
Ingenieurtechnische Beiträge zur Bewältigung von Extremwetterereignissen im urbanen Raum

*Prof. Dr.-Ing. Ulrich Dittmer und Dr.-Ing. Christian Scheid**

- I. Einführung
- II. Extremwetter im urbanen Raum
- III. Bemessung von Anlagen der Regenwasserbewirtschaftung
- IV. Simulationsstudien zur Wirkungsermittlung
- V. Schlussfolgerungen
- VI. Dank

I. Einführung

Die Wirkung von Wetterextremen auf den Menschen manifestiert sich kaum irgendwo so unmittelbar und drastisch wie in Städten. Ein hoher Grad der Flächenversiegelung und eine hohe Bebauungsdichte verschärfen sowohl das Überflutungsrisiko durch Starkregen als auch die Bildung von Hitzeinseln an sommerlichen Sonnentagen. In Folge des Klimawandels zunehmende Extreme sind somit in Städten besonders ausgeprägt. Außerdem sind Gesellschaft und Wirtschaft aufgrund der hohen Bevölkerungsdichte und der Akkumulation von Sachwerten diesen Extremen hier in besonderem Maße ausgesetzt. Darüber hinaus fördert das vermehrte Auftreten von Temperatur- und Niederschlagsextremen auch die Degradation urbaner Gewässer.

Der vorliegende Text zeigt auf, wie die Siedlungswasserwirtschaft als Ingenieursdisziplin zur Bewältigung derartiger Extremsituationen beitragen kann und welche Grenzen ihr dabei gesetzt sind. Im Vordergrund der Betrachtung stehen Anlagen der Blau-Grünen-Infrastruktur. Es werden Synergien und Konkurrenzen zwischen Maßnahmen zur Bewältigung der gegensätzlichen Extreme

* Institut Wasser, Infrastruktur und Ressourcen, RPTU Kaiserslautern-Landau.

beleuchtet und erste Ergebnisse des aktuell laufenden BMBF-Verbundvorhabens AMAREX¹ beispielhaft dargestellt.

II. Extremwetter im urbanen Raum

1. Starkregen

Als Starkregen gelten nach LAWA „intensive Regenereignisse, die lokal begrenzt innerhalb kurzer Zeit abregnen“.² Eine gegebene Regenmenge birgt eine geringere Gefahr für Überflutungen, wenn sie sich über eine längere Dauer des Regenereignisses verteilt. Die Charakterisierung von Starkregenereignissen erfordert daher neben einer Angabe der Regenmenge (l/m^2 bzw. mm) auch den Bezug auf ein Zeitintervall als Betrachtungszeitraum, die sog. Dauerstufe. So liegt die Schwelle für eine „Markante Unwetterwarnung“ des Deutschen Wetterdienstes (DWD) bei einer Regenmenge von $15 l/m^2$ (= 15 mm Niederschlagshöhe) in einer Stunde oder $20 l/m^2$ in sechs Stunden.

Abbildung 1 zeigt im linken Bereich beispielhaft für eine Station in Baden-Württemberg den Zusammenhang zwischen der Regenmenge und der Dauerstufe von Starkregenereignissen. Die Darstellung basiert auf der Auswertung von Niederschlagsdaten der Jahre 1951 bis 2000 durch den DWD (KOSTRA-DWD-2000).³ Jede Kurve repräsentiert dabei eine Wiederkehrzeit. Aus dem Diagramm lässt sich beispielsweise ablesen, dass Regenereignisse mit einer Regenmenge von $60 l/m^2$ innerhalb von sechs Stunden statistisch betrachtet nur alle 100 Jahre auftreten, während Ereignisse, bei denen sich dieselbe Menge über 21 Stunden (1.260 min) verteilt, mit einer statistischen Wiederkehrzeit von fünf Jahren auftritt.

Die Farbskala markiert die Zielsetzung des Risikomanagements für unterschiedliche Wiederkehrzeiten. Abfluss von Ereignissen mit Wiederkehrzeiten bis zu fünf oder zehn Jahren (abhängig von der Nutzungscharakteristik des

1 AMAREX (2023): Anpassung des Managements von Regenwasser an Extremereignisse. Projektwebseite des Verbundvorhabens AMAREX im Themenfeld: Urbane extreme Wasserereignisse der Fördermaßnahme des BMBF: Wasser-Extremereignisse. Förderkennzeichen: 02WEE1624. Internet: <https://amarex-projekt.de>.

