)



## Quantitative Parameter

Größe der Speicherung

### Zu- & Abflussraten

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} \leq x * 10^2 l/s$	$\overline{Q}_{zu} = \text{k.A.}$	$\max Q_{ab} = 0 l/s$ ggf. Überlauf	$\overline{Q}_{ab} = \text{k.A.}$	$ET \approx 0$	Perc = gemäß Sickerate, wenige l/s	$Q_x = 0$

### Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis
$V_{max} \leq x * 10^2 m^3$	$V_{vor} = \text{keine}$

### Speicheroberfläche

Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$A_{Speicher} = \text{k.A.}$ unterirdisch	$A_{EZG} = \text{k.A.}$

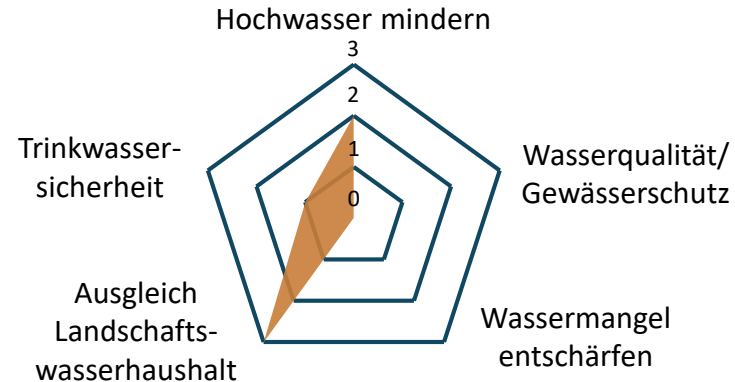
### Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{Füllung} = \text{Wenige Minuten}$	$t_{Leerung} = \text{Mehrere Stunden bis wenige Tage}$

### Kosten

Planungs-, Bau- und Betriebskosten entsprechen denen konventioneller Versickerungsrigolen. Bislang keine gesonderte Recherche aktueller Kostenansätze.

Hinweis: Angaben sind grobe Größenordnungen, Parameter sind individuell von der Anlage abhängig bzw. nicht bezifferbar (k.A.)



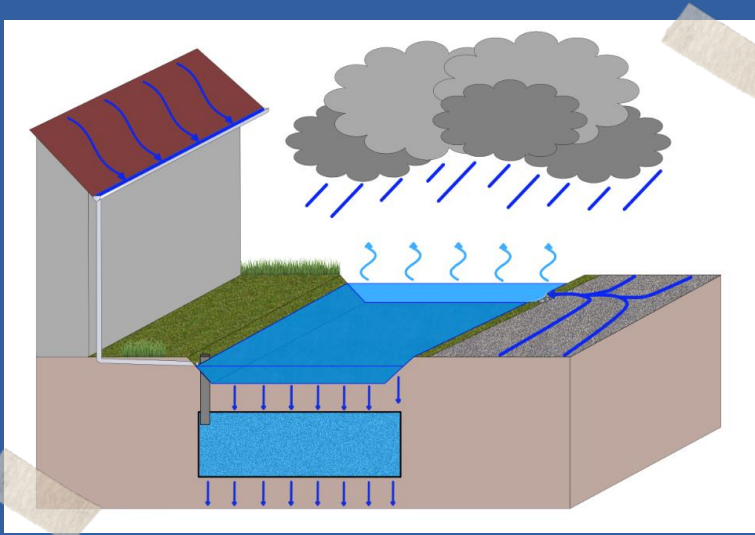


# Mulden-Rigolen-Element +

**Hauptfunktion der Maßnahme:**  
Reduktion des Oberflächenabflusses von Dach- und Verkehrsflächen bei Starkregen

## Beschreibung

Ein Mulden-Rigolen-Element besteht aus einer Versickerungsmulde und einer darunterliegenden Versickerungsrigole. Beide nehmen Wasser auf, das entweder durch Versickerung oder Überlauf in den Untergrund gelangt. Üblicherweise wird das System für eine Jährlichkeit von 5 Jahren ausgelegt. Bei der erweiterten Variante, Mulden-Rigolen-Element+, wird das System für eine Jährlichkeit von bis zu 100 Jahren ausgelegt, um mehr Niederschlagswasser zu speichern. Die Entleerung erfolgt durch Versickerung. Die technischen Anforderungen und Bemessungsdetails basieren auf dem DWA-Arbeitsblatt DWA-A 138-1 (DWA, 2020).



Mulden-Rigolen-Element + (© RPTU AMAREX)



## Quantitative Parameter

Größe der Speicherung

### Zu- & Abflussraten

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} \leq x * 10^2 l/s$	$\overline{Q}_{zu} = \text{k.A.}$	$\max Q_{ab} = 0 l/s$ ggf. Überlauf	$\overline{Q}_{ab} = \text{k.A.}$	$ET \approx 0$	Perc = gemäß Sickerate, wenige l/s	$Q_x = 0$

### Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis
$V_{max} \leq x * 10^2 m^3$	$V_{vor} = \text{keine}$

### Speicheroberfläche

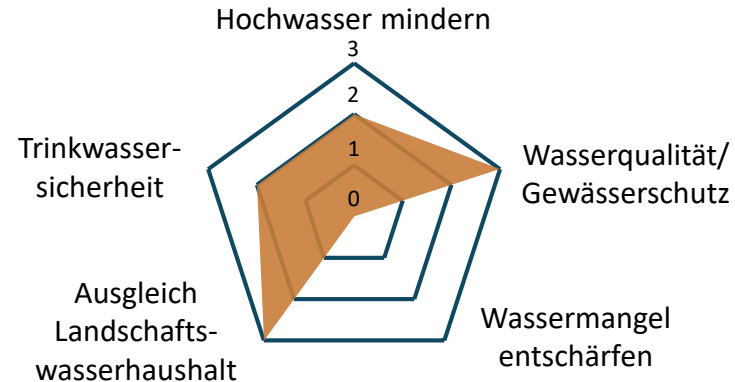
Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$A_{Speicher} \leq x * 10^2 m^2$ (Mulde)	$A_{EZG} = 5 - 15 * A_{Speicher}$ (Mulde)

### Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{Füllung} = \text{Wenige Minuten}$	$t_{Leerung} = \text{Mehrere Stunden bis wenige Tage}$

### Kosten

Planungs-, Bau- und Betriebskosten entsprechen denen konventioneller Versickerungsrigolen. Bislang keine gesonderte Recherche aktueller Kostenansätze.



Hinweis: Angaben sind grobe Größenordnungen, Parameter sind individuell von der Anlage abhängig bzw. nicht bezifferbar (k.A.)



GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung





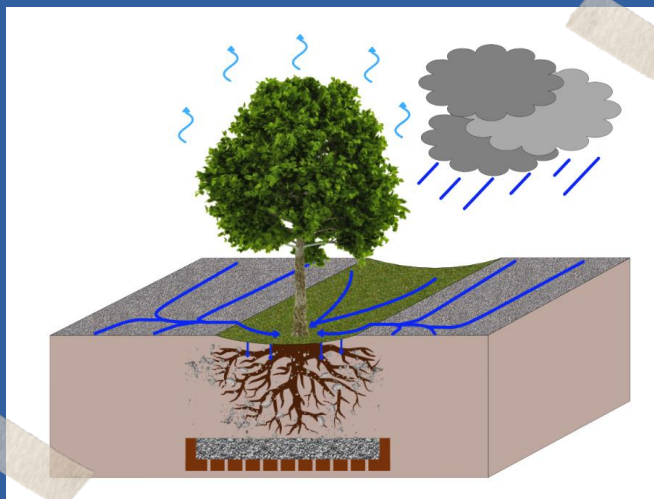
# Baumrigolen

## Hauptfunktion der Maßnahme:

Reduktion des Oberflächenabflusses von Verkehrsflächen bei Starkregen

### Beschreibung

Die Baumrigole dient der Ableitung des Niederschlagsabflusses von befestigten Flächen wie Straßen und Gehwegen über die Baumscheibe. Das Wasser versickert von dort in eine Pflanzgrube mit großem Wasserspeicher und einer eingebauten Rigole für zusätzliches Retentionsvolumen. Nach einem Starkregen muss eine langsame Entleerung über Versickerung erfolgen, um Staunässe zu vermeiden. Die Anlage entspricht konzeptionell einer "Baumrigole mit Speicherelement", wie im Projekt BlueGreenStreets (BGS, 2022) beschrieben. Bemessungsempfehlungen sind in den Empfehlungen für Baumpflanzungen (2010) und im DWA-Arbeitsblatt DWA-A 138-1 (DWA, 2020) festgelegt.



Baumrigole (© RPTU AMAREX)



## Quantitative Parameter

Größe der Speicherung

### Zu- & Abflussraten

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} =$ wenige l/s	$\overline{Q}_{zu} =$ k.A.	$\max Q_{ab} =$ 0l/s	$\overline{Q}_{ab} =$ k.A.	ET= k.A. (baum-spezifisch)	Perc $\approx$ 0	$Q_x = 0$

### Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis
$V_{max} = 2 \text{ bis } 4 \text{ m}^3$ (Rigole)	$V_{vor} =$ keine

### Speicheroberfläche

Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$A_{Speicher} =$ wenige $\text{m}^2$ (Baumscheibe)	$A_{EZG} =$ ca. $100 \text{ m}^2$

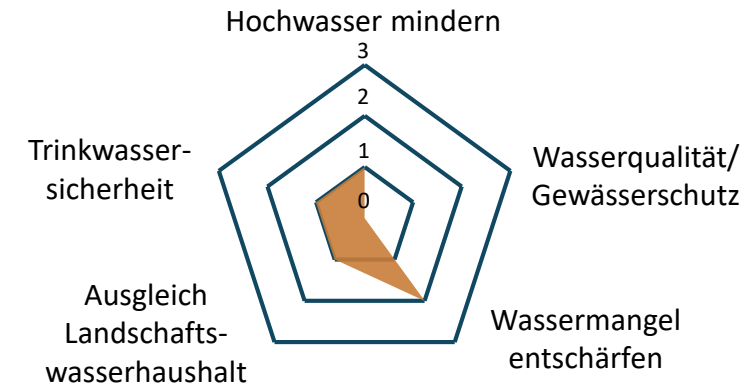
### Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{Füllung} =$ Wenige Minuten	$t_{Leerung} =$ Wenige Tage

### Kosten

Bislang wurde keine gesonderte Recherche zu den aktuellen Kostenansätzen vorgenommen.

Hinweis: Angaben sind grobe Größenordnungen, Parameter sind individuell von der Anlage abhängig bzw. nicht bezifferbar (k.A.)



GEFÖRDERT VOM



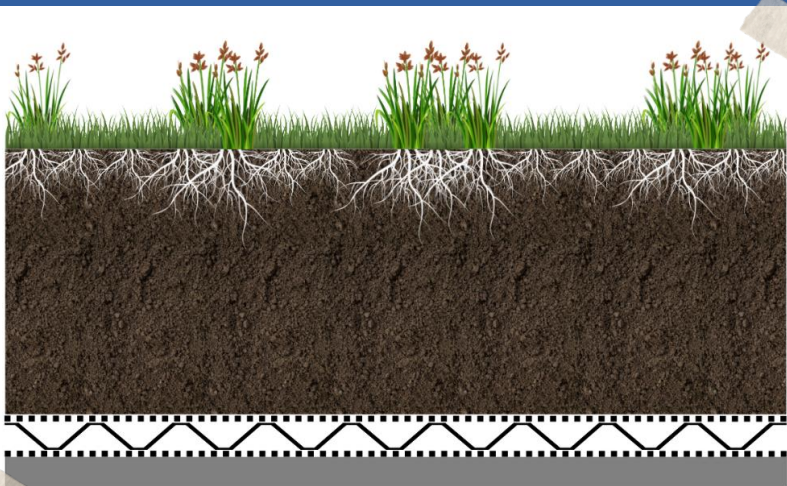
# Intensives Gründach I

## Hauptfunktion der Maßnahme:

Reduktion des Oberflächenabflusses von Dachflächen bei Starkregen

### Beschreibung

Bei einem intensiven Gründach (Gründach mit Intensivbegrünung) ist die Substratschicht mächtiger als bei einem extensiv begrünten Gründach, somit ist mehr Speichervolumen zur Zwischenspeicherung von Niederschlagswasser vorhanden. Dadurch tritt im Starkregenfall der Abfluss aus dem Dachaufbau (stark) verzögert ein, sodass Abflussspitzen gekappt werden. Ein intensivbegrüntes Gründach wird nicht nach wasserwirtschaftlichen Aspekten bemessen; die Ausführung des Dachs mit Substratschicht (15 – 100 cm), Höhe der Vegetation (bis zum 200 cm), und Mindestneigung ( $\geq 2\%$ ) werden in der Dachbegrünungsrichtlinie (FLL, 2018) definiert.



