

Sachbericht zum Verwendungsnachweis

I - Kurzbericht

(Anlage 1 zu Nr. 4.2 NABF 2022)

Zuwendungsempfänger: Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau (RPTU) vertreten durch: <ul style="list-style-type: none">• Prof. Dr.-Ing. Ulrich Dittmer, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft (Verbundleitung)	Förderkennzeichen: 02WEE1624A
Vorhabensbezeichnung: AMAREX – Anpassung des Managements von Regenwasser an Extremereignisse Teilprojekt 1	
Laufzeit des Vorhabens:	01.02.2022 - 31.07.2025
Berichtszeitraum:	01.02.2022 - 31.07.2025
Berichterstattung:	Dr.-Ing. Christian Scheid, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft RPTU

I. Kurzbericht

I.1 Aufgabenstellung und wissenschaftlicher/technischer Anknüpfungstand

Die Aufgabenstellung des Teilvorhabens der RPTU Kaiserslautern-Landau (RPTU) ist im Wesentlichen in den Arbeitspaketen AP0 (Verbundkoordination) und AP2 (Funktionserweiterung von Regenwasserbewirtschaftungsanlagen (RWB-Anlagen) zur Starkregenvorsorge) definiert.

Moderne Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung (RWB) orientieren sich am natürlichen Wasserhaushalt: Gründächer, Versickerungsmulden und andere Elemente der blau-grünen Infrastruktur sollen den Oberflächenabfluss zugunsten von Versickerung und Verdunstung reduzieren. Die Wirkung von RWB-Maßnahmen bei Extremereignissen weit jenseits des Bemessungsfalls und Möglichkeiten zur Anpassung an derartige Belastungen wurden bislang kaum gezielt untersucht. Der Projektansatz in AMAREX fokussiert die funktionale Erweiterung von RWB-Anlagen zu sog. „RWB+ Anlagen“, die über das herkömmliche Bemessungsniveau hinaus auf die Belange der Überflutungsvorsorge ausgerichtet sind und untersucht deren Wirkungen bei extremen Starkregen.

I.2 Ablauf des Vorhabens

Arbeitspaket 0: Verbundkoordination

Die Arbeiten in diesem Arbeitspaket umfassten die Organisation und Durchführung von Verbundtreffen, Treffen der Arbeitspaketleitenden, die terminliche und inhaltliche Überwachung der Meilensteine (Aufgabe 0.1), die Mitwirkung im Förderprogramm WaX und Unterstützung des Vernetzungs- und Transfervorhabens Aqua-X-Net (Aufgabe 0.2) sowie Koordination der Projekthomepage (Aufgabe 0.3).

Arbeitspaket 2: Funktionserweiterung von RWB-Anlagen zur Starkregenvorsorge

Aufgabe 2.1: Systemanalyse für RWB+ Anlagen

Es wurden eine fundierte Systemanalyse für verschiedenste dezentrale RWB-Anlagen durchgeführt und zugehörig deren Stand der Technik beschrieben. Darauf aufbauend wurden die Anlagen zu RWB+ technisch-funktional für die Starkregenvorsorge erweitert, in einem Maßnahmenkatalog (Steckbriefform) zusammenfassend beschrieben und ihre Modellparameter definiert. In den Maßnahmenkatalog wurden ferner die weiteren Wirkungsebenen (RWB-N zur Trockenheitsvorsorge, Wasserhaushalt und sozio-ökonomische Bewertung) integriert.

Aufgabe 2.2: Screeningverfahren zur Potenzialanalyse für RWB+ Anlagen

In Zusammenarbeit mit den BWB wurde das Pilotgebiet „Berlin I“ für die Potenzial- und Wirkungsanalysen ausgewählt. Das vorgesehene Screeningverfahren für RWB+ Anlagen wurde in Abstimmung mit BWB modifiziert auf die Berliner Potenzialkarten angewendet, um die Umsetzbarkeit von Versickerungsanlagen zu quantifizieren. Diese veränderte Vorgehensweise ist in Kapitel 1.2 des Zwischenberichts 2024 der RPTU näher beschrieben.

Aufgabe 2.3: Wirkungsanalyse für RWB+ Anlagen

Für das Pilotgebiet wurde ein gekoppeltes 1D/2D-Simulationsmodell aufgebaut, in das szenarienbasiert 14 verschiedene RWB+ und RWB-Anlagen integriert wurden. Anhand des Vergleichs der Überflutungsausprägung mit und ohne RWB+ Anlagen wurden deren Effekte zur Überflutungsminderung quantifiziert und daraus Wirkungskurven abgeleitet. Mit den Wirkungskurven lässt sich der Effekt der Anlagen zur Überflutungsminderung auf andere Einzugsgebiete im Sinne einer Abschätzung übertragen. Die Kurven wurden für eine einfachere Anwendung in ein RWB+ Tool implementiert.

Aufgabe 2.4: Validierung

Aufgrund der Ergebnislage des Screenings für RWB+ Anlagen auf Basis der Potenzialkarten (Aufgabe 2.2) wurde alternativ eine Validierung der Minderungseffekte von RWB+ Anlagen über die Wirkungskurven vorgenommen. Dazu wurde die Übertragbarkeit der Wirkungskurven anhand detaillierter Simulationsergebnisse aus zwei benachbarten Validierungsgebieten untersucht. Diese veränderte Vorgehensweise ist ebenfalls in Kapitel 1.2 des Zwischenberichts 2024 der RPTU näher beschrieben.

Im Vergleich zum ursprünglichen Zeitplan kam es bei den Aufgaben 2.2 und 2.4 zu einer 3-monatigen Verzögerung, die durch die Laufzeitverlängerung kompensiert wurde.

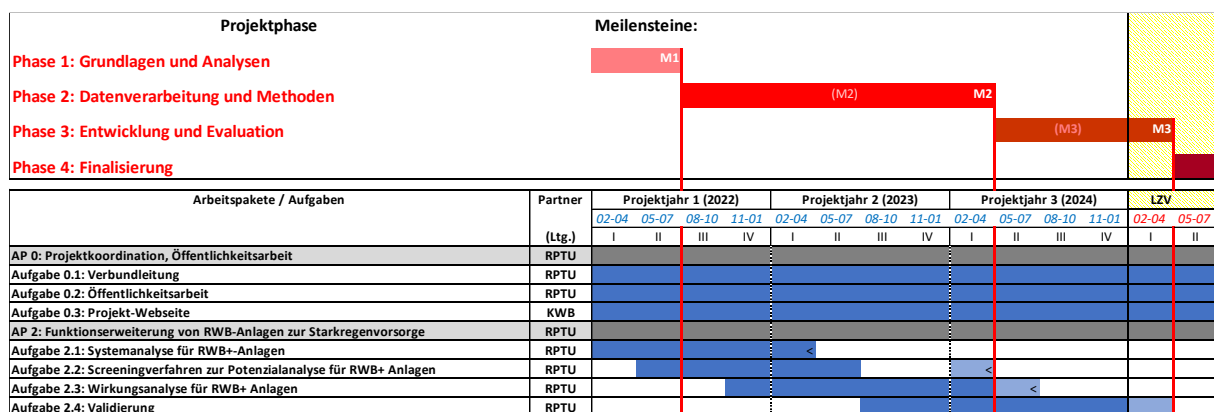


Abbildung I-1: Finaler Projektzeitenplan AP0 und AP2 (Balkenplan mit Meilensteinen)

1.3 Wesentliche Ergebnisse

Die wesentlichen Projektergebnisse des Teilvorhabens der RPTU lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Aufgabe 2.1: Systemanalyse für RWB+ Anlagen

- *Maßnahmenkatalog als Steckbriefe mit der technischen Definition der RWB+ Anlagen, einsehbar über die Projekt-Webseite*

Aufgabe 2.2: Screeningverfahren zur Potenzialanalyse für RWB+ Anlagen

- *Anwendung der in AMAREX erstellten Potenzialkarten Berlin zur Quantifizierung der Umsetzbarkeit von RWB/RWB+ Versickerungsanlagen*

Aufgabe 2.3: Wirkungsanalyse für RWB+ Anlagen

- *Quantifizierung der überflutungsmindernden Wirkung von 14 verschiedenen RWB+ und RWB-Anlagen (Versickerungsanlagen, Gründächer, Zisternenarten und Baumstandorte) im Pilotgebiet durch 1D/2D-Simulation mit Visualisierung in Überflutungskarten*
- *Generierung von Wirkungskurven, mit denen die Effekte zur Überflutungsminderung der RWB+ und RWB-Anlagen auf andere Einzugsgebiete übertragen werden kann*
- *Implementierung der Wirkungskurven in ein webbasiertes RWB+ Tool (verfügbar über Projekt-Webseite), mit dem nutzerfreundlich die überflutungsmindernde Wirkung von RWB+ und RWB-Anlagen für neue Einzugsgebiete abgeschätzt werden kann.*

Aufgabe 2.4: Validierung

- *Die Übertragbarkeit der überflutungsmindernden Wirkung der RWB+ und RWB-Anlagen auf andere Einzugsgebiete anhand der Wirkungskurven ist eingeschränkt möglich.*

1.4 Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen

Innerhalb des Projektkonsortiums fand gemäß Vorhabenbeschreibung eine intensive Zusammenarbeit mit den Verbundpartnern Uni Stuttgart, BWB, EI und TSB statt:

Die RWB+ Steckbriefe mit Beschreibung und technischer Definition der Anlagen (Aufgabe 2.1) wurden zusammen mit den RWB-N Steckbriefen (Trockenheitsvorsorge, Aufgabe 3.1) der Uni Stuttgart in einem Maßnahmenkatalog zusammengeführt.

Die Potenzialermittlung der RWB+ Anlagen (Aufgabe 2.2) basiert auf den Versickerungspotenzialkarten der BWB (Aufgabe 4.2). Des Weiteren wurde die Auswahl des Pilotgebiets (Aufgabe 2.2) und der Validierungsgebiete (Aufgabe 2.4) in enger Abstimmung mit den BWB durchgeführt und von ihnen die wesentlichen Geodaten zum Aufbau der Simulationsmodelle bereitgestellt.

Die Anlagendimensionen und die Ergebnisse zur Wirkung der RWB+ Anlagen (Aufgabe 2.3) sind in die monetäre sozio-ökonomische Bewertung (Aufgabe 5.3) bzw. die Multikriterienanalyse (Aufgabe 5.2) des Projektpartners EI eingeflossen.

Durch die TSB wurden in das Webtool (Aufgabe 4.4) Überflutungsgefahrenkarten eingepflegt, die beispielhaft den Effekt zur Überflutungsminderung von RWB+ Versickerungsmulden zeigen (Ergebnis aus Aufgabe 2.3). Des Weiteren wurden das RWB+ Tool mit Bedienungsanleitung im Webtool als Download verfügbar gemacht.

