



Funktionsschema Impulsprojekt.

Integrierte Strategien zur Stärkung blau-grüner Infrastrukturen

Regen- und Grauwasser als alternative Wasserquelle für Vertikalbegrünung

Durch den Klimawandel bedingte Wetterextreme setzen weltweit Städte unter Stress. Langanhaltende Trockenperioden verstärken den Effekt der Überhitzung, was besonders die hoch verdichteten Innenstädte heftig trifft. Der hohe Grad an Versiegelung wirkt sich auch im Falle von Starkregen negativ aus, weil der höhere Oberflächenabfluss zu Überflutungen führen kann. Die Folgen des Klimawandels werden sich in den nächsten Jahrzehnten weiter verschärfen und umso dringender wird die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen, die eine positive und ausgleichende Wirkung auf das Stadtklima haben (Kuttler et al., 2017).

Als „blau-grüne Infrastruktur“ wird ein Netzwerk natürlicher und naturnaher Flächen bezeichnet, das wichtige Ökosystemdienstleistungen übernimmt und dabei sowohl „blaue“ (wasserbezogene) als auch „grüne“ (vegetative) Elemente berücksichtigt. Die mikroklimatische Wirksamkeit von Gebäude- und Stadtgrün erhöht sich durch die effektive Kombination mit einem Wasser-

management, das Niederschlag und alternative Wasserressourcen umfasst, und wirkt somit den Folgen des Klimawandels entgegen. Insbesondere in den Sommermonaten erhöht die konstante Bewässerung die Verdunstungsleistung und sorgt damit für Kühlung in der näheren Umgebung. Gleichzeitig profitiert die Starkregenvorsorge von der puffernden Funktion, die die für das Wassermanagement erforderlichen künstlichen und natürlichen Speicher übernehmen, und schafft damit eine lokale Überflutungsvorsorge. Um diese positive Wechselwirkung optimal auszuschöpfen, ist es erforderlich, blaue und grüne Fragestellungen und Lösungsansätze gemeinsam zu denken und in eine integrierte blau-grüne Planung zu einzubinden (Well & Ludwig, 2020).

Im BMBF-geförderten Forschungsprojekt INTERESS-I (Integrierte Strategien zur Stärkung urbaner blau-grüner Infrastrukturen) wird dieses Thema seit November 2018 interdisziplinär auf mehreren Maßstabsebenen bearbeitet. Teil des Vorhabens ist die

Umsetzung der entwickelten Lösungsansätze im „Impulsprojekt Stuttgart“. Das 1:1-Projekt untersucht die kombinierte Nutzung von Regen- und Grauwasser – gering verschmutztem Abwasser, wie es etwa beim Duschen, Baden oder Händewaschen anfällt – zur Bewässerung von Fassadenbegrünung. Die einzelnen Komponenten und ihre Funktionsweise werden im Folgenden näher beschrieben.

Architektur und Fassadenbegrünung

Standort des Impulsprojekts ist das Gelände der „Containercity“ vom Kunstverein Wagenhalle e.V. in der Nähe des Stuttgarter Nordbahnhofs. In direkter Nachbarschaft zu einer Stuttgart-21-Baustelle befinden sich temporäre Arbeiterunterkünfte (Wohncontainer), deren Dachablaufwasser und Grauwasser dem Projekt zur Bewässerung von Vertikalbegrünung zur Verfügung stehen. Die technischen Elemente und die Vegetation wurden so ins architektonische Gesamt-



Quelle: Julian Rettig

Für die Versorgung der Fassadenbegrünung wird zum einen Regenwasser von der Dachfläche in einer Retentions-Zisterne gespeichert (li.), zum anderen wird auch der Abfluss aus den Duschen der Wohncontainer in einer Pflanzenkläranlage (re.) gereinigt.