Intensives Gründach (© RPTU AMAREX)



## Quantitative Parameter

Größe der Speicherung

### Zu- & Abflusssraten

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} =$ k.A.	$\overline{Q}_{zu} =$ k.A.	$\max Q_{ab} =$ wenige l/s (Überlauf)	$\overline{Q}_{ab} =$ k.A.	ET= gemäß Aufbau	Perc $\approx 0$	$Q_x = 0$

### Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis	Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$V_{max} = 135 \text{ l/m}^2$ (gemäß Aufbau)	$V_{vor} =$ k.A.	$A_{Speicher} \leq x * 10^2 \text{ m}^2$ (=Dachfläche)	$A_{EZG} = A_{Speicher}$

### Speicheroberfläche

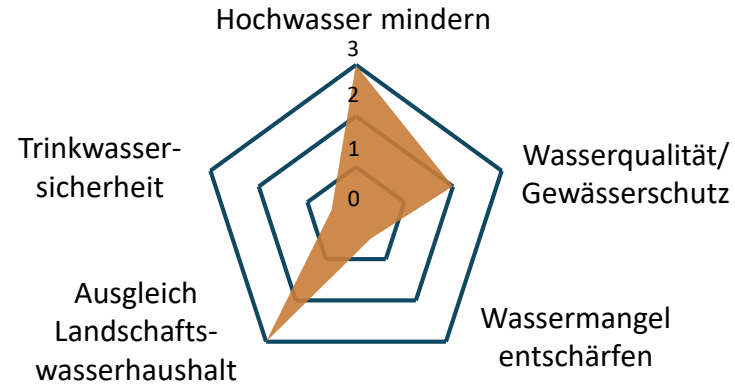
### Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{Füllung} =$ Wenige Minuten	$t_{Leerung} =$ Mehrere Stunden bis wenige Tage

### Kosten

Bislang wurden Planungs-, Bau- und Betriebskosten noch nicht gesondert recherchiert.

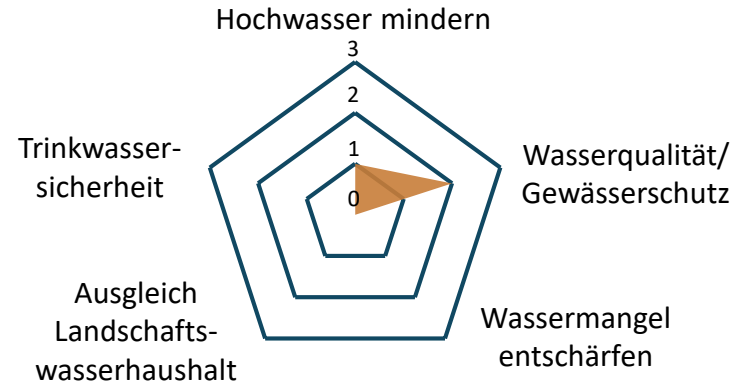
Hinweis: Angaben sind grobe Größenordnungen, Parameter sind individuell von der Anlage abhängig bzw. nicht bezifferbar (k.A.)





# Intensives Gründach II

**Hauptfunktion der Maßnahme:**  
Regenwasserrückhalt



## Quantitative Parameter Größe der Speicherung

### Beschreibung

Gründächer bestehen aus einer Drainage- und einer bepflanzten Substratschicht. Sie können Regenwasser zurückhalten, das dann verdunstet und verzögert abfließt. Das hier beispielhaft vorgestellte intensive Gründach (siehe [Speak et al. 2013](#)) in Manchester ist bereits 43 Jahre alt. Auf der 17 cm mächtigen Bodenschicht wächst eine mehrschichtige Vegetation aus Gräsern, Moosen, Sträuchern und kleinen Bäumen. Innerhalb eines guten Jahres wurde der Rückhalt von 69 Niederschlagsereignissen gemessen. Im Durchschnitt konnte das Gründach 66% des Niederschlags zurückhalten, bei dem angrenzenden konventionellen Dach waren es 34%. Der hohe organische Anteil im Boden verbesserte die Wasseraufnahmefähigkeit des Gründachs, aber mit zunehmender Niederschlagsmenge nahm der prozentuale Rückhalt signifikant ab.

### Zu- & Abflussraten

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} = 68 \text{ mm/h}^*$	$\overline{Q}_{zu} = \text{N.A.}$	$\max Q_{ab} = \text{beliebig}$	$\overline{Q}_{ab} = \text{N.A.}$	ET = temperaturabhängig	Perc = 0	$Q_x = 0$

### Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis
$V_{max} = 20 \text{ m}^3$ (Entspricht 49 mm** Niederschlag)	$V_{vor} = \text{durchschn. 30 h ohne Niederschlag}^{***}$

### Speicheroberfläche

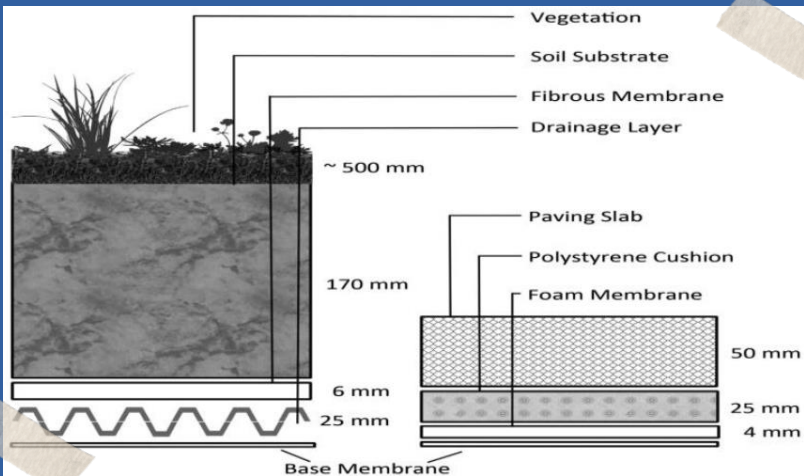
Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$A_{Speicher} = 408 \text{ m}^2$	$A_{EZG} = 408 \text{ m}^2$

### Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{\text{Füllung}} = \text{abhängig von Niederschlag \& Vorfeuchte}$	$t_{\text{Leerung}} = \text{temperaturabhängig}$

### Kosten

Die Kosten sind abhängig von der Substratmächtigkeit und weiteren Details.



Querschnitt der Schichten des Gründachs (l.) und des konventionellen Dachs (r.)  
Bildquelle: [Speak et al. 2013](#)

\* maximale 10-min Niederschlagsintensität des größten beobachteten Niederschlagsereignisses des Beobachtungszeitraums  
\*\* Zugehörige Oberfläche muss bekannt sein  
\*\*\* Näherung der durchschnittlichen Vorfeuchte





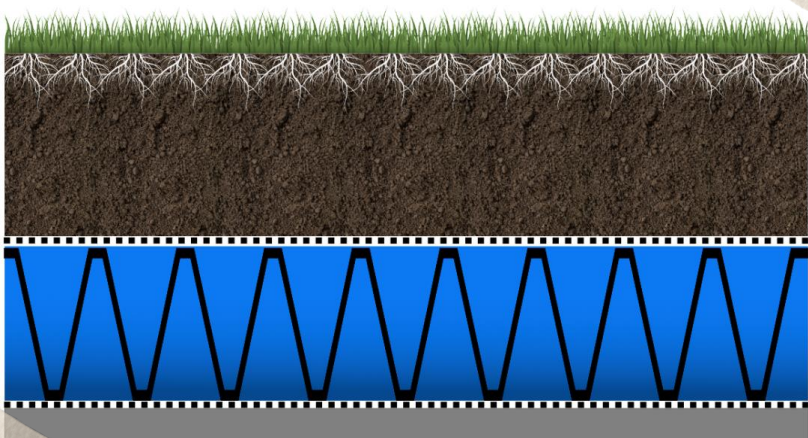
# Retentionsdach

## Hauptfunktion der Maßnahme:

Reduktion des Oberflächenabflusses von Dachflächen bei Starkregen

### Beschreibung

Das Retentionsdach ist eine Modifikation des Gründaches: Es wird unterhalb der Substratschicht eine zusätzliche Retentionsschicht angeordnet, in der Niederschlagswasser zwischengespeichert wird und über die die Dachvegetation mit Wasser versorgt wird. Erst nach Einstau der Retentionsschicht findet ein gedrosselter Abfluss aus dem Dachaufbau statt. Die Begrünung des Retentionsdachs wird in Abhängigkeit der Substratschichtdicke als extensive oder intensive Begrünung ausgeführt. Der Abfluss aus der Retentionsschicht wird über eine Drossel eingestellt, in Sonderfällen auch dynamisch geregelt, es muss keine Mindestneigung eingehalten werden.



Retentionsdach (© RPTU AMAREX)



## Quantitative Parameter

Größe der Speicherung

### Zu- & Abflussraten

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} =$ k.A.	$\overline{Q}_{zu} =$ k.A.	$\max Q_{ab} =$ wenige l/s (Drossel)	$\overline{Q}_{ab} =$ k.A.	ET= gemäß Aufbau	Perc $\approx$ 0	$Q_x = 0$

### Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis
$V_{max} = 165 \text{ l/m}^2$ (gemäß Aufbau)	$V_{vor} =$ k.A.

### Speicheroberfläche

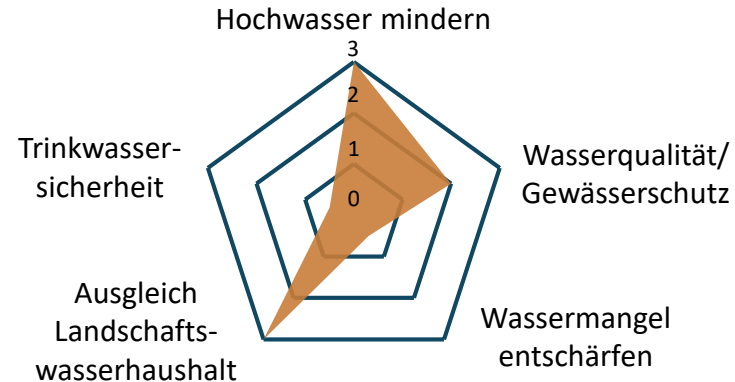
Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$A_{Speicher} \leq x * 10^2 \text{ m}^2$ (=Dachfläche)	$A_{EZG} = A_{Speicher}$

### Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{Füllung} =$ Wenige Minuten	$t_{Leerung} =$ Mehrere Stunden bis wenige Tage

### Kosten

Bislang wurden Planungs-, Bau- und Betriebskosten noch nicht gesondert recherchiert.



Hinweis: Angaben sind grobe Größenordnungen, Parameter sind individuell von der Anlage abhängig bzw. nicht bezifferbar (k.A.)