2 LAWA, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser, LAWA-Strategie für ein effektives Starkregenrisikomanagement. Online unter: https://www.lawa.de/documents/lawa-starkregen_2_1552299106.pdf; Abruf am 19.2.2024, 2018, S. 14.

3 DWD, Starkniederschlagshöhen für die Bundesrepublik Deutschland. KOSTRA-DWD-2000, Ausgabe 2005. Deutscher Wetterdienst, Offenbach/Main und itwh GmbH Hannover, 2005.

betroffenen Gebietes) sollen von Entwässerungssystemen überstaufrei, d.h. ohne Überlastung aufgenommen werden können. Bei stärkeren Ereignissen ist in einigen Bereichen ein temporärer Einstau von Verkehrs- und Freiflächen durch Niederschlagswasser, das von der Kanalisation nicht (mehr) aufgenommen werden kann, unvermeidbar. Die gezielte Nutzung der Ableitungs- und Speicherkapazität dieser Flächen kann einen wesentlichen Beitrag zum Überflutungsschutz darstellen.⁴ Je intensiver die Starkregenereignisse sind, desto wahrscheinlicher sind Überflutungsschäden und desto mehr fokussieren sich Maßnahmen auf die reine Schadensminderung und -begrenzung. Hier kommt dem baulichen Objektschutz im öffentlichen wie im privaten Bereich eine besondere Bedeutung zu. Starkregenvorsorge ist somit eine Gemeinschaftsaufgabe, die von den Kommunen und ihren Entwässerungsbetrieben, von staatlichen Behörden und von privaten Grundstückseigentümern gemeinsam bewältigt werden muss. Diese Sichtweise ist in der Fachwelt etabliert und u.a. mit der Veröffentlichung des einschlägigen Merkblattes DWA-M 119 im Regelwerk verankert.⁵

Ebenfalls dargestellt sind ausgewählte Ereignisse, die aufgrund ihrer Ausprägung und ihres Schadensausmaßes im vergangenen Jahrzehnt in der Fachwelt wie in der Öffentlichkeit besondere Aufmerksamkeit erfahren haben. Im urbanen Kontext ist vor allem der Bereich bis zu 180 Minuten relevant. Die Abbildung zeigt, dass die beobachteten Ereignisse teilweise weit außerhalb des Bereichs liegen, den Entwässerungssysteme aufgrund ihrer technischen Auslegung bewältigen können. Die Analyse flächendeckender Regendaten aus Radarmessungen deutet zwar darauf hin, dass infolge des Klimawandels Starkniederschläge von kurzer Dauer regional zunehmen. Quantifizierbare Aussagen zur Trendentwicklung lassen sich für Dauerstufen unter 24 Stunden aber nicht treffen.⁶

4 Scheid/Benden/Broesi/Illgen/Leinweber/Lennartz/Schmitt (2018): Lösungswege und Erfolgsfaktoren für die Konzeption multifunktionaler urbaner Retentionsräume – Erfahrungen aus dem Projekt MURIEL, in: Regenwasser in urbanen Räumen – aqua urbanica trifft RegenwasserTage 2018. 18./19. Juni 2018, Landau in der Pfalz. Tagungsband. Band 1 der Schriftenreihe Wasser Infrastruktur Ressourcen, TU Kaiserslautern, S. 67–80.

5 DWA, Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge – Analyse von Überflutungsgefährdungen und Schadenspotenzialen zur Bewertung von Überflutungsrisiken. Merkblatt DWA-M 119. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. DWA-Regelwerk. November 2016. Hennef, 2016.

6 Becker/Becker/Dalelane/Deutschländer/Junghänel/Walter (2016): Die Entwicklung von Starkniederschlägen in Deutschland – Plädoyer für eine differenzierte Betrachtung, Stand: 19.7.2016, Deutscher Wetterdienst (Hrsg.), online unter: https://www.lawa.de/documents/lawa-starkregen_2_1552299106.pdf, Abruf: 19.2.2024.

