

## **Sind Zisternen mit intelligenter Steuerung als Überflutungsschutzspeicher nutzbar? Eine indikative Datenauswertung anhand von Praxisbeispielen**

Dominik Gößner, Jeffrey Farkas und Dominique Berger

*Optigrün international AG, Am Birkenstock 15-19, 72505 Krauchenwies, Deutschland*

**Kurzfassung:** Die intelligente Steuerung der Wasserströme an Gebäuden bietet das Potential multifunktionale Speicher zu realisieren, die für den Überflutungsschutz und gleichzeitig für die dauerhafte Speicherung von Wasser verwendet werden können. Ein Indikator ist die Datenanalyse von Anlagen im laufenden Betrieb. Die Wirksamkeit und Zuverlässigkeit einer wettervorhersagebasierten Steuerung von Zisternen wird anhand der Kriterien Überflutungsschutz, verfügbarer Speicherraum sowie Wasserverfügbarkeit untersucht.

**Key-Words:** Regenwassermanagement, Blau-Grüne-Infrastruktur, Dachbegrünung, Retentionsdach, Überflutungsschutz, Nachhaltige Bewässerung

### **1 Multifunktionale Speicherräume für nachhaltige Bewässerung**

Eine blau-grüne Infrastruktur ist wesentlich für die Anpassung von urbanen Gebieten an den Klimawandel. Um das Stadtgrün und dessen Nutzen auch bei Hitze, langanhaltender Trockenheit und Wassermangel zu erhalten, ist eine nachhaltige Bewässerung durch strategisches Niederschlagsmanagement erforderlich (Back et al. (2022)).

Das notwendige Speichervolumen wird aufgrund der DIN 1986-100 in Deutschland bei den meisten urbanen Grundstücken ohnehin realisiert: Für den Überflutungsschutz werden Rückhalteräume gebaut, in denen temporär Wasser eingestaut wird. Sie sind für Niederschläge mit hohen Jährlichkeiten ausgelegt, werden deshalb aber nur selten komplett gefüllt und laufen nach Regenereignissen langsam wieder leer.

In der DIN 1986-100 ist eine Überflutungsprüfung für ein Regenereignis mit einer Jährlichkeit von 100 a und der Nachweis, dass dieser schadlos auf dem Grundstück zurückgehalten werden kann, bereits ab einer Grundstücksgröße von 800 m<sup>2</sup> mit mehr als 70 % Dachflächen und nicht schadlos überflutbaren Flächen gefordert.

Multifunktionale Speicher, die für den Überflutungsschutz und gleichzeitig für die dauerhafte Speicherung von Wasser verwendet werden können, wären eine ressourcenschonende und wirtschaftliche Lösung für die Bewässerung mit Regenwasser.

Bei den aufgeführten Praxisbeispielen wurde eine wettervorhersagebasierte Steuerung der Zisternen umgesetzt. Das Ziel ist, den Wasserbedarf für die grüne Infrastruktur des Gebäudes oder Quartiers zu decken, die Zisternen jedoch gleichzeitig als Überflutungsschutzspeicher zu nutzen. Mit Zisternen sind in diesem Beitrag sowohl die klassischen Zisternen im Tiefbau gemeint als auch der Retentionsraum unterhalb von Gründächern, der ebenfalls als „Zisterne“ nutzbar ist.

## **2 Steuerungsmechanismen von RWM-Systemen und Komponenten**

### **2.1 Systembeschreibung Wasserbilanzsteuerung – Quartiersbezogenes automatisiertes Regenwassermanagement**

Grundlage des intelligenten Regenwassermanagementsystems ist die Regelung von Wasserströmen zwischen vernetzten Komponenten im Hoch- und Tiefbau. Das auf einem Grundstück anfallende Niederschlagswasser wird gesammelt, sowohl auf Retentionsgründächern als auch vorgereinigt in einer Zisterne.

Die cloudbasierte Steuerung verarbeitet in kurzen Zeitabständen Wettervorhersagedaten sowie Messdaten von Sensoren in den Speicherräumen. Basierend auf einer Simulation der angeschlossenen Flächen werden die notwendigen Aktionen ermittelt, über das Mobilfunknetz an die Komponenten am Objekt gesendet und automatisch umgesetzt. Mittels einer steuerbaren Ablaufdrossel wird der Wasserstand auf den Retentionsdächern überwacht und reguliert. Aus der Tiefbauzisterne heraus wird mittels gesteuerter Pumpe und Ventilen ein Wasserfluss auf Dächer, in Versickerungsanlagen oder falls notwendig in das Kanalnetz erzeugt.