GEFÖRDERT VOM



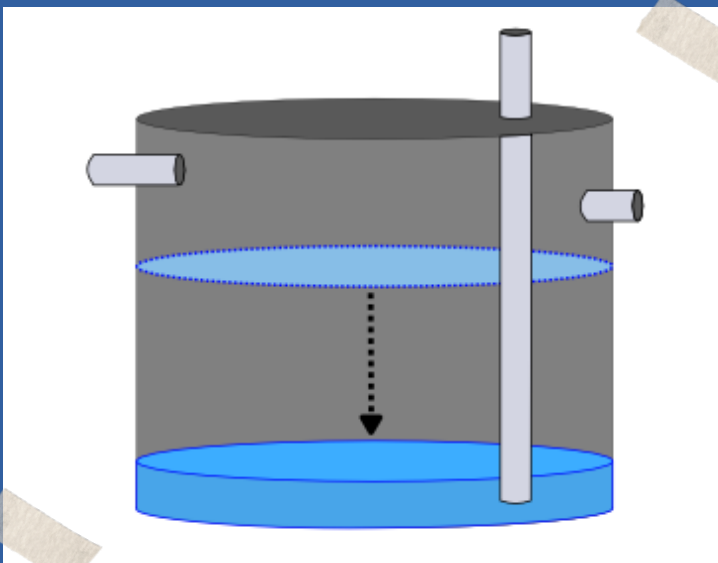
# (Smarte) Retentionszisterne

## Hauptfunktion der Maßnahme:

Reduktion des Oberflächenabflusses von Dachflächen bei Starkregen

### Beschreibung

Die smarte Retentionszisterne hat ein größeres Volumen als eine herkömmliche Zisterne, um mehr Niederschlagsabfluss aufnehmen zu können. Sie wird zudem vor einem zu erwartenden Starkregenereignis gezielt entleert, sodass möglichst viel Speichervolumen zu Verfügung steht. Diese Steuerung funktioniert optimal, wenn vorhersagebasierte Eingangsdaten (smarte Variante) genutzt werden. Drossel- und Notüberlauf können in eine nachgeschaltete Regenwasserbewirtschaftungs-anlage (z.B. Versickerungsmulde) geleitet werden.



(Smarte) Retentionszisterne (© RPTU AMAREX)



## Quantitative Parameter

Größe der Speicherung

### Zu- & Abflusssraten

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} =$ k.A.	$\overline{Q}_{zu} =$ k.A.	$\max Q_{ab} =$ k.A.	$\overline{Q}_{ab} =$ k.A.	ET = 0	Perc = 0	$Q_x =$ nach Bedarf

### Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis
$V_{max} = 5m^3$ (variabel)	$V_{vor} =$ variabel

### Speicheroberfläche

Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$A_{Speicher} =$ keine Relevanz	$A_{EZG} = 1.000m^2$

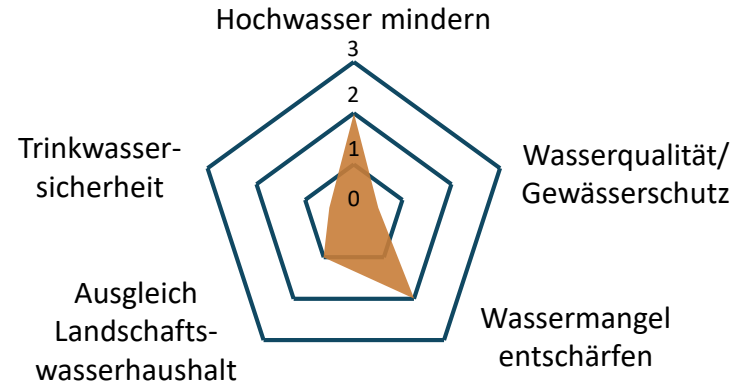
### Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{Füllung} =$ k.A.	$t_{Leerung} =$ k.A.

### Kosten

Die Retentionszisterne braucht mehr Platz im Untergrund als eine herkömmliche Zisterne und steht im Zielkonflikt mit der Dürrevorsorge, da volle Speicher für Bewässerung benötigt werden, nicht leere wie bei der Starkregenvorsorge.

Hinweis: Angaben sind grobe Größenordnungen, Parameter sind individuell von der Anlage abhängig bzw. nicht bezifferbar (k.A.)



GEFÖRDERT VOM



# Multifunktionale urbane Retentionsräume (MUR)

**Hauptfunktion der Maßnahme:**  
*Reduktion des Oberflächenabflusses  
 verschiedener Siedlungsflächen bei Starkregen*

## Beschreibung

Multifunktionale urbane Retentionsräume (MUR) sind öffentliche Frei- oder Verkehrsflächen, die neben ihrer Hauptnutzung temporär auch wasserwirtschaftliche Funktionen übernehmen können, z.B. zur Überflutungsvorsorge bei Starkregen. Sie dienen meist als Verkehrsraum oder Aufenthaltsort und verwandeln sich bei Bedarf in Retentionsflächen. Nach dem Ereignis wird das gesammelte Regenwasser an die Kanalisation oder in ein Gewässer abgeleitet. Nutzungssynergien können die Realisierung vereinfachen, und einige MUR erfordern nach Starkregen eine Instandsetzung. (Benden et al. 2017)



© MUST Städtebau, verändert



## Quantitative Parameter *Größe der Speicherung*

### Zu- & Abflussraten

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} \leq x * 10^2 l/s$	$\overline{Q}_{zu} = \text{k.A.}$	$\max Q_{ab} \leq x * 10^1 l/s$	$\overline{Q}_{ab} = \text{k.A.}$	$ET \approx 0$	$\text{Perc} \approx 0$	$Q_x = 0$

### Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis
$V_{max} \leq x * 10^2 m^3$ bis $\leq x * 10^3 m^3$	$V_{vor} = \text{keine}$

### Speicheroberfläche

Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$A_{speicher} \leq x * 10^2 m^2$ bis $\leq x * 10^3 m^2$	$A_{EZG} = \text{keine}$

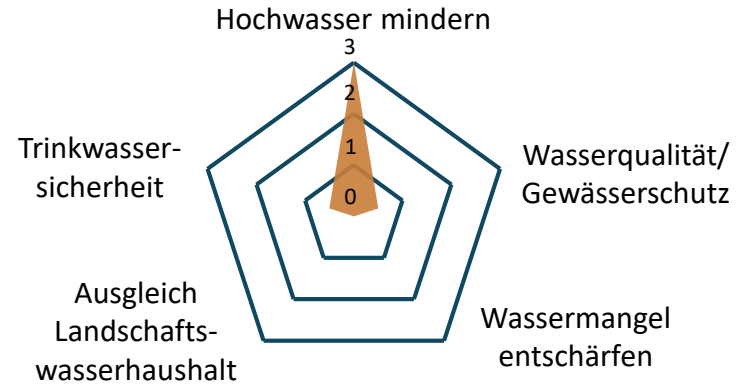
### Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{Füllung} = \text{wenige Minuten}$	$t_{Leerung} = \text{Mehrere Stunden bis wenige Tage}$

### Kosten

Planungs-, Bau- und Betriebskosten lassen sich nicht pauschal zu beziffern, da sie stets hochgradig maßnahmen- und anlagenspezifisch sind. Aktuelle Bsp. von der [StEB Köln](#):

- Köln, Eiler Schützenplatz: 1.680.000 € (625.000 StEB-Anteil)
- Köln, Quartiersplatz Leidenhausener Str.: 920.000 € (290.000 StEB-Anteil)



Hinweis: Angaben sind grobe Größenordnungen, Parameter sind individuell von der Anlage abhängig bzw. nicht bezifferbar (k.A.)



# Versickerungsmulde mit (Retentions-)Zisterne

## Hauptfunktion der Maßnahme:

Reduktion des Oberflächenabflusses von Dach- und (gering belasteten) Verkehrsflächen und Nutzung zur Bewässerung

### Beschreibung

Es handelt sich hierbei um eine Kombination aus einer Versickerungsmulde und einer vorgeschalteten (Retentions-)Zisterne. Das Ziel dieser Anlagenkombination ist die Nutzung des Niederschlagsabflusses für Bewässerungszwecke bei gleichzeitiger konstanter Wasserbereitstellung bei längeren Trockenphasen (mit hohen Verdunstungsraten). Da es sich um ein kaskadiertes System handelt, sollte die Bemessung hierbei mit einer geeigneten Niederschlags-Abfluss-Simulationssoftware, unter Verwendung von Langzeitregendaten (Regenreihe von mindestens 10 Jahren) erfolgen.

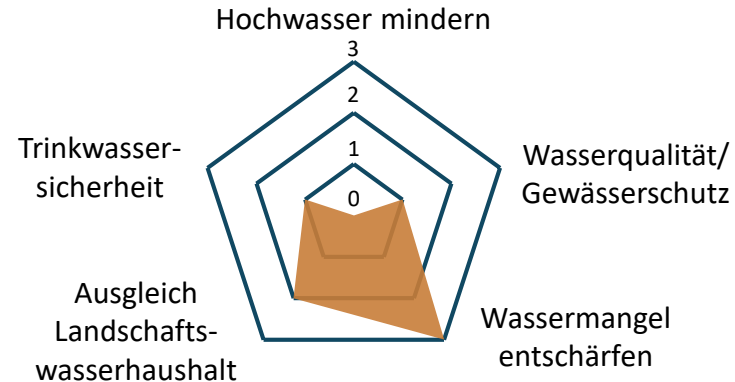


Versickerungsmulde mit (Retentions-)Zisterne (© RPTU AMAREX)



## Quantitative Parameter

Größe der Speicherung



### Zu- & Abflussraten

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} =$ k.A.	$\overline{Q}_{zu} =$ k.A.	$\max Q_{ab} =$ k.A.	$\overline{Q}_{ab} =$ k.A.	über Mulde	über Mulde	$Q_x =$ nach Bedarf

### Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis
$V_{max} =$ variabel	$V_{vor} =$ variabel

### Speicheroberfläche

Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$A_{Speicher} =$ keine Relevanz	$A_{EZG} =$ variabel

### Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollenfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{Füllung} =$ k.A.	$t_{Leerung} =$ k.A.

### Kosten

Planungs-, Bau- und Betriebskosten entsprechen denen konventioneller Versickerungsmulden und (Retentions-)Zisternen. Bislang keine gesonderte Recherche aktueller Kostenansätze.

Hinweis: Angaben sind grobe Größenordnungen, Parameter sind individuell von der Anlage abhängig bzw. nicht bezifferbar (k.A.)



GEFÖRDERT VOM



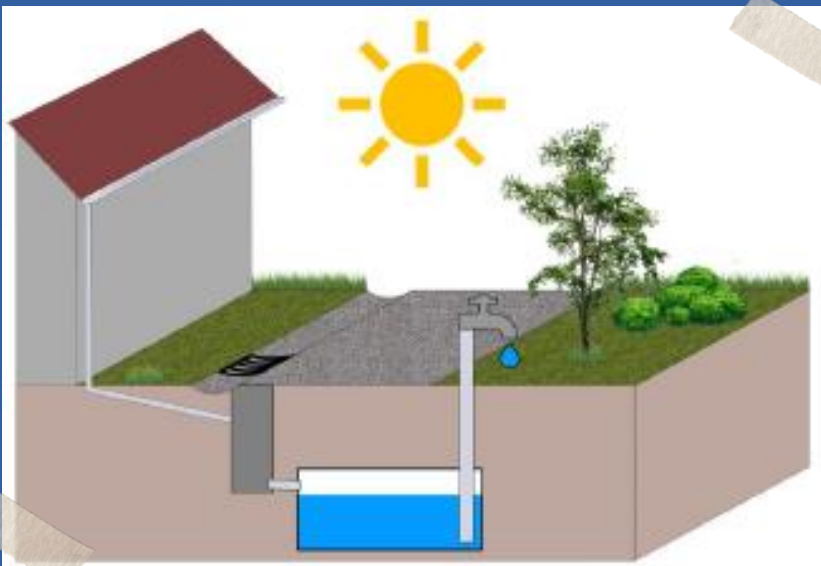
# Speicherrigole als Zisterne

## Hauptfunktion der Maßnahme:

Reduktion des Oberflächenabflusses von Dach- und (gering belasteten) Verkehrsflächen und Nutzung zur Bewässerung

### Beschreibung

Es handelt sich um die Umwandlung einer herkömmlichen Speicherrigole zu einer Zisterne durch Abdichtung. Das Ziel ist die Nutzung des Niederschlagsabflusses für die Bewässerung und die konstante Wasserbereitstellung während Trockenphasen. Eine erste Bemessung kann nach dem vereinfachten Verfahren nach DIN 1989-1 durchgeführt werden. Für genauere Ergebnisse ist jedoch eine Simulation mit einem geeigneten Niederschlags-Abfluss-Modell (z.B. ESB-Modell der Universität Stuttgart) unter Verwendung von Langzeitregendaten (mindestens 10 Jahre) erforderlich.



