

## Berücksichtigung der vielfältigen Potenziale der Regenwasserbewirtschaftung in der Planung

A. Matzinger<sup>1,\*</sup>, M. Riechel<sup>1</sup>, H. Sonnenberg<sup>1</sup>, C. Remy<sup>1</sup>, H. Schwarzmüller<sup>1</sup>, P. Rouault<sup>1</sup>, M. Schmidt<sup>2</sup>, C. Corral<sup>2</sup>, A. Hein<sup>3</sup>, M. Offermann<sup>3</sup>, C. Strehl<sup>3</sup>, D. Nickel<sup>4</sup>, H. Sieker<sup>5</sup>, M. Pallasch<sup>5</sup>, M. Köhler<sup>6</sup>, D. Kaiser<sup>6</sup>, C. Möller<sup>7</sup>, B. Büter<sup>8</sup>, D. Leßmann<sup>8</sup>, R. von Tils<sup>9</sup>, I. Sämel<sup>10</sup>, L. Pille<sup>10</sup>, A. Winkler<sup>11</sup>, B. Heinzmann<sup>12</sup>, K. Joswig<sup>12</sup>, B. Reichmann<sup>13</sup>

- 1 Kompetenzzentrum Wasser Berlin (KWB), Berlin
- 2 Technische Universität Berlin, Institut für Architektur, Berlin
- 3 IWW Zentrum Wasser, Mülheim an der Ruhr
- 4 Deutsches Institut für Urbanistik, Berlin
- 5 Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker, Hoppegarten
- 6 Hochschule Neubrandenburg, Neubrandenburg
- 7 Ramboll Studio Dreiseitl, Überlingen
- 8 GEO-NET Umweltconsulting, Hannover
- 9 Leibniz Universität Hannover, Institut für Meteorologie und Klimatologie, Hannover
- 10 Technische Universität Berlin, Institut für Ökologie, Berlin
- 11 Freie Universität Berlin, Arbeitsbereich Hydrogeologie, Berlin
- 12 Berliner Wasserbetriebe, Berlin
- 13 Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Land Berlin, Berlin

\*Email des korrespondierenden Autors: andreas.matzinger@kompetenz-wasser.de

**Kurzfassung** Im Rahmen eines Planspiels wurden für ein Stadtquartier Kombinationen der Regenwasserbewirtschaftung erstellt und wissenschaftlich bewertet. Die verwendete Methode kombiniert dazu lokale Bedingungen (Problemlage, Machbarkeit von Maßnahmen und lokale Ziele) mit einer Bewertung von 27 Einzelmaßnahmen hinsichtlich ihrer vielfältigen Effekte. Die Ergebnisse zeigen zunächst, dass eine skalenübergreifende Kombination von Maßnahmen vom Gebäude bis zum Kanaleinzugsgebiet ein großes Potenzial für die Verbesserung der städtischen Umwelt (Gewässer und Biodiversität) und Lebensqualität (Stadtklima, Freiraumqualität, Nutzen auf Gebäudeebene) hat. Die verwendete Methode erwies sich als gut geeignet für die Auswahl effektorientierter (und machbarer) Maßnahmen und für deren gezielte Platzierung in Problemräumen. Die Erfahrungen zeigen aber auch, dass die Methode optimiert werden muss, um eine bestimmte Zielerreichung (z.B. Kostenrahmen oder Einleitbeschränkung) während der Planung zu berücksichtigen.

*Schlagerwörter:* Nutzen von Regenwasserbewirtschaftung, KURAS, Maßnahmenkombinationen

### 1 EINLEITUNG

Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung reduzieren (durch Verdunstung, Versickerung oder Nutzung), verzögern oder reinigen den Regenwasserabfluss in den Kanal und die Gewässer. Neben dieser wasserwirtschaftlichen Rolle können Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung in urbanen Räumen weitere positive Effekte für die Umwelt und die Bewohner mit sich bringen.

Die Maßnahmen selbst können auf unterschiedlichen städtischen Ebenen - (i) am Gebäude/Grundstück (z.B. Gebäudebegrünung, Regenwassernutzung, lokale Versickerung), (ii) im Quartier (z.B. Entsiegelung/Teilversiegelung, Versickerung, künstliche Wasserflächen, dezentrale Reinigung) oder (iii) im Kanaleinzugsgebiet (z.B. Reinigung und Stauraum im Kanal) umgesetzt werden. Durch die unterschiedlichen Ebenen in der Stadt sowie durch die unterschiedlichen Dimensionen der Maßnahmen (z.B. unterschiedliche angeschlossene versiegelte Fläche pro Maßnahme) sind diese schwer vergleichbar. Zudem werden die Maßnahmen durch unterschiedliche Akteure umgesetzt (z.B. private Hausbesitzer gegenüber städtischem Abwasserentsorger) und deshalb in der Regel nicht gemeinsam geplant.

