

## **Zusammenfassung: „Design and development of living green walls for greywater treatment“ (G.Vassallo)**

In den letzten Jahren wurden europäische Städte wie Wien, Budapest oder Belgrad von Hitzewellen getroffen und entwickelten sich aufgrund ihres hohen Versiegelungsgrads rasch zu urbanen Wärmeinseln. Studien zufolge werden sich besonders die urbanen Lebensräume weiter erhitzen, was Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, aber auch Ökologie und Wirtschaft haben wird (Guerreiro et al., 2018; IISD, 2013). Als Folge der hohen Temperaturen sinkt zudem der Wasserstand der Oberflächengewässer und des Grundwassers. Im Jahr 2018 behinderte der niedrige Wasserstand von Rhein und Donau beispielsweise die Binnenschifffahrt, aber auch die Landwirtschaft und die Trinkwasserversorgung waren regional betroffen. Wasserknappheit wurde im Donauraum bisher kaum thematisiert, da Wasser in der Region meist allgegenwärtig scheint. Doch die Gletschervorkommen verzeichnen seit Jahren negative Massenbilanzen, und zusammen mit dem zu erwartenden leichten Bevölkerungswachstum, steigenden Temperaturen und der Umweltverschmutzung wird die Wasserverfügbarkeit pro Kopf voraussichtlich abnehmen. Die Entwicklung von Strategien zur Minderung der Risiken im Zusammenhang mit der Entstehung urbaner Wärmeinseln und Wasserknappheit sollte für Entscheidungsträger deshalb einen größeren Stellenwert einnehmen.

Dach- und Fassadenbegrünungen werden derzeit oft als „grüne“ Lösung zur Mitigation von urbanen Hitzeinseln angesehen. Jedoch wird der meist hohe Wassereinsatz, welcher zu deren Bewässerung notwendig ist, oft übersehen. Besonders in semi-ariden urbanen Regionen ist der Mehrwert des Ausbaus grüner Infrastruktur an und auf Gebäuden zu hinterfragen, insofern Wasser in Trinkwasserqualität zur Bewässerung eingesetzt wird. Begrünte Fassadenmodule welche bisher als Abfall eingestuftes, jedoch nur gering belastetes Grauwasser zur eigenen Bewässerung nutzen und dabei wiederverwertbares, gereinigtes Nutzwasser erzeugen, bieten daher ein bislang nicht erschlossenes Potential. Sogenannte „living green walls“ reduzieren den Druck auf Wasserressourcen sowie aquatische Lebensräume und setzen gleichzeitig die bisher ungenutzten wachsenden vertikalen Flächen in Wert. Vor diesem Hintergrund wurden folgende Forschungsziele für diese Masterarbeit erarbeitet: i. Entwicklung verschiedener „living green wall“ Prototypen, ii. Vergleich ihrer Grauwasserreinigungsleistung, iii. Schätzung der notwendigen Anzahl aufeinanderfolgender Module, um gesetzliche Wasserqualitätsstandards zur Wiederverwendung zu erreichen.

Insgesamt wurden vier bepflanzte Prototypen und eine nicht bepflanzte Kontrolleinheit („Control“) getestet. Zwei rohrartige Einheiten unterschieden sich in ihrer Substratzusammensetzung ("Chan" und "ChanPlus"), während sich zwei Kaskadeneinheiten hinsichtlich ihrer Abmessungen und ihres Kaskadenwinkel unterschieden ("Pan\_decl" und "Pan\_incl"). Von August bis Oktober 2017 wurde künstliches Grauwasser im Intervall „15 Minuten Pumpen–60 Minuten Pause“ bei einem Zufluss von etwa 200 ml/min durch alle Einheiten geleitet, einschließlich des nicht bepflanzten Kontrollrohrs. Die Zu- und Abflüsse wurden mit einem UV/Vis Spektrofotometer (BSB<sub>5</sub>, CSB, DOC, TOC, AFS, TURB) und einem Fotometer (NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) analysiert. Darüber hinaus wurde die, für die biologische Wasseraufbereitung wichtige, mittlere hydraulische Verweilzeit (=Mean Hydraulic Residence Time, MHRT) jeder Einheit ermittelt.