Sachbericht zum Verwendungsnachweis

II – Eingehende Darstellungen

(Anlage 1 zu Nr. 4.2 NABF 2022)

Zuwendungsempfänger: Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau (RPTU) vertreten durch: <ul style="list-style-type: none">• Prof. Dr.-Ing. Ulrich Dittmer, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft (Verbundleitung)	Förderkennzeichen: 02WEE1624A
Vorhabensbezeichnung: AMAREX – Anpassung des Managements von Regenwasser an Extremereignisse Teilprojekt 1	
Laufzeit des Vorhabens:	01.02.2022 - 31.07.2025
Berichtszeitraum:	01.02.2022 - 31.07.2025
Berichterstattung:	Dr.-Ing. Christian Scheid, Jonas Neumann M.Sc. Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft RPTU

II. Eingehende Darstellungen

II.1 Erzielte Projektergebnisse mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

II.1.1 Arbeitspaket 0: Verbundkoordination

Im Rahmen der Verbundkoordination (**Aufgabe 0.1**) wurden in der gesamten Projektlaufzeit insgesamt vier Verbundtreffen (04/2022 in Berlin, 10/2022 in Stuttgart, 09/2023 in Kaiserslautern, 09/2024 in Köln) organisiert und geleitet. Hinzu kamen in regelmäßigen Abständen zur fachlich-inhaltlichen Koordination und terminlichen Überwachung der Meilensteine insgesamt 24 Online-Meetings mit allen der Arbeitspaketleitenden.

Die Mitwirkung im Förderprogramm WaX zur Unterstützung des Vernetzungs- und Transferprojekts Aqua-X-Net (**Aufgabe 0.2**) umfasste die Teilnahme an drei Statusseminaren (05/2022 Kickoff Bonn, 09/2023 Potsdam, 03/2025 Abschluss Berlin) sowie die Mitwirkung im Querschnittsthema Wasserspeicherung.

Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit (**Aufgabe 0.3**) wurden der Aufbau und die Ausgestaltung der Projekthomepage durch den Verbundpartner KWB koordiniert und zusätzlich in Zusammenarbeit mit dem Verbundpartner StEB Köln die Organisation der AMAREX-Abschlussveranstaltung (Juli 2025 in Köln) organisiert.

II.1.2 Arbeitspaket 2: Funktionserweiterung von RWB-Anlagen zur Starkregenvorsorge

Moderne Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung (RWB) orientieren sich am natürlichen Wasserhaushalt. Gründächer, Versickerungsmulden und andere Elemente der blau-grünen

Infrastruktur (BGI) sollen den Oberflächenabfluss zugunsten von Versickerung und Verdunstung reduzieren. Die Wirkung von RWB-Maßnahmen bei Extremereignissen weit jenseits des Bemessungsfalls und Möglichkeiten zur Anpassung an derartige Belastungen wurden bislang kaum gezielt untersucht. Mit dem Projektansatz „RWB+“ wurde die funktionale Erweiterung von RWB-Anlagen untersucht, um diese über ihr Bemessungsniveau hinaus für die Belange der Überflutungsvorsorge zu beanspruchen. Dazu wurde die technisch-funktionale Erweiterbarkeit der Anlagen zu RWB+ für die Starkregenvorsorge beschrieben und in einem Maßnahmenkatalog in Steckbriefform zusammengefasst (Aufgabe 2.1). Anschließend wurde in einem Pilotgebiet die Umsetzbarkeit der Anlagen untersucht (Aufgabe 2.2) und für das Gebiet ein 1D/2D-Simulationsmodell aufgebaut, mit dem der Effekt der Anlagen zur Überflutungsminde- rung quantifiziert wurde. Aus den Ergebnissen wurden Wirkungskurven abgeleitet, mit denen sich der Effekt auf andere Einzugsgebiete übertragen lässt und die Kurven für eine einfachere Anwendung in ein RWB+ Tool implementiert (Aufgabe 2.3). Die Übertragbarkeit des überflutungs- mindernden Effekts anhand der Wirkungskurven wurde mit detaillierter Simulationser- gebnisse aus zwei Validierungsgebieten validiert (Aufgabe 2.4).

II.1.2.1 Aufgabe 2.1: Systemanalyse für RWB+ Anlagen

In einer fundierten Systemanalyse wurden verschiedene Versickerungsanlagen, Gründächer, Zisternen und Baumstandorte ausgewählt (siehe Tabelle II-1) und darauf aufbauend ihre tech- nisch-funktionale Erweiterbarkeit zu RWB+ definiert. Für die einzelnen Anlagen wurden Steck- briefe erstellt, die mit den RWB-N Maßnahmen (Trockenheitsvorsorge, Aufgabe 3.1) des Pro- jektpartners Uni Stuttgart in einem Maßnahmenkatalog zusammengeführt wurden. Abbildung II-1 zeigt beispielhaft den Steckbrief der Versickerungsmulde und der zu Starkregenvorsorge erweiterten Versickerungsmulde+. Auf die RWB-N Anlage (Retentions-)Zisterne mit Versicke- rungsmulde wird im Bericht der Uni Stuttgart näher eingegangen. Der Steckbrief der Versicke- rungsmulde setzt sich aus einer Abbildung, Funktionsbeschreibung, Angaben zur Bemessung und Ausführung sowie der Erweiterungsmöglichkeiten zu RWB+ zusammen. Im Steckbrief der Versickerungsmulde+ werden der Effekt zur Starkregenvorsorge, die Bemessung und Ausfüh- rung sowie die Limitationen und Einschränkungen beschrieben. Zusätzlich wird auf die Verän- derung des Wasserhaushalts durch Erweiterung zu RWB+ eingegangen. Der Maßnahmenka- talog umfasst 8 Seiten und kann auf der Projekt-Webseite heruntergeladen werden. Für die Modellbeschreibung der Anlagen wurden Modellparametersätze der *Low Impact Development* (LID) Elementen der Software *Storm Water Management Model* (SWMM) definiert (siehe Ka- pitel II.1.2.3.1).

Tabelle II-1: Untersuchte RWB/RWB+ Anlagen

Anlagentyp	RWB-Anlage	RWB+ Anlage
Versickerungsanlagen	Versickerungsmulde	Versickerungsmulde+
	Rigole	Rigole+
	Mulden-Rigolen-Element	Mulden-Rigolen-Element+
Gründächer	Extensives Gründach	Intensives Gründach
		Retentionsdach
Zisternenarten	Zisternen	Retentionszisterne ungedrosselt
		Retentionszisterne gedrosselt
Baumstandorte	Hydrologisch optimierter Baum- standort	Baumrigole

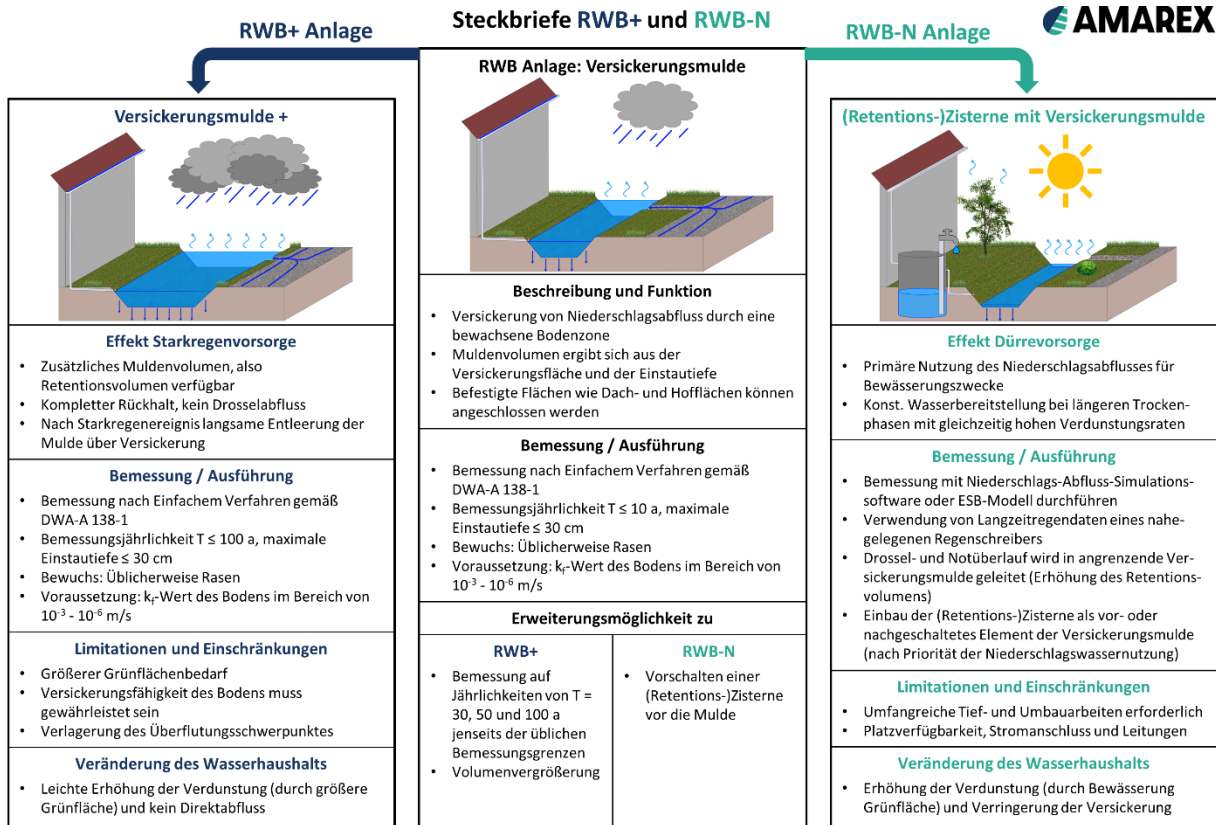


Abbildung II-1: Maßnahmensteckbrief der RWB-Anlage Versickerungsmulde (Mitte) und der zugehörigen RWB+ Anlage Versickerungsmulde+ (links) sowie der RWB-N Anlage (rechts).

II.1.2.2 Aufgabe 2.2: Screeningverfahren zur Potenzialanalyse für RWB+ Anlagen

Gemeinsam mit dem Verbundpartner BWB wurde das Pilotgebiet Berlin I im Bezirk Friedrichshain-Kreuzberg ausgewählt (siehe Abbildung II-2). Als Auswahlkriterien wurden dabei insbesondere die Verfügbarkeit und Güte der Datengrundlage sowie die Informationen zur Überflutungsgefährdung bei Starkregen herangezogen. Das vorgesehene Screeningverfahren zur Potenzialanalyse für RWB+ Anlagen wurde in enger Abstimmung mit Aufgabe 4.2 (Verbundpartner BWB) zur Nutzung von Synergien modifiziert: Es konnten die von BWB erstellten, fundierten Versickerungspotentialkarten für das Pilotgebiet Berlin I übernommen werden (siehe Abbildung II-3).

Die Potenzialkarten wurden um Straßen- sowie Hof- und Wegeflächen (Restriktionsflächen) erweitert (siehe Abbildung II-4) und die versickerungsfähige Grünfläche über die Bufferfunktion zuerst um 1 m verkleinert und dann um 1 m vergrößert. Durch diese Vorgehensweise wurden Grünflächen und schmale Grünflächenstreifen eliminiert, die für die Umsetzung von Versickerungsanlagen zu klein sind. Anschließend wurde die Umsetzbarkeit von Versickerungsanlagen quantifiziert. Bei Berücksichtigung aller Restriktionen (Eigentumsverhältnisse der Grünflächen, Hof- und Wegefläche, Mindestabstände zu Gebäuden, etc.) ist die Umsetzbarkeit der Anlagen nur sehr begrenzt möglich. Aus diesem Grund war die aus dem Projektantrag angedachte Umsetzung der Anlagen nur an real möglichen Standorten nicht zielführend und wurde stattdessen mit theoretischen Implementierungsgraden durchgeführt, wobei bspw. auch 100 % der Dachfläche im Gebiet an Versickerungsmulden angeschlossen wurden.



