

# Wirkungspotentiale dezentraler Regenwasserbewirtschaftungsanlagen zur Starkregenvorsorge

J. Neumann<sup>1</sup>, C. Scheid<sup>1</sup>, U. Dittmer<sup>1</sup>

<sup>1</sup> RPTU, Paul-Ehrlich-Str. 14, 67663 Kaiserslautern, Deutschland

## Kurzfassung:

Der vorliegende Beitrag untersucht anhand eines gekoppelten 1D/2D Modells, welchen Effekt ausgewählte dezentrale Regenwasserbewirtschaftungsanlagen (Mulden, Grün- und Retentionsdächer) bei unterschiedlichen Implementierungsgraden zur Überflutungsminderung haben können. Es zeigt sich, dass je nach Implementierungsgrad das Überflutungsvolumen um bis zu ca. ein Drittel reduziert wird, was einer kompletten Abkopplung der Dachflächen gleichkommt. Lediglich extensive Gründächer sind weniger wirksam. Es zeigt sich zudem, dass der Effekt der RWBA räumlich auf den Überflutungsschwerpunkt begrenzt ist.

**Key-Words:** Starkregenvorsorge, Regenwasserbewirtschaftung, 1D/2D-Simulation, LID, SWMM

## 1 Einleitung und Zielsetzung

Die negative Wirkung des Wetterextrems „Starkregen“ als unmittelbare Auswirkung des Klimawandels (BR, 2015) ist besonders im urbanen Raum ausgeprägt. Hohe Versiegelungsgrade und die daraus resultierenden hohen Niederschlagsabflüsse verschärfen das Überflutungsrisiko im Starkregenfall. Hinzu kommt eine hohe gesellschaftliche und ökonomische Vulnerabilität im urbanen Raum. Dezentrale Regenwasserbewirtschaftungsanlagen (RWBA) als Elemente der blau-grünen Infrastruktur fördern u. a. die Abflussvermeidung durch Versickerung und Verdunstung und können so dem oben genannten Problem entgegenwirken. Allerdings werden sie in der Regel auf bemessungsrelevante Starkregen mit einer Jährlichkeit von  $T = 5$  a dimensioniert und nicht auf „außergewöhnliche Starkregen“ mit einer Jährlichkeiten von  $T = 100$  a und darüber hinaus. Die Wirkung von RWBA jenseits ihres üblichen Bemessungsniveaus (von  $T = 5$  a) zur Starkregenvorsorge bei außergewöhnlichen Starkregen wird bislang ausschließlich konzeptionell und qualitativ bewertet (u. a. Benden et al., 2017). Im vorliegenden Beitrag wird die Wirkung sowohl von etablierten als auch funktionspezifisch erweiterten dezentralen RWBA („RWB+“) zur Überflutungsminderung mit einem 1D/2D gekoppelten Oberflächenabflusssimulationsmodells untersucht.

## 2 Datengrundlage und Methodik

Hintergrund dieses Beitrags bildet das BMBF Projekt „AMAREX – Anpassung des Managements von Regenwasser an Extremereignisse“. Ziel des Verbundforschungsvorhabens ist es, Methoden zu entwickeln, die eine gezielte Anpassung von Regenwasserbewirtschaftungskonzepten an die Extremereignisse Starkregen, Hitze und Dürre auf kommunaler Ebene ermöglichen. In diesem Beitrag werden anhand eines Pilotgebiets Untersuchungsergebnisse aus dem AMAREX-Schwerpunkt „Anpassung von RWBA zur Starkregenvorsorge“ vorgestellt.

