

## „Cool-Green D&D“: Ein gläsernes Rigolensystem zur Demonstration und Digitalisierung von Schwammstadt-Bausteinen

Peter M. Bach<sup>1</sup>, Michael Patrick<sup>1</sup>, Mirko Rohr<sup>1</sup>, Tobias Baur<sup>2</sup> und  
Michael Burkhardt<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC), Ostschweizer Fachhochschule (OST),  
Oberseestrasse 10, Rapperswil 8640 SG, Schweiz*

<sup>2</sup> *Institut für Landschaft und Freiraum (ILF), Ostschweizer Fachhochschule (OST), Obersee-  
strasse 10, Rapperswil 8640 SG, Schweiz*

**Kurzfassung:** Blau-grüne Infrastrukturen im Rahmen von Schwammstädten gewinnen an Bedeutung, u. a. weil sie vielfältige Ökosystemleistungen anbieten. Dennoch ist die praktische Umsetzung noch nicht breit etabliert und es bestehen Herausforderungen hinsichtlich der Akzeptanz. Erkenntnisse zur Wirksamkeit und betriebliche Erfahrung sollen mit dem entwickelten gläsernen Rigolensystem „Cool-Green D&D“ (D&D: Digitalisation und Demonstration) aufgezeigt werden. Das System ist modular, transportierbar und dient nicht nur zur Untersuchung und Fernüberwachung (innerhalb eines geschlossenen Systems) von Pflanzenwachstum, Baumfunktion und Filterwirkung unter realen Feldbedingungen, sondern auch zur Sensibilisierung und Bildung der Öffentlichkeit. Zwei unterschiedliche Rigolensysteme wurden realisiert: ein Campus-System (eine Baumrigole als Testsystem für unterschiedliche Sensorik und Entwicklung eines online Dashboards) und, die Versuchsanlage Schwyz, mit der untersucht wird, welche Leistung Steinwolle für die Regenwasserretention, den Schadstoffrückhalt und das Pflanzenwachstum erbringen kann. Erste Erfahrungen mit „Cool-Green D&D“ sind vielversprechend. Als leicht konfigurierbares System kann ein solcher Ansatz das Verständnis von Schwammstadt-Bausteinen kostengünstig und vertieft erweitern und Hürden zur Umsetzung überwinden.

**Key-Words:** blau-grüne Infrastruktur; Schwammstadt; Digitalisierung; Multifunktionalität; Baumrigole; dezentrale Regenwasserbewirtschaftung

## 1 Einleitung

Der Klimawandel, die Auswirkungen der Ressourcenknappheit und gesellschaftliche Bedürfnisse erfordern neue ganzheitliche Lösungen der klimaangepassten Stadtentwicklung. Blau-grüne Infrastrukturen gewinnen für die Stadtplanung der Zukunft an Bedeutung aufgrund ihrer Fähigkeit, natürliche Wasser- und Energiezyklen wiederher-

zustellen und vielfältige Ökosystemleistungen anzubieten (Bach et al., 2021). Insbesondere Bäume und diverse Pflanzenarten spielen eine entscheidende Rolle bei der Klimaregulierung zur Verbesserung städtischer Räume (Bozovic et al., 2017), während sie gleichzeitig nachhaltig mit Oberflächenwasser und Schadstoffen umgehen (Burkhardt et al., 2022). Durch Infiltration und Rückhalt von Niederschlagswasser in solchen Systemen kann der Abfluss und die Einleitung von Regenwasser in die Kanalisation gedrosselt oder gemindert erfolgen (Joshi et al., 2021) und bestehende Infrastrukturen entlastet werden. Begrünte Systeme erleichtern auch die Regenwasserbewirtschaftung in hochversiegelten, urbanen Gebieten, und tragen durch erhöhte Verdunstungskühlung und Abschwächung der Hitze zur Temperaturregulierung bei (Probst et al., 2022).

Die Fähigkeiten des Schwammstadt-Konzepts (oft auch als „Blau-grüne Stadt“ oder „Wassersensible Stadt“ bezeichnet) wird bei der Bewältigung dieser Herausforderungen durch wissenschaftliche Forschung unterstützt und gilt zunehmend als Stand der Technik. Dennoch stehen umfassende Herausforderungen, darunter die Akzeptanz in der Öffentlichkeit und die angemessene Umsetzung durch Interessengruppen, im Fokus (O'Donnell et al., 2021). Betriebliche und wartungstechnische Hürden, zusammen mit dem Mangel an langfristigem Verständnis und offenen Fragen zur Wirksamkeit neuer Produkte, wie z. B. Mineral- oder Steinwolle, wasserdurchlässige Beläge und unterschiedliche Adsorbermaterialien, verzögern eine breitere Umsetzung. Langwierige Genehmigungsprozesse, beeinflusst durch bestehende Vorschriften (z. B. Grundwasser- und Gewässerschutz), können potenzielle Demonstrationsprojekte und den praktischen Wissenstransfer zusätzlich verzögern (Hawken et al., 2021).