Abbildung II-2: Pilotgebiet Berlin I

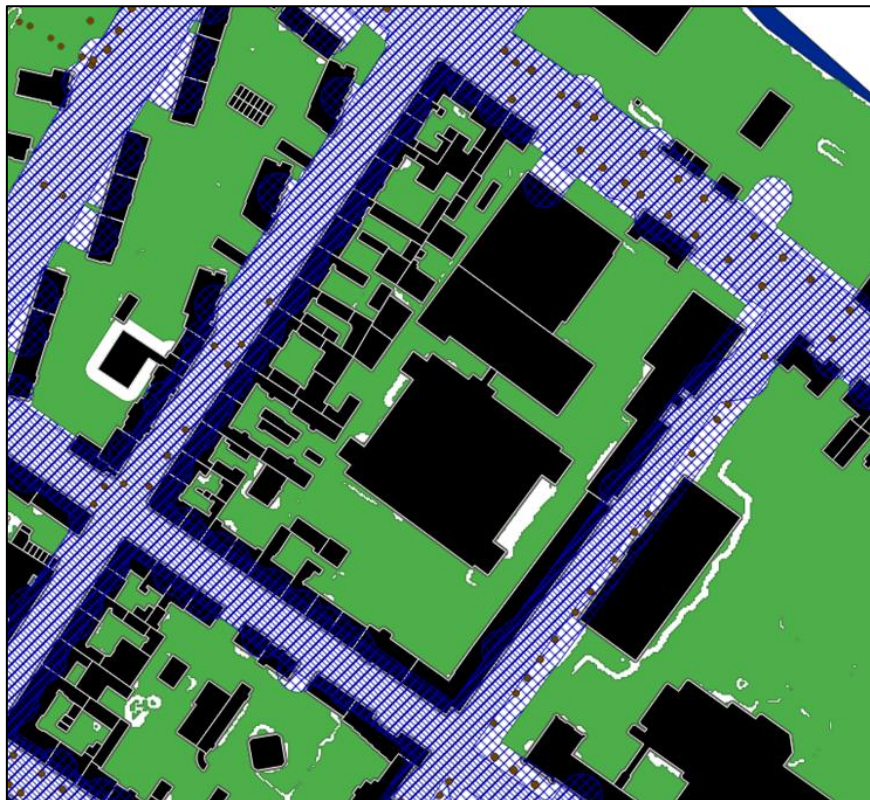


Abbildung II-3: Versickerungspotenzialkarte der BWB für einen Ausschnitt des Pilotgebiets: Versickerungsfähiger Grünfläche (grün) und verschiedenen Restriktionsflächen



Abbildung II-4: Erweiterte Versickerungspotenzialkarte mit den Restriktionsflächen Straßenflächen (grau) sowie Hof- und Wegeflächen (beige)

II.1.2.3 Aufgabe 2.3: Wirkungsanalyse für RWB+ Anlagen

Für das Pilotgebiet wurde ein gekoppeltes 1D/2D-Simulationsmodell mit der Software InfoWorks ICM aufgebaut und die verschiedenen RWB- und RWB+ Anlagen in das Modell integriert. Durch den Vergleich des Überflutungsgeschehens mit und ohne die Anlagen wurde ihre Wirkung zur Überflutungsminderung quantifiziert. Aus den Ergebnissen wurden Wirkungskurven abgeleitet, mit denen sich der überflutungsmindernde Effekt der Anlagen auf andere Einzugsgebiete übertragen lässt. Die Wirkungskurven wurden anschließend in ein online-Tool zur Effektabschätzung implementiert, das über die Projekt-Webseite verfügbar ist.

II.1.2.3.1 Dimensionierung und Abbildung der Anlagen im Modell

Aufgrund des begrenzten Umfangs und Fokus des Berichts auf Projektergebnisse und Produkte wird nachfolgend die Dimensionierung der RWB- und RWB+ Anlagen und deren Modellabbildung (Parametrisierung) für InfoWorks ICM nur in aller Kürze beschrieben.

Die Versickerungsanlagen wurden gemäß DWA-A 138-1 (DWA, 2024) dimensioniert, wobei die Versickerungsmulde, Rigole und das Mulden-Rigolen-Element auf die in der Praxis übliche Bemessungsjährlichkeit von $T = 5$ a und die entsprechenden RWB+ Varianten auf $T = 100$ a dimensioniert wurden. Die Anlagenflächen der RWB+ Varianten sind im Vergleich zu den jeweiligen standardmäßig dimensionierten Anlagen etwa doppelt so groß. Die Gründächer wurden nicht auf Niederschlagsjährlichkeiten bemessen, sondern für die verschiedenen Gründacharten repräsentative Gründachaufbauten unter Berücksichtigung der FLL-Dachbegrünungsrichtlinien (FLL, 2018) ausgewählt. Das extensiv begrünte Dach dient als Standard (RWB Variante), aus dem das intensive Gründach und das Retentionsdach als RWB+ Varianten entwickelt wurden. Bei den Zisternenarten wurde die Zisterne gemäß DIN EN 16941-1

(DIN, 2024) vereinfacht anhand des jährlichen Regenwasserertrags bemessen. Die Retentionszisternen (RWB+ Variante) wurden um zusätzliches Retentionsvolumen erweitert, das auf den Rückhalt eines 5-jährlichen Niederschlagsereignisses ausgelegt wurde. Die Baumstandorte umfassen den hydrologisch optimierten Baumstandort (HOB) und als RWB+ Variante die Baumrigole. Beide wurde auf das 5-jährliche Niederschlagsereignis dimensioniert, allerdings kann an die Baumrigole eine größere abflusswirksame Fläche angeschlossen werden.

Im Modell wurden die Anlagen mit den *Low Impact Development* (LID) Elementen der Software *Storm Water Management Model* (SWMM) abgebildet. Die LID-Elemente weisen konzeptionell eine horizontale Schichtung (Layer) auf, wobei in den verschiedenen Schichten und Schichtübergängen die physikalischen Prozesse hydrologisch nachgebildet werden. Abbildung II-5 zeigt beispielhaft das LID-Element zur Abbildung eine Versickerungsmulde. Für die verschiedenen Anlagen wurden Elemente mit den passenden Schichten ausgewählt und die zugehörigen Modellparameter bestimmt.

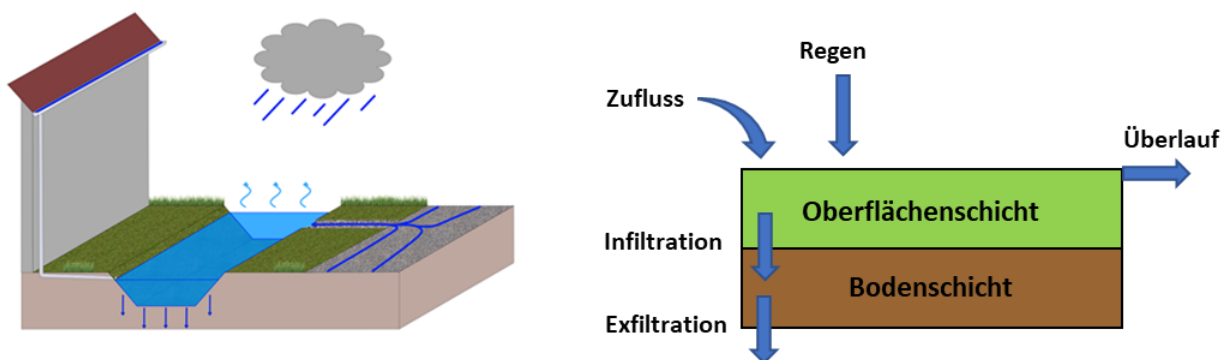


Abbildung II-5: Darstellung der Versickerungsmulde (links) und des zugehörigen LID-Elements *rain garden* (rechts)

II.1.2.3.2 Szenarien und Niederschlagslastfälle

Die Wirkung der Anlagen zur Überflutungsminderung wurde anhand unterschiedlicher theoretischer Szenarien zur Bewirtschaftung der Dachflächenabflüsse untersucht, in denen der Implementierungsgrad der Anlagen angepasst wurde. Ein Implementierungsgrad von 100 % bedeutet, dass alle Dachflächen des Untersuchungsgebiets z. B. an Mulden angeschlossen oder als Gründächer ausgeführt wurden. Für die Anlagen wurden die Szenarien mit den Implementierungsgraden 25 %, 50 %, 75 % und 100 % simuliert. Die Ausnahme bildeten die Baumstandorte, an denen Straßenflächen statt Dachflächen angeschlossen wurden und für die ausschließlich der Implementierungsgrad von 100 % untersucht wurde. Insgesamt wurden 169 Szenarien simuliert (Tabelle II-3), wobei hauptsächlich der überflutungsmindernde Effekt der Anlagen bei einem ausgewöhnlichen (R1E) und extremen Starkregen (R2E) der Dauer 60 min. untersucht wurde (siehe Tabelle II-2). Die Simulationen in den Validierungsgebieten sind die Grundlage für die Validierung in Aufgabe 2.4 (siehe Kapitel II.1.2.4).

Tabelle II-2: Eigenschaften der als Simulationsinput verwendeten Starkregen

Bezeichnung	Verteilung	Jährlichkeit [a]	Dauer [min]	Niederschlagshöhe [mm]	SRI* [-]
R1E	Euler Typ 2	100	60	48,9	7
R2E	Euler Typ 2	>> 100	60	100	10
R1B	Blockregen	100	60	48,9	7
R1E6	Euler Typ 2	100	360	74,3	7

* SRI = Starkregenrisikoindex nach Schmitt et al. (Schmitt et al., 2018)

Tabelle II-3: Simulierte Szenarien zur Wirkungsanalyse von RWB/RWB+ Anlagen

Gebiet Modell/Anlagen	R1E und R2E		R1B		R1E6	
	Implementierung 0 %	25 - 100 %	Implementierung 0 %	100 %	Implementierung 0 %	100 %
Untersuchungsgebiet						
Referenzmodell	2	-	1	-	1	-
Mulden	-	8	-	1	-	1
Mulden+	-	8	-	1	-	1
Rigolen	-	8	-	1	-	1
Rigolen+	-	8	-	1	-	1
MRE	-	8	-	1	-	1
MRE+	-	8	-	1	-	1
Ext. Gründächer	-	8	-	1	-	1
Int. Gründächer	-	8	-	1	-	1
Retentionsdächer	-	8	-	1	-	1
Zisternen	-	8	-	1	-	1
Retentionszisternen ungedrosselt	-	8	-	1	-	1
Retentionszisternen gedrosselt	-	8	-	1	-	1
HOB	-	nur 100 %	-	1	-	1
Baumrigolen	-	nur 100 %	-	1	-	1
Validierungsgebiete						
Referenzmodell	4	-	-	-	-	-
Mulden	-	16	-	-	-	-
Mulden+	-	16	-	-	-	-
Retentionsdächer	-	16	-	-	-	-

II.1.2.3.3 Vergleich der Überflutungsminderung durch die Anlagen

Abbildung II-6 zeigt die Reduzierung des Überflutungsvolumens durch die verschiedenen Anlagen bei einem Implementierungsgrad von 100 % für das 100-jährliche Niederschlagsereignis R1E ($h_N = 48,9$ mm). Darüber hinaus sind auch das Überlauf- bzw. das Drainage- oder Drosselabflussvolumen aufgeführt. In Abbildung II-7 ist die Überflutungsreduzierung beispielhaft für 3 Anlagen als Kartenausschnitt visualisiert.