---

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich bei flacher Topografie über ca. 3,4 km<sup>2</sup> Fläche (siehe Anhang 1) und ist sowohl über sein Kanaleinzugsgebiet als auch über im Norden, Osten und Süden angrenzende Gewässer hydraulisch abgegrenzt. Für das Gebiet wurde ein 1D/2D gekoppeltes Oberflächenabflusssimulationsmodell (InfoWorks ICM 2023.2, DOM1) aufgebaut, in dem neben den Schächten zusätzlich die Straßenabläufe als Kopplungspunkte zwischen Kanal und Oberfläche berücksichtigt werden. Dieses Modell ohne RWBA dient als Referenzmodell. Für die Abbildung von RWBA wird das Referenzmodell modifiziert und die RWBA mittels der Modellkomponente SWMM LID (SWMM 5.2) modelliert. Die unterschiedlichen RWBA werden dabei zum einen, wie in der Praxis üblich, auf eine Jährlichkeit von  $T = 5$  a bemessen, aber zum anderen auch gezielt zur Überflutungsvorsorge auf außergewöhnliche Starkregen ( $T = 100$  a) und darüber hinaus ausgelegt („RWB+“). Um die Wirkung der verschiedenen RWBA zur Überflutungsminderung zu beurteilen, werden die Simulationsergebnisse der einzelnen Modellansätze mit und ohne RWBA verglichen.

An RWBA werden Versickerungsmulden (dimensioniert auf  $T = 5$  a und 100 a), extensive und intensive Gründächer sowie Retentionsdächer modelliert. Die auf  $T = 5$  a dimensionierten Versickerungsmulden und extensiven Gründächer entsprechen dabei der etablierten Bemessung von RWBA. Die auf  $T = 100$  a dimensionierten Versickerungsmulden (ca. um den Faktor 2 größere Muldenfläche als die auf  $T = 5$  a bemessenen Mulden) sowie die intensiven Grün- und Retentionsdächer sind als „RWB+“-Anlagen funktionspezifisch gezielt auf außergewöhnliche Starkregen und darüber hinaus ausgelegt. In Tabelle 2-1 sind die modellierten RWBA kurz beschrieben, eine detaillierte Zusammenstellung der gewählten Modellparameter ist Anhang 2 zu entnehmen.

Tabelle 2-1: Kurzbeschreibung der modellierten RWBA

RWBA	SWMM LID	Dimensionierung/Aufbau und Auswahl der Modellparameter
Versickerungsmulde, dimensioniert auf $T = 5$ a und 100 a (RWB+)	<i>rain garden</i>	Vordimensionierung gemäß DWA-A 138-1 (2020, Entwurf), Kalibrierung der Modellparameter
Gründach extensiv und intensiv	<i>green roof</i>	Mehrschichtiger Aufbau, Dicke 15 cm (ext) und 35 cm (int), Auswahl der Modellparameter anhand Literaturangaben
Retentionsdach	<i>bio-retention cell</i>	Mehrschichtiger Aufbau, Dicke 35 cm mit 17,5 cm Retentionsschicht, Auswahl Modellparameter anhand Literaturangaben

Im Modell werden die Dachflächen an die jeweilige RWBA angeschlossen. Der Muldenüberlauf bzw. der Dachüberlauf und Drainageabfluss der Grün- und Retentionsdächer sind an den nächst gelegenen Schacht angeschlossen. Die „Umsetzungsverteilung“ (Implementierungsgrad) der RWBA wird modelltechnisch mit zwei unterschiedlichen Ansätzen durchgeführt (siehe Abbildung 2-1): Bei der heterogenen Verteilung der RWBA werden 50 % der Dächer als Gründach ausgeführt (Ansatz 1). In einem zweiten Ansatz erfolgt eine homogene Verteilung, bei der 50 % jeder einzelnen Dachfläche als Gründach ausgeführt werden. Dieser Ansatz ist eher theoretisch, für die modelltechnische Umsetzung aber von Vorteil. Die beiden Ansätze zur Implementierung sind grundsätzlich auch übertragbar auf andere RWBA, wie z.B. Mulden. Es werden auch die modelltechnischen Auswirkungen dieser beiden Ansätze anhand der Simulationsergebnisse verglichen (Abschnitt 3.3).