Speicherrigole als Zisterne (© RPTU AMAREX)



## Quantitative Parameter

Größe der Speicherung

### Zu- & Abflusraten

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} =$ k.A.	$\overline{Q}_{zu} =$ k.A.	$\max Q_{ab} =$ k.A.	$\overline{Q}_{ab} =$ k.A.	ET=0	Perc = 0	$Q_x =$ nach Bedarf

### Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis
$V_{max} =$ variabel	$V_{vor} =$ variabel

### Speicheroberfläche

Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$A_{speicher} =$ keine Relevanz	$A_{EZG} =$ variabel

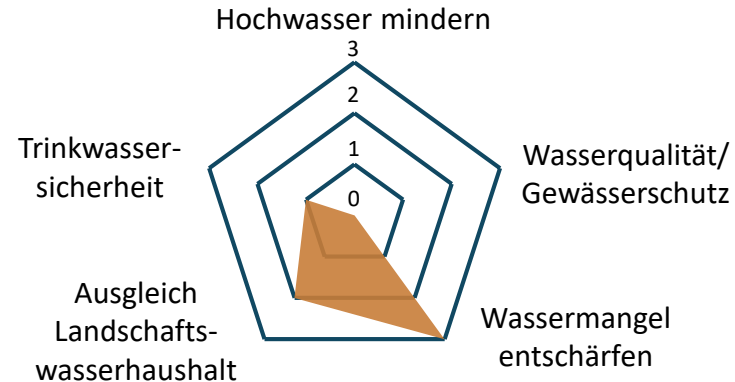
### Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollenfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{Füllung} =$ k.A.	$t_{Leerung} =$ k.A.

### Kosten

Planungs-, Bau- und Betriebskosten sind individuell zu bestimmen, da es sich um einen Sonderfall handelt. Keine gesonderte Recherche aktueller Kostenansätze.

Hinweis: Angaben sind grobe Größenordnungen, Parameter sind individuell von der Anlage abhängig bzw. nicht bezifferbar (k.A.)



GEFÖRDERT VOM





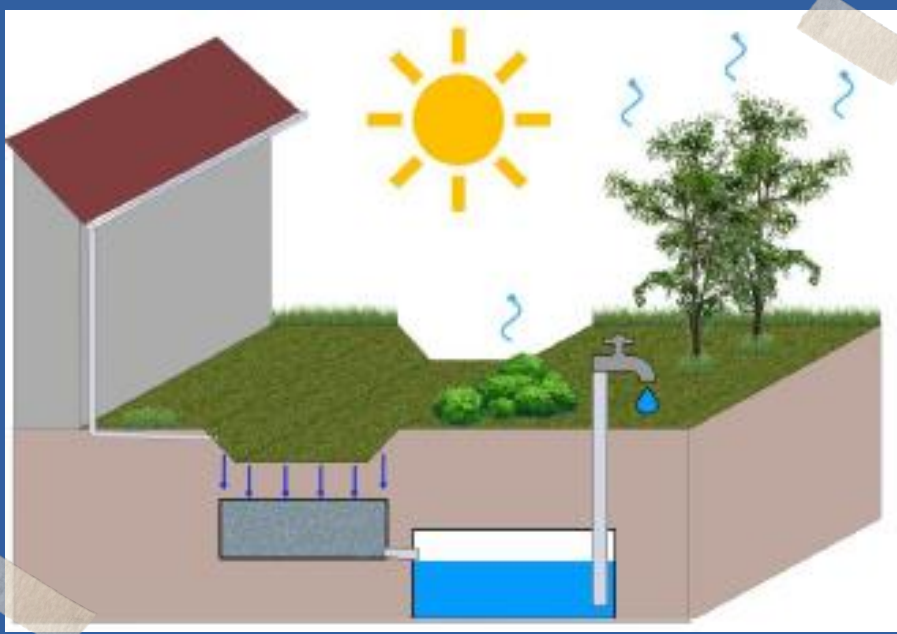
# Mulden-Speicherrigolen-Element mit Zisterne

## Hauptfunktion der Maßnahme:

Reduktion des Oberflächenabflusses von Dach- und (gering belasteten) Verkehrsflächen und Nutzung zur Bewässerung

### Beschreibung

Die Anlagenkombination aus Mulden-Speicherrigolen-Element und nachgeschalteter Zisterne nutzt Niederschlagsabfluss für Bewässerung und konstante Wasserbereitstellung. Das in der abgedichteten Rigole gesammelte Niederschlagswasser fließt in die nachgeschaltete Zisterne. Ziel ist die Nutzung des Niederschlagsabflusses für die Bewässerung in Trockenphasen. Die Bemessung erfordert geeignete Software und Langzeitregendaten wegen des kaskadierten Systems.



Mulden-Speicherrigolen-Element mit Zisterne (© RPTU AMAREX)



## Quantitative Parameter

Größe der Speicherung

### Zu- & Abflusssraten

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} =$ k.A.	$\overline{Q}_{zu} =$ k.A.	$\max Q_{ab} =$ k.A.	$\overline{Q}_{ab} =$ k.A.	über Mulde	Perc = 0	$Q_x =$ nach Bedarf

### Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis
$V_{max} =$ variabel	$V_{vor} =$ variabel

### Speicheroberfläche

Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$A_{speicher} =$ keine Relevanz	$A_{EZG} =$ variabel

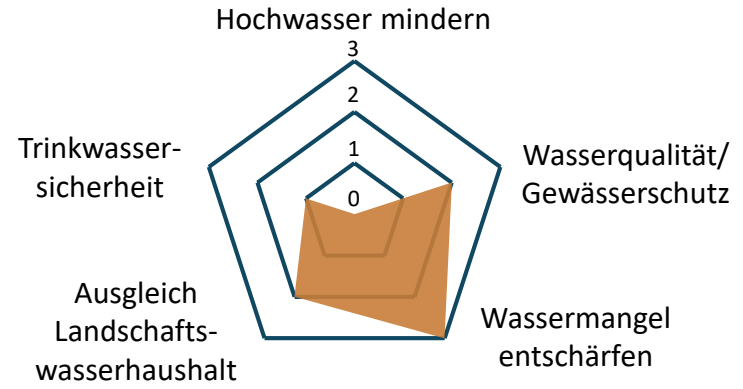
### Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollenfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{Füllung} =$ k.A.	$t_{Leerung} =$ k.A.

### Kosten

Planungs-, Bau- und Betriebskosten sind individuell zu bestimmen, da es sich um einen Sonderfall handelt. Keine gesonderte Recherche aktueller Kostenansätze.

Hinweis: Angaben sind grobe Größenordnungen, Parameter sind individuell von der Anlage abhängig bzw. nicht bezifferbar (k.A.)



GEFÖRDERT VOM



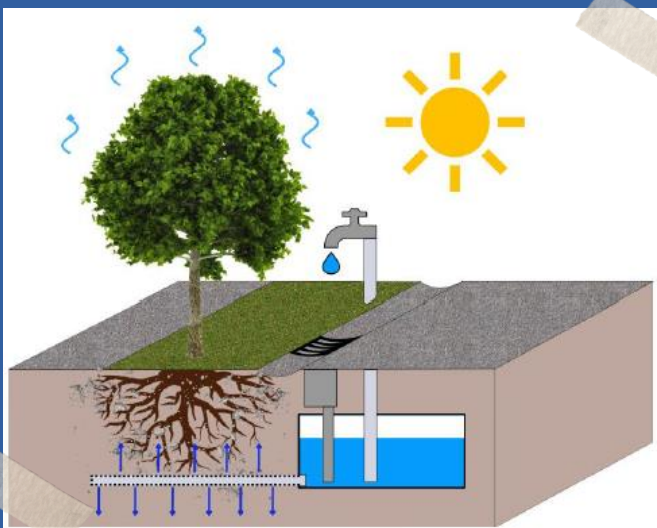
# Baumstandort mit (Retentions-)Zisterne

## Hauptfunktion der Maßnahme:

Reduktion des Oberflächenabflusses von Dach- und (gering belasteten) Verkehrsflächen und Nutzung zur Bewässerung

### Beschreibung

Es handelt sich hierbei um eine Kombination aus einem optimierten Baumstandort und einer vorgeschalteten (Retentions-)Zisterne. Das Ziel dieser Anlagenkombination ist die Nutzung des Niederschlagsabflusses für Bewässerungszwecke (primär für die Baumbewässerung) bei gleichzeitiger konstanter Wasserbereitstellung bei längeren Trockenphasen (mit hohen Verdunstungsraten). Da es sich um ein kaskadiertes System handelt, sollte die Bemessung hierbei mit einer geeigneten Niederschlags-Abfluss-Simulationssoftware unter Verwendung von Langzeitregendaten (mindestens 10 Jahre) erfolgen.



Baumstandort mit (Retentions-)Zisterne (© RPTU AMAREX)



## Quantitative Parameter

Größe der Speicherung

### Zu- & Abflusssraten

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} = k.A.$	$\overline{Q}_{zu} = k.A.$	$\max Q_{ab} = k.A.$	$\overline{Q}_{ab} = k.A.$	über Baumstandort	+ber Baumstandort	$Q_x = \text{nach Bedarf}$

### Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis
$V_{max} = \text{variabel}$	$V_{vor} = \text{variabel}$

### Speicheroberfläche

Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$A_{speicher} = \text{keine Relevanz}$	$A_{EZG} = \text{variabel}$

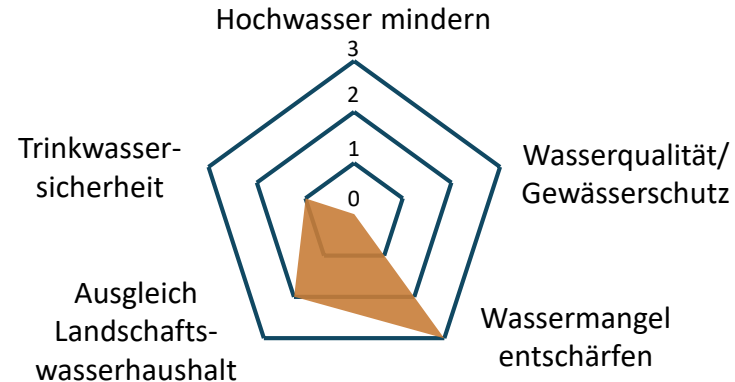
### Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{füllung} = k.A.$	$t_{leerung} = k.A.$

### Kosten

Planungs-, Bau- und Betriebskosten sind individuell zu bestimmen, da es standortspezifischer Ausführung bedarf.

Hinweis: Angaben sind grobe Größenordnungen, Parameter sind individuell von der Anlage abhängig bzw. nicht bezifferbar (k.A.)