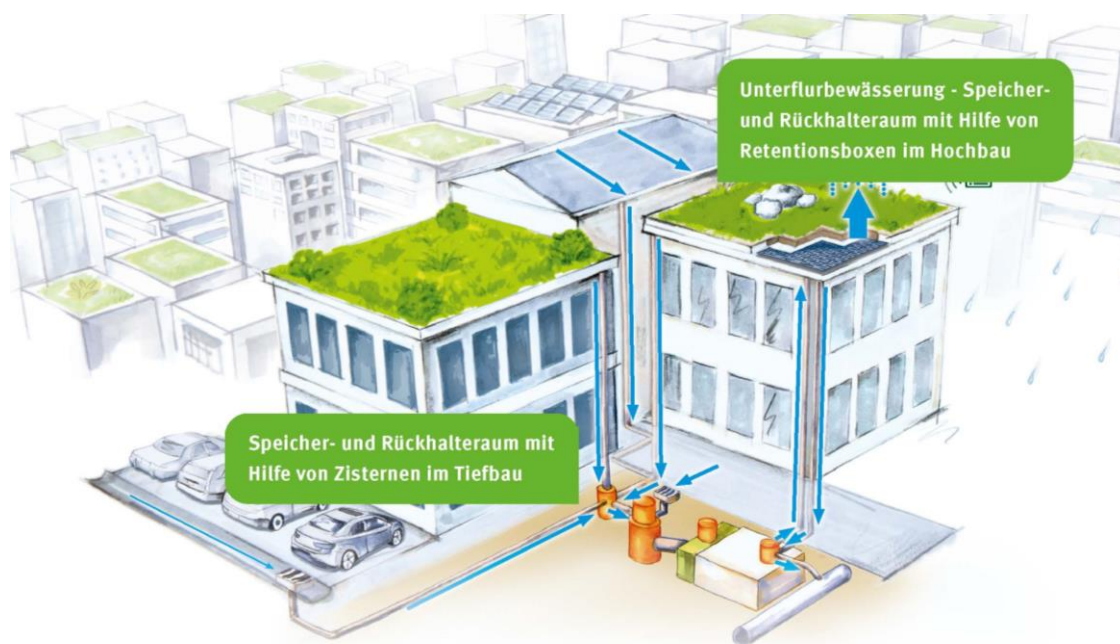


Abbildung 1: Regenwassermanagement mittels Wasserverteilung zwischen Speicherräumen.

Sämtliche Komponenten sind speziell auf den Einsatz mit Regenwasser ausgelegt. In einem Baukastensystem werden standardisierte Produktlösungen flexibel eingesetzt und kombiniert. Dies ermöglicht unterschiedliche Funktionen, die auf die objektspezifischen Vorgaben und Ziele zugeschnitten sind:

- Auffüllen der Speicherräume von Retentionsdächern bei Trockenheit
- Umverteilen und Ablassen von Wasser aus den Speicherräumen vor einem Regenereignis
- Wasserverteilung gemäß einer definierbaren Zielbilanz
- Automatisierter Winterbetrieb

#### 2.1.1 Auffüllen des Speicherraums von Retentionsdächern bei Trockenheit

Für die pflanzenverfügbaren Wasserspeicher auf den Gründachflächen können individuell Mindestwasserstände definiert werden, die eine dauerhafte Wasserversorgung der Vegetation sicherstellen. Wird dieses Minimum unterschritten und es steht kein Regenereignis bevor, werden die Speicher mit Wasser aus dem System befüllt.

Neben der Wassernachspeisung aus der Zisterne ist auch eine Umverteilung zwischen den Dachflächen möglich. Dies ist insbesondere vorteilhaft, wenn sich die Systemaufbauten auf den Dachflächen unterscheiden, zum Beispiel in der Speicherkapazität oder der Verdunstungsleistung, bedingt durch Anteil und Ausprägung der Vegetationsflächen.

### 2.1.2 Umverteilung und Ablassen von Wasser vor einem Regenereignis

Wird für ein vorhergesagtes Regenereignis mehr Speichervolumen für den Überflutungsschutz benötigt als zur Verfügung steht, werden die betroffenen Retentionsräume im Gründach sowie der Tiefbauspeicher bereits vor dem Regenereignis entleert. Es soll genau das freie Volumen geschaffen, das notwendig ist, um den anfallenden Niederschlag zu sammeln und zu speichern. Wenn möglich wird das Wasser zunächst innerhalb des Systems umverteilt. Sollte jedoch ein Abfluss von Wasser in die Kanalisation notwendig sein, soll dieser vor dem Regeneintritt in eine noch unbelastete Entwässerungsinfrastruktur unter Einhaltung vorhandener Einleitbeschränkungen erfolgen.

### 2.1.3 Wasserverteilung gemäß einer definierbaren Zielbilanz

Neben den Funktionen, die für sicheren Überflutungsschutz und Bewässerung erforderlich sind, wird die Wasserverteilung auch basierend auf der angestrebten Wasserbilanz des Objektes gesteuert. Anhand einer Simulation, basierend auf realen und lokalen Regendaten, können Steuerungsaktivitäten wie Einleitung von Wasser auf verdunstungsaktive Flächen oder gezielte Versickerung, über den Jahresverlauf kontinuierlich angepasst werden.