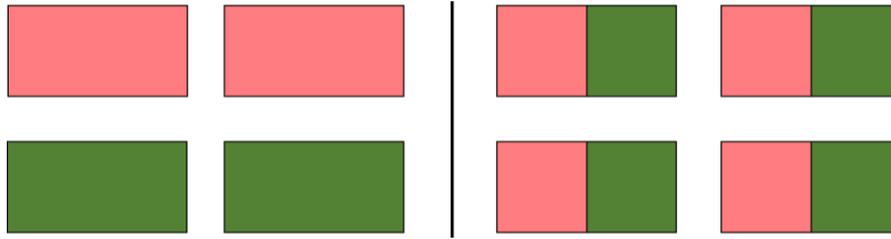


Abbildung 2-1: Links: Heterogene Verteilung der RWBA (50 % der Dächer als Gründächer ausgeführt); rechts: Homogene Verteilung der RWBA (50 % jeder Dachfläche als Gründach ausgeführt)

Als Niederschlagsbelastungen werden ein Euler-Modellregen Typ II (ETII,  $T = 100$  a,  $D = 60$  min) mit einer Niederschlagshöhe  $h_N = 48,9$  mm und ein ETII Regen mit einer mehr als doppelt so großen Niederschlagshöhe von  $h_N = 100$  mm ( $D = 60$  min) verwendet. Der Regen mit einer Niederschlagshöhe von  $h_N = 48,9$  mm wird im Folgenden mit R1 bezeichnet, der Regen mit einer Niederschlagshöhe von  $h_N = 100$  mm mit R2. Die Simulationsdauer ist mit 75 min um 15 min länger als die die Regendauer gewählt, um die längere Entleerungsphase des Gesamtsystems nach Ende des Regenereignisses im Untersuchungsgebiet zu berücksichtigen.

### 3 Ergebnisse und Fazit

#### 3.1 Einfluss der RWBA-Implementierung auf die Überflutungsminderung

Die nachfolgend beschriebenen Untersuchungen wurden mit Implementierungsansatz 2 (homogene RWBA-Verteilung) durchgeführt. Abbildung 3-1 zeigt die akkumulierten, maximalen Überflutungsvolumina an der Oberfläche im Gesamtgebiet für das Referenzmodell ohne RWBA und bei verschiedenen Implementierungsgraden von Versickerungsmulden ( $T = 5$  a) zur Bewirtschaftung der Dachflächen, jeweils im Vergleich für die Regen R1 und R2. Das Überflutungsvolumen wird dabei aus dem Wasserstand und der Fläche des zugehörigen Berechnungselements ( $\sim 1$  m<sup>2</sup>) berechnet, wobei nur potenziell gefährdungsrelevante Wasserstände ab 10 cm berücksichtigt werden. Erwartungsgemäß verringert sich das Überflutungsvolumen im Gesamtgebiet mit zunehmendem Implementierungsgrad von Mulden. Die Volumenabnahme verläuft jedoch allerdings nicht exakt linear für R1: Ein Anschluss von 25 % der Dachfläche an Mulden bewirkt eine Reduktion des Überflutungsvolumen von 12 %. Die Erhöhung der Implementierungsgrade von 75 % auf 100 % bewirkt hingegen nur noch eine Reduktion des Überflutungsvolumens um 3,6 % (von 70,0 % auf 66,4 %). Beim Regenlastfall R2 ist der Unterschied zwischen den Implementierungsstufen auf die Reduktion des Überflutungsvolumen deutlich geringer: Beim Implementierungsgrad von 25 % beträgt die Reduktion 8,7 %, zwischen den Implementierungsstufen 75 % und 100 % noch 6,9 % (von 74,2 % auf 67,3 %).