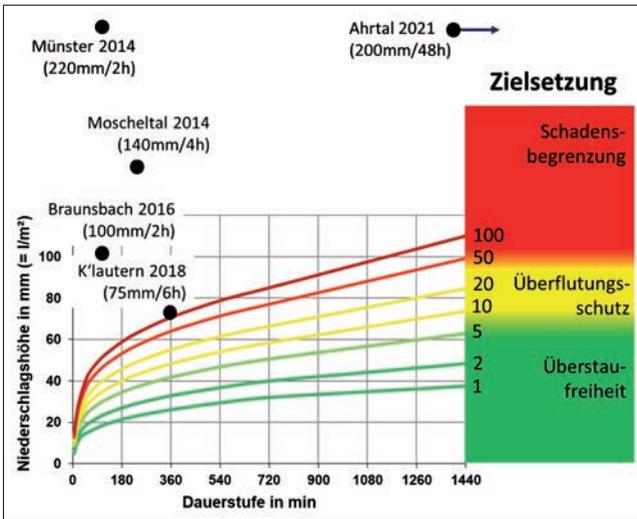


Abb. 1: Zusammenhänge zwischen Dauerstufe, Niederschlagsmenge und Wiederkehrzeit (1 bis 100 Jahre) aus KOSTRA-DWD-2000 für den Standort Bretten (Baden) und Zielsetzungen des Starkregenrisikomanagements

2. Hitze und Dürre

Im Zuge des Klimawandels werden in Deutschland im Sommer zunehmend stabile Hochdruckwetterlagen beobachtet. Unter diesen Bedingungen heizen sich Städte deutlich stärker auf als das sie umgebende Umland. Das Phänomen erhöhter Lufttemperaturen, die Urban Heat Island, ist kennzeichnend für das Stadtklima. Wesentliche Ursachen hierfür sind u.a. die erhöhte Absorption von Sonnenenergie auf befestigten Flächen und fehlende Kühlungseffekte durch eine reduzierte Verdunstung. Als wirksame Maßnahmen zur Verminderung von städtischer Hitze gilt daher der Einsatz von Stadtgrün. Die Entsiegelung von Flächen sowie deren Beschattung durch Bäume oder Fassadenbegrünungen reduzieren die Wärmeabsorption. Kühlend wirkt außerdem die Verdunstung, insbesondere durch Bäume, Sträucher oder Fassadenbegrünungen.

Längere stabile Hochdrucklagen führen häufig auch zu längeren niederschlagsfreien Zeiten und somit zu Dürreperioden. Städte stehen damit vor der wachsenden Herausforderung, urbanes Grün in solchen Situationen erhalten und bewässern zu müssen. Kriterien für die Definition von Dürre und Parameter zu deren Klassifizierung unterscheiden sich zwischen Disziplinen und Regionen. Im Zusammenhang mit dem Erhalt von Stadtgrün ist die Bodenfeuchte maßgebend. Das Climate Service Center Germany beschreibt landwirtschaftliche oder bodenfeuchte Dürre als einen Zustand, bei dem die Bodenfeuchtigkeit

nicht mehr ausreicht, „um eine durchschnittliche landwirtschaftliche Produktion von Nutzpflanzen zu gewährleisten“. ⁷ Analog zu dieser Beschreibung ist im urbanen Kontext entscheidend, ob die Vegetation die Funktion der Beschattung und Verdunstung erfüllt. Kritische Situationen entstehen aus der Überlagerung eines vorübergehenden Niederschlagsdefizits und einer hohen Verdunstung durch die Pflanzen.

Durch die Verwendung von trockenstresstoleranten Arten kann die Vulnerabilität des Stadtgrüns gegenüber Dürreperioden reduziert werden. Aus der geringeren Wasseraufnahme resultiert jedoch eine geringere Verdunstungsleistung und somit eine Reduzierung der Verdunstungskühlung. Eine Minderung von Hitzestress durch den Einsatz von Stadtgrün erfordert daher eine zuverlässige Verfügbarkeit von Bewässerungswasser in Dürreperioden. ⁸

Im Gegensatz zur Starkregenvorsorge ist die Dürrevorsorge noch nicht als kommunale Gemeinschaftsaufgabe etabliert. Die bislang oft praktizierte Bewässerung durch Trinkwasser stellt angesichts der Nutzungskonkurrenz bei zunehmender Dauer und Häufigkeit von Dürreperioden keine nachhaltige Lösung dar.

III. Bemessung von Anlagen der Regenwasserbewirtschaftung

1. Konventionelle Bemessung

Die Bemessung von Anlagen der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung orientiert sich am Entwässerungskomfort, den die unterirdische Kanalisation als konventionelles System technisch bereitstellt. Dezentrale Versickerungsanlagen werden daher in der Regel so bemessen, dass sie einen Starkregen mit einer Wiederkehrzeit T von fünf Jahren aufnehmen können. ⁹ Ergänzend soll zukünftig die langfristige Wasserbilanz zur Bewertung der Planung auf der Ebene von Baugebieten herangezogen werden. Die Anteile von Oberflächenabfluss, Versickerung und Evapotranspiration sollen möglichst wenig von den „naturnahen“

7 Climate Service Center Germany, Definition Dürre, https://www.gerics.de/products_and_publications/publications/detail/062858/, Abruf am 19.2.2024.