GEFÖRDERT VOM



# Gründach mit (Retentions-)Zisterne

## Hauptfunktion der Maßnahme:

Reduktion des Oberflächenabflusses von Dachflächen und Nutzung zur Bewässerung

### Beschreibung

Es handelt sich hierbei um eine Kombination aus einem Gründach und einer nachgeschalteten (Retentions-)Zisterne. Das Ziel dieser Anlagenkombination ist die Nutzung des Niederschlagsabflusses für Bewässerungszwecke bei gleichzeitiger konstanter Wasserbereitstellung bei längeren Trockenphasen (mit hohen Verdunstungsraten). Da es sich um ein kaskadiertes System handelt, sollte die Bemessung hierbei mit einer geeigneten Niederschlags-Abfluss-Simulationssoftware, unter Verwendung von Langzeitregendaten (Regenreihe von mindestens 10 Jahren), erfolgen.



Gründach mit (Retentions-)Zisterne (© RPTU AMAREX)



## Quantitative Parameter

Größe der Speicherung

### Zu- & Abflussraten

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} =$ k.A.	$\overline{Q}_{zu} =$ k.A.	$\max Q_{ab} =$ k.A.	$\overline{Q}_{ab} =$ k.A.	über Gründach	Perc = 0	$Q_x =$ nach Bedarf

### Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis
$V_{max} =$ variabel	$V_{vor} =$ variabel

### Speicheroberfläche

Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$A_{speicher} =$ keine Relevanz	$A_{EZG} =$ variabel

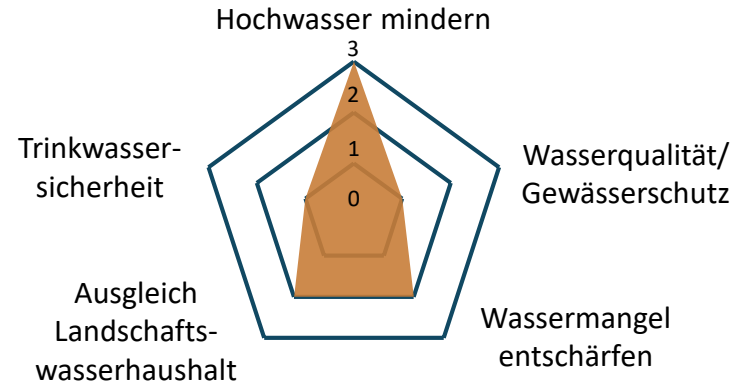
### Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollenfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{Füllung} =$ k.A.	$t_{Leerung} =$ k.A.

### Kosten

Planungs-, Bau- und Betriebskosten sind individuell zu bestimmen, da es sich um einen Sonderfall handelt. Keine gesonderte Recherche aktueller Kostenansätze.

Hinweis: Angaben sind grobe Größenordnungen, Parameter sind individuell von der Anlage abhängig bzw. nicht bezifferbar (k.A.)



GEFÖRDERT VOM





# Retentionsdach mit Zisterne

## Hauptfunktion der Maßnahme:

Reduktion des Oberflächenabflusses von Dachflächen und Nutzung zur Bewässerung

### Beschreibung

Es handelt sich hierbei um eine Kombination aus einem Retentionsdach und einer nachgeschalteten Zisterne. Das Ziel dieser Anlagenkombination ist die Nutzung des Niederschlagsabflusses für Bewässerungszwecke bei gleichzeitiger konstanter Wasserbereitstellung bei längeren Trockenphasen (mit hohen Verdunstungsraten). Da es sich um ein kaskadiertes System handelt, sollte die Bemessung hierbei mit einer geeigneten Niederschlags-Abfluss-Simulationssoftware unter Verwendung von Langzeitregendaten (mindestens 10 Jahre) erfolgen.

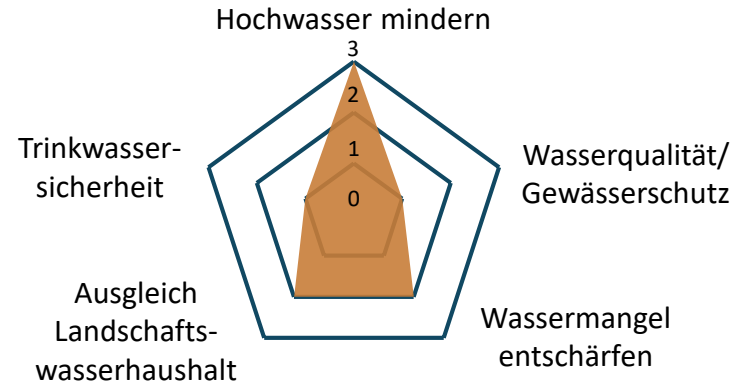


Gründach mit (Retentions-)Zisterne (© RPTU AMAREX)



## Quantitative Parameter

Größe der Speicherung



### Zu- & Abflussraten

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} =$ k.A.	$\overline{Q}_{zu} =$ k.A.	$\max Q_{ab} =$ k.A.	$\overline{Q}_{ab} =$ k.A.	über Retentionsdach	Perc = 0	$Q_x =$ nach Bedarf

### Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis
$V_{max} =$ variabel	$V_{vor} =$ variabel

### Speicheroberfläche

Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$A_{speicher} =$ keine Relevanz	$A_{EZG} =$ variabel

### Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollenfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{Füllung} =$ k.A.	$t_{Leerung} =$ k.A.

### Kosten

Planungs-, Bau- und Betriebskosten sind individuell zu bestimmen, da es sich um einen Sonderfall handelt. Keine gesonderte Recherche aktueller Kostenansätze.

Hinweis: Angaben sind grobe Größenordnungen, Parameter sind individuell von der Anlage abhängig bzw. nicht bezifferbar (k.A.)







# Oberirdische Speicher





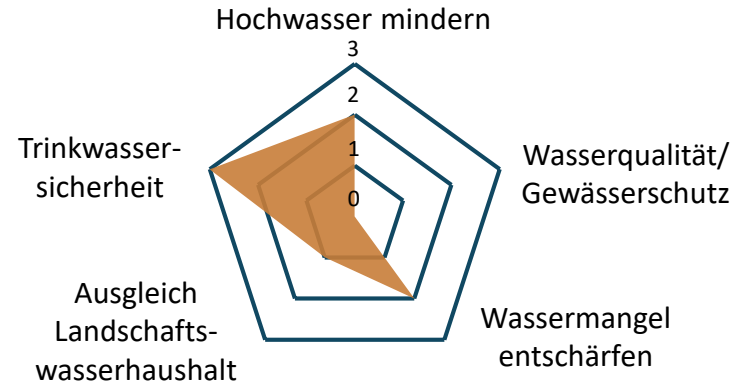
# Talsperre Klingenberg

**Hauptfunktion der Maßnahme:**  
Trinkwassergewinnung und Hochwasserrückhalt



## Quantitative Parameter

Größe der Speicherung



## Beschreibung

Die Trinkwassertalsperre Klingenberg, erbaut 1908-1914, versorgt Teile des Landkreises Sächsische Schweiz-Osterzgebirge, Freital und 60% Dresdens. Neben der Trinkwasserversorgung dient sie v.a. dem Hochwasserschutz und der Energiegewinnung. Ihr Bau folgte einem Hochwasser von 1897. Das denkmalgeschützte Absperrbauwerk ist 40 m hoch und fasst bis zu 16,12 Mio. m<sup>3</sup> Wasser. Rohwasser kann über sechs Entnahmestellen aus verschiedenen Tiefen entnommen werden, was hochwertiges Rohwasser für die Wasserwerke Coschütz und Klingenberg gewährleistet.



## Zu- & Abflusssraten

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} = 160 \text{ m}^3/\text{s}$	$\overline{Q}_{zu} = 1,40 \text{ m}^3/\text{s}$	$\max Q_{ab} = 30 \text{ m}^3/\text{s}$	$\overline{Q}_{ab} = \text{k.A.}$	ET = 663 mm/a*	Perc = k.A.	$Q_x = 1 \text{ m}^3/\text{s}$

## Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis
$V_{max} = 16,12 \text{ Mio. m}^3$	$V_{vor} = 14 \text{ Mio. m}^3$

## Speicheroberfläche

Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$A_{Speicher} = 928.000 \text{ m}^2$	$A_{EZG} = 90 \text{ km}^2$

## Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{Füllung} = \text{k.A.}$	$t_{Leerung} = \text{k.A.}$

## Kosten

Da es sich bei sämtliche Kosteninformationen um sensible Daten handelt, können diese leider nicht veröffentlicht werden.

\*Die zugehörige Oberfläche muss bekannt sein.



# Talsperre Spremberg

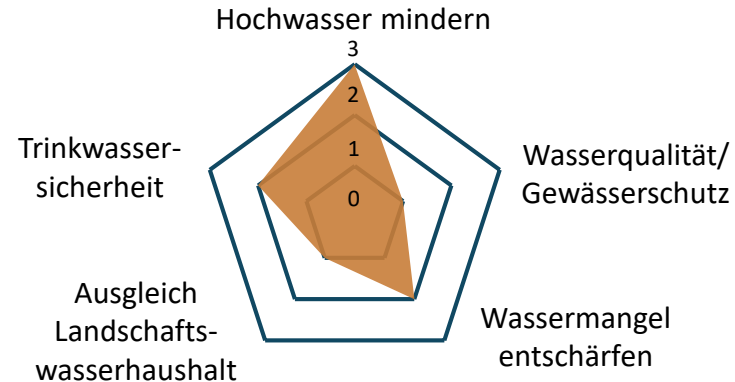
## Hauptfunktion der Maßnahme:

Hochwasserschutz und Wasseraufhöhung bei Niedrigwasser



## Quantitative Parameter

Größe der Speicherung



## Beschreibung

Die Talsperre bei Spremberg, zwischen 1958 und 1965 erbaut, entstand aufgrund wiederholter Hochwasser der Spree. Als Teil eines größeren Speichersystems im oberen Einzugsgebiet, zielte sie darauf ab, die Anwohner vor Hochwasser zu schützen, Wasser in Trockenzeiten bereitzustellen und die Braunkohlenkraftwerke der Lausitz mit Brauchwasser zu versorgen. Heute konzentriert sich ihre Rolle auf Hochwasserrückhalt, Wasseraufhöhung bei Niedrigwasser, Wasserkrafterzeugung und Erholungsnutzung. Als größte Talsperre Brandenburgs soll sie einen Mindestabfluss von 7 m<sup>3</sup>/s sicherstellen und Hochwasserabflüsse auf maximal 50 m<sup>3</sup>/s reduzieren.



Talsperre Spremberg mit Grundablass- und Entlastungsbauwerk, Juni 2016  
© W25/Landesamt für Umwelt

## Zu- & Abflussraten\*

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} = 152 \text{ m}^3/\text{s}$	$\overline{Q}_{zu} = 14,95 \text{ m}^3/\text{s}$	$\max Q_{ab} = 123 \text{ m}^3/\text{s}$	$\overline{Q}_{ab} = 14,87 \text{ m}^3/\text{s}$	ET = 660mm/a**	Perc = unbekannt	$Q_x = \text{unbekannt}$

## Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis
$V_{max} = 38,5 \text{ Mio. m}^3$	$V_{vor} = \text{unbekannt}$

## Speicheroberfläche

Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$A_{Speicher} = 9,9 \text{ km}^2$	$A_{EZG} = 2239 \text{ km}^2$

## Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{Füllung} = \text{unbekannt}$	$t_{Leerung} = \text{unbekannt}$

## Kosten

Zum aktuellen Zeitpunkt liegen keine hinreichenden Informationen für eine Kostenbestimmung vor.

\*Die Angaben beziehen sich auf einen Zeitraum von 1970 bis 2022

\*\* Die zugehörige Fläche muss bekannt sein.