Der Erhalt der natürlichen Wasserbilanz bei Neuerschließungen und Überplanungen von Grundstücken ist etwa im Arbeitsplatt DWA-A 102 gefordert und im Merkblatt DWA-M 102-4 konkretisiert. Zielbilanzen, die nach diesen Regenwerken ermittelt werden, beinhalten hohe Verdunstungsraten und einen sehr geringen oberflächlichen Abfluss. Ziel der Wasserbilanzsteuerung ist es, anspruchsvolle Vorgaben einzuhalten – insbesondere, wenn ein hoher Anteil von versiegelten Flächen kompensiert werden muss.

Neben der intelligent gesteuerten Verteilung zwischen den am System angeschlossenen Speicherräumen besteht die Möglichkeit, weitere Entnahmestellen einzurichten. Zum Beispiel können Außenanlagen auf dem Grundstück mit dem in der Zisterne gespeicherten Regenwasser konventionell bewässert werden.

### 2.1.4 Automatisierter Winterbetrieb

Für einen zuverlässigen Betrieb in den Wintermonaten, werden Rohrleitungen in frostgefährdeten Bereichen automatisch entleert, wenn die Umgebungstemperatur niedrig ist. Erforderliche Steuerungsaktivitäten werden auch im Winter ausgeführt.

## 2.2 Systembeschreibung Smart Flow Control – Intelligente Ablaufdrossel für Retentionsdächer

Die automatische Überwachung und Regulierung des Wasserstandes begrenzt auf ein Retentionsdach ist mittels der steuerbaren Ablaufdrossel, der Smart Flow Control, ebenfalls möglich. Das über dem Dachablauf installierte Gerät ist im Grundzustand



geschlossen, sodass Wasser angestaut wird. Bei Bedarf wird die Drossel, mit einem Steuerungsbefehl geöffnet und Wasser mit einer einstellbaren Durchflussrate abgelassen. Der Status der Ablaufdrossel wird durch eine serverbasierte Simulation ermittelt. Zugrunde liegen die auf der Dachfläche in den Kunststoffhohlkörpern gemessenen Wasserstände sowie Wettervorhersagedaten. Die simulierten, erwarteten Einstauhöhen werden stündlich für 48 Stunden im Voraus mit den definierten Maximalhöhen abgeglichen. Droht eine Überfüllung des Speichers, kann der Retentionsraum vor dem Regeneintritt teilweise oder komplett entleert werden. Es soll so viel freies Volumen geschaffen, wie es für den Rückhalt des anstehenden Niederschlagsereignisses erforderlich ist.



Abbildung 2: Intelligente Ablaufdrossel Smart Flow Control auf einem Retentionsgründach in Rotterdam.

## 2.3 Retentionsdächer

Elementarer Bestandteil des Gesamtsystems Wasserbilanzsteuerung sind Retentionsdächer. Die eingesetzten Kunststoffhohlkörper haben ein Hohlraumvolumen von bis zu 95 % und schaffen auf gefällelosen Dächern (0°) einen zusammenhängenden, frei durchströmbaren Speicherraum. Zusätzlich sind Kapillarbrücken integriert, die

angestautes Regenwasser wieder in die Substratschicht transportieren, wo es für die Vegetation verfügbar ist.



Abbildung 3: Aufbau eines Retentionsgründach (extensiv/intensiv) mit Kunststoffhohlkörper und Kapillarbrücken.

Die Funktionsfähigkeit des Systems zur Bewässerung der darüberliegenden Vegetation sowie die Temperaturreduktion durch Verdunstung stellt die Untersuchung von Gößner et al. (2021) heraus. Die Studie zeigt, dass ein größerer Wasserspeicher in einem Gründachsystem die Verdunstungsleistung erhöht und auch in Trockenzeiten erhält.

Der Einfluss von Wasserverfügbarkeit ist teilweise bereits bei visueller Betrachtung von Vegetationsflächen deutlich erkennbar (Abbildung 2). Während die Rasenfläche auf einer Tiefgarage mit Retentionsdach und dauerhaftem Wasseranstau in den Kunststoffhohlkörpern grün und dicht ist (in der Abbildung links) hat die Vegetation im umliegenden Gelände auf Oberboden erhebliche Trockenschäden (in der Abbildung rechts). Die dargestellte Tiefgarage mit Retentionsgründach und das umgebende Erdreich sind eine Visualisierung, die der Veranschaulichung der darunterliegenden Strukturen dient. Bei der abgebildeten Rasenfläche handelt es sich um eine Fotografie von einem Objekt in Münster im September 2022. Der Aufnahme vorangegangen war ein von Hitze und Trockenheit geprägter Sommer, währenddessen nicht oberflächlich bewässert wurde.





Abbildung 4: Einfluss eines dauerhaften, pflanzenverfügbaren Wasserspeichers durch einen Gründachaufbau.