Die herkömmlichen Versickerungsanlagen reduzieren das Überflutungsvolumen um 21,6 % - 24,8 %, wobei die Mulden-Rigolen-Elemente am Leistungsfähigsten sind. Die Versickerungsanlagen+ erreichen eine Reduktion von 32,8 % - 33,8 % und das können das Niederschlagsereignis komplett zurückhalten. Der Grund dafür ist das größere Speichervolumen: Im Vergleich zu den herkömmlichen Versickerungsanlagen ist das Speichervolumen ca. doppelt so groß.

Die intensiven Gründächer und die Retentionsdächer halten den Niederschlag ebenfalls vollständig zurück, wobei das Überflutungsvolumen um 33,7 % reduziert wird. Nur bei den extensiven Gründächern mit einer Reduktion von 31,8 % tritt Drainageabfluss auf. Grund dafür ist die geringere Substratschicht, die bei den extensiven Gründächern nur 15 cm beträgt (im Vergleich dazu 30 cm bei den intensiven Gründächern) und somit weniger Niederschlag zwischenspeichern kann.

Bei den verschiedenen Zisternentypen erreichen die Zisternen lediglich eine Reduktion von 10,7 %, da sie bei Ereignisbeginn zur Hälfte gefüllt sind. Die Retentionszisternen erzielen eine

deutlich größere Reduktion des Überflutungsvolumen mit 27,3 % und 31,5 %. Im Vergleich zwischen der ungedrosselten und der gedrosselten Retentionszisterne erzielt die ungedrosselte Variante die größere Reduktion, weil das Retentionsvolumen vollständig ausgenutzt wird und erst danach ein Überlauf auftritt. Bei der gedrosselten Variante beginnt ab Vollfüllung des Nutzvolumens der Drosselabfluss in das Kanalnetz.

Die HOB und die Baumrigolen reduzieren das Überflutungsvolumen um 4,3 % bzw. 7 %. Für einen Vergleich mit den anderen Anlagen muss die bewirtschaftete Fläche mitberücksichtigt werden: An die HOB werden 25,4 ha Straßenfläche, an die Baumrigolen 39,1 ha Straßenfläche und von den anderen RWBA 97,8 ha Dachfläche bewirtschaftet. In Relation zur befestigten Fläche haben die Baumstandorte den geringsten Effekt zur Überflutungsminderung.

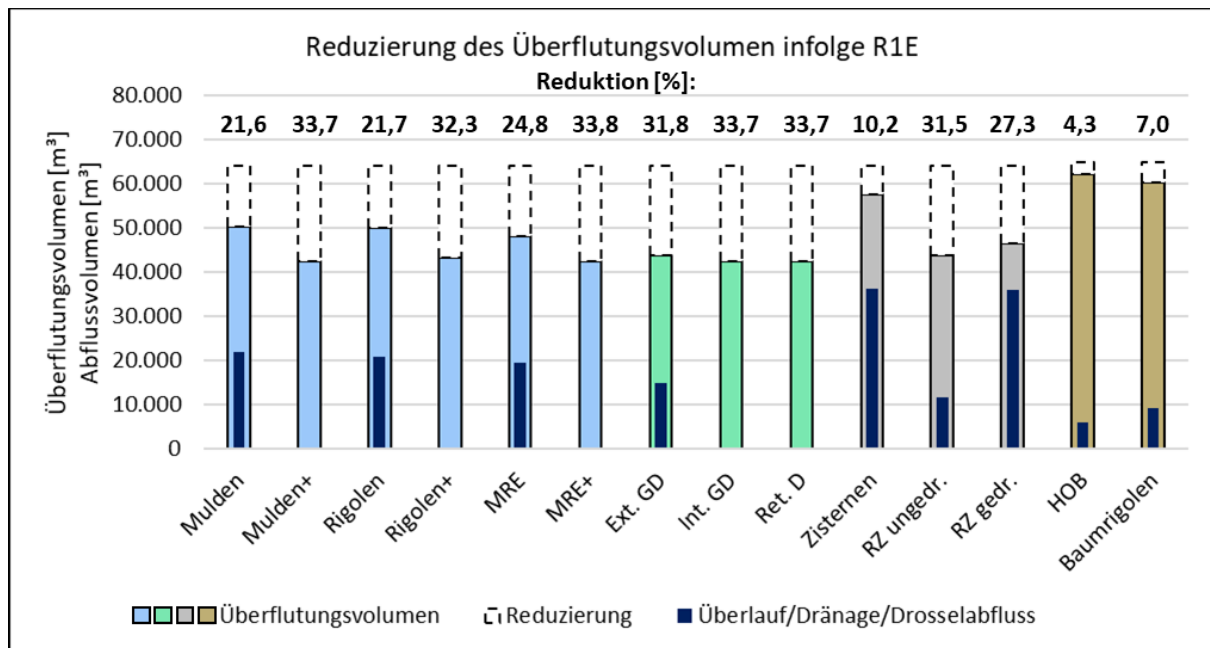
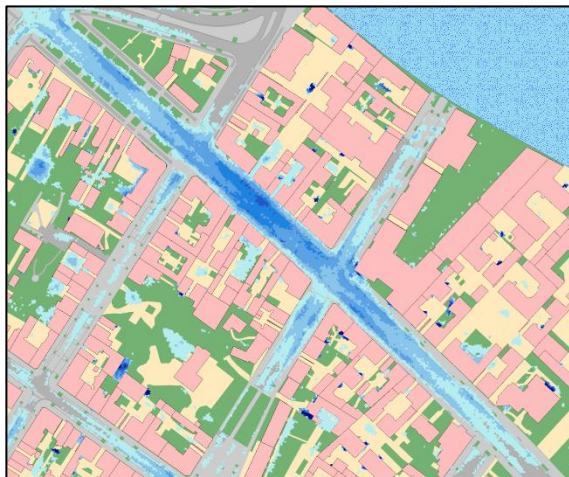


Abbildung II-6: Effekte der Überflutungsminderung der RWB/RWB+ Anlagen für den Starkregen R1E bei einem Implementierungsgrad von 100 %



Referenzmodell



Mulden



Mulden+



Retentionsdächer



Quelle: Geoportal Berlin / ALKIS Berlin / Reale Nutzung 2021 (Umweltatlas)

Legende

- Gewässer
- Dachfläche
- Straßenfläche
- Hof- und Wegefläche
- Grünfläche

Wasserstand [m]

- 0.1 – 0.2
- > 0.2 – 0.3
- > 0.3 – 0.4
- > 0.4 – 0.5
- > 0.5 – 0.6
- > 0.6 – 0.7
- > 0.7

Überflutungsschwerpunkt

Abbildung II-7: Maximale Wasserstände infolge R1E im Überflutungsschwerpunkt

Abbildung II-8 zeigt analog die Reduzierung des Überflutungsvolumens durch die verschiedenen Anlagen für das extreme Niederschlagsereignis R2E ($h_N = 100 \text{ mm}$), Abbildung II-9 die Überflutungsreduktion beispielhaft für 3 Anlagen als Kartenausschnitte.

Die Versickerungsanlagen können das Überflutungsvolumen nur noch um 5,4 % bis 9,3 % reduzieren und sind somit deutlich weniger wirkungsvoll als noch bei R1E. Allerdings reduzieren die Versickerungsanlagen+ das Überflutungsvolumen immer noch um 15,1 % - 25,8 %, was im Vergleich zu den herkömmlichen Anlagen eine etwa dreifach größere Reduktion darstellt.

Bei den Gründächern reduzieren die Retentionsdächer das Überflutungsvolumen um 33,6 % und halten das 100 mm Niederschlagsereignis vollständig zurück. Die intensiven Gründächer haben eine ähnlich hohe Wirkung mit einer Reduktion von 33,5 %, allerdings kommt es zu einem Drainageabfluss. Die Kapazität der extensiven Gründächer wird deutlich überschritten, sie reduzieren das Überflutungsvolumen nur noch um 13,8 %.

Die Zisternen bewirken lediglich eine Reduktion des Überflutungsvolumens um 2,7 % und zeigen bei R2E eine vernachlässigbare Wirksamkeit. Demgegenüber erzielen die Retentionszisternen eine Reduktion von 11,9 % bzw. 12,4 %. Auffällig ist hierbei, dass – im Gegensatz zu den Ergebnissen bei R1E – die gedrosselte Ausführung eine höhere Überflutungsminde- rung bewirkt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Abfluss durch die Drosselung kontinuierlich über einen längeren Zeitraum abgegeben wird und somit das Kanalnetz gleichmäßiger belastet. Bei der ungedrosselten Variante hingegen kommt es nach Erreichen der Speicherkapazität zu einem plötzlichen, hohen Abfluss in das Kanalnetz, was zu einer kurzfristigen Überlastung und infolgedessen zu einem erhöhten Überflutungsvolumen führt. Übersteigt das Zuflussvolumen die Speicherkapazität der Retentionszisterne, ist eine gedrosselte Betriebsweise im Hinblick auf die Überflutungsminde- rung von Vorteil.

Die HOB und die Baumrigolen reduzieren das Überflutungsvolumen lediglich um 1,6 % bzw. 2,2 % und sind somit als Maßnahmen zur Überflutungsminde- rung im Fall von R2E ungeeignet.