Als Antwort darauf wurde „Cool-Green D&D“ entwickelt, ein vollständig instrumentiertes, modulares und mobiles Testsystem zur Förderung der Zusammenarbeit zwischen Forschung und Praxis bei der Schaffung von Schwammstädten. Dieses System ermöglicht Untersuchungen mit Komponenten wie Vegetation, Filtermedien und Wasserhaushalt. Ein digitales Dashboard stellt die Fernüberwachung und gemeinsame Bedienung sicher und geht auf Bedenken und offene Fragen bei frühen Demonstrationen in Gemeinden ein. Das Konzept wurde in zwei Beispielen realisiert: (1) „Campus System“ sowohl für die Lehre und Forschung als auch zur Erfahrungsgewinn mit vielfältiger Messtechnik und (2) „Versuchsanlage Schwyz“ zur Untersuchung der Fähigkeit von Steinwolle zur Regenwasserretention und Schadstoffrückhalt als Schwammstadtbaustein und als Sensibilisierungsobjekt für die Öffentlichkeit.

## **2 Aufbau des gläsernen Rigolensystems**

### **2.1 Das „Cool-Green D&D“ Rigolensystem**

„Cool-Green D&D“ (in Abbildung 1) besteht aus einem transparenten Glaskasten mit einer Länge und Breite von 1,2 m und Höhe von 0,8 m. Der Kasten ist ausgestattet mit

spezieller Instrumentierung für die Entwicklung und Tests eines bewachsenen Rigolensystems. Seine Abmessungen wurden gewählt, um einerseits ein einheitliches Behandlungsvolumen von 1 m<sup>3</sup> mit wählbarer Anschlussfläche zu ermöglichen und andererseits den Transport zu erleichtern (Rigole ist transportabel und ein Standortwechsel ist einfach zu realisieren). Die Rigole eignet sich, um diese mit verschiedenen Staudenarten zu bepflanzen oder einem kleinen Baum mit einem Wurzelraum, der plausible Versuche durchführen lässt und den Aufbau des Unterboden visuell darstellt.



Abbildung 1: Das „Cool-Green D&D“-System: (a) konzeptionelle Darstellung des Gesamtkonzepts, (b) aktuelles System am OST Campus Rapperswil, und (c) Systeminstrumentierung und Fenster.

Das System verfügt über Fenster zur Beobachtung von Veränderungen im Untergrund im Laufe der Zeit sowie zur Darstellung von Details des Systemdesigns an drei seiner Wandseiten. Es gibt mehrere Zugangsfächer für Sensoren oder mögliche Probenahmestellen (Abbildung 1c) und vier regulierbare Abflussventile, die, je nach Versuchskonfiguration, geöffnet oder geschlossen werden können, um hydraulische Fragestellungen nachzubilden. Mit einem Lehwergewicht von knapp 700 kg kann eine vollausgestattete Rigole bis zu zwei Tonnen wiegen. Die Digitalisierung des Systems ist möglich über die kontinuierlich messende Plattformwaage, unterschiedliche Sensoren, eine nebenstehende Wetterstation, ein Bildschirm und online Dashboard.

## 2.2 Einrichtung der Sensorik und Datenübertragung

Das „Cool-Green D&D“ System wird von einer *ClimaVUE<sup>TM</sup>50*-Wetterstation begleitet und steht auf einer Plattformwaage (*Mettler Toledo PFA589-DDS3000*). Die Waage zeichnet kontinuierlich das Gesamtgewicht des Systems auf, wodurch nicht nur die Zunahme der Biomasse im Laufe der Zeit verfolgt werden kann, sondern auch der Wasserhaushalt bei Regenereignissen exakt quantifizierbar ist. Für die Bodenfeuchtemessungen wird eine *SoilVUE<sup>TM</sup>10*-Bodenprofilsonde genutzt, welche die Bodentemperatur, -feuchte und -leitfähigkeit in 100 mm Tiefenabständen misst. Je nach Versuchsart kommen ein Wärmeimpuls-Saftflusssensor (*Ecomatik N3D3*), ein *LAT-B3*-

Blatttemperatursensor, Kippwaagen für Zufluss und Abfluss (*UGT V2A Kippzähler*) und weitere Bodensonden (*Truebner SMT100*) zum Einsatz.