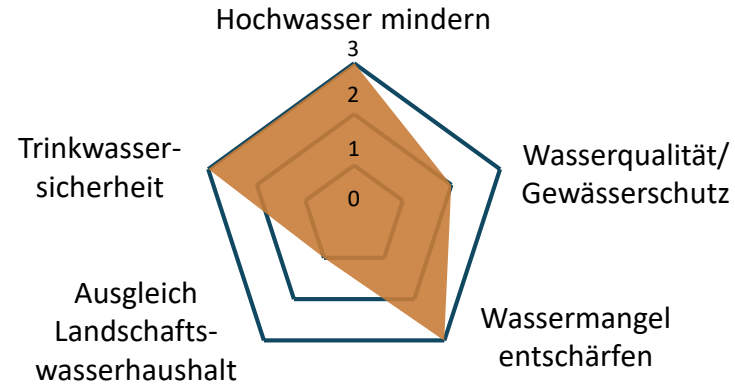


# Rurtalsperre Schwammenauel

**Hauptfunktion der Maßnahme:**  
Wasserstandsregulierung und Hochwasserschutz



## Quantitative Parameter Größe der Speicherung



## Beschreibung

Die Rurtalsperre, auch bekannt als "Rurtalsperre Schwammenauel", ist ein Staudamm aus Erd- und Steinschüttung mit einer inneren Lehmdichtung. Sie befindet sich im Kreis Düren, NRW, nahe der Stadt Heimbach. Hauptsächlich dient sie der Wasserstandsregulierung und dem Hochwasserschutz der Rur sowie der Sicherstellung eines Mindestwasserstands. Zusätzlich wird sie für Stromerzeugung, Trinkwasserentnahme und Tourismus/Wassersport genutzt.



Rurtalsperre Schwammenauel. © Kurfeld et al. (2010)

## Zu- & Abflussraten

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} = 183.400.000 \text{ m}^3/\text{a}$	$\overline{Q}_{zu} = \text{ca. } 180 \text{ Mio. m}^3/\text{a}^*$	$\max Q_{ab} = 368,5 \text{ m}^3/\text{s}$	$\overline{Q}_{ab} = \text{ca. } 5,82 \text{ m}^3/\text{s}$	ET = ca. 18 – 22 Mio. m <sup>3</sup>	Perc = k.A.	$Q_x = \text{k.A.}$

## Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis
$V_{max} = 202,6 \text{ Mio m}^3$	$V_{vor} = 176,1 \text{ Mio. m}^3$

## Speicheroberfläche

Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$A_{speicher} = 7,83 \text{ km}^2$	$A_{EZG} = 292,1 \text{ km}^2$

## Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{Füllung} = \text{k.A.}$	$t_{Leerung} = \text{k.A.}$

## Kosten

Die Baukosten sind nach aktuellem Stand nicht mehr nachvollziehbar.

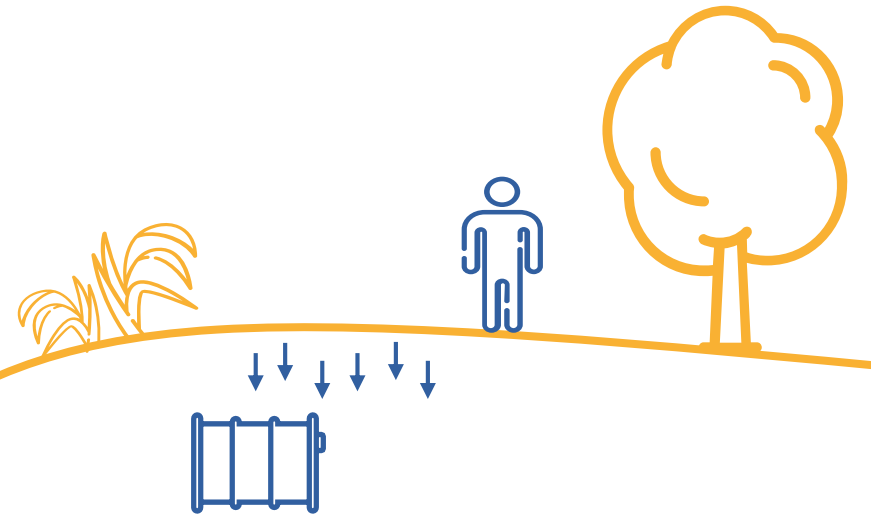
\*Die zugehörige Oberfläche muss bekannt sein.



GEFÖRDERT VOM



# Oberflächennähe und tiefe Speicher



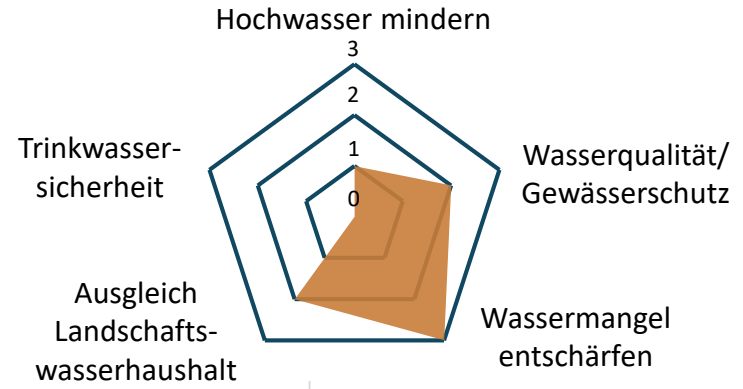


# Gesteuerte Drainage

**Hauptfunktion der Maßnahme:**  
*Saisonaler Wasserrückhalt zur Überbrückung von Trockenzeiten in drainierten Landflächen*

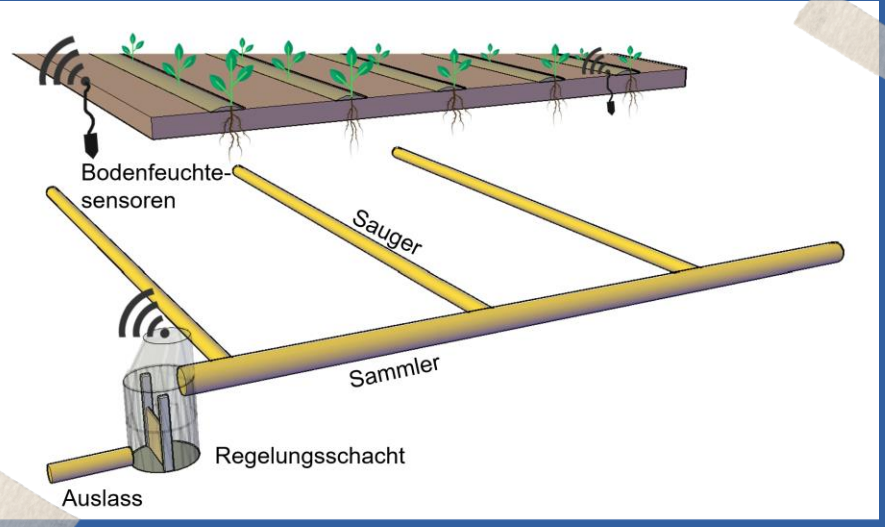
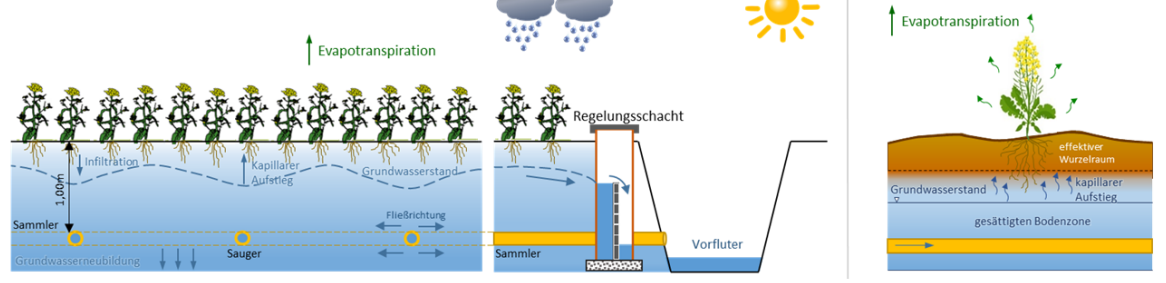


## Quantitative Parameter *Größe der Speicherung\**



**Beschreibung**  
 Die häufig vorhandene Drainageinfrastruktur in landwirtschaftlichen Flächen bietet die Möglichkeit, Wasser in regenreichen Zeiten zurückzuhalten, um so Trockenzeiten zu überbrücken. Dies dient der Verbesserung der Wachstumsbedingungen, ermöglicht eine angepasste Entwässerung an die Witterungsbedingungen, eine kontrollierte Infiltration und verbessert die Wasserqualität. Zudem trägt es zum Hochwasserschutz durch Abflussreduktion bei. Ziel ist es, Bodenwasser zurückzuhalten, um die landwirtschaftlichen Flächen widerstandsfähiger gegenüber extremen Wetterbedingungen zu machen.

Gesteuerte Drainage



### Speichervolumen

Rückhaltevolumen  
*(Je nach Größe des Einzugsgebietes)*  
 $V_{max} = 0 \text{ bis } 5 \text{ m}^3 / \text{lfdm Drainage}$

### Speicheroberfläche

Einzugsgebiet  
*(Fläche des Drainagenetzes)*  
 $A_{EG} < 1 \text{ bis } 20 \text{ ha}$

### Füll- & Entleerungszeiten

Dauer des Rückhalts  
 $t_{Rückhalt} = \text{Tage bis Monate}$

### Kosten

Die Installationskosten des Regelungsorgan sind stark Standortabhängig und können bei einem einfachen Verschluss <100€ oder bis ca. 3.000€ für einen neuen Regulationsschacht zzgl. der laufenden Wartungs- und Betriebskosten betragen.

Bodenfeuchtesensor SMT100 ([www.truebner.de](http://www.truebner.de)), Regulationsschacht agri solutions ([www.geigeras.com](http://www.geigeras.com)) und Aufbau eines gesteuerten Drainagesystems.

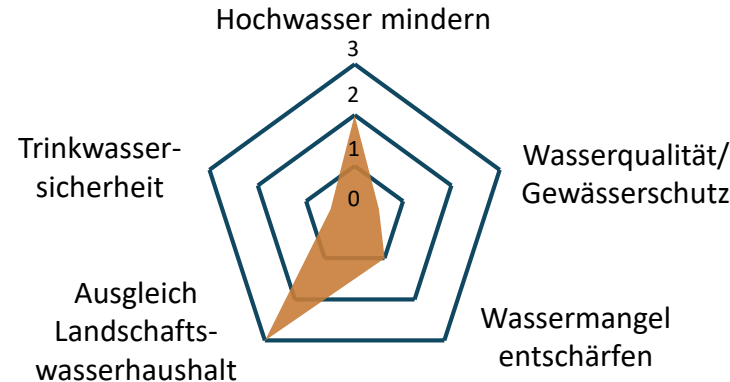
\*Die Angaben sind nur grobe Schätzwerte und basieren auf keinen Messwerten





# Senkenpotential

**Hauptfunktion der Maßnahme:**  
Rückhalt von Regenwasser zur Überbrückung von Trockenzeiten



## Beschreibung

Viele Drainagen oder Entwässerungsgräben leiten Regenwasser direkt in den Vorfluter, wodurch es lokal nicht mehr der Landschaft zur Verfügung steht. Natürliche Senken (auch Mulden oder Depressionen genannt) bieten Potential, das Wasser zurückzuhalten und liegen zum Teil seit den Meliorationsmaßnahmen trocken. Senken können mit zuflussfördernden Maßnahmen wie zum Beispiel dem Umleiten von Gräben als oberflächennaher Wasserspeicher genutzt werden. Der Wasserrückhalt erfolgt kurzfristig nach dem Regenereignis und dient sowohl dem Hochwasserschutz als auch dem Wasserrückhalt in der Fläche. Dies kommt den Ökosystemen zugute und fördert die Grundwasserneubildung.