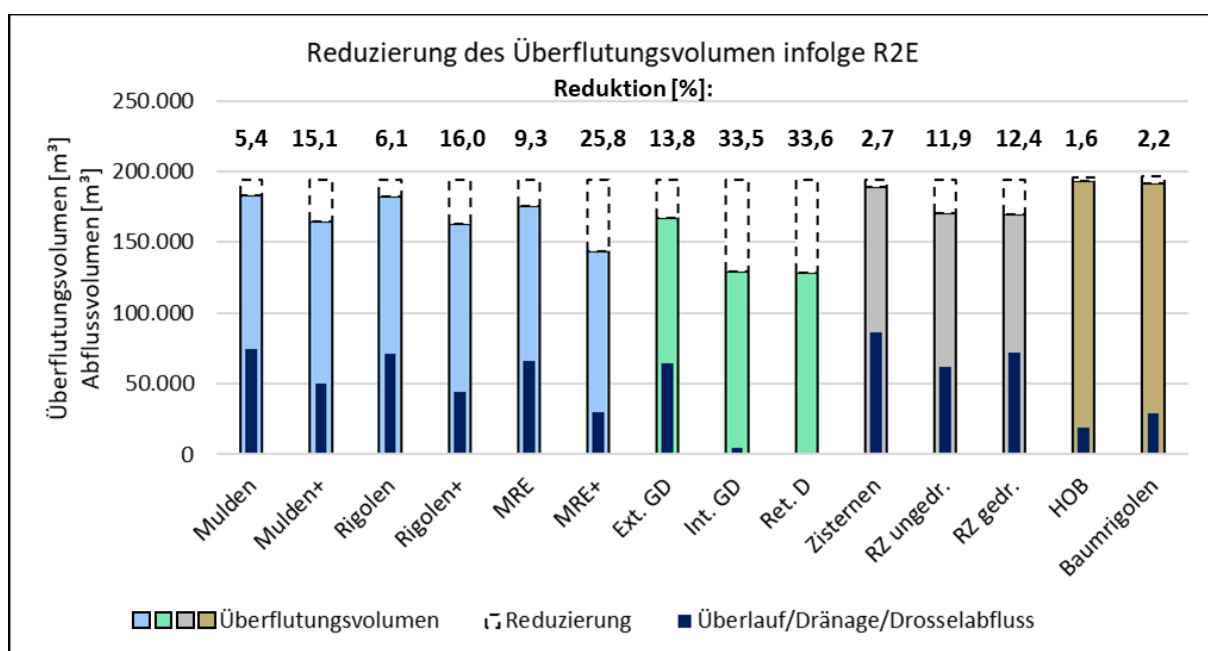
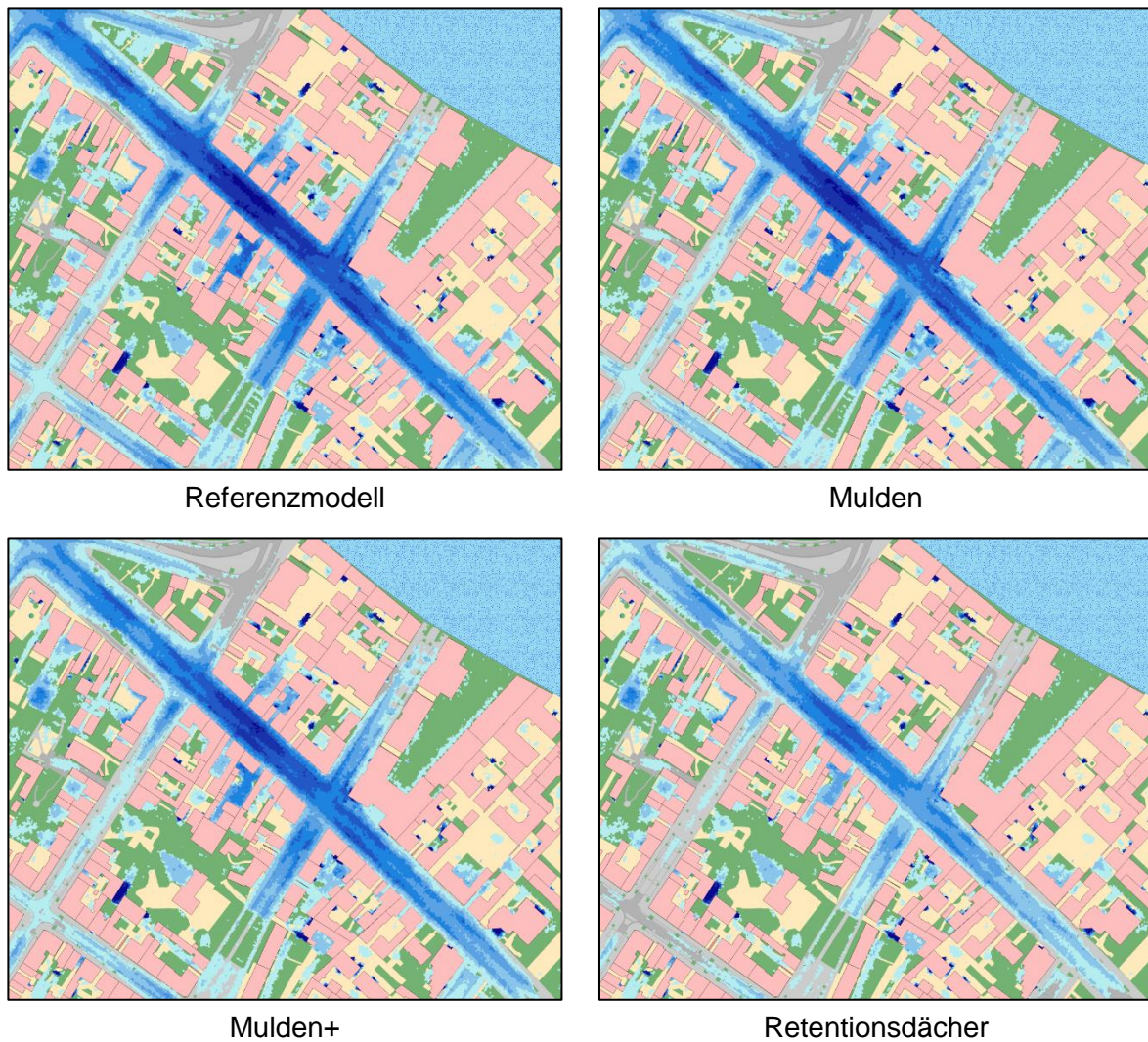


Abbildung II-8: Effekte der Überflutungsminde- rung der RWB/RWB+ Anlagen für den Starkregen R2E bei einem Implementierungsgrad von 100 %



Quelle: Geoportal Berlin / ALKIS Berlin / Reale Nutzung 2021 (Umweltatlas)

Legende

- Gewässer
- Dachfläche
- Straßenfläche
- Hof- und Wegefläche
- Grünfläche

Wasserstand [m]

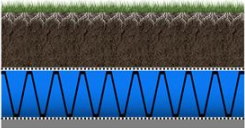
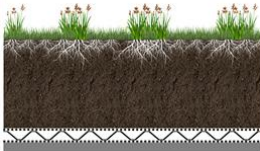
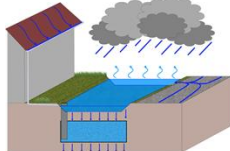
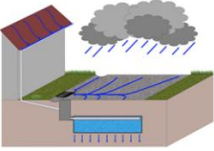
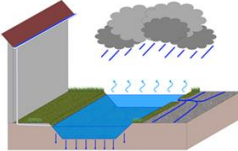
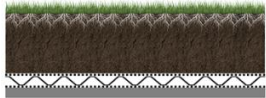

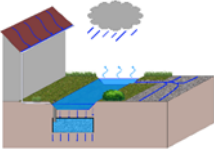
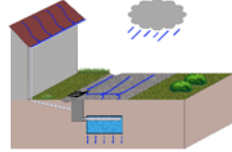
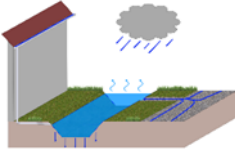
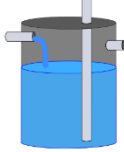



- 0.1 – 0.2
- > 0.2 – 0.3
- > 0.3 – 0.4
- > 0.4 – 0.5
- > 0.5 – 0.6
- > 0.6 – 0.7
- > 0.7

Überflutungsschwerpunkt

Abbildung II-9: Maximale Wasserstände infolge R2E im Überflutungsschwerpunkt

Tabelle II-4 zeigt eine Kategorisierung sowie ein Ranking der untersuchten Anlagen hinsichtlich ihrer Wirkung zur Überflutungsminderung im Starkregenfall auf Basis der vorliegenden Simulationsergebnisse.

Tabelle II-4: Kategorisierung und Ranking der untersuchten Anlagen hinsichtlich ihres Effekts zur Überflutungsminderung

Überflutungs- minderung	Ranking der untersuchten Anlagen			
sehr hoch	<p style="text-align: center;">1</p>  <p style="text-align: center;">Retentionsdach</p>	<p style="text-align: center;">2</p>  <p style="text-align: center;">Intensives GD</p>	<p style="text-align: center;">3</p>  <p style="text-align: center;">MRE+</p>	
	hoch	<p style="text-align: center;">4</p>  <p style="text-align: center;">Rigole+</p>	<p style="text-align: center;">5</p>  <p style="text-align: center;">Mulde+</p>	<p style="text-align: center;">6</p>  <p style="text-align: center;">Extensives GD</p>
		mittel	<p style="text-align: center;">7</p>  <p style="text-align: center;">Retentionszisterne gedrosselt</p>	
gering	<p style="text-align: center;">9</p>  <p style="text-align: center;">MRE</p>		<p style="text-align: center;">10</p>  <p style="text-align: center;">Rigole</p>	<p style="text-align: center;">11</p>  <p style="text-align: center;">Mulde</p>
	<p style="text-align: center;">12</p>  <p style="text-align: center;">Zisterne</p>			
	vernachlässigbar	<p style="text-align: center;">13</p>  <p style="text-align: center;">Baumrigole</p>	<p style="text-align: center;">14</p>  <p style="text-align: center;">HOB</p>	
<p style="text-align: center;">14</p>  <p style="text-align: center;">HOB</p>				

II.1.2.3.4 Übertragbarkeit der Ergebnisse durch Wirkungskurven

Zur Übertragung der überflutungsmindernden Wirkung von RWB+ Anlagen auf andere Einzugsgebiete wurden sog. **Wirkungskurven** für Versickerungsanlagen, Gründächer und Zisternentypen jeweils für die Niederschlagsbelastungen R1E und R2E entwickelt. Eine Wirkungskurve beschreibt basierend auf den Simulationsergebnissen des Untersuchungsgebiets einen funktionalen Wirkungszusammenhang zwischen dem Bewirtschaftungsanteil einer RWB/RWB+ Anlage und der damit erzielbaren prozentualen Reduzierung des Überflutungsvolumens.