Eine konsequente quantitative Bewertung von 27 Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung hat jedoch gezeigt, dass sehr unterschiedliche Maßnahmen dieselben Effekte unterstützen können (Matzinger et al. 2016). Angesichts dieser Ergebnisse ist davon auszugehen, dass Kombinationen von Maßnahmen in einem städtischen Quartier erstellt werden können, um damit mehrere gewünschte Effekte zu erzielen. Ausgehend von der generischen Maßnahmenbewertung (Matzinger et al. 2016) wurde im Rahmen des Projektes KURAS ein mögliches Vorgehen entwickelt und in Planspielen angewendet, um zielorientierte, standortspezifische Maßnahmenkombinationen für städtische Quartiere zu erstellen (Abb. 1).

## 2 „KURAS-METHODE“ DER ÜBERGEORDNETEN PLANUNG DER REGENWASSERBEWIRTSCHAFTUNG

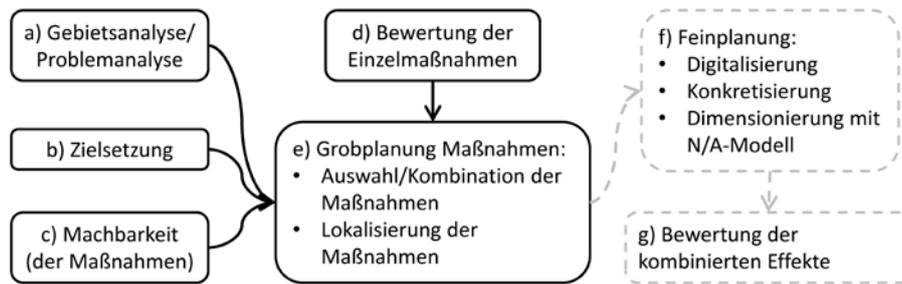


Abbildung 1: „KURAS-Methode“ der übergeordneten Maßnahmenplanung (schwarze Linien). Die Feinplanung und Bewertung (graue gestrichelte Linien) sind nicht Teil der Methode, sondern wurden zu deren Prüfung durchgeführt.

Die Schritte a)-g) in Abb. 1 wurden exemplarisch für ein Berliner Stadtquartier der Größe 1 km<sup>2</sup> mit Mischkanalisation im Rahmen eines Planspiels durchgeführt. Zunächst wurde die Ausgangssituation (Schritt a) der sechs Effekte **Biodiversität**, **Grundwasser**, **Oberflächengewässer**, **Stadtklima**, **Freiraumqualität** und **Nutzen auf Gebäudeebene** ausgewertet, um Maßnahmen dort verorten zu können, wo sie das größte Potenzial haben (Abb. 2). Die Darstellung in Abb. 2 zeigt, dass für einige Räume ähnliche Einstufungen für unterschiedliche Effekte resultieren. So zeigt die größere Parkanlage im Süden des Gebiets nicht überraschend eine geringe Abflusswirksamkeit bei gleichzeitig hoher Biodiversität und geringer Hitzebelastung. Andererseits zeigen sich aber auch Unterschiede, z.B. bei der im Zentrum auf der Nord-Süd-Achse verlaufenden Straße, die durch hohen Baumbestand eine mittlere bis geringe Hitzebelastung zeigt, aus Sicht der Biodiversität mittel bis schlecht abschneidet und durch die hohe Versiegelung eine hohe Abflusswirksamkeit aufweist.