8 Ludwig et al., Integrierte Planung blau-grüner Infrastrukturen. Ein Leitfaden, Ludwig/Well/Moseler/Eisenberg (Hrsg.), München. DOI:10.14459/2021md1638459. Download unter: <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1638459/1638459.pdf>, 2021.

9 DWA, 2005, Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Hennef, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, DWA-Regelwerk. Arbeitsblatt DWA-A 138. April 2005.

Verhältnissen vor der Erschließung abweichen.¹⁰ Auf die Bemessung der einzelnen Anlagen hat dies jedoch keinen Einfluss.

Andere Elemente Blau-Grüner-Infrastruktur, wie Baumrigolen oder Gründächer, werden nach den Anforderungen der Vegetation bemessen. Hier ist die hydrologische Wirkung ein positiver Nebeneffekt.

2. Bemessung zur Starkregenvorsorge

Wie unter Kapitel II. 2 beschrieben, sind Trendabschätzungen der langfristigen Entwicklung von Starkregen im Zuge des Klimawandels für unterhalb der Dauerstufe von 24 Stunden äußerst unsicher. Angesichts des großen Aufwandes für bauliche Maßnahmen an unterirdischen konventionellen Kanalisationen scheinen Zuschlagsfaktoren für die Berücksichtigung des Klimawandels in der Bemessung ebenso wenig gerechtfertigt wie eine pauschale Erhöhung des Schutzniveaus durch größere Wiederkehrzeiten.

Bei der Umsetzung dezentraler oberirdischer Maßnahmen ist dagegen eine Bemessung auf seltenere Ereignisse mit weniger Aufwand verbunden. Limitierend sind bei Versickerungsanlagen die verfügbare Fläche und die Konkurrenz mit anderen Leitungsträgern, bei Grün- und Retentionsdächern die Gebäudestatik. Bei einer ansprechenden Gestaltung, die Versickerungsanlagen in die Grünflächen integriert, kann eine Vergrößerung als No-Regret-Maßnahme angesehen werden, insbesondere dann, wenn sich multifunktionale Nutzungen ergeben.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens AMAREX wurden für ein Projektgebiet verschiedene Versickerungsanlagen jeweils für den fünf- und den 100-jährlichen Starkregen bemessen, um deren Wirkung auf seltene Extremereignisse vergleichend zu untersuchen. Für den im Projektgebiet anstehenden Boden (Mittelsand) ergeben sich erforderliche Versickerungsflächen von 7 % (bei $T=5$ a) und 14 % (bei $T=100$ a) der angeschlossenen Dachfläche. Die betrachteten Szenarien sollen das Potenzial der Maßnahmen aufzeigen und als Orientierung für Planungsentscheidungen dienen. Im Bestand sind Umsetzungspotenziale dieser Größenordnung realistischerweise nicht umsetzbar.

10 DWA, 2022, Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 4: Wasserhaushaltsbilanz für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers. Merkblatt DWA-M 102-4/BWK-M 3-4, März 2022.

Darüber hinaus werden in der laufenden Projektphase auch unterschiedlich dimensionierte und Retentionsdächer, Baumrigolen sowie Retentionszisternen vergleichend betrachtet.

3. Bemessung zur Dürre- und Hitzevorsorge

Die oben beschriebenen Bemessungsansätze lassen sich bei größeren Entwicklungs- oder Stadtumbaumaßnahmen von Gebieten oder bei einer Neuerschließung vergleichsweise leicht umsetzen. Im Siedlungsbestand stehen jedoch die für den oberirdischen Starkregenrückhalt erforderlichen Flächen in der Regel nicht zur Verfügung, unabhängig von der gewählten Wiederkehrzeit. Eine Abkopplung der angeschlossenen Flächen vom Kanalnetz durch Versickerung ist daher selten umsetzbar. Damit kommt auch die positive Wirkung auf den Wasserhaushalt nicht zum Tragen.

Im Rahmen des Projektes AMAREX wurde in einer Simulationsstudie untersucht, wie sich eine Bemessung von Versickerungsanlagen mit dem Ziel einer effektiven Grundwasseranreicherung auf die Dimensionen der Anlagen auswirkt. Am Beispiel unterschiedlicher Gebäudeblöcke in Berlin-Kreuzberg wurde überprüft, ob diese Anpassung eine bessere Umsetzung im verdichteten innerstädtischen Bestand ermöglicht. In Anlehnung an in Kalifornien geltende Richtlinien wurden Versickerungsmulden so dimensioniert, dass 85 % des Regenabflusses einer Bodenpassage zugeführt werden.¹¹ Es wird dabei angenommen, dass ein ausreichend leistungsfähiges System für die Ableitung von intensiveren Regenereignissen vorhanden ist.