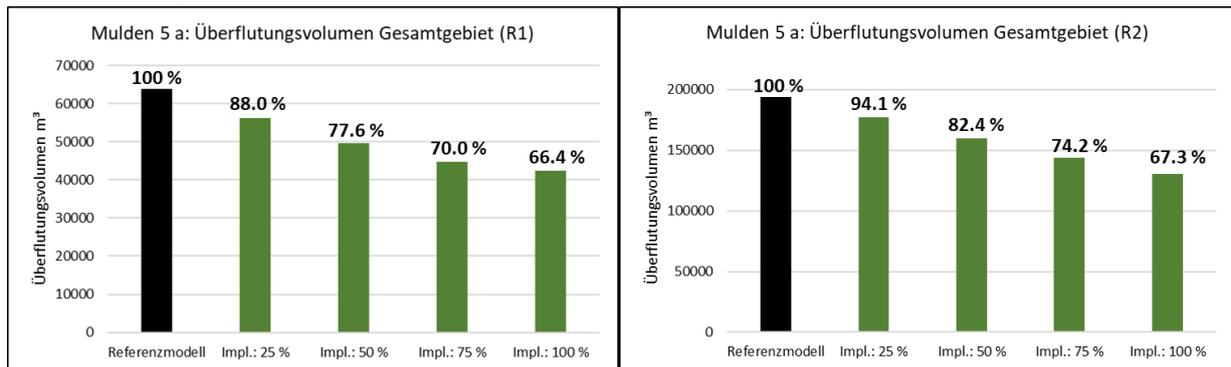


Abbildung 3-1: Überflutungsvolumen im Gesamtgebiet ohne RWBA (Referenzmodell) und bei unterschiedlichen Implementierungsgraden (Impl.) von Mulden (bemessen auf T = 5 a)

Abbildung 3-2 zeigt ergänzend die maximalen Wasserstände (Überflutungstiefen) ab einer Höhe von 10 cm im ausgewählten Überflutungsschwerpunkt (siehe Anhang 1) infolge R1, simuliert mit dem Referenzmodell sowie für die auf T = 5 a bemessenen Mulden bei Implementierungsgraden von 50 % bzw. 100 %. Anhand der Überflutungskarte ist eine deutliche Reduzierung der maximalen Wasserstände erkennbar. Im tiefsten Punkt im Straßenraum (durch schwarzen Pfeil markiert) liegen die maximalen Wasserstände bei 59 cm, 46 cm und 28 cm: Durch die Muldenversickerung reduziert sich der maximale Wasserstand um 13 cm bzw. 31 cm.



Abbildung 3-2: Maximale Wasserstände im Überflutungsschwerpunkt (siehe Anhang 1, roter Kreis) infolge R1. Von links nach rechts: Referenzmodell, Mulden (5 a): Impl. 50 % und 100 %

### 3.2 Einflüsse verschiedener RWBA auf die Überflutungsminderung

In Tabelle 3-1 sind vergleichend die Effekte unterschiedlicher RWBA auf die Überflutungsminderung dargestellt. Es sind darin jeweils die Simulationsergebnisse für R1 und einem RWBA Implementierungsgrad von 50 % für das gesamte Gebiet dokumentiert. Durch die RWBA wird das Überflutungsvolumen im Vergleich zum Referenzmodell um 21,2 % - 22,6 % reduziert. Die Reduktion des Überflutungsvolumens der auf T = 100 a bemessenen Mulden ist dabei vernachlässigbar größer (0,2 %) als bei den auf T = 5 a bemessenen Mulden. Die intensiv begrünten Gründächer haben gegenüber den extensiv begrünten Gründächern einen geringfügig positiveren Effekt (1,4 %) auf die Reduzierung des Überflutungsvolumen. Der Effekt der intensiven Gründächer und Retentionsdächern ist hingegen identisch, es kommt zu keinem Drainageabfluss. Das Überstauvolumen ist das über den Simulationszeitraum kumulierte Volumen, das aus den Schächten bzw. Straßenabläufen austritt.