### 3 Auswertung von Daten laufender Anlagen

#### 3.1 Datengrundlage und Hypothesen

Zu Steuerungs- und Analysezwecken werden Daten von intelligenten Regenwassermanagementsystemen erhoben. Diese stammen von Anlagen im laufenden Betrieb unter Realbedingungen an Gebäuden und Gebäudekomplexen in Deutschland und den Niederlanden. Die Installation und Inbetriebnahme der Systeme sind in den Jahren 2020 – 2023 erfolgt.

Die Auswertungen der generierten Daten von 21 Mess- und Steuerungseinrichtungen an 17 Objekten führen zur Aufstellung folgender Hypothesen:

- Zisternen mit Wettervorhersage basierter Steuerung können als Überflutungsschutzspeicher verwendet werden: Die multifunktionale Nutzung von Überflutungsspeichern ist mit einer wettervorhersagebasierten Steuerung möglich, die notwendigen Entleerungen vor einem Regenereignis finden statt.
- Auch ohne Steuerungseingriffe ist der vorhandene Speicherraum für starke Niederschlagsereignisse im Sommer meistens ausreichend: Speicherräume verfügen in den Sommermonaten über ausreichende Kapazitäten, um Regenereignisse mit hoher Intensität aufzunehmen, eine Entleerung vor dem Regenereignis ist in der Regel nicht erforderlich.

- Dauerhafte Wasserverfügbarkeit für die Vegetation: Eine intelligente Verteilung von gespeichertem Wasser zwischen Speicherräumen ermöglicht eine dauerhafte Wasserverfügbarkeit auf Retentionsgründächern.

Nachfolgend werden statistische Auswertungen sowie beispielhafte Datenreihen, die zur Aufstellung der Annahmen herangezogen wurden, dargestellt.

### 3.2 Überflutungsschutz

Grundvoraussetzung der multifunktionalen Nutzung von Rückhalteräumen mittels einer intelligenten Steuerung ist die Sicherheit, dass die Speicher bei Eintritt eines Starkregenereignis ausreichend entleert sind und keine Überflutungen sowie Schäden auftreten.

Zur Bewertung der Funktionalität wurden Überstauereignisse hinsichtlich ihrer Anzahl und Höhe ausgewertet. Überstauereignisse sind dadurch charakterisiert, dass der tatsächliche Wasserstand in den Speicherräumen das definierte Maximum übersteigt. Im ausgewerteten Zeitraum traten 3 Überstauereignisse auf. In diesen Fällen lag der Wasserstand in den Kunststoffhohlkörpern durchschnittlich 27 mm über dem Grenzwert.

Der max. Abfluss aller intelligenten Drosseln war steuerungsseitig auf 1 L/s beschränkt, dieser Abfluss wird damit vom System unter keinen Umständen überschritten. Bauseits war eine solche geringe Abflusseinstellung bei keinem Objekt notwendig. Eine Einleitbeschränkung in dieser Größe war bei keinem Objekt einzuhalten. Wir gehen davon aus, dass die Kombination aus geringem zugelassenem Abfluss und teilweise sehr ungenauer Vorhersagen (siehe Abbildung 5) zu den Überstauereignissen führte. Da bei sehr kurzfristig oder nicht vorhergesagten Niederschlägen die Abflussleistung von 1 L/s nicht ausreichte um den Speicher vor bzw. während der Ereignisse ausreichend zu entleeren.

Um Überstauereignisse bestmöglich zu verhindern, haben wir inzwischen den max. möglichen Abfluss objektspezifisch deutlich erhöht. Des Weiteren ist darüber nachzudenken, ob bei Unwetterlagen in einer Region die Speicher in dieser Region unabhängig von der individuellen Vorhersage auf einen bestimmten Wert gesenkt werden, sollten um nicht vorhergesagte Starkregenereignisse sicher aufnehmen zu können. Da die Speicher in den Sommermonaten ohnehin eher geringe Füllstände aufweisen (siehe 3.3), wäre der Wasserverlust vermutlich gering.

Sowohl der Aufbau des Gründachsystems als auch die baulichen Gegebenheiten sind zur Bewertung der Ergebnisse heranzuziehen. Die Substratstärken auf den Kunststoffhohlkörpern liegen bei mindestens 80 mm. Zudem weisen Dachkonstruktionen in der Regel Unebenheiten auf und die definierten, maximalen Wasserstände werden



basierend auf den Hochpunkten der Fläche definiert. Demzufolge führten die dokumentierten Ereignisse nur in begrenzten Bereichen des Daches zu einem Überstau und waren schadlos.

Ein Dachgarten in Rotterdam (NL) ist mit einem Retentionsdach in Kombination mit einer intelligent gesteuerten Ablaufdrossel ausgestattet. Die erhobenen Wasserstands- und Wetterdaten vom 20.10.2021 bis zum 22.10.2021 (Abbildung 5) zeigen, dass ein erstes, korrekt vorhergesagtes Niederschlagsereignis noch in den vorhandenen Speicherräumen aufgenommen werden kann. Anschließend wurde automatisiert vor dem darauffolgenden Regen Wasser aus dem Retentionsraum abgelassen. Die tatsächlich anfallende Regenmenge wies eine erhebliche Abweichung zur Vorhersage auf. Durch die Kombination von Entleerung des Speichers vor dem Niederschlag und der kontrollierten Nachregelung entstand in diesem Fall kein Überstau (Obergrenze Retentionsraum = 85 mm). Trotz zu 75 % gefülltem Speicher und einem Regen der tatsächlich ca. 3-mal so groß war wie vorhergesagt.