In einer Simulationsstudie wurden für standardisierte Einheitsflächen die erforderlichen Versickerungsmulden dimensioniert. Es wurden Szenarien mit unterschiedlichen Muldentiefen und Durchlässigkeiten des Bodens betrachtet. Der Flächenbedarf lag in allen Fällen bei weniger als 10 % der Flächen einer entsprechend dem aktuellen Regelwerk auf $T=5$ a bemessenen Mulde. Dies entspricht 0,7 % der angeschlossenen Fläche.

Der Betrachtung liegt der Gedanke zugrunde, dass die Grundwasseranreicherung die Entnahme für Bewässerungszwecke kompensiert. Der Grundwasserleiter fungiert als Speicher, der Unterschiede im zeitlichen Verlauf von Regenwasserangebot und Bewässerungsbedarf überbrückt. Ergänzend wurde untersucht,

11 CSUS-OWP, 2021, California Phase II LID Sizing Tool. Documentation Manual. California State University Sacramento. Office of Water Programs. August 2019. Download unter: https://www.owp.csus.edu/LIDTool/Content/PDF/LID_Tool_Manual.pdf.

welches Volumen technischer Speicher erforderlich wäre, um verschiedene Formen von urbanem Grün über längere Dürrephasen hinweg ausreichend zu bewässern. Dabei wird angenommen, dass das Sickerwasser nach der Reinigung durch die Bodenpassage unterirdisch gesammelt wird wie in Abbildung 2 angedeutet.

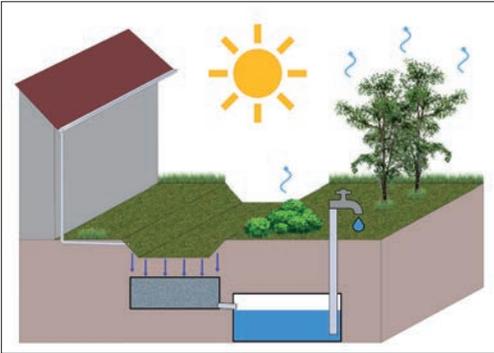


Abb. 2: Prinzip der Versickerung mit anschließender Speicherung zu Bewässerung

IV. Simulationsstudien zur Wirkungsermittlung

1. Starkregenvorsorge

Die Wirkung verschiedener Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung wurden für ein Teilgebiet von $3,4 \text{ km}^2$ in Berlin-Mitte durch eine gekoppelte 1D/2D-Simulation¹² ermittelt. Abbildung 3 zeigt beispielhaft die maximalen Wasserstände im Überflutungsschwerpunkt des Gebietes bei Verwendung eines Modellregens (EULER Typ2) mit einer Wiederkehrzeit von $T=100 \text{ a}$. In den dargestellten Szenarien werden jeweils nur die Dachflächen an Versickerungsmulden angeschlossen. Sie machen 40% der befestigten Fläche aus. Es werden Ergebnisse für Bemessungen auf das fünf- und 100-jährliche Regenereignis sowie Implementierungsgrade von 50% und 100% betrachtet.

Die Darstellung verdeutlicht, dass sich auch mit konventionell bemessenen Versickerungsanlagen (Wiederkehrzeit fünf Jahre) und einem Implementierungsgrad von 50% beim 100-jährlichen Ereignis eine relevante Reduzierung

¹² Die gekoppelte 1D/2D-Simulation bildet simultan das Abflussgeschehen sowohl im unterirdischen Kanalnetz (1D) als auch an der Siedlungsoberfläche (2D) ab. Die Kopplung besteht dabei in einem Wasseraustausch zwischen den beiden Teilmodellen in beide Richtungen.