Der gesamte Digitalisierungsfluss ist in Abbildung 2 beschrieben. Die Sensoren sind mit einem zentralen Datenlogger (*CR350*, Campbell Scientific) verbunden. Gesammelte Daten werden über ein Raspberry Pi auf ein Microsoft Azure Server übertragen, und durch mehrere Python Skripte gesteuert. Ein webbasiertes Dashboard (Abbildung 3) zeigt in Echtzeit die gemessenen Parameter, unter anderem Niederschlag, Bodenwassergehalte, Evaporation (berechnet aus Gewichtsänderungen und Zu-/Abflüssen), Luft- und Bodentemperaturen und den Saftfluss. Es bietet auch eine Web-Benutzeroberfläche für verschiedene Zwecke, einschließlich öffentlicher Abfragen und Fernmonitoring, als auch zur Problemdiagnose und -behebung durch Messvergleiche. Mit einem Bildschirm (Abbildung 1b) kann das Dashboard auch vor Ort angezeigt werden und zur Erklärung des Systems bei Führungen benutzt werden.

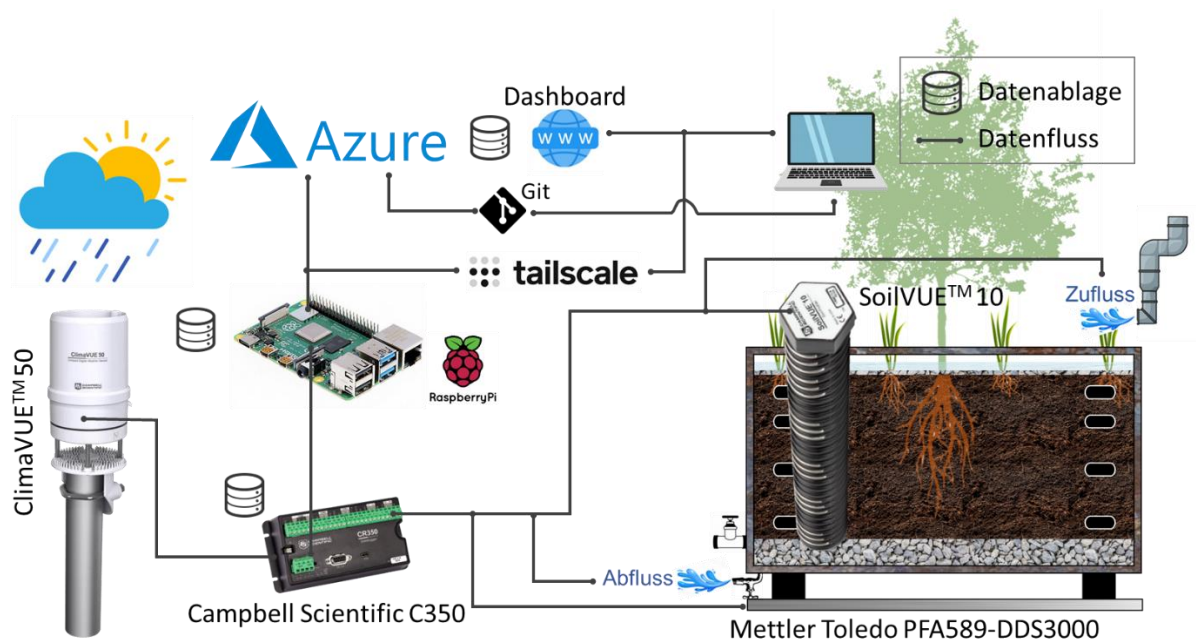


Abbildung 2: Detaillierter Aufbau der Sensorik und Datenübertragung vom „Cool-Green D&D“-System.

Es gibt drei Stellen für die Datenablage und Sicherung, um den Datenverlust zu vermeiden: auf dem Datenlogger (Datenzugriff nur vor Ort), im Speicher des Raspberry Pi und auf dem Microsoft Azure Cloud Speicher. Durch On-line-Zugriff oder durch ein P2P Protokoll (*Tailscale Service* – [www.tailscale.com](http://www.tailscale.com)) kann sowohl auf die Daten als auch auf das System zugegriffen werden um mögliche Probleme (z. B. Fehlmessungen, Stromunterbrüche, Sensorschäden und Sensordrift) zu erkennen. Somit kann die Wartung des Systems minimiert und erleichtert werden und eine Langzeitbeobachtung ohne Datenverlust durchgeführt werden.