konzept eingebunden, dass eine mobile und modulare Lösung entstand, die zum Ende der Projektlaufzeit in eine Weiternutzung überführt werden kann. Die Koordination der integrierten Planung und die Entwicklung des Gesamtkonzepts lag bei der Professur für Green Technologies in Landscape Architecture an der Technischen Universität München (TUM). Mit dem architektonischen Entwurf wurde das Büro Daniel Schönle Architektur und Stadtplanung beauftragt. In enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern entstand eine Containerlösung, die die Grauwasseraufbereitung mittels bepflanztem Bodenfilter, sowie die Klar- und Grauwasserspeicher und einen Technikraum zur Bewässerungssteuerung beinhaltet. Zwei Terrassen stehen den Besuchern als Aufenthaltsraum zur Verfügung. Im Planungsverlauf fiel die Entscheidung, die vorgesehenen Grünstrukturen in Form von Fassadenbegrünung an den Wohncontainern umzusetzen. Drei Vertikalsysteme der Firma Helix Pflanzen sorgen für Kühlung durch Verschattung und Verdunstung und haben damit einen effektiven Nutzen für die Bewohner, welche ansonsten Klimageräte verwenden. Ein Baugerüst, das die

Grünelemente der oberen Geschosse trägt, dient auch hier als mobile und freistehende Lösung. Die Unterschiede in der klimatischen Wirksamkeit, dem Wasserverbrauch und der Grauwasserverträglichkeit der Systeme werden in der Betriebsphase ab Sommer 2020 untersucht.

Grauwasseraufbereitung mittels bewachsenem Bodenfilter

Zur Behandlung von schwach belastetem Grauwasser aus Duschen und Handwaschbecken mit dem Ziel der Bereitstellung von Bewässerungswasser wurde im Rahmen des Impulsprojektes Stuttgart ein bewachsener vertikal durchflossener Bodenfilter mit 5 Quadratmeter Gesamfläche geplant und gebaut. Die Leistungen, die mit dem Bau beziehungsweise der Baukoordination und -überwachung des Bodenfilters einhergehen, wurden durch die Firma Dr. Bruch & Partner – Geowissenschaftler und Ingenieure unter wesentlicher Mitwirkung des Fachgebiets Ressourceneffiziente Abwasserbehandlung an der Technischen Universität Kaiserslautern (TUK) erbracht. Bewachsene Bodenfilter sind horizontal



Quelle: Julian Rettig

Drei verschiedene etablierte Vertikalbegrünungssysteme (Helix Pflanzen GmbH) kommen im offenen Forschungslabor zum Einsatz.

oder vertikal durchflossene, die typischerweise mit sandig-kiesigem Filtermaterial gefüllt und mit Röhrichtpflanzen (Helophyten) bepflanzt sind (DWA-A 262, 2017). Im Kulturschutzgebiet Wagenhallen ist das aufgeständerte Bodenfiltersystem modular aufgebaut, in die Containerlösung integriert und besteht aus zwei Kompartimenten, die sich im Wesentlichen nach der Art der Filterschicht unterscheiden: Das erste Bodenfilterkompartiment besteht aus 75 Zentimeter Rheinsand (0–2 mm) und das zweite aus 75 Zentimeter Lavasand (0–4 mm). Als Drainageschicht wurden jeweils 25 Zentimeter Kies (2–8 mm) verwendet. Beide Kompartimente sind mit Schilf bepflanzt. Tauchstrahler sorgen zusätzlich für eine Desinfektion des gereinigten Grauwassers. Wesentliches Ziel ist es, Duschwasser und Wasser aus Handwaschbecken auf Bewässerungswasserqualität aufzubereiten und aufzuzeigen, dass Bodenfilteranlagen im dezentralen städtischen Bereich erfolgreich eingesetzt werden können. Durch den veränderten Betrieb und die Erschließung von



Quelle: Julian Rettig

Knapp 400 Liter Grauwasser können pro Tag in der direkt vor den Containern aufgebauten Pflanzenkläranlage gereinigt werden.

ausschließlich der schwach belasteten Fraktion häuslichen Grauwassers ergibt sich ein reduzierter Flächenbedarf, was den Einsatz in engen urbanen Räumen fördert. Zusätzlich soll die bedarfsgerechte Aufbereitung von Grauwasser im Hinblick auf Nährstoffangebot (Grauwasser) und -bedarf (Vertikalbegrünungen) untersucht sowie die Klimawirkung des bewachsenen Bodenfilters verstanden werden; neben der Aufberei-

tungsfunktion erzielt der mit Schilf beplante Bodenfilter mikroklimatische Effekte und sorgt damit für Kühlung in der näheren Umgebung.