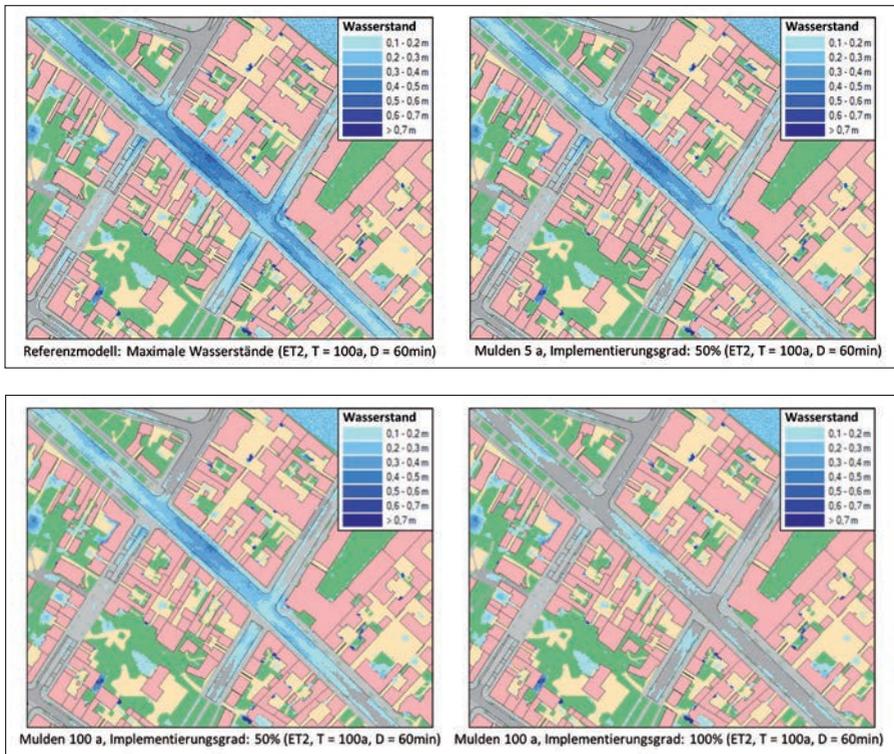


Abb. 3: Maximale Wasserstände bei einem Modellregen (Typ EULER 2, T = 100 a) für den Ist-Zustand (oben links), mit Versickerungsmulden bemessen auf T = 5 a und 50 % Implementierung (oben rechts), Mulden bemessen auf T = 100 a und 50 % Implementierung (unten links) und Mulden bemessen auf T = 100 a und 100 % Implementierung (unten rechts)

des Überflutungsvolumens im Straßenraum erreichen lässt (oben rechts). Eine weitgehende Überflutungsreduzierung lässt sich jedoch nur mit einem vollständigen Anschluss aller Dächer an Anlagen erreichen, die für dieses Ereignis ausgelegt sind (unten rechts). Eine umfassende Darstellung der Ergebnisse für unterschiedliche Typen Blau-Grüner-Infrastruktur findet sich bei Neumann et al., 2024.¹³

13 Neumann/Scheid/Dittmer, Potential of decentral nature-based solutions for mitigation of pluvial floods in urban areas – a simulation study based on 1D/2D coupled modelling. Preprints 2024, 2024012129. <https://doi.org/10.20944/preprints202401.2129.v1>.

2. Dürrevorsorge¹⁴

a. Erforderliche Versickerungsfläche

Die kleineren Dimensionen der Versickerungsmulden erlauben grundsätzlich eine flexiblere Umsetzung im Bestand. Um das Potenzial unter realen Randbedingungen einzuschätzen, wurden die Ergebnisse auf drei unterschiedlich strukturierte Gebäudeblöcke in Berlin-Kreuzberg übertragen. Auch hier wurden ausschließlich Dachflächen an die Versickerungsmulden angeschlossen. Da das erforderliche Volumen proportional zur angeschlossenen Fläche ist, sind die Ergebnisse der Dimensionierung beliebig skalierbar.

Um etwaige Störeinflüsse auf den langjährigen Betrieb (Kolmation, Bodenverdichtung) zu berücksichtigen, wurden die Ergebnisse für Feinsand verwendet. Außerdem wurde mit 10 cm eine geringe Einstautiefe gewählt. Dadurch sollen Grünflächen repräsentiert werden, die dem internationalen Vorbild der „rain gardens“ folgend zwar der Versickerung dienen, aber nicht offensichtlich als Mulden gestaltet sind. Diese sind in der Gestaltung und Bepflanzung weniger eingeschränkt und tragen somit mehr zur Aufwertung des Straßenraums bei.