Tabelle 3-1: Simulationsergebnisse (R1) gesamtes Gebiet, RWBA Implementierung: 50 %

Modell	Überflutungs- volumen	Reduktion	Überstau- volumen	Reduktion	Überlauf Mulde bzw. Dränageabfluss Gründach
	[m <sup>3</sup> ]	[%]	[m <sup>3</sup> ]	[%]	[m <sup>3</sup> ]
Referenzmodell	63.958	-	13.859	-	-
Mulden (5 a), 50%	49.643	22,4	3.467	75,0	1.501
Mulden (100 a), 50%	49.505	22,6	3.374	75,7	75
Gründächer (ext), 50%	50.407	21,2	4.084	70,5	7.556
Gründächer (int), 50%	49.489	22,6	3.359	75,8	0
Retentionsdächer, 50%	49.489	22,6	3.360	77,8	0

Tabelle 3-2 zeigt den analogen Effektvergleich anhand der Simulationsergebnisse für R2. Im Vergleich zum Referenzmodell wird das Überflutungsvolumen durch die RWBA um 7,2 % - 18,4 % reduziert. Der Unterschied zwischen der Reduktion des Überflutungsvolumen der auf T = 100 a und 5 a bemessen Mulden ist im Vergleich zu R1 geringfügig größer mit 0,6 %. Bei den extensiven Gründächern ist erkennbar, dass der Rückhalt stark zurückgeht: Lag die Reduktion des Überflutungsvolumens beim Lastfall R1 noch bei 21,2 % liegt sie bei R2 nur noch bei 7,2 %, was auch deutlich am gestiegenen Dränageabfluss von 32.296 m<sup>3</sup> erkennbar ist. Im Gegensatz zum extensiven Gründach hält das intensive Gründach fast noch die gesamte Starkniederschlagsmenge zurück und reduziert das Überflutungsvolumen nur um 0,2 % weniger als das Retentionsdach.

Tabelle 3-2: Simulationsergebnisse (R2) gesamtes Gebiet, RWBA Implementierungsgrad: 50 %

Modell	Überflutungs- volumen	Reduktion	Überstau- volumen	Reduktion	Überlauf Mulde bzw. Dränageabfluss Gründach
	[m <sup>3</sup> ]	[%]	[m <sup>3</sup> ]	[%]	[m <sup>3</sup> ]
Referenzmodell	193.818	-	50.300	-	-
Mulden (5 a), 50%	159.783	17,6	22.752	54,8	7.462
Mulden (100 a), 50%	158.493	18,2	21.156	57,9	1.871
Gründächer (ext), 50%	179.897	7,2	39.668	21,1	32.296
Gründächer (int), 50%	158.494	18,2	21.190	57,9	2.187
Retentionsdächer, 50%	158.193	18,4	20.762	58,7	0

### 3.3 Einfluss des gewählten RWBA-Implementierungsansatzes auf die Überflutungsminderung

Abschließend erfolgt eine vergleichende Betrachtung der beiden modelltechnisch möglichen Implementierungsansätze (Abbildung 2-1).

Bei der heterogenen Verteilung (Ansatz 1) werden die RWBA konzentriert um den Überflutungsschwerpunkt verteilt, um den räumlichen Effekt einer schwerpunktnahen

Anordnung der RWBA zu untersuchen. Im Anhang 1 ist der Bereich, in dem die RWBA angeordnet werden, mit einer schwarzen Linie abgegrenzt. Diese abgegrenzte Fläche wurde so gewählt, dass sie ebenfalls ca. 50 % der Dachflächen des Gesamtgebiets umfasst.

Abbildung 3-3 zeigt die maximalen Wasserstände im Vergleich zwischen heterogener und homogener Verteilung von Retentionsdächern im Untersuchungsgebiet. Es wird deutlich, dass die Anordnung der RWBA im Untersuchungsgebiet einen großen Einfluss auf die Ausprägung des Überflutungsschwerpunkts hat: Der maximale Wasserstand im Tiefpunkt des Straßenraums (schwarzer Pfeil) beträgt bei der homogenen Verteilung 45 cm und bei heterogener Verteilung 31 cm. Dies belegt, welchen großen Einfluss die räumliche Anordnung der RWBA auf die Überflutungsausprägung hat: Mit einer räumlich konzentrierten Anordnung der RWBA in Nähe des Überflutungsschwerpunkts lässt sich der größte Effekt zur Überflutungsminderung erzielen.