Die Gesundheit der Pflanzen in den rohrbasierten Modulen mit angebrachten Stützelementen übertraf jene der kaskadenbasierten Einheiten deutlich. Dieses bauliche Merkmal unterstützte die Anpassung der Pflanzen an die vertikale Umgebung, wodurch sich die Aufnahme von Nährstoffen und die Metabolisierung des verunreinigten Grauwassers durch Mikroorganismen in der gut ausgeprägten Rhizosphäre erhöhte. Die MHRTs wurden durch das Volumen der Prototypen, sowie durch die Entwicklung des Wurzelnetzwerks und die unterschiedlichen Konstruktionen selbst beeinflusst. Bei der Einheit "Pan\_incl" mit dem größten Volumen und nach oben geneigten Kaskaden wurde die längste MHRT gemessen, trotz funktionaler Mängel. Wird die Funktionalität der Kaskaden in optimierten Modulen zukünftig gewährleistet, wird die MHRT zusammen mit der Reinigungsleistung wohl weiter zunehmen.

Beim Vergleich der Designs wurde ein statistisch signifikanter Unterschied bzgl. der BSB<sub>5</sub> und PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> Abflusskonzentrationen zugunsten der rohrbasierten Designs ermittelt (p=0,05). Die günstigeren Wachstumsbedingungen der gestützten Pflanzen scheinen ausschlaggebend für die erhöhte Reinigungsleistung zu sein. Obwohl die Parameterkonzentrationen nach einem Durchfluss bereits niedriger waren als erwartet, wurden die gesetzlichen Grenzwerte der Europäischen Kommission (1991) für aufbereitetes Abwasser weiterhin überschritten. Daraufhin wurden in einem Mehrfachdurchfluss-Experiment die Reinigungsleistung fünf aufeinanderfolgender Module simuliert. Mit 93 mg/L und 19 mg/L lagen die CSB- und AFS-Abflusskonzentrationen unter den angestrebten Wasserqualitätsgrenzwerten. Der BSB<sub>5</sub> mit 61 mg/L überstieg jedoch weiterhin die gesetzlich zulässige Abwasserkonzentration. Infolgedessen wurde das Pumpregime hin zu einem höherfrequenten Zufluss abgewandelt, woraufhin sich die MHRT verdreifachte und sich die Abwasserkonzentration aller Parameter nahezu halbierte. Die Optimierung des hydraulischen Pumpregimes wird daher von entscheidender Bedeutung sein, um die gewünschte Abwasserqualität zu erreichen.

Durch die Nutzung der gewonnenen Erkenntnisse und durch entsprechende Optimierung der „living green wall“ Prototypen wird erwartet, dass eine zufriedenstellende Grauwasserbehandlung direkt am Ort der Erzeugung erreicht werden kann, um eine rechtlich zulässige Wiederverwendung der Ressource zu ermöglichen. Grauwasserreinigende „living green walls“ stellen eine naturnahe Maßnahme dar um bis zu 40 % des Trinkwassers einzusparen und zusätzlich extreme Temperaturen abzdämpfen, Häuser zu isolieren, die Luftverschmutzung zu reduzieren und die urbane Biodiversität zu erhöhen.

**Quellen:**

Europäische Kommission (1991) Richtlinie 91/271/EWG über die Behandlung von kommunalem Abwasser.

Guerreiro, S. B. et al. (2018) Zukünftige Hitzewellen, Dürren und Überschwemmungen in 571 europäischen Städten. *Umweltforschungsschreiben*. [Online] 13 (3), 034009.

International Institute for Sustainable Development IISD (2013) EUA Map Projects Increased Urban Flood Risk, Heat Waves in European Cities (<http://sdg.iisd.org/news/eea-map-projects-increased-urban-flood-risk-heat-waves-in-european-cities/>)