In allen Fällen stehen trotz der ungünstig gewählten Randbedingungen (Boden, Muldentiefe) sowohl in den Innenhöfen als auch im Straßenraum wesentlich mehr Grünflächen zur Verfügung, als für die Versickerung benötigt werden. In den Innenhöfen werden weniger als 7 % der vorhandenen Grünflächen benötigt. Im Straßenraum liegt dieser Anteil zwischen 16 % und 62 %. Der gesamte Flächenbedarf für die Versickerung liegt bei maximal 0,30 m² je laufendem Meter Blockfassade. Der Flächenbedarf ist auch in einem solch hochverdichteten Umfeld kein Hinderungsgrund für eine Umsetzung.

b. Erforderliches Speichervolumen

Bei der Ermittlung des für die Bewässerung erforderlichen Speichervolumens einer Zisterne wurde bewusst ein strenges Kriterium gewählt, um extreme Dürresituationen zu bewältigen: Im gesamten Betrachtungszeitraum der Langzeitsimulation (23 Jahre) sollte die Zisterne an höchstens sieben Tagen in einem

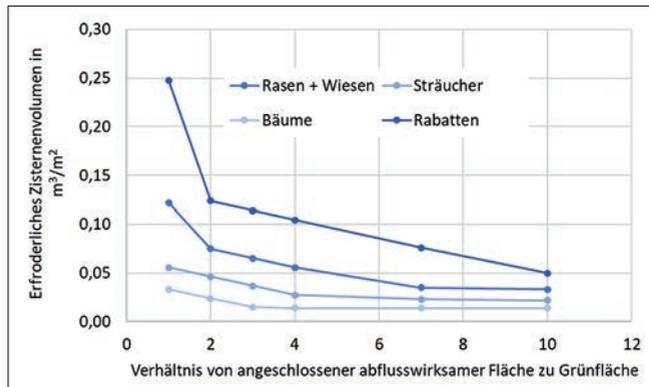
14 Dieser Abschnitt ist eine Kurzfassung der umfassenden Darstellung von Methodik und Ergebnissen in *Dittmer et al.*, Blau-Grüne-Infrastruktur in der Stadt der Zukunft. Proceedings. 56. Essener Tagung für Wasserwirtschaft „Sichere Wasserwirtschaft in Krisenzeiten“. 7.–9. März 2023, Eurogress, Aachen.

Kalenderjahr leer sein. Der Wasserbedarf der Vegetation wurde dabei nach Ludwig et al., (2021) angesetzt.¹⁵

Abbildung 4 zeigt das erforderliche Speichervolumen pro zu bewässernder Grünfläche in Abhängigkeit vom Verhältnis Dach- zu Grünfläche. Demnach haben Verhältniswerte von 1:1 bis 4:1 einen großen Einfluss auf die Bemessung der Zisternengröße. Der Einfluss der Vegetationswahl kann hierbei nur eine grobe Orientierung liefern. Er ist außerdem mit einer sehr großen Unsicherheit behaftet, da er stark von den Randbedingungen in der unmittelbaren Umgebung abhängt.

Einen Eindruck von der praktischen Umsetzbarkeit liefert die Übertragung auf den oben beschriebenen Anwendungsfall in Berlin-Kreuzberg. Im Fall der dichten Bebauung entwässern 7 m² Dachfläche pro laufendem Meter Fassade in Richtung der Straße. Für die Bewässerung eines Grünstreifens mit Bäumen, Sträuchern oder Rasen von 1 m Breite wäre demnach ein Zisternenvolumen zwischen 14 und 35 l/ld m erforderlich. Bei einer mittleren Gebäudebreite von 20 m entspricht dies 0,28 bis 0,70 m³/Gebäude. Auf der Innenhofseite liegt das Verhältnis von Dach- zu Grünfläche bei 4,4 (hohe Dichte) bis 1,9 (mittlere Dichte). Hier wären also deutlich größere spezifische Speichervolumina erforderlich. Die Umsetzung gestaltet sich hier jedoch einfacher als im Straßenraum, wo Leitungskonflikte mit weiterer unterirdischer Infrastruktur (Wasser, Abwasser, Gas, Strom, Telekommunikation) möglich sind.

Abb. 4: Zisternenvolumen in Abhängigkeit vom Verhältnis der angeschlossenen Dachfläche zur zu bewässernden Grünfläche für unterschiedliche Vegetationstypen



15 Ludwig et al., Integrierte Planung blau-grüner Infrastrukturen. Ein Leitfaden. Ludwig/Well/Moseler/Eisenberg (Hrsg.), München. DOI:10.14459/2021md1638459. Download unter: <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1638459/1638459.pdf>, 2021.