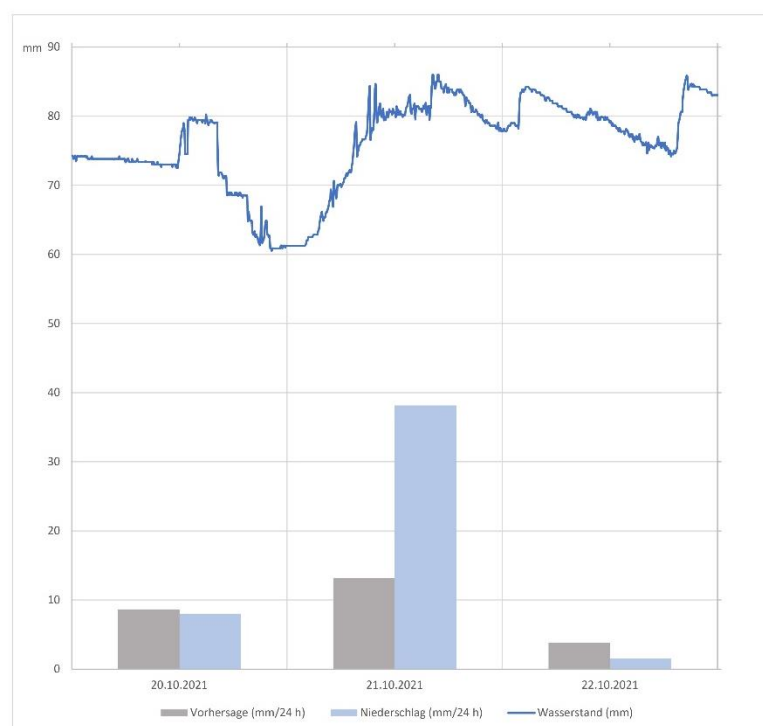


Abbildung 5: Wasserstände und Wetterdaten Rotterdam (20.10.2021 - 22.10.2021)

Zusammenfassend ergibt sich, dass der gesteuerte Überflutungsschutz bei den ausgewerteten 17 Objekten über 3 Jahre mit ca. 600 Entleerungsvorgängen grundsätzlich zuverlässig funktionierte. Es bedarf dennoch weiterer Beobachtung, ob die gemachten

Anpassungen in der Steuerung dazu führen, dass Überstauereignisse auch bei ungenauen Vorhersagen nur dann auftreten, wenn der tatsächliche Regen größer ist als der zur Dimensionierung der Speicher angesetzt.

### **3.3 Ausreichende Speicherräume für starke Niederschlagsereignisse im Sommer**

Die hohe Verdunstungsleistung von Retentions Gründächern führt dazu, dass die Speicherräume in den Sommermonaten über ausreichende Kapazitäten verfügen, um Regenereignisse mit hoher Intensität zu speichern. Die Analyse der Wasserstände in den Kunststoffhohlkörpern über den Jahresverlauf ergibt, dass diese in den Monaten Juni bis August durchschnittlich nur zu 40 % ihrer maximalen Speicherkapazität gefüllt sind.

Bei einem üblichen Gründachaufbau mit 8,5 cm hohen Elementen entspricht dies einem freien Volumen von 48 L/m<sup>2</sup>. Sowohl in Berlin als auch in München entspricht diese Menge einem 100-jährlichen Regenereignis einer Dauerstufe von 60 Minuten. Folglich besteht grundsätzlich die Möglichkeit, dass auch Regenereignisse mit hoher Intensität ohne Entleerungsvorgang aufgenommen werden können.

Bei extensiven Begrünungen mit dünnen Substratschichten und einer niedrigwachsenden Begrünung sind die Schwankungen des durchschnittlichen Wasserstandes stärker als bei intensiven Begrünungen. Durch die niedrigere Substrathöhe auf den Kunststoffhohlkörpern ist das Wasser, das durch kapillaren Aufstieg ins Substrat transportiert wird, schneller für die Vegetation verfügbar. Bei intensiven Begrünungen mit sehr hohen Substrataufbauten oder Systemen mit Untersubstrat ist das durch Kapillarität wassergesättigte Substrat oft nur für tiefer wurzelnde Vegetation erreichbar. Zudem werden extensive Dachbegrünungen häufig auf Gebäudedächern ausgeführt, auf die kein weiteres Wasser eingeleitet wird. Intensive Dachbegrünungen sind hingegen oft auf den tieferliegenden Bereichen von Gebäuden gelegen, auf die eine Einleitung von darüber befindlichen Flächen erfolgt.