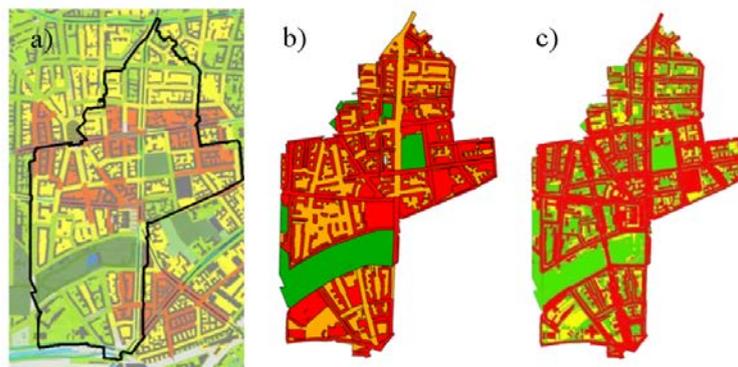


Abbildung 2: Ausgangssituation für ein 1 km<sup>2</sup> großes Bestandsgebiet in Berlin (rot = problematisch bis grün = gut). a) simuliertes *Stadtklima* unter Berücksichtigung des bioklimatischen Indexes UTCI und der Auftrittshäufigkeit von Tropennächten >20°C (Günther 2014), b) *Biodiversität* aufgrund von Begehungen, c) Abflusswirksamkeit als Indikator für Oberflächengewässer (Grünflächen, Hofflächen und stark versiegelte Flächen (Straßen, Dächer)).

Als weitere lokale Randbedingung (c) wurde die Machbarkeit unterschiedlicher Maßnahmen geprüft (Abb. 3). So zeigt eine Auswertung von Luftbildern, dass aufgrund von zahlreichen Flachdächern das Dachbegrünungspotenzial in dem Gebiet sehr hoch und nur zu ca. 4 % realisiert ist (Abb. 3a). Weiter sind Maßnahmen der Versickerung kaum eingeschränkt, dank der überwiegend gut durchlässigen Böden und dem ausreichenden Flurabstand (Abb. 3b).

Die Erwartung für die ausgewählten Quartiere (b) wurde im Rahmen eines Workshops mit Vertretern des Landes, des betroffenen Bezirks, des Abwasserentsorgers, des städtischen Immobilienmanagements sowie von Umweltverbänden ermittelt. Dabei wurden die Interessensvertreter (nach Vorstellung der Ausgangssituation) gebeten, im Diskurs eine Priorisierung der oben genannten sechs (in der Regel positiven) Effekte sowie der **direkten Kosten** und des **Ressourcenverbrauchs** vorzunehmen. Dabei wurden Oberflächengewässer, Freiraumqualität und Nutzen auf Gebäudeebene als erste, Grundwasser, Stadtklima und Kosten als zweite und Biodiversität und Ressourcenverbrauch als dritte Priorität genannt. Allerdings wurde auch darauf hingewiesen, dass alle Effekte als wichtig erachtet werden.

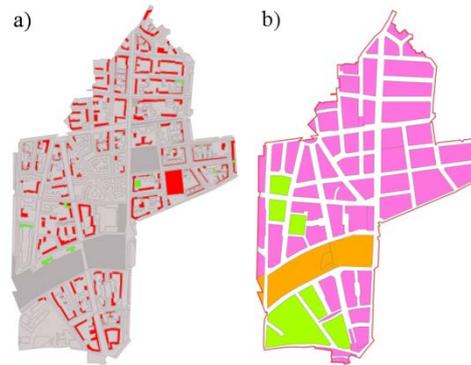


Abbildung 3: Beispiele der Machbarkeit von Maßnahmen für ein bestehendes, 1 km<sup>2</sup> großes Stadtgebiet in Berlin. a) Dachbegrünungspotenzial; rot sind begrünbare, grün bereits begrünte Dächer. b) Versickerungspotenzial; rosa: alle Versickerungsmaßnahmen möglich, grün: zusätzliches Speicherelement (Rigole) notwendig, orange: Versickerung nicht möglich.

Im Rahmen der Grobplanung (e) wurden für die lokalen Gegebenheiten (a-c) sinnvolle Maßnahmen ausgewählt und platziert. Basis dieser Auswahl war die generische Maßnahmenbewertung (d) die die acht o.g. (positiven und negativen) Effekte beinhaltet (Matzinger et al. 2014, 2016). Die generische Maßnahmenbewertung ist als Matrix dargestellt, die jede der 28 betrachteten Maßnahmen für jeden Effekt über mehrere Indikatoren bewertet. Tabelle 1 zeigt dies beispielhaft für den Effekt auf Oberflächengewässer. Je nach lokaler Belastungssituation und Kanalsystem können unterschiedliche Indikatoren ausgewählt werden. Für die Vereinfachung des Planungsprozesses wurde neben den quantitativen Werten die Eignung der Maßnahme zur Verbesserung des Effektes als Ampelfarben dargestellt (rot = ungeeignet bis grün = gut geeignet). Als Test der Methode wurde die Grobplanung drei Mal durch unterschiedliche Personengruppen (alles Projektpartner) mit derselben Zielstellung durchgeführt. Die drei resultierenden Maßnahmenkombinationen wiesen deutliche Unterschiede in der Art (Maßnahmen mit höchstem Anteil: Baumrigole, Regenwassernutzung, Gebäudebegrünung), im Ausmaß (Anteil der befestigten Fläche an Maßnahmen: 30%, 43%, 45%) und in der räumlichen Verortung der Maßnahmen auf.