Speicherung und Steuerung

Ein zentrales Element in der Nutzung von alternativen Wasserressourcen wie Grau- und Regenwasser ist die Speichereinheit. Diese dient als Bindeglied zwischen Wasserangebot und -bedarf. Insbesondere bei diskontinuierlich anfallenden Wasserressourcen wie zum Beispiel dem Regenwasser ist ein Wasserrückhalt wesentlich, um in Trockenperioden den Bewässerungsbedarf sicherzustellen. Grauwasser hingegen fällt nahezu kontinuierlich an, weshalb das erforderliche Speichervolumen deutlich geringer ausfällt. Neben der Einsparung von wertvollem Trinkwasser und der Wasserbereitstellungsfunktion bietet sie die Möglichkeit Abflussspitzen bei Starkregenereignissen durch freie Speicherkapazitäten zu kappen und Entwässerungs- und Abwasserbehandlungsinfrastrukturen und somit letztlich auch die Gewässer zu entlasten (Kim et al., 2015; Meyer et al., 2008). Hierzu können Retentionsspeicher eingesetzt werden; diese verfügen über ein Nutzvolumen zur Bereitstellung des Bewässerungswassers sowie ein

> INTERESS-I: Impulsprojekt Stuttgart

Projektleitung:

Technische Universität München, Green Technologies in Landscape Architecture

Projektpartner:

- Stadt Frankfurt am Main, Grünflächenamt
- Landeshauptstadt Stuttgart, Abteilung für Stadtklimatologie/Garten-, Friedhofs- und Forstamt
- Universität Stuttgart, Institut für Landschaftsplanung und Ökologie/Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- u. Abfallwirtschaft
- Institut für sozial-ökologische Forschung ISOE, Forschungsschwerpunkte Wasserinfrastruktur und Risikoanalysen, Mobilität/Urbane Räume, transdisziplinäre Methoden und Konzepte
- TU Kaiserslautern, Fachgebiete Ressourceneffiziente Abwasserbehandlung und Siedlungswasserwirtschaft
- HELIX Pflanzen GmbH, Kornwestheim

Das Forschungsprojekt INTERESS-I ist Teil des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Vorhabens MONARES (Monitoring von Anpassungsmaßnahmen und Klimaresilienz in Städten) und wird von SynVer*Z (Wirksamkeit von Forschung zur nachhaltigen Transformation von Städten) begleitet.

Retentionsvolumen, d. h. ein Rückhaltevolumen für Starkregenereignisse mit gedrosseltem Ablauf.

Im Rahmen des Impulsprojektes wurde eine Retentionszisterne zur Speicherung des Regenwassers vom Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart (ISWA) installiert (7 m³ Nutzvolumen; 4 m³ Retentionsvolumen). Anhand verschiedener Messungen soll untersucht werden, wie sich die Verhältnisse zwischen dem Nutz- und Retentionsvolumen zu der angeschlossenen Dachfläche auf das Trinkwassereinsparungspotential und die Entlastung der Entwässerung auswirken. Die Ergebnisse sollen zur

Validierung eines im Rahmen des Vorhabens entwickelten Speichermodells beitragen. Im Impulsprojekt wurde auf eine gemeinsame Speicherung von Regen- und aufbereitetem Grauwasser verzichtet, da durch einen separaten für die Bewässerung vorgesehenen Mischungstank (1 m³) verschiedene Mischungsverhältnisse beider Ressourcen im Hinblick auf die vegetativen Auswirkungen untersucht werden können. Das Volumen für die Vorlage und für das aufbereitete Grauwasser beträgt jeweils 2 Kubikmeter.