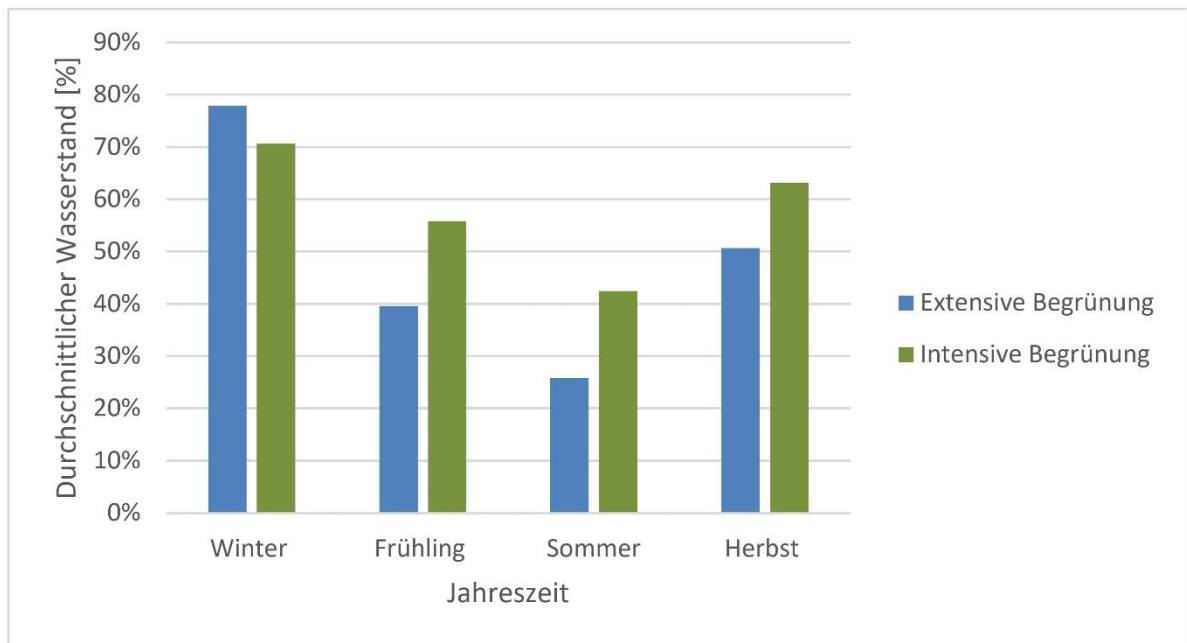


Abbildung 6: Durchschnittlicher Wasserstand über den Jahresverlauf in Retentions Gründächern mit intelligenter Ablaufdrossel.

Daten von dem Dach in Rotterdam aus dem Juli 2021 (Abbildung 7) veranschaulichen exemplarisch die Situation in den Sommermonaten. Der Speicherraum ist durch Verdunstung fast vollständig entleert, kleine Niederschlagsmengen werden in der Substratschicht gespeichert. Sobald ein größeres Regenereignis auftritt, kann dieses vollständig in den Kunststoffhohlkörpern aufgenommen werden. Folglich war kein Abfluss von der Dachfläche notwendig und der anfallende Niederschlag kann zur nachhaltigen Bewässerung der Dachbegrünung genutzt werden.