### 3 WIE WIRKEN DIE RESULTIERENDEN MAßNAHMENKOMBINATIONEN?

Für die Berechnung der Effekte der Maßnahmenkombinationen wurden die Maßnahmen im Detail mit dem Wasserbilanz-Modell STORM dimensioniert (g). Bei allen drei Kombinationen wurde die Abflusskomponente des Niederschlags von 48% auf 29 bis 35 % reduziert, zu Gunsten der Verdunstung (neu 45 - 47 % des Niederschlags) und der Versickerung (neu 18 - 22 %, inklusive Interflow). Die Leistung der Maßnahmenkombinationen für die acht Effekte wurde aufgrund unterschiedlicher Extrapolationsmethoden bewertet:

#### 3.1 Umwelteffekte

*Oberflächengewässer* - Modellergebnisse für ein mittleres Modelljahr zeigen, dass Mischwasserüberläufe aus dem Pumpwerkeinzugsgebiet in dem sich das betrachtete Stadtquartier befindet im Landwehrkanal (ohne Berücksichtigung weiterer Einzugsgebiete) 5-mal pro Jahr zu fischkritischen Situationen führen (Riechel et al. 2015). Alle Maßnahmenkombinationen reduzieren die BSB-Fracht durch Mischwasserüberläufe um 46 bis 59 %, deutlich stärker als die Reduktion des Abflusses. Dies lässt sich einerseits dadurch erklären, dass kleine Überlaufereignisse mit höheren BSB-Konzentrationen zu einem großen Teil verhindert werden. Andererseits führen verschiedene Maßnahmen, aber insbesondere die stark berücksichtigte Dachbegrünung, zu einer Reduktion der Abflussspitzen, die deutlich stärker ausfällt als die Abflussreduktion. Im Gewässer können durch alle Maßnahmenkombinationen (auf das Pumpwerkeinzugsgebiet hochskaliert) fischkritische Situationen vollständig vermieden werden.

*Grundwasser* - Obwohl die Versickerung durch die Maßnahmenkombinationen zunimmt, wird nur ein Teil grundwasserwirksam. Dadurch wird der Grundwasserstand auf Jahresbasis laut einfachen Modellsätzen nur geringfügig um wenige mm beeinflusst, was im Falle des Gebietes mit ohnehin geringen Flurabständen als positiv bewertet wird.

**Biodiversität** - Weiter führen die Maßnahmen zu einer deutlich erhöhten Vernetzung von Grünflächen (reduzierter Abstand um 76-92%) sowie 8-10 neuen Habitattypen, zwei wichtigen Faktoren der urbanen Biodiversität. Da einzelne Maßnahmen sehr unterschiedliche Artenzahlen (z.B. zwischen 8 und 70 beobachtete Pflanzenarten auf extensiven Gründächern) aufweisen können, hängt die tatsächliche Auswirkung dieses zusätzlichen Potenzials auf die Biodiversität stark von der Umsetzung ab (Riechel et al. 2014).

Tabelle 1: Maßnahmen-Effekt-Matrix am Beispiel der Indikatoren für den Effekt „Oberflächengewässer“. Werte sind Mediane, in Klammer die Anzahl berücksichtigter Studien (typischerweise 1-jährige Untersuchungen).