Die Steuerung der Gesamtanlage erfolgt durchfluss-, füllstands- und zeitabhängig über eine zentrale Steuerungseinheit. Neben der Einstellung des Mischungsverhältnisses von Grau- und Regenwasser für die Bewässerung können über diese alle Messdaten der einzelnen Systemkomponenten (Grau- und Regenwasser) erfasst und online abgerufen werden. Hierzu gehören die Füllstände der einzelnen Speicher und die Durchflüsse aus den Speichern in den Bewässerungstank. Zudem werden jeweils im Zu- und Ablauf des Bodenfilters kontinuierlich der pH-Wert, die elektrische Leitfähigkeit und das Redoxpotential im Roh- und aufbereiteten Grauwasser erfasst.

Fazit, Ausblick

Das Impulsprojekt Stuttgart entstand in einem interdisziplinären Prozess und dient auch in der Betriebsphase (ab Juli 2020) als Forschungsobjekt für blau-grüne Strategien. Die Erkenntnisse aus der Verknüpfung von disziplinären Zielsetzungen und Forschungsfragen fließt in die weitere Arbeit des Gesamtprojekts ein. Kernkomponenten vom Impulsprojekt Stuttgart sind die innovativen Speicher- und Aufbereitungstechniken sowie der in die Gestaltung der Anlage integrierte bepflanzte Bodenfilter, der ebenso wie die neuartigen Vertikalbegrünungen zeigt, dass auch in innerstädtischen Quar-

tieren Maßnahmen zur integrierten blau-grünen Planung auf engstem Raum erfolgreich umgesetzt werden können.

Danksagung

Wir danken allen Beteiligten für ihre engagierte Mitarbeit am Impulsprojekt, sowie den Nachbarn und Kooperationspartnern (ARGE Tunnel Cannstatt, Kunstverein Wagenhalle e.V., Stadttacker e.V.) für ihre Unterstützung und Geduld. Für die finanzielle und ideelle Förderung danken wir BMBF und DLR. Besonderer Dank gilt dem Gesamtprojekt INTERESS-I und der Projektleitung Dr. Bernd Eisenberg.

Literatur

- DWA-A 262. (2017). Grundsätze für die Bemessung, Bau und Betrieb von Kläranlagen mit bepflanzten und unbepflanzten Filtern zur Reinigung häuslichen und kommunalen Abwassers. DWA-Regelwerk Arbeitsblatt: A 262. ATV-DVWK.
- Kim, Y., Kim, T., Park, H., & Han, M. (2015). Design method for determining rainwater tank retention volumes to control runoff from building rooftops. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 19(6), 1585–1590. <https://doi.org/10.1007/s12205-013-0269-1>.
- Kuttler W., Oßenbrügge, J., & Halbig, G. (2017). Städte. In G. Brasseur, D. Jacob, & S. Schuck-Zöller (Eds.), *Klimawandel in Deutschland: Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven* (Vol. 9, pp. 225–234). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-50397-3_22.
- Meyer, C., Rott, U., Kolb, A., & Angstenberger, L. (2008). Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung Retentionszisternen zur Vorentlastung eines Regenrückhaltebeckens. *Wasser Und Abfall*, 10(6), 32–36. <https://doi.org/10.1007/bf03247549>.
- Well, F., & Ludwig, F. (2020). Blue-green architecture: A case study analysis considering the synergetic effects of water and vegetation. *Frontiers of Architectural Research*, 9(1), 191–202. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.11.001> <

www.interest-i.net

Die Autoren

Friederike Well, M.Sc.

Green Technologies in Landscape
Architecture
Fakultät für Architektur
Technische Universität München
80333 München
Tel.: +49 89 2 89 2 25 70
friederike.well@tum.de

Dipl.-Ing. Carlo Morandi, M.Sc.

Technische Universität Kaiserslautern
Ressourceneffiziente Abwasserbehandlung
67663 Kaiserslautern
Tel.: +49 6 31 2 05-29 48
carlo.morandi@bauing.uni-kl.de

Dipl.-Ing. Philipp Richter

Universität Stuttgart
Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft
Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Wasserrecycling
70569 Stuttgart
Tel.: +49 7 11-68 56 58 52
philipp.richter@iswa.uni-stuttgart.de