### 3 Anwendungsbeispiele

#### 3.1 Campus System – Baumrigole mit Substrat

Im ersten Pilotprojekt, das auf dem Campus der Ostschweizer Fachhochschule (OST) Rapperswil läuft, werden das Pflanzenwachstum, hydraulische Verhalten und die Verdunstungskühlung durch einen Baum bilanziert (Abbildung 1b, 1c). Zwar wird das System noch etabliert, doch bereits werden die Plausibilität von den Messsonden und Versuchen untersucht, um das Verhalten des Systems hydraulisch zu erklären. Mit der Zeit wird das System dann für weitere Versuche verwendet, indem es mit Schadstoffen beaufschlagt oder mit Dachflächen verbunden wird. Gleichzeitig wird diese Rigole auch in der Lehre eingesetzt und als Demonstrator bei öffentlichen Veranstaltungen und Netzwerktreffen auf dem Campus vorgestellt. Zum Beispiel wurden die Schwankungen der Bodenleitfähigkeit bei Eindrang von Tausalz im System demonstriert.

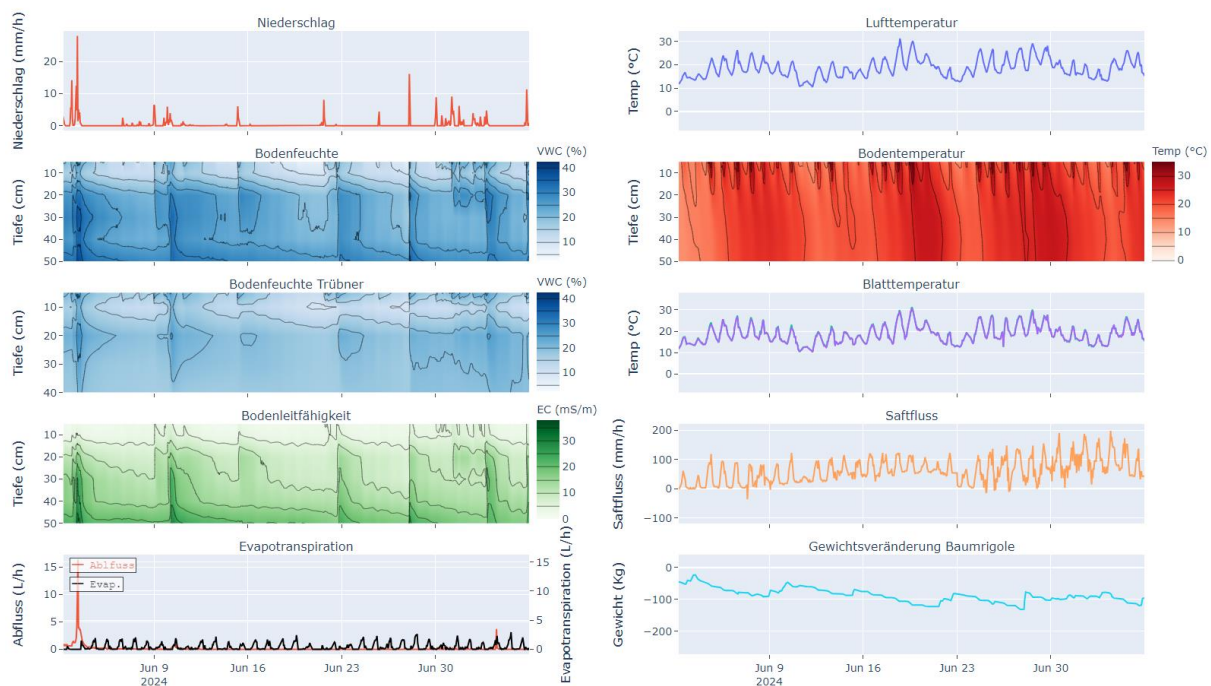


Abbildung 3: On-line Dashboard System der Campus Anlage, Daten von Niederschlag, Abfluss, Lufttemperatur, Bodenfeuchte, -temperatur und Bodenleitfähigkeit, Rigolengewicht, Evapotranspiration (berechnet), Blattemperatur und Saftfluss sichtbar.

Das Dashboard für das Campus System (siehe Abbildung 3 – Zugriff über <https://baumrigole.azurewebsites.net/plot/>) dient auch als Entwicklungsplattform, um neue Algorithmen für die Datenaufbereitung und Analyse zu testen und, vor allem, parallele Vergleiche von unterschiedlichen Messsonden zu erzielen. Sichtbar in Abbildung 3-links, zum Beispiel, sind zwei Messungen der Bodenfeuchte mit zwei unterschiedlichen Sonden. Diese werden derzeit für ihre Eignung im Rigolensystem und hinsichtlich ihrer Genauigkeit verglichen.