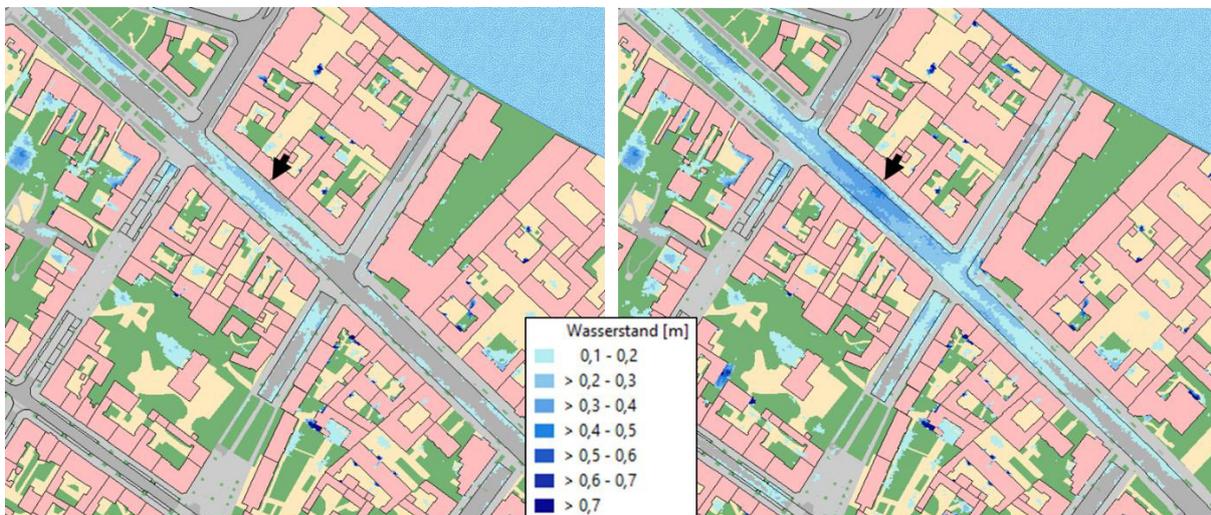


Abbildung 3-3: Maximale Wasserstände im Überflutungsschwerpunkt infolge R1. Links: Heterogene Verteilung der Retentionsdächer (Implementierungsansatz 1); Rechts: Homogene Verteilung der Retentionsdächer (Implementierungsansatz 2) jeweils Implementierungsgrad ca. 50 %

### 3.4 Zusammenfassung und Fazit

Bei einer homogenen Verteilung von RWBA im Untersuchungsgebiet reduziert sich wie zu erwarten mit zunehmendem Implementierungsgrad auch das Überflutungsvolumen. Der Vergleich zwischen R1 ( $h_N = 48,9$  mm) und R2 ( $h_N = 100$  mm) zeigt, dass bei einer geringeren Niederschlagsbelastung kleinere Implementierungsgrade bereits einen großen Effekt zur Überflutungsreduzierung haben. Mit zunehmendem Implementierungsgrad reduziert sich auch das Überflutungsvolumen, allerdings weniger stark im Vergleich zu den kleineren Implementierungsstufen. Dieser Effekt ist weniger ausgeprägt bei der stärkeren Niederschlagsbelastung, bei der mit zunehmendem Implementierungsgrad die Überflutungsreduktion eher linear ansteigt.