Abbildung II-10 veranschaulicht die Methodik exemplarisch an der Wirkungskurve für intensiv begrünte Gründächer: Das obere Säulendiagramm zeigt das Überflutungsvolumen für das Referenzmodell und für die Bewirtschaftungsszenarien mit intensiven Gründächern bei den verschiedenen Implementierungsgraden, für die auch die prozentualen Reduktionen des Überflutungsvolumens angegeben sind. Aus diesen Werten ergibt sich die im unteren Diagramm dargestellte Wirkungskurve. Auf der oberen x-Achse ist weiterhin der Implementierungsgrad aufgetragen. Dieser wird mit bezogen auf die Gesamtgebietsfläche umgerechnet (normiert) in einen Bewirtschaftungsanteil:

$$\frac{98 \text{ ha Dachfläche}}{340 \text{ ha Gesamtgebietsfläche}} = 28,8 \% \text{ Bewirtschaftungsanteil}$$

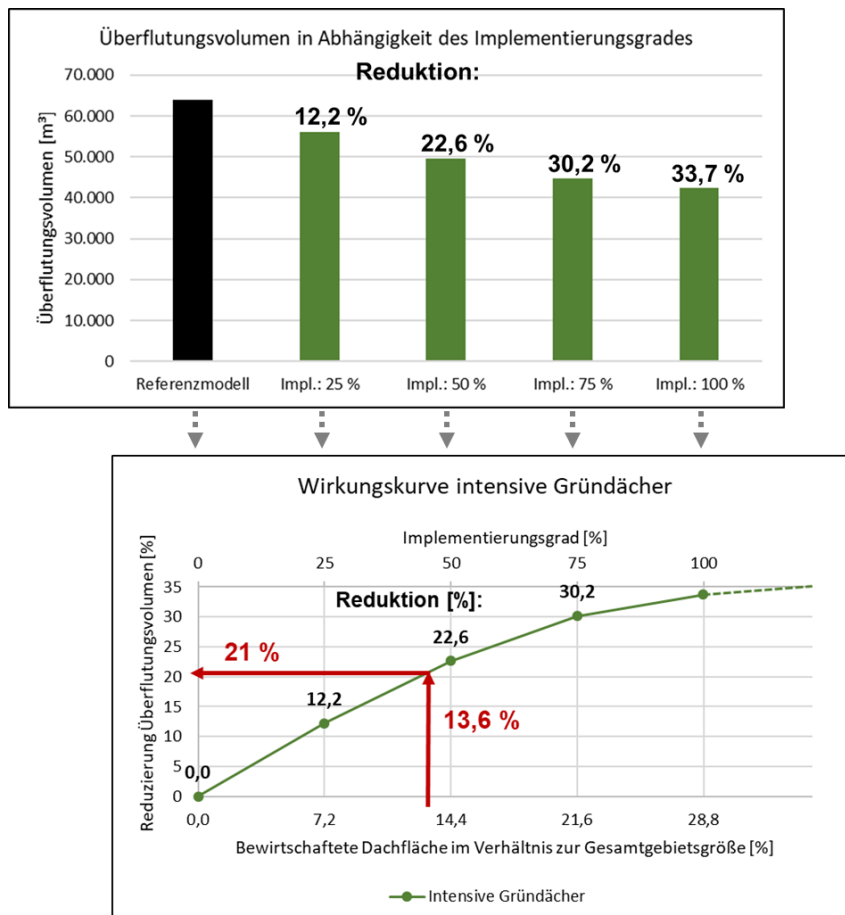
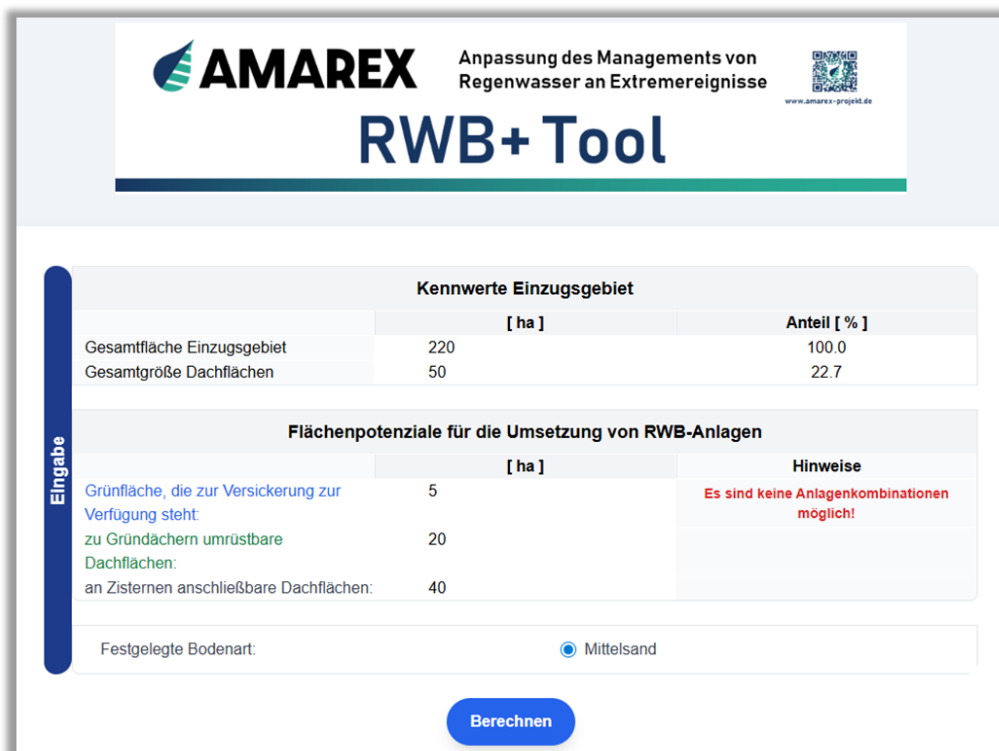


Abbildung II-10: Erstellung und Anwendung der Wirkungskurve, Beispiel intensives Gründach

Die Wirkungskurve kann dazu verwendet werden, den Überflutungsmindernden Effekt einer RWB+ Anlage, hier von intensiven Gründächern für ein neues, fiktives EZG abzuschätzen. Dazu müssen für das neue EZG sowohl die Gesamtgebietsgröße als auch das Umsetzungspotenzial intensiver Gründächer bekannt sein. Im Beispiel (Abbildung II-10) beträgt die Gesamtgebietsgröße 220 ha und die zu intensiver Dachbegrünung umrüstbare Dachfläche 30 ha. Daraus ergibt sich ein Bewirtschaftungsanteil von 13,6 %, über den mithilfe der Wirkungskurve die Reduzierung des Überflutungsvolumens für das neue EZG als Zwischenwert abgelesen werden kann (siehe rote Pfeile in Abbildung II-10). Im Beispiel ist dies eine geschätzte Überflutungsminderung von 21 %.

II.1.2.3.5 Implementierung der Wirkungskurven in RWB+ Tool

Zur erleichterten Anwendung wurden die entwickelten Wirkungskurven in einem webbasierten RWB+ Tool umgesetzt. Statt der grafischen Abtragung über ein Diagramm wird darin die Reduzierung des Überflutungsvolumens errechnet und die Ergebnisse für alle Anlagen in einer Tabelle ausgegeben. Abbildung II-11 zeigt die Eingabemaske des RWB+ Tools. Das Tool kann über die Projektwebseite als Webanwendung gestartet werden.



Kennwerte Einzugsgebiet		
	[ha]	Anteil [%]
Gesamtfläche Einzugsgebiet	220	100.0
Gesamtgröße Dachflächen	50	22.7

Flächenpotenziale für die Umsetzung von RWB-Anlagen		
	[ha]	Hinweise
Grünfläche, die zur Versickerung zur Verfügung steht:	5	Es sind keine Anlagenkombinationen möglich!
zu Gründächern umrüstbare Dachflächen:	20	
an Zisternen anschließbare Dachflächen:	40	

Festgelegte Bodenart: Mittelsand

Berechnen

Abbildung II-11: Eingabemaske des RWB+ Tools zur Wirkungsabschätzung

II.1.2.4 Aufgabe 2.4: Validierung der Wirkungskurven

Zur Validierung der Übertragbarkeit der Ergebnisse durch die Wirkungskurven wurden in zwei benachbarten Validierungsgebieten (Berlin II und Berlin III) detaillierte Simulationen durchgeführt und – analog zum Untersuchungsgebiet – entsprechende Wirkungskurven erstellt und diese mit den Referenz-Wirkungskurven verglichen. Bei einer guten Übereinstimmung der Wirkungskurven ist davon auszugehen, dass die Abschätzung der Überflutungsminderung in den Validierungsgebieten zuverlässig ist.

Die Untersuchungen der Validierung ergaben, dass die Übertragung des überflutungsmindernden Effekts der RWB- und RWB+ Anlagen anhand der Wirkungskurven in einem Fall zuverlässig, in dem zweiten Fall inkonsistent war. Die Wirkungskurven des Untersuchungsgebiets können daher nicht zu einer genauen Quantifizierung, sondern bestenfalls als grobe Abschätzung des überflutungsmindernden Effekts der Anlagen für andere EZG herangezogen werden. Dafür ist es allerdings gut möglich, die überflutungsmindernden Effekte verschiedener RWBA im relativen Quervergleich zueinander gebietsunabhängig zu quantifizieren: Mit der Anwendung der Wirkungskurven über das RWB+ Tool kann eine erste Vorauswahl und Priorisierung von RWBA zur Starkregenvorsorge erfolgen. Dabei kann die unterschiedliche Flächenverfügbarkeit für die Umsetzung der Anlagen vom Nutzer berücksichtigt und angepasst werden. Die Anwendung der Wirkungskurven kann auf konzeptioneller und planerischer Ebene Entscheidungsträger dabei unterstützen, die Regenwasserbewirtschaftung als Maßnahme des Überflutungsschutzes mit einzubeziehen.

II.1.3 Weitere Arbeitspakete

Im Zuge dieses Teilvorhabens wurde zudem an verschiedenen Projektergebnissen der weiteren Arbeitspakete mitgewirkt, die nachfolgend nur kurz benannt werden. Zur detaillierteren Beschreibung wird auf die Sachberichte der jeweiligen Verbundpartner verwiesen.

In **Arbeitspaket 1** (kommunaler Anker) wurde der gesamte Stakeholderprozess durch die Mitwirkung an den Workshoprunden in Berlin und Köln unterstützt. Dazu wurden die fachlichen Belange der Starkregenvorsorge gemäß Arbeitspaket 2 in die Prozessphasen Bedarfsanalyse und Stakeholder-Einbindung, Validierung und Rückkopplung zur Toolentwicklung sowie Übertragbarkeit und Implementierungsperspektiven eingebracht.

In **Arbeitspaket 3** (Funktionserweiterung von RWB-Anlagen zur Vorsorge gegen Hitze und Trockenheit) gab es neben der koordinierten Zusammenarbeit zwischen RPTU und Uni S für die oben beschriebenen Anlagen-Steckbriefe (Aufgaben 2.1/3.1) Zuarbeiten zu der in AP 3 durchgeführten SWMM-Modellierung zur Wirkungsanalyse von RWB-N, RWB+ und RWB+N Anlagen (Aufgabe 3.1).

Für das **Arbeitspaket 4** (Planungstool der Regenwasserbewirtschaftung zur Reduktion von Klimafolgen) wurde neben den oben beschriebenen Beiträgen zum Webtool (Karten, RWB+ Tool) Simulationsergebnisse als Vergleichsbasis zu den Wasserhaushaltsanalysen mit ABIMO (Verbundpartner KWB) bereitgestellt, um die Aussagekraft der Wasserbilanz als zentralen Bewertungsindikator zur Klimafolgenanpassung zu bewerten (Aufgabe 4.3).

Für das **Arbeitspaket 5** (Sozio-ökonomische Bewertung) wurden die Dimensionierungsansätze von RWB/RWB+ Anlagen und Bewertungskennzahlen (Scoring) für die einzelnen wasserhaushaltsbezogenen Kriterien (Überflutungsschutz, Gewässerschutz, Wasserspeicherung, Versickerung, Verdunstung) in die Umsetzung der Multi-Kriterien-Analyse (Aufgabe 5.2) eingebracht.