### 3.2 Versuchsanlage Schwyz – Staudenrigole mit Steinwolle

Mit Unterstützung des Kantons Schwyz, der FLUMROC AG, der Gemeinde Schwyz und dem Abwasserverband Schwyz, wurde ein weiteres „Cool-Green D&D“ System (Abbildung 4) an der örtlichen Kläranlage (bzw. Abwasserreinigungsanlage – ARA) in der Gemeinde Schwyz eingerichtet, um die Eignung von Steinwolle als Filtermaterial zum Wasser- und Schadstoffrückhalt und zur Unterstützung des Pflanzenwachstums zu testen. Steinwolle wird nebst den Retentionsanlagen derzeit auch in einer Reihe von Gründachkonzepten (Rowe & Getter, 2022) und in straßenbegleitenden blau-grünen Infrastrukturen in den Niederlanden, in Italien, Großbritannien, Deutschland und Schweden eingesetzt oder getestet.

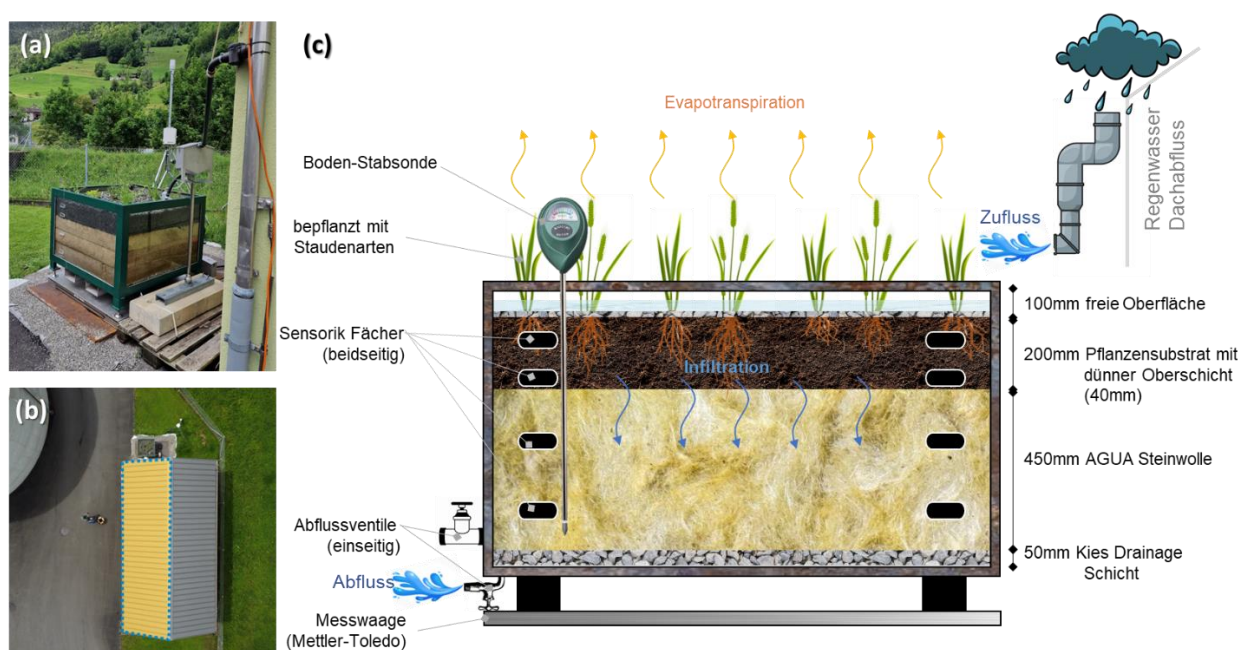


Abbildung 4: Aufbau der Schwammstadt Versuchsanlage an der ARA-Schwyz  
(a) Foto am Standort, (b) Luftbild mit Entwässerungsfläche von 35 m<sup>2</sup>,  
(c) schematischer Aufbau der Rigole.

Die potenziellen Einsatzmöglichkeiten von Steinwolle zur Unterstützung des Wasser- und Schadstoffrückhalts und des Pflanzenwachstums soll abgeklärt und aufgezeigt werden, indem (1) die Systemleistung, das Pflanzenwachstum und die jahreszeitlichen Schwankungen kontinuierlich über ein ganzes Jahr überwacht werden, (2) das Material charakterisiert, der Wartungsbedarf ermittelt, allenfalls das Design und das passende Steinwollprodukt verbessert werden und (3) das Schwammstadtkonzept der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird (die Kläranlage wird regelmäßig besichtigt).

Diese Anlage bietet auch direkte Vergleiche mit dem Campus System. In Verbindung mit der Echtzeitüberwachung (das Dashboard läuft über <https://www.coolgreen.cloud>) können auch das hydraulische Verhalten des Systems über mehrere Regenereignisse

hinweg fernüberwacht und die Befeuchtungs- und Trocknungszyklen innerhalb des Filtermaterials besser verstanden werden.