Der Vergleich der Wirkung der unterschiedlichen RWBA auf das Überflutungsgeschehen zeigt, dass infolge R1 und R2 die auf  $T = 5$  und  $100$  a bemessenen Mulden fast den gleichen Effekt zur Überflutungsreduzierung haben. Bereits die auf  $T = 5$  a bemessenen Mulden können den Abfluss bei extremen Starkregen zurückhalten. Bei den untersuchten intensiven Grün- und Retentionsdächern zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei den Versickerungsmulden: Infolge beider Niederschlagsbelastungen kann fast der gesamte Abfluss zurückgehalten werden.

Lediglich beim extensiven Gründach lässt sich ein deutlicher Unterschied erkennen: Kann es infolge R1 fast allen Niederschlag zurückhalten, bricht die Leistung bei R2 stark ein.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Effekt zur Starkregenvorsorge der untersuchten RWBA einer Abkopplung der angeschlossenen Dachfläche gleichkommt, lediglich das extensive Gründach bietet keinen ausreichenden Rückhalt bei einem Niederschlagsereignis größer einer Jährlichkeit von  $T = 100$  a. Die räumliche Verteilung der RWBA im Untersuchungsgebiet hat einen großen Einfluss auf die Überflutungsminderung: Die RWBA sollten möglichst nah am Überflutungsschwerpunkt angeordnet sein.

#### **4 Ausblick**

Da das untersuchte Modellgebiet eine sehr flache Topografie aufweist, ist geplant, die Methodik auf ein weiteres topografisch steiles Modellgebiet anzuwenden und dafür die Wirkung der RWBA zu Überflutungsvorsorge mit den bisherigen Ergebnissen zu vergleichen. Der Effekt der räumlichen Anordnung der RWBA soll vertieft untersucht werden, insbesondere vor dem Hintergrund der Topografie.

Es ist vorgesehen, weitere RWBA, wie Mulden-Rigolen-Elemente und Baumrigolen in die Modellierung zur Effektquantifizierung zu integrieren. Neben den Dachflächen können dann weitere befestigte Flächen an die RWBA angeschlossen werden: Beispielsweise Straßenflächen an Baumrigolen, womit dann auch Maßnahmenkombinationen verschiedener RWBA untersucht werden können. Des Weiteren sind die Modellunsicherheiten und Abbildungsdefizite der SWMM Parameter zur Abbildung der jeweiligen RWBA noch vertiefend zu untersuchen.

#### **5 Danksagung**

Das Forschungsvorhaben AMAREX wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 02WEE1624 im Rahmen der Fördermaßnahme WaX – Wasser-Extremereignisse gefördert. Die Autoren bedanken sich ganz herzlich für diese Projektförderung.

#### **6 Literatur**

- Benden, J.; Broesi, R.; Illgen, M.; Leinweber, U.; Lennartz, G.; Scheid, C.; Schmitt, T. G. (2017): Multifunktionale Retentionsflächen. MURIEL Publikation. Juni 2017.  
Kostenloser PDF-Download verfügbar: <http://bibliothek.dbu.de/libero/WebOpac.cls>
- BR / Die Bundesregierung (2015): Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Stand 16. November 2015.
-