## Quantitative Parameter

Größe der Speicherung\*

### Zu- & Abflussraten

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} =$ k.A.	$\overline{Q}_{zu} =$ k.A.	$\max Q_{ab} =$ k.A.	$\overline{Q}_{ab} =$ k.A.	ET= k.A.	Perc = k.A.	$Q_x =$ k.A.

### Speichervolumen

Rückhaltevolumen  
(Je nach Größe des Einzugsgebietes, Tiefe der Senke)

$$V_{max} = ca. 10 \text{ bis } 10^4 m^3 / \text{Senke}$$

### Speicheroberfläche

Einzugsgebiet  
(Je nach Topographie, Größe der Senke)

$$A_{EG} = ca. 10 m^2 \text{ bis wenige ha}$$

### Füll- & Entleerungszeiten

Dauer des Rückhalts

$$t_{Rückhalt} = \text{Monate bis Jahre}$$

### Kosten

Je nach Situation belaufen sich die Installationskosten für Einbau oder Umleitung von Rohren/Gräben/Dichtungen zur Zuführung von Wasser in die Senke auf ca. 2.000€ pro Senke.

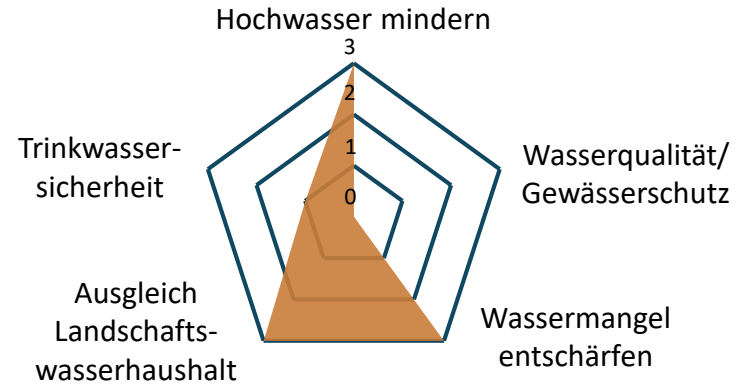


Senke mit Feuchtgebiet; © SpreeWasser:N

\*Die Angaben sind nur grobe Schätzwerte und basieren auf keinen Messwerten

# Naturräumliche Untergrundspeicher

**Hauptfunktion der Maßnahme:**  
Kopplung von Hochwasserschutz und Dürrevorsorge  
(Landschaftswasserhaushalt stabilisieren)



## Beschreibung

Ein kombiniertes Management von Hochwasser und Dürre kann durch die schnelle Infiltration von überschüssigem Wasser aus Flüssen in angrenzende Grundwasserleiter erreicht werden. Neben der Verbesserung des Hochwasserschutzes für die Region entsteht so ein unterirdischer Wasservorrat für Trockenperioden. Die geplanten Maßnahmen umfassen eine Infiltrationsstrecke mit integrierter Wasseraufbereitung zur Erhaltung der Grundwasserqualität sowie geotechnische Maßnahmen zur Verlängerung der Retentionszeit im Untergrund.

## Quantitative Parameter

Größe der Speicherung

### Zu- & Abflussraten

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} = 10 \text{ m}^3/\text{s}$	$\overline{Q}_{zu} = 2 \text{ m}^3/\text{s}$	$\max Q_{ab} = \text{k.A.}$	$\overline{Q}_{ab} = 20 \text{ l/s}$	ET = 0	Perc = 0	$Q_x = \text{zusätzlich möglich}$

### Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis
$V_{max} = 300.000 \text{ m}^3$	$V_{vor} = \text{k.A.*}$

### Speicheroberfläche

Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$A_{\text{Speicher}} = \text{k.A.}$	$A_{\text{EZG}} = 50 - 100 \text{ km}^2$

### Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{\text{Füllung}} = 50 \text{ h}$	$t_{\text{Leerung}} = 3-6 \text{ Monate}$

### Kosten

Aktuelle Kostenschätzungen belaufen sich auf unter  $10 \text{ €} / \text{m}^3$  Speichervolumen.



Konzeptschema für naturräumliches Smart-SWS (© L. Augustin, A. Dietmaier & T. Baumann)

\* Der Grundwasserkörper hat auch vor Speicherung eine natürliche Wasserführung, diese wird jedoch nicht als Teil des Speichers interpretiert.



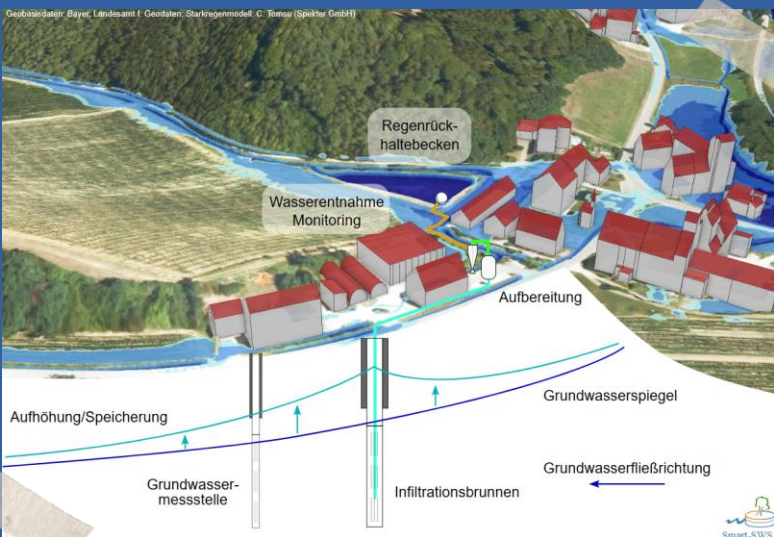
# Technische Untergrundspeicher



**Hauptfunktion der Maßnahme:**  
Kopplung von Hochwasserschutz und Dürrevorsorge  
(Landschaftswasserhaushalt stabilisieren)

## Beschreibung

Um Hochwasserschutz und Dürrevorsorge zu kombinieren, können konventionelle Regenrückhaltebecken um angrenzende Untergrundspeicher erweitert werden, in die überschüssiges Wasser schnell infiltrieren kann. Dadurch wird der Hochwasser-schutz verbessert und ein unterirdischer Wasservorrat für Trockenperioden geschaffen. Der durch starke Niederschläge und damit verbundenen schnellen oberirdischen Abfluss des Niederschlags aus den Fugen geratene Landschaftswasserhaushalt wird saisonübergreifend stabilisiert. Geplante Maßnahmen beinhalten ein umfassendes Monitoring sowie die Aufbereitung des Wassers, um die Qualität des Grundwassers nicht zu verschlechtern. Diese Maßnahme ist besonders für Gewässer dritter Ordnung und von Starkregen betroffene Standorte geeignet.



Konzeptschema Pilotanlage Smart-SWS (© Smart-SWS)

## Quantitative Parameter

Größe der Speicherung

### Zu- & Abflussraten

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} < 2 - 5 \text{ m}^3/\text{s}$	$\overline{Q}_{zu} < 0,2 - 1 \text{ m}^3/\text{s}$	$\max Q_{ab} = \text{k.A.}$	$\overline{Q}_{ab} = 5 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$	ET = keine	Perc = $5 * 10^{-4} - 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_x = \text{möglich}$

### Speichervolumen

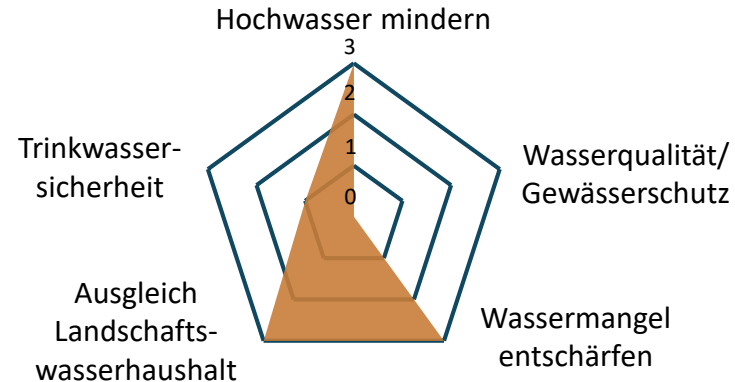
Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis	Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$V_{max} < 15.000 \text{ m}^3$	$V_{vor} = \text{keine}$	$A_{\text{Speicher}} = \text{k.A.}$ (Untergrundspeicher)	$A_{EZG} < 20 \text{ km}^2$

### Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{\text{Füllung}} = \text{während dem Hochwasserereignis}$	$t_{\text{Leerung}} = \text{je nach Entnahme}$

### Kosten

Nach aktuellem Stand werden die Kosten auf ein Invest von ca. 100 €/m<sup>3</sup> Rückhaltevolumen beziffert.





# Injektionsbrunnen

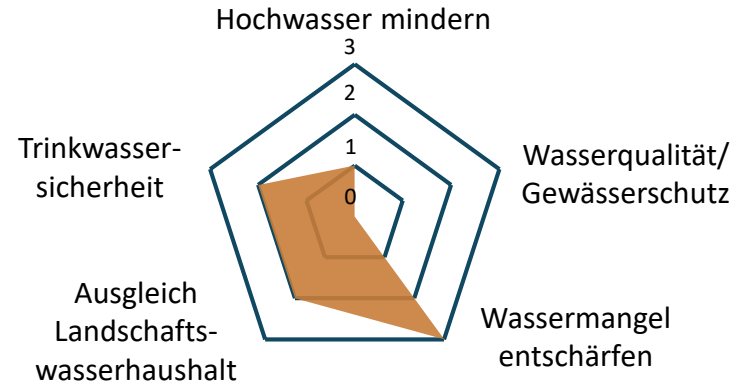
(Fall A: gespannter Grundwasserleiter)

**Hauptfunktion der Maßnahme:**  
 Unterirdische Speicherung von überschüssigem Wasser zur Überbrückung von Trockenzeiten



## Quantitative Parameter

Größe der Speicherung



### Beschreibung

Im North London Artificial Recharge Scheme (NLARS) wird der aus der Übernutzung frei gewordene Raum innerhalb des gespannten Grundwasserleiters genutzt, um während Feuchtzeiten überschüssiges Wasser der Themse und Lee zu speichern, welches dann in Trockenzeiten wieder genutzt wird. Hierzu werden Injektionsbrunnen verwendet, welche das Wasser in den sandigen Grundwasserleiter injizieren. Die Speicherung im Untergrund im Vergleich zum Speicherbecken bringt hierbei den Vorteil, dass Verdunstungsverluste vermieden werden und deutlich weniger Platz benötigt wird.

### Zu- & Abflussraten\*

Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} =$ k.A.	$\overline{Q}_{zu} =$ k.A.	$\max Q_{ab} = 0$	$\overline{Q}_{ab} = 0$	ET = 0	Perc = 0	$Q_x = 6.800 m^3/d$ pro Brunnen

### Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis
$V_{max} = 43.000 \text{ bis } 103.000 m^3$	$V_{vor} = 43.000 \text{ bis } 103.000 m^3$

### Speicheroberfläche

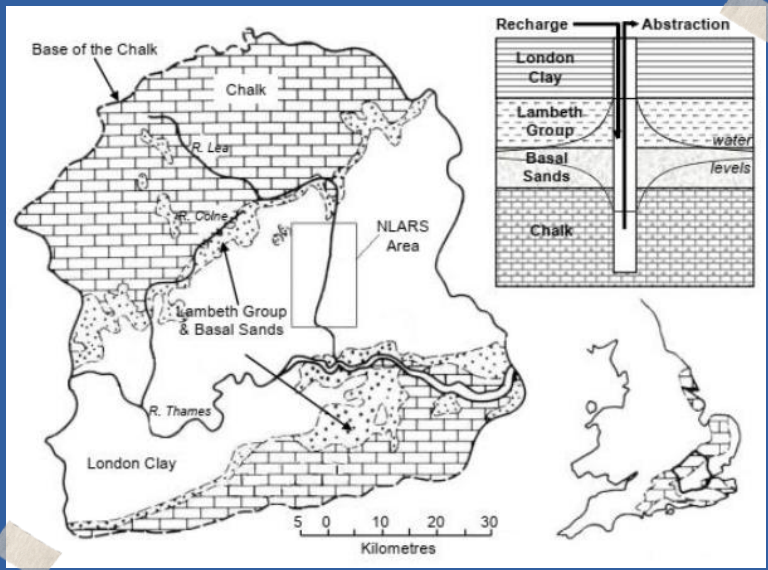
Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$A_{Speicher} < 1.000 m^2$	$A_{EZG} = \text{k.A.}$

### Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{Füllung} = \text{Monate bis Jahre}$	$t_{Leerung} = \text{Monate bis Jahre}$

### Kosten

Die Kosten belaufen sich für die Installation des Regelungsschachtes auf ca. 3.000€. Hinzu kommen laufende Kosten durch Wartungen sowie den Betrieb des Computermodells.