II.2 Verwendung der Zuwendung hinsichtlich der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Zur Verwendung der Zuwendung für das Forschungsvorhaben wird auf den gesondert vorgelegten zahlenmäßigen Verwendungsnachweis verwiesen. In ihm wird die Verwendung der wichtigsten Zuwendungspositionen (Personalausgaben, sächliche Verwaltungsausgaben) im Detail belegt. Insgesamt ergab sich das Erfordernis, nicht beanspruchte sächliche Verwaltungsausgaben für Verbrauchsmaterial und Reisekosten in Personalmittel für die kostenneutrale Laufzeitverlängerung umzuwidmen.

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die allgemeine Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeiten werden hiermit bestätigt. Im Kontext der Hemmnisse und Erschwernisse in der Projektdurchführung war eine Verlängerung der Projektlaufzeit um sechs Monate zur Erreichung der Projektziele erforderlich. Diese konnte durch die effiziente Verwendung der Fördermittel und entsprechende Umwidmungen einerseits (siehe dazu Punkt II.2) sowie unter Einsatz weiterer eigenfinanzierter Personalmittel realisiert werden. Der Gesamtarbeitsaufwand umfasste damit 60 Personenmonate (PM) statt 54 PM gemäß Planung. Teilweise mussten gegenüber der Projektplanung die Arbeitsbeiträge zu einzelnen Teilarbeitspaketen inhaltlich und zeitlich leicht angepasst werden wie nachfolgend näher beschrieben:

- *Während Aufgabe 2.1 (Systemanalyse) planmäßig abgeschlossen wurde, hat sich der Abschluss von Aufgabe 2.2 (Screeningverfahren zur Potentialanalyse für RWB+ Anlagen) durch eine geänderte Vorgehensweise auf Mitte 2024 verschoben: Es wurde in enger Abstimmung mit Aufgabe 4.2 (GIS-basierte Potenzialanalyse Regenwasserbewirtschaftung, Verbundpartner BWB) auf die von BWB in 2023 erstellten, fundierten Versickerungs- und Gründachpotentialkarten zur Nutzung von Synergien zugegriffen. Diese Potenzialkarten wurden für das Screeningverfahren in Untersuchungsgebiet Berlin I übernommen und auf die in Aufgabe 2.1 für RWB+ Anlagen definierten Randbedingungen angepasst (siehe auch Sachbericht 2023).*
- *Aufgabe 2.3 (Wirkungsanalyse für RWB+ Anlagen) konnte planmäßig abgeschlossen werden. Die darauf aufbauende vereinfachte Wirkungsermittlung zur Übertragung der Ergebnisse wurde mit dreimonatiger Verzögerung abgeschlossen. Aufgrund dessen startete die Auswahl der Validierungsgebiete und der Aufbau der zugehörigen 1D/2D Modelle zur Validierung (Aufgabe 2.4 Validierung) ebenfalls mit dreimonatiger Verzögerung.*

Insgesamt lag eine inhaltliche Verzögerung von drei Monaten für das AP2 (Starkregenvorsorge) gegenüber der ursprünglichen Zeitplanung vor. Unter Berücksichtigung der gleichzeitigen Verzögerungen bei der Entwicklung des Webtools und Ausgestaltung des Stakeholderprozesses konnte der Ergebnistransfer aus AP2 (Starkregenvorsorge) in Richtung Webtool erst mit einer Verspätung von drei Monaten erfolgen, woraus sich drei zusätzliche Personenmonate gegenüber der ursprünglichen Antragsstellung ergeben haben.

Die Projektkoordination und Öffentlichkeitsarbeit (AP0) erstreckten sich über die gesamte Projektlaufzeit, einschließlich der sechsmonatigen Laufzeitverlängerung, woraus sich drei zusätzliche Personenmonate (0,5 PM über sechs Monate für die Projektkoordination) ergaben.

II.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit des Projektes

Die im Rahmen des Arbeitspakets 2 gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse zur Wirkungsweise lassen sich bei der Entwicklung von Umsetzungsstrategien von RWB-Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge auf unterschiedlichen Planungsebenen bzw. mit verschiedenen Zielsetzungen verwerten, wie nachfolgend kurz beschrieben.

- i) *Für die Planungsebene von Einzelmaßnahmen liegen mit den erarbeiteten Anlagen-Steckbriefen fundierte Beschreibungen mit Leitfaden-Charakter vor, wie RWB-Anlagen für die Belange der Starkregenvorsorge zu RWB+ Anlagen erweitert werden können. In Zusammenführung mit den Ergebnissen der weiteren Arbeitspakete werden zusätzlich Hinweise zu weiteren Anlagen-Wirkungen (Wasserhaushalt, Sozioökonomie) gegeben.*
- ii) *Die aus den zahlreichen Überflutungssimulationen gewonnenen Erkenntnisse zu den Effekten der Überflutungsminderung der verschiedenen RWB/RWB+ Anlagen sind*

sowohl auf konzeptioneller Ebene als auch auf der Planungsebene von Einzelmaßnahmen in hohem Maße anwendungsrelevant:

- a. Es stehen detaillierte Angaben zur Parametrisierung und Modellierung von RWB+Anlagen zur Verfügung, die für gekoppelte Überflutungssimulationen verwendet werden können. Gleichzeitig liefern die Überflutungsergebnisse am Beispiel des Untersuchungsgebiets Berlin I wertvolle Hinweise auf die Wirksamkeit und Performanz der verschiedenen Anlagen.
- b. Die entwickelten Wirkungskurven zur Abschätzung des Überflutungsminderungspotenzials sind quantitativ zwar nur eingeschränkt übertragbar auf weitere Untersuchungsgebiete. Dennoch ermöglichen sie auf konzeptioneller und planerischer Ebene einen Quervergleich der Anlagenwirkungen zur Vorauswahl und Priorisierung von RWB-Anlagen im städtischen Maßstab, wobei auch die Flächenverfügbarkeit zur Umsetzung der Anlagen berücksichtigt wird. Damit leisten die Arbeitsergebnisse einen wertvollen Unterstützungsbeitrag bei der Auswahl und Priorisierung von Einzelmaßnahmen, wenn unter den limitierten Handlungsrandbedingungen einer Planungsaufgabe der Fokus auf Starkregenminderung durch Regenwassermanagement liegt.

II.5 Beschreibung zwischenzeitlich bekannt gewordener FE-Ergebnisse Dritter auf dem Gebiet des Vorhabens

Innerhalb der BMFTR-Fördermaßnahme WaX ergaben sich für AMAREX im Arbeitspaket 2 „Funktionserweiterung von RWB-Anlagen zur Starkregenvorsorge“ inhaltliche Schnittstellen und Bezüge zum WaX-Vorhaben Inno_MAUS (Innovative Instrumente zum Management des Urbanen Starkregenrisikos, FKZ 02WEE1632A-D). Der Austausch fand im Wesentlichen mit der Arbeitsgruppe von Prof. Bronstert (Universität Potsdam) in zwei Online-Arbeitstreffen und auf der WaX-Abschlusskonferenz statt. Im Folgenden werden die Anknüpfungspunkte und Ergebnisse der Projekte kurz skizziert.

In Inno_MAUS wurde wie in AMAREX der Effekt von RWB-Anlagen zur Starkregenvorsorge untersucht, wobei als Modellgebiet ebenfalls das Pilotgebiet Berlin I verwendet wurde. Die Modellierungsansätze und Software zur Abbildung des Gebiets waren unterschiedlich, allerdings wurden in beiden Projekten die SWMM-LID-Ansätze zur Abbildung RWB-Anlagen verwendet. Zum Vergleich des Effekts der Anlagen wurde in beiden Projekten der Rückgang der überflutenden Fläche durch extensive Gründächer (Implementierungsgrad 100 %) bei den Regenbelastungen R1E und R2E untersucht. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass sich die absolute überflutete Fläche aufgrund der unterschiedlichen Modellierungsansätze zwischen den Projekten unterscheidet, die prozentuale Reduzierung der überfluteten Fläche durch die intensiven Gründächer aber sehr ähnlich und ihr Effekt somit vergleichbar ist.

II.6 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen der Projektergebnisse

Zur Veröffentlichung der Projektergebnisse des **Teilvorhabens RPTU** wurden die nachfolgenden Beiträge auf internationaler Ebene publiziert (in chronologischer Reihenfolge):

Neumann, J.; Scheid, C.; Dittmer, U. (2024): Potential of Decentral Nature-Based Solutions for Mitigation of Pluvial Floods in Urban Areas—A Simulation Study Based on 1D/2D Coupled Modeling. *Water* 2024, 16, 811. <https://doi.org/10.3390/w16060811>

Neumann, J.; Scheid, C.; Dittmer, U. (2024): Model-based investigations for the potential of decentralised Blue-Green Infrastructure for pluvial flood mitigation. 16th International Conference on Urban Drainage (ICUD), Delft, 9-14 June 2024

Neumann, J.; Scheid, C.; Dittmer, U. (2024): Quantifizierung und Übertragbarkeit von Effekten dezentraler Regenwasserbewirtschaftungsanlagen zur Minderung von Starkregen-überflutungen. "Urbanes Niederschlagswassermanagement: Herausforderungen – Möglichkeiten – Grenzen". *Aqua Urbanica Graz*, 22.-24. September 2024. <https://doi.org/10.3217/qvycb-56751>

Neumann, J.; Scheid, C.; Dittmer, U. (2023): Wirkungspotentiale dezentraler Regenwasserbewirtschaftungsanlagen zur Starkregenvorsorge. "Die wasser- und schadstoffbewusste Stadt - Klimaangepasstes Regenwassermanagement trifft Schadstoffproblematik". *Aqua Urbanica München*, 09./10. Oktober 2023.

Neumann, J.; Scheid, C. und Dittmer, U. (2025): Quantification and transferability of decentralised Nature-based Solutions' effects for pluvial flood mitigation. poster paper. Proceedings 13th Urban Drainage Modelling Conference, Innsbruck (Austria), 15 -19 September 2025.

Scheid, C.; Neumann, J. und Dittmer, U. (2026): "Umgang mit urbanen Wasserextremen durch ein angepasstes Regenwassermanagement - Projekterfahrungen zur Starkregenniederung aus AMAREX". *gwf Wasser | Abwasser* (178) 02/2026, S- 75-81.

Darüber hinaus wurden auf nationaler Ebene zahlreiche Tagungsbeiträge publiziert:

Scheid, C. (2022): Anpassung des Regenwassermanagements an Wasserextreme - das Verbundprojekt AMAREX. Fachtagung Emmelshausen. DWA-Landesverband Hessen/Rheinland-Pfalz/Saarland (DWA-HRPS). 13. Oktober 2022. Kaiserslautern

Dittmer, U.; Wilhelm, F.; Scheid, C.; Rumberg, M.; Jaworski, T.; Rott, E.; Minke, R. (2023): Blau-grüne Infrastruktur in der Stadt der Zukunft. Proceedings. 56. Essener Tagung für Wasserwirtschaft "Sichere Wasserwirtschaft in Krisenzeiten". 07.-09. März 2023, Eurogress, Aachen.