Die Versuchsanlage Schwyz wurde im März aufgebaut und Anfang April 2024 in Betrieb genommen. Ein Drittel des Abflusses einer Dachfläche von 35 m<sup>2</sup> (Abbildung 4b) ist über ein modifiziertes Fallrohr in die Rigole umgeleitet (siehe Abbildung 4a). Der Zufluss erfolgt über eine Kippwaage und einen Verteiler, der das Wasser regelmäßig über die gesamte Fläche verteilt. Insgesamt sind 13 Pflanzen von acht Staudenarten in der Rigole in regelmäßigen Abständen gepflanzt worden (Abbildung 5a). Eine Etablierungszeit vor dem Anschluss der Dachfläche von ungefähr einen Monat (Mitte März bis April 2024) wurde vorgesehen.



Abbildung 5: Auswahl Staudenarten und Pflanzenwachstum seit Inbetriebnahme der Versuchsanlage Schwyz (a) 8 ausgewählte Staudenarten, (b) zeitlicher Verlauf der Pflanzen in der Rigole (ohne aktive Bewässerung).

Seit der Inbetriebnahme wurden mehrere Regenereignisse gemessen, die zu einer permanenten Feuchtigkeit von durchschnittlich 70 % Wassergehalt in der untersten Steinwollschicht geführt haben. Die bisherigen Daten deuten darauf hin, dass diese gespeicherte Feuchtigkeit durch die Steinwolle den Pflanzen zur Verfügung stand, was an dem guten Wachstum (Abbildung 5b) über die Frühlingsmonate mit nur kleineren Regenereignissen und ohne aktive Bewässerung zeigt. Eine komplette Austrocknung des Systems wurde noch nicht beobachtet trotz direkter Sonneneinstrahlung und Temperaturen über 30 °C.

Die Auswertung einzelner Regenereignisse erlaubt bereits erste Rückschlüsse über das Systemverhalten als mögliches Schwammstadt-Baustein. Abbildung 6 zeigt den Verlauf des Systems während des Regenereignisses vom 30. Juni 2024. Eine deutliche Spitzenabflussminderung und Verzögerung des Abflusses im System ist am Hydrographen und an der Gewichtsänderung zu sehen. Die geringen Schwankungen der Bodenfeuchte über das Profil des Systems (außer in den ersten Minuten) weisen auf



eine schnelle Versickerung und Verteilung des Wassers im Material hin. Das quasistationäre Verhalten der Bodenfeuchte und die Schichtung der Messungen (steigende Bodenfeuchten mit Profiltiefe) weisen auf einen deutlichen Effekt der Schwerkraft und keine Kapillarität im Material. Dies ist möglicherweise anhand der Orientierung der Steinwolle (drei horizontale Schichten mit je 150 mm) auch nachvollziehbar und benötigt weitere Untersuchungen am Material bzw. der Anordnung dieser Komponente.