V. Schlussfolgerungen

Aus den obigen Ausführungen sowie der darüber hinausgehenden Forschung im Verbundvorhaben AMAREX lassen sich die folgenden Thesen ableiten:

- Planerische und ingenieurtechnische Ansätze zum Umgang mit Regenwasser in der Stadt müssen stets die gegensätzlichen Extreme von Starkregen einerseits und Dürre andererseits gleichermaßen berücksichtigen.
Die primäre Aufgabe der Kommunen ist bislang die schadlose Entsorgung von Regenabflüssen. Mit länger werdenden sommerlichen Trockenperioden stellt jedoch die Bewässerung von Stadtgrün zunehmend eine Herausforderung für Kommunen dar. Die Wechselbeziehungen von Starkregenmanagement und Regenwassernutzung zur Dürrevorsorge sind im verdichteten innerstädtischen Raum zu eng, als dass beide Zielsetzungen isoliert betrachtet werden könnten. Analog zur Bewältigung von Starkregen sollte auch die Dürrevorsorge als kommunale Gemeinschaftsaufgabe angesehen werden.
- Ingenieure aus der Wasserwirtschaft können nur Beiträge zur Bewältigung von Extremereignissen leisten, aber keine Lösungen liefern.
Der Überflutungsschutz ist in der kommunalen Planung eine gemeinschaftliche Herausforderung für Wasserwirtschaft, Stadt-, Freiraum-, und Verkehrsplanung. Analog erfordert auch die Dürrevorsorge eine sektorübergreifende Zusammenarbeit der wasserwirtschaftlichen Planung mit der Freiraum- und Grünplanung. Der Umsetzung integrierter Konzepte stehen in der Praxis organisatorische und – vermeintliche oder tatsächliche – rechtliche Hemmnisse im Weg.
- Es werden dringend Konzepte zur Starkregen- und Dürrevorsorge benötigt, die im verdichteten Innenstadtbereich umsetzbar sind.
Je größer die Freiheitsgrade in der Planung, desto weitgehender können Belange der Wasserwirtschaft mit denen anderer Planungsdisziplinen in Einklang gebracht werden. Weltweit wurde in den letzten Jahrzehnten eine Vielzahl von Stadtquartieren nach dem Leitbild einer Wasserbewussten Stadtentwicklung erschlossen. Großprojekte mit vollständiger Neuerschließung oder grundlegender Konversion werden jedoch in Deutschland zukünftig die Ausnahme sein. Das gilt insbesondere in hochverdichteten Innenstadtbereichen, wo das von Witterungsextremen ausgehende Risiko oftmals besonders hoch ist. Die städtebauliche Struktur sowie der Bestand an Verkehrs- und Freiflächen werden dort überwiegend erhalten bleiben.

- Eine Regenwasserbewirtschaftung mit dem vorrangigen Ziel der Dürrevorsorge erfordert einen geringen Platzbedarf und kann somit auch in verdichteten Innenstädten umgesetzt werden.

Die konventionelle Bemessung von Anlagen der naturnahen dezentralen Regenwasserbewirtschaftung führt zu einem Flächenbedarf, der in Innenstadtbereichen nicht zur Verfügung steht. Simulationsstudien zeigen, dass eine Bemessung, die sich an dem Ziel orientiert, 85 % des langfristigen Niederschlagsvolumens zu versickern, den Flächenbedarf auf etwa 1 % der angeschlossenen befestigten Fläche reduziert. Die Nutzung von Abflüssen von privaten Flächen für die Bewässerung öffentlicher Flächen oder umgekehrt gilt jedoch derzeit als organisatorisch und rechtlich nicht umsetzbar.

- Der kurzfristige Rückhalt von Abflüssen bei Starkregenereignissen und die langfristige Speicherung zur Dürrevorsorge erfordern gänzlich unterschiedliche Konzepte und Anlagen.

Der in diesem Kontext häufig verwendete Begriff der „Schwammstadt“ suggeriert, dass die Herausforderungen der Regenwasserbewirtschaftung durch einen Rückhalt des Regenabflusses in der Siedlung zu bewältigen seien. Diese Sichtweise spiegelt jedoch die Komplexität der Aufgabe nicht hinreichend wider. Für die Überflutungsvorsorge werden sehr große Speichervolumina benötigt, die bei Starkregen große Abflüsse verzögerungsfrei aufnehmen können. Sie werden selten gefüllt und zügig entleert (Kurzzeitrückhalt). Im Gegensatz dazu soll bei der Regenwassernutzung die vollständige Entleerung der Speicher vermieden werden. Im Idealfall können auch lange Trockenperioden überbrückt werden (Langzeitspeicher). Starkregen- und Dürrevorsorge sind somit gegensätzliche Zielsetzungen, die gemeinsam betrachtet werden müssen, da sie um den städtischen Freiraum konkurrieren.

VI. Dank

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.