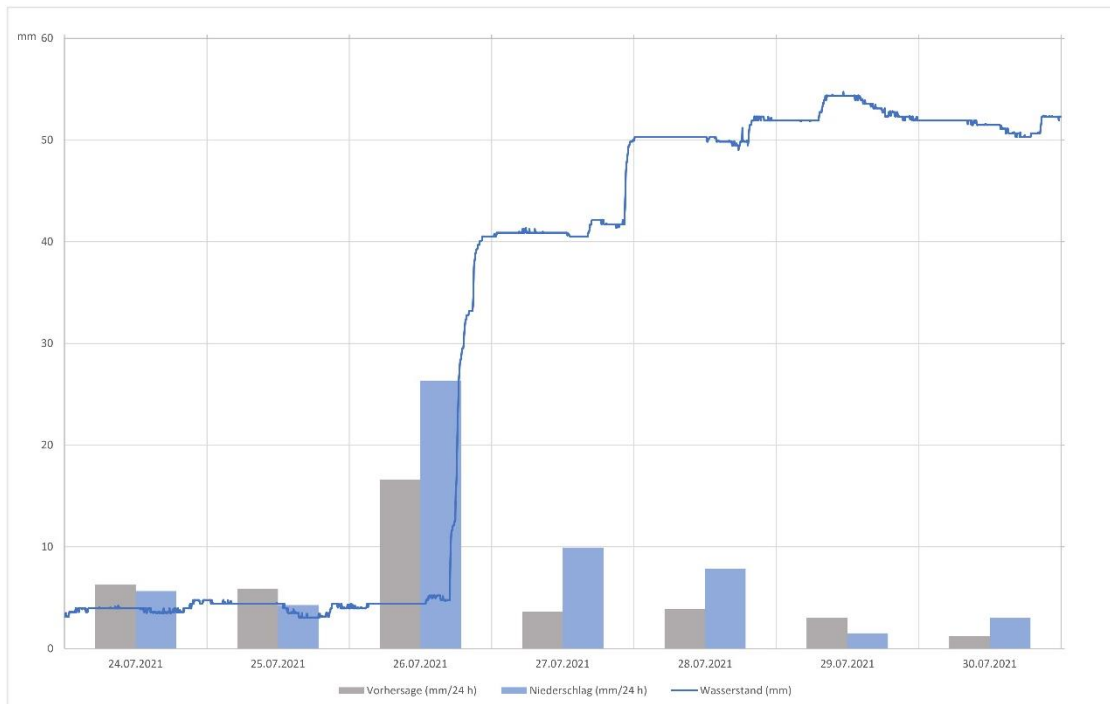


Abbildung 7: Wasserstände und Wetterdaten Rotterdam (24.07.2021 - 30.07.2021).

### 3.4 Dauerhafte Wasserverfügbarkeit für die Vegetation

Die intelligente Steuerung von Wasseranstau und -abfluss auf einer Dachfläche mittels einer gesteuerten Drossel stellt eine Form der Bewässerung dar.

In den Speicherräumen der betrachteten Bereiche mit extensiver Begrünung lag der Wasserstand 74 % der Zeit über 10 mm, bei intensiven Begrünungen sogar 82 % (Abbildung 8).



Abbildung 8: Zeitanteil mit einem Wasserstand > 10 mm auf Dächern mit intelligenten Ablaufdrosseln.

Werden Systeme mit vernetzten Komponenten in Hoch- und Tiefbau umgesetzt, steigt die Wasserverfügbarkeit weiter. In der Wohnanlage Vogelhof (Utrecht, Niederlande)



sind 1.700 m<sup>2</sup> intensiv begrünte Retentionsdächer ausgeführt. Niederschlag wird direkt auf den Dachflächen gespeichert. Zusätzlich wird der gesammelte Abfluss von 3.000 m<sup>2</sup> versiegelter Dachflächen nach der Reinigung in eine Zisterne geleitet und sofort automatisiert auf die Retentionsflächen verteilt und in die Kunststoffhohlkörper eingeleitet.

Messungen in den Speicherräumen belegen, dass zuverlässig Regenwasser zur passiven Bewässerung vorhanden war. Wird in den Trockenphasen in den Sommermonaten Wasser über die Vegetation verdunstet, nimmt der Wasserstand kontinuierlich ab. In den Kunststoffhohlkörpern im Gründachsystem verbleibt allerdings auch nach mehreren Monaten mit wenig Niederschlag immer ein Wasseranstaup, das System fällt nicht trocken. Seit der Inbetriebnahme des Systems lag der Zeitanteil mit einem Wasserstand > 10 mm bei 98 %. Die Wasserstandsdaten im Verlauf des Jahres 2023 sind in Abbildung 9 dargestellt.

Der dauerhafte Anstau von Wasser hat einen positiven Einfluss auf die Entwicklung der Vegetation und kann eine konventionelle Bewässerung der Fläche ersetzen.

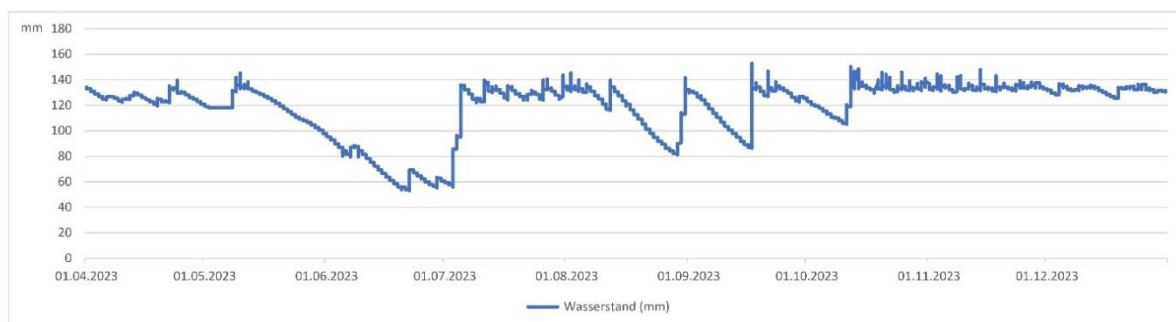


Abbildung 9: Wasserstand Utrecht (April - Dezember 2023).