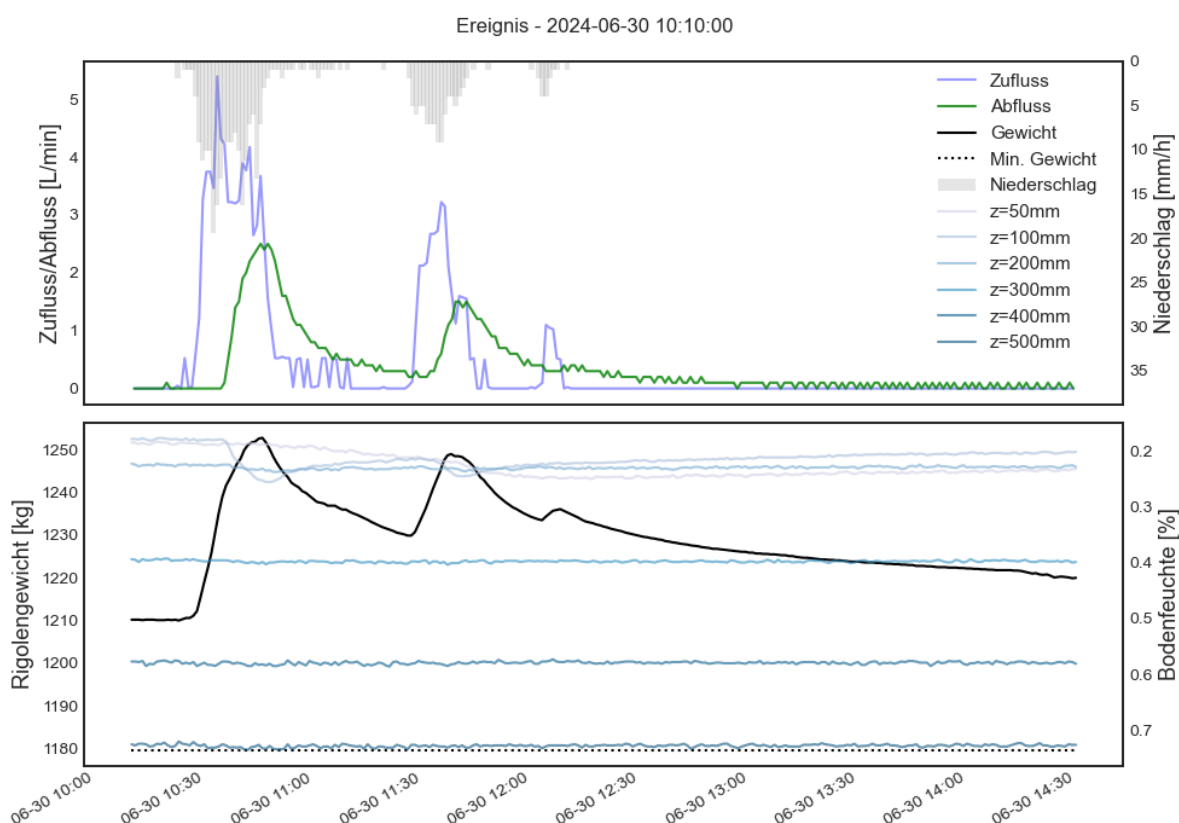


Abbildung 6: Beobachteter Regenereignis vom 30.06.2024 in der Versuchsanlage Schwyz, oben: zeitlicher Verlauf von Niederschlag, Zufluss und Abfluss, unten: Gewichtsänderung gegenüber eines Mindestgewichtes und Bodenfeuchte auf sechs verschiedene Tiefen (z) im Bodenprofil.

Statistiken über alle bisher beobachteten Regenereignisse ( $n = 17$ ) für diese Versuchsanlage weisen darauf hin, dass ein System mit Steinwolle (etwa 70 % des Bodenprofils), dimensioniert auf ein ungefähres Verhältnis von 10:1 des Einzugsgebietes, eine deutliche Spitzenabflussminderung im Durchschnitt von etwa 50 % und einen Abflussvolumenrückhalt von durchschnittlich 20 % erzielt. Diese Durchschnittswerte beinhalten unterschiedliche Trockenperioden und Bedingungen im System vor Beginn der Ereignisse. Zusätzlich bietet das Material einen permanenten Wasserspeicher an, der das Pflanzenwachstum und die mögliche Verdunstung antreibt.



Erste Erfahrungen mit dem Schadstoffrückhalt durch eine Laboruntersuchung weisen darauf hin, dass Steinwolle bis zu 99 % Rückhalt bei partikulären Stoffen aufweist (aufgrund der Materialeigenschaften der Steinwolle, was auf Kolmation bei längerem Betrieb hindeuten kann). Die Steinwolle scheint weniger effizient bei gelösten Schwermetallen (Kupfer, Zink) und Mikroverunreinigungen (Diuron und Mecoprop). Bisher wurden keine visuellen Änderungen am Material und keine Verdichtung beobachtet, was für die Tragfähigkeit und Stabilität der Steinwolle spricht.

Diese Daten bzw. Erkenntnisse werden zur Entwicklung eines numerischen Modells verwendet, das zusätzliche Informationen für die effektive Gestaltung und Umsetzung von Systemen mit Steinwolle liefern soll. Die ersten Resultate über das Verhalten der Steinwolle weisen auch auf mögliche weitere Versuche hin, die sich mit der Faserorientierung und -dichte beschäftigen könnten.

### 3.3 Auswertung der ersten Erfahrungen

Mit den beiden Testsystemen wurden bereits eine Reihe von potenziellen Anwendungsfällen und Vorteilen ermittelt. Dazu gehören:

- **Forschung, Entwicklung und Verfeinerung:** Labor- und Gewächshausversuche bieten eine kontrollierte Umgebung für die Erprobung neuer Filtermedien und Pflanzenkombinationen. Allerdings lassen sich die örtlichen Bedingungen oft nur schwer nachbilden, wenn das Experiment nicht vor Ort durchgeführt wird. Feldinstallationen können kostspielig sein und potenzielle Umweltrisiken bergen, wenn das Systemverhalten nicht den Erwartungen entspricht. „Cool-Green D&D“ löst beide Probleme und ist rekonfigurierbar.
- **Logistik, Sichtbarkeit und Vernetzung:** Demonstrationsprojekte sind wichtig, um das Bewusstsein und die Akzeptanz solcher Lösungen in der Gesellschaft und bei den Interessengruppen zu fördern. Die Tragbarkeit und Zugänglichkeit des „Cool-Green D&D“ Systems ermöglicht den Aufbau und die Sensorkalibrierung im Labor sowie den anschließenden Transport, die Installation und Ausstellung vor Ort.
- **Bildung:** Themen rund um blau-grüne Infrastrukturen und Schwammstädte werden zunehmend in den Bereichen Umweltwissenschaften, Ingenieurwesen, Landschaftsarchitektur und Planung gelehrt. Als integriertes System bietet „Cool-Green D&D“ mit seinem Dashboard ein interaktives Objekt für Studenten und kann als Brücke zwischen verschiedenen Disziplinen dienen.

