

## Zwei Jahre Schwammstadt für Bäume in Graz – Erste Ergebnisse aus dem Monitoring

Anna Zeiser<sup>1</sup>, Thomas Weninger<sup>1</sup>, Daniel Zimmermann<sup>3</sup>, Thomas Roth<sup>4</sup>,  
Stefan Schmidt<sup>4</sup>, Sebastian Rath<sup>1, 2</sup> und Peter Strauss<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Bundesamt für Wasserwirtschaft,  
Pollnbergstraße 1, 3252 Petzenkirchen, Österreich*

<sup>2</sup> *Verein Land schafft Wasser, Pollnbergstraße 1, 3252 Petzenkirchen, Österreich*

<sup>3</sup> *3:0 Landschaftsarchitektur, Nestroyplatz 1/1, 1020 Wien, Österreich*

<sup>4</sup> *HBLFA für Gartenbau und österr. Bundesgärten, Grünbergstraße 24, 1130 Wien, Österreich*

### Kurzfassung:

Das Schwammstadtsystem für Bäume, ein dezentrales Regenwasserbewirtschaftungssystem, nutzt Struktursubstrate, um Wurzelwachstum unter verdichteten Oberflächen zu fördern und so die städtische Baumvitalität zu verbessern. Dieses System, inspiriert von Stockholm, wurde in Graz als Reallabor mit einem vielfältigen Monitoringsystem ausgestattet. Hierbei kamen zwei Arten von Struktursubstrat zum Einsatz, verschiedene Baumarten und divers gestaltete Baumstandorte und Wasserzuflusswege. Im Vordergrund stehen die Untersuchung des Bodenwasserhaushalts, des Baumwachstums, sowie der Wasserverteilung. Bisher zeigte sich, dass Dachwasser eine effiziente Ressource für die Versorgung des Bodenvasserspeichers sein kann, jedoch eine gleichmäßige unterirdische Verteilung des Wassers durch Vollsickerrohre nicht erreicht wird. Die Wurzeln breiten sich im Struktursubstrat aus, wobei Barrieren im Nahbereich des Ballens das Baumwachstum beeinträchtigen. Die Infiltration über durchlässige Oberflächenbeläge gewährleistet eine flächige Wasserzufuhr auch bei schlechter Verteilung punktueller Zuflussquellen. Durch die zunehmende Durchwurzelung verändert sich die wasserwirtschaftliche Funktion des Systems mit den Jahren, wobei der Anteil des im Substrat gespeicherten und verdunsteten Wassers zunehmen wird.

**Key-Words:** Struktursubstrat, Baumstandort, Dachwasser, Wasserverteilung, Wurzelausbreitung, Baumwachstum

## 1 Einleitung

Das Schwammstadtsystem für Bäume zählt zu den dezentralen Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen und hat als Kernelement einen Struktursubstratkörper, der Wurzelwachstum auch unter überbauten und somit verdichteten Oberflächen

ermöglichen soll (Zeiser et al, 2023). Diese Maßnahme hat somit nicht vorrangig und vor allem nicht alleinig die Kanalentlastung durch Versickerung des Oberflächenwassers ins Grundwasser zum Ziel, sondern strebt ein vitales und langjähriges Baumwachstum im urbanen Raum an, was aus wasserwirtschaftlicher Sicht Verdunstung, Wasserspeicherung im Wurzelraum und Abflussverminderung durch Interzeption bedeutet (Dowtin et al, 2023). Gesamtheitlich betrachtet sollen dadurch auch die Ökosystemleistungen von Bäumen besser erfüllt werden (Salmond et al, 2016).

Das gegenständliche System als Kombination aus Baumstandort und Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahme mit gezielter Wassereinleitung stammt in sehr ähnlicher Form aus Stockholm (Carbuna, 2024). Struktursubstrate als Wurzelraumgestaltung für Bäume im verbauten Raum fanden schon viel früher auch in der USA Anwendung (Grabosky und Bassuk, 2016).