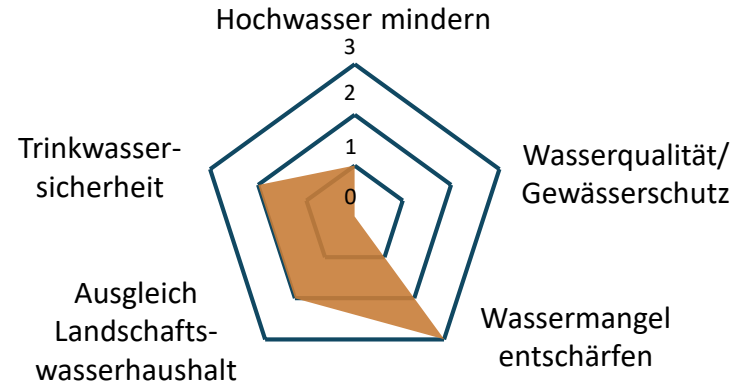
Hydrogeologische Situation und schematische Darstellung des Anreicherungskonzeptes (Jones et al., 2021)



# Injektionsbrunnen

(Fall B: ungespannter Grundwasserleiter)

**Hauptfunktion der Maßnahme:**  
*Unterirdische Speicherung von überschüssigem Wasser zur Überbrückung von Trockenzeiten*



## Quantitative Parameter

Größe der Speicherung

**Beschreibung**

In ungespannten Grundwasserleitern kann die ungesättigte Zone genutzt werden, um überschüssiges Wasser während Feuchtperioden zu speichern und während Trockenzeiten wieder zu entnehmen. Auch wenn bei ungespannten Grundwasserleitern im Allgemeinen Flächenversickerungsanlagen (z.B. Infiltrationsteiche) zum Einsatz kommen, so können auch in diesem Fall Injektionsbrunnen verwendet werden. Injektionsbrunnen werden dann bevorzugt, wenn undurchlässige Linsen vorliegen, der Flurabstand sehr hoch ist oder ein geringer Platzbedarf besonders wichtig ist.

### Zu- & Abflussraten\*

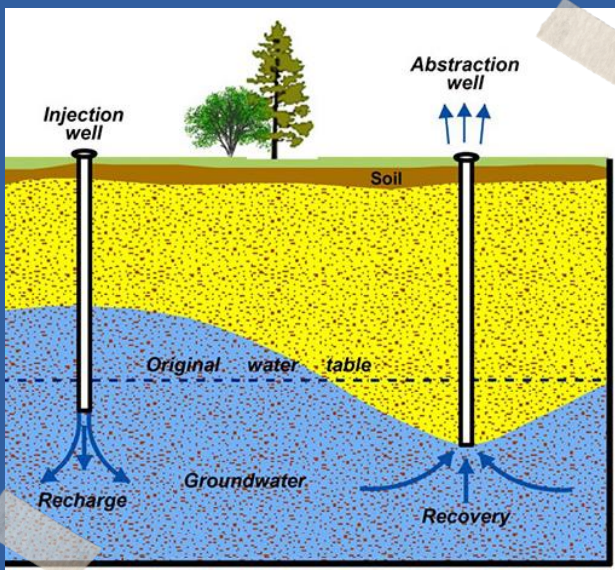
Maximaler Zulauf	Mittlerer Zulauf	Maximaler Ablauf	Mittlerer Ablauf	Verdunstung	Versickerung	Entnahme (anthropogen)
$\max Q_{zu} =$ k.A.	$\overline{Q}_{zu} =$ k.A.	$\max Q_{ab} = 0$	$\overline{Q}_{ab} = 0$	ET = 0	Perc = 0	$Q_x =$ k.A.

### Speichervolumen

Max. Speichervolumen (= Max. Füllungsvolumen)	(mittl.) Füllung vor dem Ereignis
$V_{max} = 780.000$ bis $5.312.000 \text{ m}^3$	$V_{vor} = 780.000$ bis $5.312.000 \text{ m}^3$

### Speicheroberfläche

Oberfläche des Speichers	Einzugsgebietsfläche zugehörig zum Speicher
$A_{Speicher} < 1.500 \text{ m}^2$	$A_{EZG} =$ k.A.



### Füll- & Entleerungszeiten

Typische/mittl. Dauer bis zur Vollfüllung	Typische/mittlere Dauer der Entleerung
$t_{Füllung} =$ Monate bis Jahre	$t_{Leerung} =$ Monate bis Jahre

### Kosten

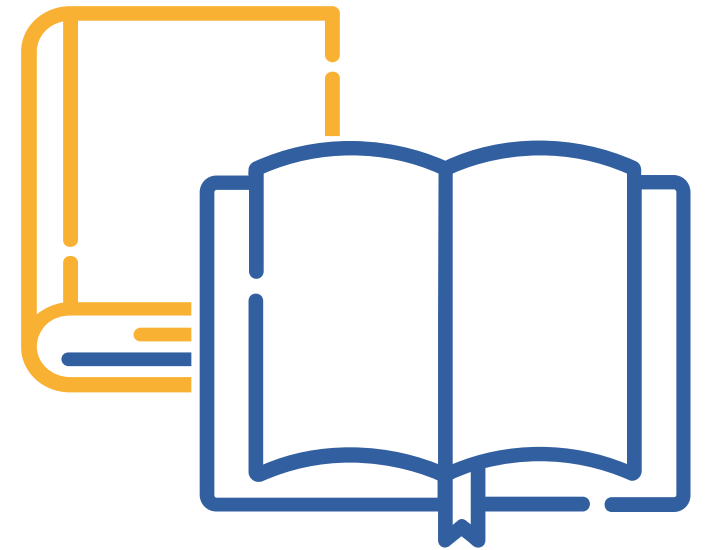
Die Kosten belaufen sich für die Installation des Regelungsschachtes auf ca. 3.000€. Hinzu kommen laufende Kosten durch Wartungen sowie den Betrieb des Computermodells.

Schematische Darstellung der Grundwasseranreicherung mittels Brunnen in einem ungespannten Grundwasserleiter, modifiziert nach [Managing Aquifers, 2023](#)





# Glossar





# GLOSSAR

## Zu- und Abflussraten [Volumen/Zeit; z.B. l/s; m<sup>3</sup>/d; mm/d]

### ➤ Maximaler Zulauf

Der maximale Wasserzufluss in einen Wasserspeicher (z.B. Stausee, Regenrückhaltebecken) während eines Ereignisses (z.B. Starkregen).

### ➤ Mittlerer Zulauf

Der durchschnittliche Wasserzufluss in einen Wasserspeicher über einen bestimmten Zeitraum (z.B. Monat, Jahr).

### ➤ Maximaler Ablauf

Der maximale Wasserabfluss aus einem Wasserspeicher, wenn der Speicher voll ist (z.B. bei einem Hochwasserereignis).

### ➤ Mittlerer Ablauf

Der durchschnittliche Wasserabfluss aus einem Wasserspeicher über einen bestimmten Zeitraum (z.B. Monat, Jahr).

### ➤ Verdunstung

Mittlere Wassermenge, die von der Oberfläche des Wasserspeichers über einen bestimmten Zeitraum in die Atmosphäre verdunstet.

### ➤ Versickerung

Mittlere Wassermenge, die der Boden aufgrund seines beschränkten Wasserhaltevermögens nicht mehr halten kann und die den Wurzelraum über einen bestimmten Zeitraum verlässt bzw. abwärts versickert (Grundwasserneubildung).

### ➤ Entnahme (anthropogen)

Die gezielte Entnahme von Wasser aus einem Wasserspeicher durch menschliche Aktivitäten (z.B. Trinkwasserversorgung, Bewässerung).



# GLOSSAR

## Speichervolumen [Volumen; z.B. m<sup>3</sup>; ha; km<sup>2</sup>]

### ➤ Max. Speichervolumen (= max. Füllungsvolumen)

Die maximale Kapazität eines Wasserspeichers, also das Volumen, das der Speicher maximal aufnehmen kann.

### ➤ (mittl.) Füllung vor dem Ereignis

Der durchschnittliche Wasserstand in einem Wasserspeicher vor dem Eintritt eines Ereignisses (z.B. vor einem Regenereignis).

## Speicheroberfläche [Volumen; z.B. m<sup>2</sup>; ha; km<sup>2</sup>]

### ➤ Einzugsgebietsfläche zugehöriger Speicher

Die Fläche des Einzugsgebiets, das zum Wasserspeicher gehört und das Wasser in den Speicher leitet. → Ein Einzugsgebiet ist das Gebiet, aus dem ein Gewässersystem seinen Abfluss bezieht. Es umfasst sowohl den oberirdischen als auch den unterirdischen Zufluss.

### ➤ Oberfläche des Speichers

Die Fläche der Wasseroberfläche eines Wasserspeichers (z.B. See, Stausee).

## Speicheroberfläche [Volumen; z.B. m<sup>2</sup>; ha; km<sup>2</sup>]

### ➤ Typische/mittlere Dauer bis zur Vollfüllung

Die durchschnittliche Zeit, die benötigt wird, bis ein Wasserspeicher vollständig gefüllt ist (z.B. nach einem Regenereignis).

### ➤ Typische/mittlere Dauer der Entleerung

Die durchschnittliche Zeit, die benötigt wird, um einen Wasserspeicher zu entleeren (z.B. durch Abfluss oder Entnahme).



# IMPRESSUM

## Vernetzungs- und Transfervorhaben Aqua-X-Net



[www.bmbf-wax.de](http://www.bmbf-wax.de)



[wax@dkkv.org](mailto:wax@dkkv.org)



0228/26 199 570



[DKKV](#)



[@dkkv\\_germandrr](#)



[@DKKV\\_GermanDRR](#)

Arbeitsgruppe des Querschnittsthemas „Wasserspeicherung in der Landschaft“

Leitung: Prof. Dr. Axel Bronstert, Universität Potsdam &

Prof. Dr. Irina Engelhardt, TU Berlin

Koordination und Mitarbeit: Dr. Jennifer von Keyserlingk (WaX Vernetzungs- und Transfervorhaben

Aqua-X-Net, Universität Potsdam); Grafik und Layout: André Voth (Aqua-X-Net, DKKV)

Unter Mitarbeit der WaX-Verbundprojekte Inno\_MAUS, SpreeWasser:N, InSchuKa 4.0, AMAREX, DryRivers, TrinkXtrem und Smart-SWS

### Redaktion:

Veröffentlicht am: 12.09.2024

Vernetzungs- und Transfervorhaben der BMBF-Fördermaßnahme

„Wasser-Extremereignisse“ (WaX)

Deutsches Komitee katastrophenvorsorge e.V. | Kaiser-Friedrich-Str. 13 | 53113 Bonn

Universität Potsdam, AG Geographie und Naturrisikenforschung | Karl-Liebknecht-Str. 24-25 | 14476

Potsdam-Golm



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

**FONA**

Nachhaltiges Wassermanagement