Darüber hinaus werden wir mit fortschreitendem Einsatz dieser Systeme mehr Erkenntnisse über die künftigen Anforderungen an die Instrumentierung von Systemen im Feld gewinnen (einschließlich alternativer Systemgeometrien und -designs, Sensorik und Messparametern). Neue Forschungsarbeiten über die Steuerung und den Betrieb von Blau-grünen Infrastrukturen (Persaud et al., 2024) und die Rolle von Daten

für die Planung von Schwammstädten (Shao et al., 2016) liefern wertvolle Erkenntnisse über den effektiven Betrieb und die Steuerung solcher dezentralen und räumlich verteilten Anwendungen.

## 4 Schlussfolgerungen

Das „Cool-Green D&D“ System wurde entwickelt, um ein nachweisbares und vollständig instrumentiertes modulares und mobiles Testsystem für neue Ansätze von Schwammstadt-Technologien und -Bausteinen anbieten zu können. Das System bietet Kommunen ein Mittel zur Vertiefung des Verständnisses und des Wissens über die Umsetzung von blau-grüner Infrastruktur in ihrem lokalen Umfeld und Forschern zur Optimierung des Systemdesigns und zur Überwachung der Leistung unter lokalen Feldbedingungen. Erfahrungen von den beiden Systemen werden benutzt, um weitere Versuchsanlagen zu entwickeln und Anpassungen der bestehenden Rigolen zu unternehmen.

## 5 Danksagung

Wir danken dem Kanton Schwyz - Amt für Gewässer, der FLUMROC AG, der Gemeinde Schwyz und dem Abwasserverband Schwyz für ihre Unterstützung.

## 6 Literatur

- Bach, P. M., Probst, N., & Maurer, M. (2021). Urbane Strategien zur Hitzeminderung. Wie wirksam sind blau-grüne Infrastrukturen? *Aqua & Gas*, 101(10), 20-25.
- Bozovic, R., Maksimovic, C., Mijic, A., Smith, K., Suter, I., & Van Reeuwijk, M. (2017). *Blue green solutions. a systems approach to sustainable and cost-effective urban development*.
- Burkhardt, M., Kulli, B., & Saluz, A. G. (2022). Schwammstadt im Strassenraum: Herausforderungen und Lösungen für blau-grüne Massnahmen. *Aqua & Gas*, 2022(10), 16-29.
- Hawken, S., Sepasgozar, S., Prodanovic, V., Jing, J., Bakelmun, A., Avazpour, B., Che, S., & Zhang, K. (2021). What makes a successful Sponge City project? Expert perceptions of critical factors in integrated urban water management in the Asia-Pacific. *Sustainable Cities and Society*, 75, 103317.
- Joshi, P., Leitão, J. P., Maurer, M., & Bach, P. M. (2021). Not all SuDS are created equal: Impact of different approaches on combined sewer overflows. *Water Research*, 191, 116780.
- O'Donnell, E. C., Netusil, N. R., Chan, F. K. S., Dolman, N. J., & Gosling, S. N. (2021). International Perceptions of Urban Blue-Green Infrastructure: A Comparison across Four Cities. *Water*, 13(4).

- Persaud, P., Hathaway, J., Kerkez, B., & McCarthy, D. (2024). Real-Time Control and Bioretention: Implications for Hydrology. *Journal of Sustainable Water in the Built Environment*, 10(1), 04023011.
- Probst, N., Bach, P. M., Cook, L. M., Maurer, M., & Leitão, J. P. (2022). Blue Green Systems for urban heat mitigation: mechanisms, effectiveness and research directions. *Blue-Green Systems*, 4(2), 348-376.
- Rowe, D. B., & Getter, K. (2022). Improving stormwater retention on green roofs. *J. Living Archit*, 9, 20-36.
- Shao, W., Zhang, H., Liu, J., Yang, G., Chen, X., Yang, Z., & Huang, H. (2016). Data integration and its application in the sponge city construction of China. *Procedia Engineering*, 154, 779-786.

#### **Korrespondenz an:**

Name: Dr. Peter Marcus Bach

Adresse: Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC), Ostschweizer  
Fachhochschule, Oberseestrasse 10, 8640 Rapperswil SG, Schweiz

Tel: +41 58 257 13 61

E-Mail: [peter.bach@ost.ch](mailto:peter.bach@ost.ch)