## Anhang 1: Überflutungskarte Untersuchungsgebiet:

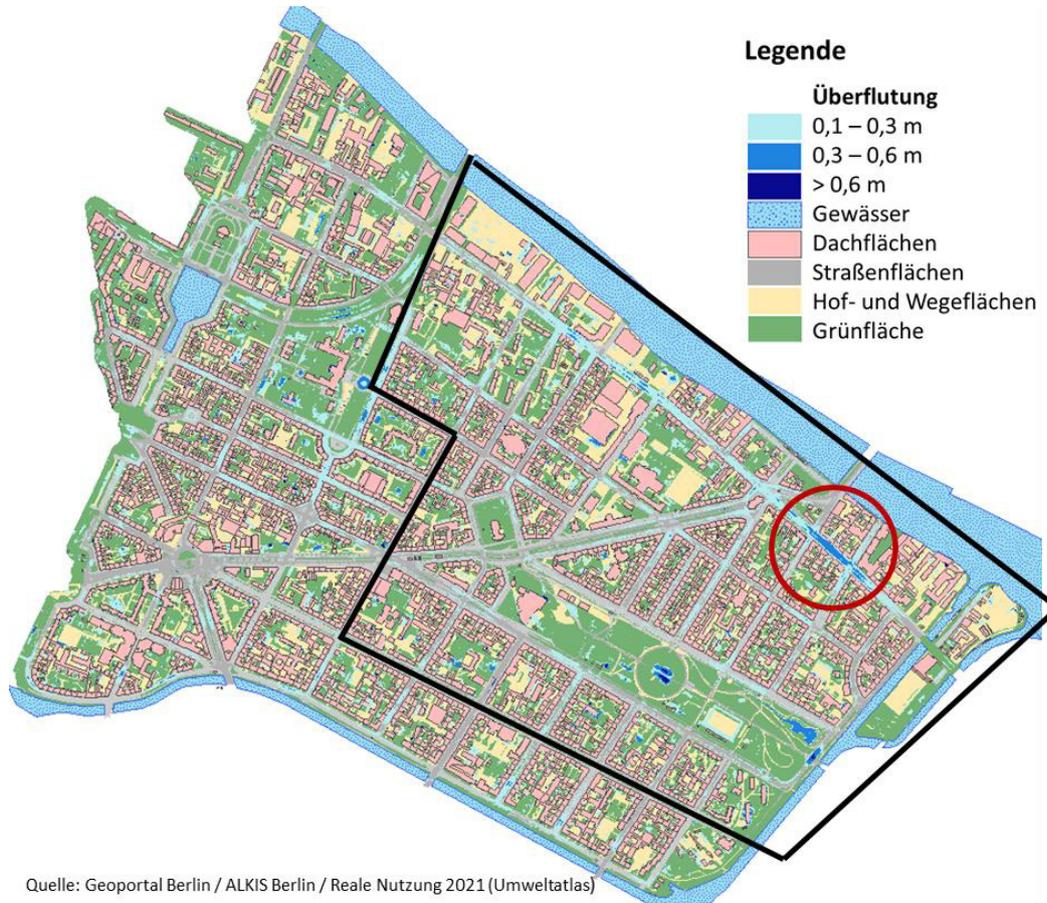


Abbildung: Mit dem Referenzmodell simulierte maximale Wasserstände im Untersuchungsgebiet infolge R1, keine Berücksichtigung von RWBA. Überflutungsschwerpunkt rot umkreist. Im schwarzen Polygon befinden sich ca. 50 % der Dachflächen

## Anhang 2: Zusammenstellung der SWMM Modellparameter der RWBA

RWBA		Mulde	GD intensiv	GD extensiv		Retentionsdach		
Berm height	mm	300	10	10	10			
Vegetation volume fraction		0.1	0.1	0.2	0.1			
Surface roughness (Manning's n)	1/n	0.2	0.2	0.1	0.2			
Surface slope	m/m	0.02	0.02	0.02	0			
Soil thickness	mm	500	110	310	160	Storage thickness	mm	175
Soil porosity		0.3	0.45	0.45	0.45	Storage void ratio		0.9
Field capacity		0.185	0.3	0.3	0.3	Seepage rate	mm/h	0
Wilting point		0.083	0.05	0.05	0.05	Storage clogging factor		0
Conductivity	mm/h	12.040	881	881	881	Coefficient for flow	mm/h	0
Conductivity slope		10	50	50	50	Flow exponent		10
Suction head	mm	107.106	110	110	110	Offset height	mm	150
Seepage rate	mm/h	12.040	-	-	-			
Mat thickness	mm	-	25	25	-			
Mat void fraction		-	0.6	0.6	-			
Mat roughness (Manning's)	mm	-	0.03	0.03	-			

**Korrespondenz:**

Jonas Neumann  
Paul-Ehrlich-Str. 14, 67663 Kaiserslautern  
+49 631 205-3088  
[jonas.neumann@rptu.de](mailto:jonas.neumann@rptu.de)

---