Dittmer, U. und Scheid, C. (2023): Wasserbewusste Stadt. Umgang mit zu viel und zu wenig Regenwasser. 12. Kommunalen Erfahrungsaustausch "Regenwasser in der Praxis", 27. April 2023. Gelsenkirchen-Buer.

Scheid, C. (2023): Überflutungsvorsorge und Dürrevorsorge: Synergien oder Zielkonflikte im Umgang mit urbanen Wasserextremen? Wasserfachtagung NIVUS GmbH. 15.-16. Juni 2023. Eppingen

Dittmer, U. (2023): Ingenieurtechnische Starkregen- und Entwässerungslösungen. Fachtagung Hoch- und Niedrigwassermanagement - Konsequenzen für die städtebauliche Planung und Raumordnung. 19.09.2023, Congress Center Ramstein-Miesenbach

Dittmer, U. (2023): Regen in der Stadt – Risiko und Ressource. DWA-Landesverbandstagung Baden-Württemberg, 17./18.10.2023, Pforzheim

Dittmer, U. (2025): AMAREX - Anpassung des Managements von Regenwasser an Extremereignisse. WaX Abschlusskonferenz, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften Berlin, 12.–13.03.2025.

Neumann, J.; Rott, E. und Dicke, F. (2025): Erweiterte Regenwasserbewirtschaftungsanlagen (RWB+ und RWB-N) gegen Starkregen und Dürre. Posterbeitrag, WaX Abschlusskonferenz, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften Berlin, 12.–13.03.2025.

Neumann, J.; Scheid, C. und Dittmer, U. (2025): Minderungseffekte von Regenwasserbewirtschaftungsanlagen zur Starkregenvorsorge (RWB+). Posterbeitrag, WaX Abschlusskonferenz, Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften Berlin, 12.–13.03.2025.

Scheid, C. und Neumann, J. (2025): Beiträge von angepasster RWB und BGI zur Überflutungsvorsorge – Anlagenkonzeption und Effekte des Kurzzeitrückhalts, Fachtagung Urbaner Wasserhaushalt und Wasserextreme, 09. Oktober 2025, Kaiserslautern

Scheid, C.; Neumann, J. und Dittmer, U. (2026): "Umgang mit urbanen Wasserextremen durch ein angepasstes Regenwassermanagement - Projekterfahrungen aus AMAREX". 38. Oldenburger Rohrleitungsforum, 05./06. Februar 2026 in Oldenburg.

Darüber hinaus wurden vom Gesamtverbund **AMAREX** die nachfolgenden Beiträge auf nationaler und internationaler Ebene publiziert, eingereicht oder sind geplant (in chronologischer Reihenfolge):

Rott, E.; Jaworski, T.; Minke, R. (2022): Von der gesamtstädtischen Erfassung und Bilanzierung alternativer urbaner Wasserressourcen über die Verarbeitung der Daten in einem Erfassungs-, Speicherungs- und Bereitstellungsmodell bis zur Planung von Betriebswasserspeichern auf Quartiersebene. Posterbeitrag und Tagungsbandbeitrag, Aqua Urbanica 2022, Glattfelden, Schweiz, 14.–15.11.2022, 160–164.

Guericke, L.; Sonnenberg, H.; Gunkel, M.; Haag, L.; Matzinger, A. (2023): "Evaluation of the deviation from the annual natural water balance of urban areas – Proposition of a model approach". NOVATECH 2023. 03.-07. July 2023, Lyon, France

Tröltzsch, J., Schritt, H., Stein, U., Dicke, F. (2023): Climate adaptation and urban water systems: Fostering nature-based solutions and resilient governance systems. 6th European Climate Change Adaptation Conference (ECCA), 19-21 June 2023, Dublin.

Guericke, L.; Sonnenberg, H.; Gunkel, M.; Haag, L.; Matzinger, A. (2023): Quantifizierung des lokalen Wasserhaushalts im urbanen Raum. "Die wasser- und schadstoffbewusste Stadt - Klimaangepasstes Regenwassermanagement trifft Schadstoffproblematik". Aqua Urbanica München, 09./10. Oktober 2023.

Stein, U. (2023): "Blue Green Infrastructures and Nature based Solutions for Stormwater Management" Stormwater Poland Conference, 27 September 2023, Katowice.

Schritt, H. (2023): Kommunikation und Partizipation im Verbundprojekt AMAREX. Vortrag im Rahmen des WaX-Workshops zum Querschnittsthema Kommunikation und Partizipation. Juni 2023

Rott, E.; Böhm, T.; Minke, R.; Vogel, H.; Müller, H.; Käß, J. (2023): Untersuchungen zur Speicherung von Niederschlagsabflüssen und deren Verwendung zur Bewässerung von Efeu-Fassadenbegrünung. Posterbeitrag, WaX Statusseminar, Potsdam 20.–21.09.2023.

Rott, E.; Jaworski, T.; Minke, R. (2023): Von der stadtweiten Erfassung und Bilanzierung alternativer urbaner Wasserressourcen bis zur Planung von Betriebswasserspeichern mithilfe des Erfassungs-, Speicherungs- und Bereitstellungsmodells. Posterbeitrag, WaX Statusseminar, Potsdam 20.–21.09.2023.

Del Punta, F.; Sonnenberg, H.; Guericke, L.; Kolesch, D.; Haag, L.; Schwab, L. und Matzinger, A. (2024): Adaptation and Transfer of the Urban Water Balance Model ABIMO. 16th International Conference on Urban Drainage (ICUD), Delft, 9-14 June 2024

Tröltzsch, J., Stein, U., Dicke, F., Schritt, H. (2024): Stormwater management in cities to cope with multiple extreme events: Socio-economic evaluation of nature-based solutions to support climate-resilient urban planning. CONEXUS Conference: Accelerating urban nature-based solutions, 15-17 May 2024, Barcelona.

Minke, R. (2024): Beispiele für die Nutzung von alternativen Wasserressourcen zur Dürre/Hitzevorsorge, 39. Bundeskongress des BWK, 19. September 2024, Karlsruhe.

Tröltzsch, J., Schritt, H., Stein, U., Dicke, F. (2024): Climate adaptation and urban water systems: Socio-economic assessment of blue-green infrastructure. Posterbeitrag, WaX Statusseminar, Potsdam 20.–21.09.2023.

Tröltzsch, J., Stein, U., Dicke, F., Schritt, H. (2024): Blue-green infrastructure solutions as a strategy for climate-resilient urban water management - A socio-economic evaluation. Water Research Horizon Conference, 27 September 2024, Leipzig.

Schwab, L. (2024): AMAREX - Ein Webtool zur Planungsunterstützung für urbane Wasserextreme. WaX-Lunchtalk „Wasserextreme im Fokus – Neue Impulse aus der Forschung“, 05. November 2024 (online)

Dittmer, U.; Matzinger, A.; Minke, R.; Rosenfeld, N.; Scheid, C. und Tröltzsch, J. (2025): AMAREX - Anpassung des Managements von Regenwasser an Extremereignisse. Abschlussveranstaltung des Forschungsvorhabens AMAREX am 10. Juli 2025, VHS Forum Köln

Strauß, M., Rott, E., Minke, R., Müller, H., Käß, J., Petersohn, J., Steffgen, F. (2025): Untersuchungen zur Speicherung von Niederschlagsabflüssen und deren Verwendung zur Bewässerung von Efeu-Fassadenbegrünung – Ergebnisse. Posterbeitrag, Abschlussveranstaltung des Forschungsvorhabens AMAREX am 10. Juli 2025, VHS Forum Köln

- Del Punta, F., Sonnenberg, H., Li, N., Haag, L., Schwab, L. und Matzinger, A. (2025): Simulation der Effekte von blau-grünen Infrastrukturen auf den urbanen Wasserhaushalt: Ein einfaches Berechnungsmodell zur Bewertung von Regenwasserbewirtschaftungsstrategien auf gesamtstädtischer Ebene. "Urbanes Regenwasser bewirtschaften: Herausforderungen – Lösungen – Visionen". Aqua Urbanica Rapperswil, 21.-23. September 2025. <https://doi.org/10.3217/tcfy8-3f443>
- Scheid, C.; Neumann, J.; Matzinger, A.; del Punta, F.; Minke, R.; Rott, E.; Tröltzsch, J.; Rosenfeld, N. (2025): "Anpassung des urbanen Regenwassermanagements an Wasserextreme – Projekterfahrungen aus AMAREX". Interdisziplinäre Tagung „Extremereignisse im Zusammenhang mit dem Klimawandel – Qualitative und quantitative Auswirkungen auf den Wasserkreislauf“, Universität Koblenz, 24. bis 26. September 2025
- Minke, R. (2025): Beiträge von angepasster RWB und BGI zur Dürrevorsorge – Anlagenkonzeption und Effekte der Langzeitspeicherung, Fachtagung Urbaner Wasserhaushalt und Wasserextreme, 09. Oktober 2025, Kaiserslautern
- Minke, R., Rott, E. (2025): Modellbasierte Speicherdimensionierung für eine konsequente Dürrevorsorge, DWA-Landesverbandstagung, Pforzheim 21.-22.10.2025.
- Dicke, F., Tröltzsch, J., Schritt, H. (2025): Sozio-ökonomische Analyse Blau-Grüner Infrastrukturmaßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung. Posterbeitrag, Fachsymposium Stadtgrün, 12.-13. November 2025, Berlin.
- Scheid, C.; Gunkel, M.; Matzinger, A.; Minke, R.; Schwab, L.; Tröltzsch, J. und Dittmer, U. (2026): "AMAREX: Die Anpassung des urbanen Regenwassermanagements an Wasserextreme". Korrespondenz Wasserwirtschaft 01/2026
- Dicke, F., Schritt, H., Stein, U., and Tröltzsch, J. (2026): Blue-green infrastructure for climate adaptation: a socio-economic assessment of decentralised rain-water management measures in the urban environment, EGU sphere [preprint], <https://doi.org/10.5194/egusphere-2025-6344>
- Tröltzsch, J., Dicke, F., Schritt, H. Stein, U. (2026): Sozioökonomische Bewertung für Maßnahmen zum Management von Regenwasser: Kosten und Nutzen blau-grüner Infrastrukturen. Ergebnisse des Projekts: Anpassung des Managements von Regenwasser an Extremereignisse (AMAREX). Ecologic Institut, Berlin.

Literaturverzeichnis

- DIN (2024): DIN EN 16941-1, Vor-Ort-Anlagen für Nicht-Trinkwasser -Teil 1: Anlagen für die Verwendung von Regenwasser; Deutsche Fassung EN 16941-1:2024. Deutsches Institut für Normung e. V. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- DWA (2024): Arbeitsblatt DWA-A 138-1, Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser – Teil 1: Planung, Bau, Betrieb. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. Hennef.
- FLL (2018): Dachbegrünungsrichtlinien, Richtlinien für Planung, Bau und Instandhaltung von Dachbegrünungen. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. Bonn.
- Schmitt, T.G.; Krüger, M.; Pfister, A.; Becker, M.; Mudersbach, C.; Fuchs, L. et al. (2018): Einheitliches Konzept zur Bewertung von Starkregenereignissen mittels Starkregenindex. In: KA - Korrespondenz Abwasser, Abfall 65 (Nr. 2), 113-120.