Maßnahmenkategorie	Einzelmaßnahmen	Reduktion der Abflussspitze (1-jährlich)	Jährlicher AFS-Rückhalt	Jährlicher TP-Rückhalt
		%	kg ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup>
Gebäudebegrünung	Extensive Dachbegrünung	81 (n = 2)	76 (n = 4)	-0.8 (n = 5)
	Intensive Dachbegrünung	abgeleitet (n = 0)	abgeleitet (n = 0)	0.6 (n = 2)
	Fassadenbegrünung (erdgebunden)	nicht bewertet	nicht bewertet	nicht bewertet
	Fassadenbegrünung (systemgebunden)	nicht bewertet	nicht bewertet	nicht bewertet
Regenwassernutzung	Regenwassernutzung für Bewässerung	? (n = 0)	85 (n = 12)	1.4 (n = 12)
	Regenwassernutzung für Betriebswasser			
	Regenwassernutzung für Gebäudekühlung			
	Regenwassernutzung für Kanalspülung			
Entsiegelung	teilversiegelte Oberflächenbefestigungen	abgeleitet (n = 0)	244 (n = 22)	1.7 (n = 25)
Versickerung	Mulden	100 (n = 7)	752 (n = 8)	3.5 (n = 6)
	Flächenversickerung			
	Rigolen			
	Rohrrigolen			
	Sickerschächte	abgeleitet (n = 0)	578 (n = 2)	2.3 (n = 1)
	Mulde-Rigolen-System	100 (n = 1)	790 (n = 1)	3.9 (n = 1)
	Mulden-Rigolen-Tiefbeet	nicht bewertet	900 (n = 1)	nicht bewertet
Künstliche Wasserflächen	Baumrigolen	100 (n = 1)	802 (n = 1)	4.0 (n = 1)
	Teiche	0 (n = 0)	0 (n = 0)	0.0 (n = 0)
Reinigung	wasserführende Gräben	0 (n = 13)	467 (n = 27)	1.5 (n = 1)
	Reinigung am Straßenabfluss	0 (n = 4)	333 (n = 23)	1.4 (n = 6)
	Regenklärbecken	0 (n = 4)	548 (n = 4)	2.0 (n = 3)
	Schräglkläreranlagen	98 (n = 1)	608 (n = 15)	3.1 (n = 6)
	Retentionsbodenfilter mit Absetzbecken	0 (n = 2)	315 (n = 1)	2.7 (n = 1)
	Sonderform der Reinigung	vom Ausgangszustand abhängig (n = 0)	nicht bewertet	nicht bewertet
Stauraum (im Kanal)	Regenüberlaufbecken (Mischsystem)	98 (n = 3)	abgeleitet (n = 0)	abgeleitet (n = 0)
	Stauraumkanal (Mischsystem)			
	Stauraumaktivierung (Mischsystem)			
	Regenrückhaltebecken			

### 3.2 Effekte auf Bewohner

**Freiraumqualität** - Mittels eines Ansatzes aus der Landschaftsbewertung wurden Aspekte wie Ästhetik, Zugänglichkeit und Nutzbarkeit für das Stadtquartier bewertet (Matzinger et al. 2016). Für ausgewählte Standorte mit mangelhafter Freiraumbewertung wurden vorgeschlagene Maßnahmenkombinationen grafisch simuliert und erneut bewertet. Es zeigt sich, dass die geplanten Maßnahmen ein hohes Potenzial für eine Aufwertung der Freiraumqualität bieten. Ähnlich zur Biodiversität hängt die Freiraumqualität stark von der Umsetzung ab, die durch die zukünftigen Nutzer mitgestaltet werden muss.

**Nutzen auf Gebäudeebene** - Vorteile für Bewohner ergeben sich durch Wassereinsparung (Betriebswassernutzung), durch Kühlung der Gebäude und durch eine Reduktion der Regenwassergebühr. Während letzteres in allen Maßnahmenkombinationen in hohem Maß erreicht wird (26 - 64% Einsparung auf Gebäudeebene), ist die Maßnahme „Regenwassernutzung für Betriebswasser“ nur bei einzelnen öffentlichen Gebäuden vorgeschlagen worden. Gebäudekühlung wird vor allem in einer Maßnahmenkombination erreicht, die in hohem Maße Fassadenbegrünung eingeplant hat.

**Stadtklima** - Alle drei Maßnahmenkombinationen haben durch gezielte Platzierung von kühlenden Maßnahmen - insbesondere Baumrigolen (Beschattung, Verdunstung), Fassadenbegrünung (Verdunstung) und Teiche (Verdunstung, direkte Temperaturveränderung an Grenzfläche) - eine deutliche Verbesserung erzielt. Hitzestress am Tag (UCTI > 32 °C) konnte an exponierten Standorten (v.a. durch Beschattung) um bis zu 700 h/a reduziert werden, aber auch eine Begrünung von Innenhöfen und Teiche in Grünflächen konnten eine Reduktion > 100 h/a erreichen. In der Nacht zeigt dagegen vor allem die Fassadenbegrünung einen stark positiven Effekt für abgeschlossene Hinterhöfe (Reduktion um bis zu 4 Tropennäch-

te), während Teiche sogar Wärme abgeben können und dadurch zu einer Verschlechterung des nächtlichen Stadtklimas führen.