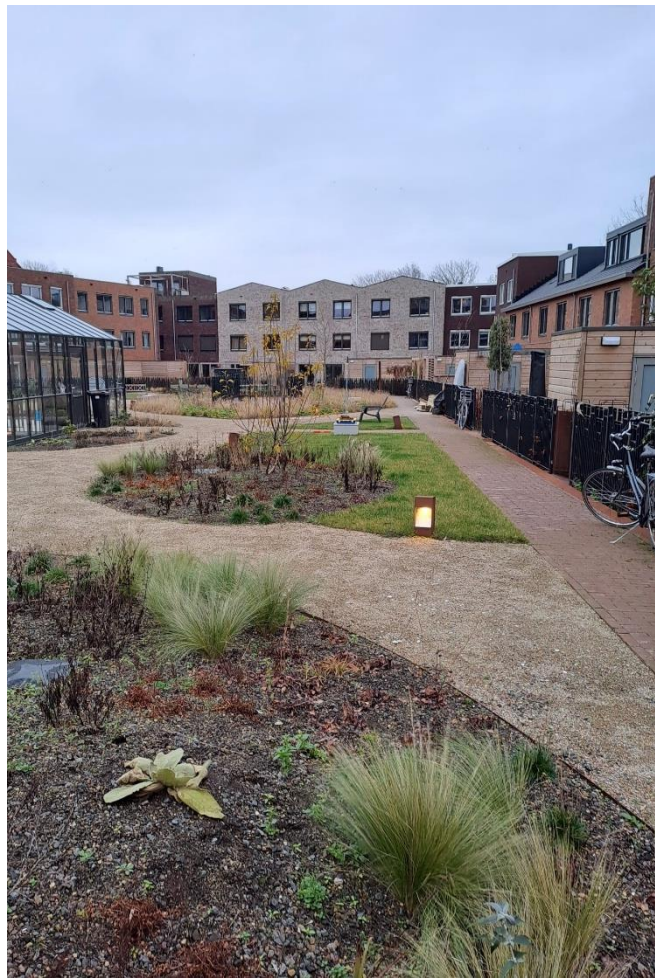


Abbildung 10: Innenhof der Wohnanlage Vogelhof in Utrecht, Niederlande (Dezember 2023).

### 3.5 Herausforderungen im Betrieb und Ausfallsicherheit

Rechtzeitige und zuverlässige Reaktionen des Systems sind Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit von komplexen Systemen mit vernetzten Komponenten. Dies trifft insbesondere für den wirksamen Überflutungsschutz zu. Sowohl die intelligente Ablaufdrossel als auch die Steuerungseinheit von Pumpe und Ventilen benötigt dazu eine Infrastruktur bestehend aus Stromversorgung und Mobilfunkanbindung.

Der essentielle Datenaustausch zwischen den Modulen am Gebäude und der serverbasierten Steuerung weist im Praxisbetrieb eine Verfügbarkeit von 95,9 % auf. Mögliche Ursachen der Verbindungslücken sind vielfältig, eine schlechte oder keine Mobilfunkverbindung macht prozentual allerdings den Hauptanteil aus. Ursächlich ist teilweise die Netzabdeckung aber auch die Einbausituation der Geräte kann Verbindungsausfälle verursachen.

Ein Verbindungsausfall ist jedoch nicht gleichzusetzen mit einem Funktionsausfall. Die Geräte vor Ort laufen selbstständig weiter, solange eine Stromversorgung vorhanden

ist und halten den Wasserspiegel unter dem vom System zuletzt als maximal definierten Wasserstand.

Zusammenfassend ist die Ausfallsicherheit mit einer vollständigen Verfügbarkeit von über 95 % und einer eingeschränkten Funktionsfähigkeit in der restlichen Zeit sehr hoch.

## 4 Fazit

Die Auswertung von Daten, die im laufenden Betrieb von intelligenten Regenwassermanagementsystemen generiert wurden, verdeutlicht das Potential der Doppelnutzung von Zisternen für den Überflutungsschutz und die dauerhafte Wasserspeicherung.

Um die Effekte einer kontinuierlichen Befüllung von pflanzenverfügbaren Wasserspeichern zu quantifizieren und die Möglichkeiten sowie Grenzen der wettervorhersagenbasierten Steuerung zu identifizieren besteht weiterer Forschungsbedarf. Gegenstand sind insbesondere die Auswirkungen von ungenauen Prognosen von Regenereignissen und die Konsequenzen von Anpassungen von Parametern in der Steuerung.

Auf Basis einer in Zukunft vorhandenen größeren Datenmenge und weiterer umgesetzter Objekte mit intelligenten Regenwassermanagementsystem in unterschiedlichen Konfigurationen ist geplant, die aufgestellten Hypothesen weiterführend zu untersuchen.

## 5 Literatur

Gößner, D., Mohri, M., Krespach, J. (2021). Evapotranspiration Measurements and Assessment of Driving Factors: A Comparison of Different Green Roof Systems during Summer in Germany. Land, 10,12.

Back et al: (2022). Stärkung der Rolle der Siedlungswasserwirtschaft für klimaresiliente Städte, Aqua Urbanica, Glattfelden, 2002.

### Korrespondenz an:

Dominik Gößner  
Am Birkenstock 15-19, 72505 Krauchenwies, Deutschland  
+49 7576 772 150  
[d.goessner@optigruen.de](mailto:d.goessner@optigruen.de)