### **3.3 Kosten und Ressourcenverbrauch**

*Kosten* – Die theoretische Implementierung aller vorgeschlagenen Maßnahmenkombinationen verursacht Investitionskosten im zweistelligen Millionen-Euro-Bereich und Betriebskosten von mehreren Millionen Euro pro Jahr. Letztere liegen für alle Maßnahmenkombinationen über den erwarteten eingesparten Regenwassergebühren. Die teilweise erheblichen Kosten werden wesentlich durch die Maßnahme Fassadenbegrünung bestimmt, welche großflächig eingeplant wurde. Unter realen Bedingungen (mit Kostengrenze) würden wirksame, aber teure Maßnahmen wie die Fassadenbegrünung nur punktuell eingesetzt.

*Ressourcenverbrauch* - Der Ressourcenverbrauch wurde über eine Ökobilanz als Verbrauch fossiler Energie und den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der Maßnahmen ausgedrückt. Dabei wurde berücksichtigt, dass die verringerte Wassermenge auch zu Einsparungen (insbesondere beim Pumpenbetrieb) innerhalb des Abwassersystems führt. Insgesamt führen die Maßnahmenkombinationen zu einem Jahres-Fußabdruck von 4-9 Einwohnern, was ca. 20.000 Einwohnern des Stadtquartiers gegenübersteht.

## **4 SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK**

- Die Ergebnisse zeigen zunächst das große Potenzial von kombinierten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung für eine Verbesserung der Umwelt und des Lebens in der Stadt auf.
- Die Methode hat in allen drei Testläufen deutliche Verbesserungen in den priorisierten Effekten Oberflächengewässer, Freiraumqualität, Stadtklima und (teilweise) auf Gebäudeebene bewirkt, ohne Verschlechterung des ebenfalls prioritären Grundwassers. Methodisch haben insbesondere die Auswahl geeigneter (und machbarer) Maßnahmen und die gezielte Platzierung in Problemräumen gut funktioniert. Allerdings sind die resultierenden Investitions- und Betriebskosten erheblich.
- Dies liegt vor allem daran, dass bei dem Planspiel keine Kostenobergrenze vorgegeben war. Auch in anderen Effekten sind konkrete Zielvorgaben, etwa durch Einleitbeschränkungen, möglich. Entsprechend ist es wichtig die KURAS-Methode in Abb. 1 durch geeignete Iterationen so zu erweitern, dass alle resultierenden Varianten vorgegebene Ziele erfüllen.
- In einer Diskussion mit Experten und Stakeholdern wurde für die weitere praktische Umsetzung das Setzen übergeordneter Ziele durch die Politik und die Integration der Methode in städtischen Planungsprozesse als große Herausforderungen identifiziert.
- im Rahmen von KURAS werden die Ergebnisse als Leitfaden zur „KURAS-Methode“, sowie als Maßnahmensteckbriefe und als Datenbank zur Verfügung gestellt.

## **REFERENZEN**

- Günther, R. (2014) The role of soil water content for microclimatic effects of green roofs and urban trees – a case study from Berlin, Germany. Journal of Heat Island Institute International 9-2: 19-25.
- Matzinger, A., et al. (2016) Quantification of multiple benefits and cost of stormwater management. Novatech 2016. pp. 4.
- Matzinger, A., et al. (2014) Quantifying the effects of urban stormwater management - Towards a novel approach for integrated planning. ICUD 2014, Kuching, Borneo, Malaysia. pp. 8.
- Riechel, M. et al. (2014) Bewertung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung am Beispiel von Umwelteffekten. Aqua Urbanica 2014. pp. 3.
- Riechel, M. et al. (2015) A Holistic Assessment Approach to Quantify the Effects of Adaptation Measures on CSO and Flooding. 10th International Urban Drainage Modelling Conference. pp. 4.

## **Danksagung**

Das Projekt KURAS wird durch das BMBF im Rahmen des Programms „FONA – Forschung für nachhaltige Entwicklungen“ innerhalb der Fördermaßnahme „Intelligente und multifunktionelle Infrastruktursysteme für eine zukunftsfähige Wasserversorgung und Abwasserentsorgung“ gefördert (<http://www.bmbf.nawam-inis.de>). Die involvierten Unternehmen beteiligen sich zudem durch Eigenanteile. Das Kompetenzzentrum Wasser Berlin erhält eine Co- Finanzierung durch die Berliner Wasserbetriebe und Veolia Wasser.