Messungen zur Funktionsweise von Struktursubstraten oder Bausystemen, die solche als Kernelement beinhalten, betreffen meist einzelne Aspekte des vielseitigen Systems. Häufig betrifft dies die Frage des Baum- und Wurzelwachstums im Struktursubstrat, analysiert beispielsweise mittels Topfversuchen (Loh et al, 2003), oder durch eine Analyse nach einer gewissen Anzahl von Standjahren im städtischen Raum (Grabosky und Bassuk, 2016; Bühler et al, 2017). Andere Studien befassten sich mit der Stabilität von Bäumen in solchen Struktursubstraten (Ow und Yusof, 2018). Studien, die Aspekte der Wassereinleitung in Baumstandorte aufgreifen, beschäftigen sich beispielsweise mit der Frage des Einflusses des Einstaus der Wurzelzone auf Baum- und Wurzelwachstum (Ow und Ghosh, 2017), ob und unter welchen Bedingungen Bäume vom Einsatz in Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen profitieren können (Grey et al, 2018), oder welchen Einfluss die Gestaltung des Einlaufbauwerks auf die Retentionswirkung des Baumstandortes hat (Szota et al, 2019).

Baumstandorte mit Struktursubstratkörper und/oder gezielter Einleitung von Niederschlagswasser werden in vielfältigen Ausführungen und Designs geplant und errichtet. Zudem spiegeln Untersuchungen im geschützten Raum Heterogenitäten und Herausforderungen des realen urbanen Raums oft nicht wieder. In Österreich findet das Schwammstadtsystem für Bäume zunehmend Anwendung, es fehlen aber noch Vorgaben für eine bestmögliche Planung. Monitoringinstallationen an real umgesetzten Standorten können wertvolle Einblicke in die Funktionsweise geben und Optimierungspotenzial aufzeigen.

Im Rahmen einer Oberflächen-Neugestaltung in einer Wohnstraße in Graz eröffnete sich die Möglichkeit finanziell unterstützt von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft FFG über das Projekt MUFUWU Stadtbaum (Stadt der Zukunft, 6. Ausschreibung 2018) ein Reallabor im Straßenraum zum Schwammstadtsystem für Bäume in einer facettenreichen Ausführung mit einem vielseitigen Messequipment aufzubauen. Die Planungen des Standorts wurden vom Landschaftsarchitekturbüro

3:0 in Absprache mit dem Auftraggeber Stadt Graz durchgeführt, das Messequipment und die zu untersuchenden Fragestellungen bestmöglich darauf abgestimmt. Auf folgende Fragestellungen wurde unter anderem abgezielt:

- Wurzeln die neugepflanzten Bäume in das Struktursubstrat? Wie rasch können sie dort ihre Wurzeln etablieren?
- Zeigen sich Unterschiede zwischen den Bäumen derselben Baumart in ihrer Vitalität und ihrem Wachstum? Worauf können diese zurückgeführt werden?
- Über welche Distanz kann ein Vollsickerrohr als Verteilrohr das punktuell eingeleitete Wasser verteilen? Eignet sich ein solches Rohr als Verteilelement?
- Eignet sich die Einleitung von Dachwasser ins System und ist diese praktikabel durchführbar?

## **2 Material und Methoden**

Der untersuchte Realstandort befindet sich im Leonhardgürtel in Graz, einer Sackgasse mit geringem Verkehrsaufkommen in einem Wohngebiet in Zentrumsnähe. Die umgebauten Bereiche dienten vor dem Umbau als Parkplätze und waren unversiegelt ohne Oberflächengestaltung ausgeführt. Im östlichen Bereich war bereits eine Kastanienallee vorhanden. Auch nach dem Umbau dienen die neu gestalteten Oberflächen großteils als Parkplätze. Im Projektgebiet kamen vier verschiedene Baumarten zum Einsatz.

### **2.1 Systembeschreibung**

Das Projektgebiet umfasst zwei Abschnitte beidseits des Leonhardgürtels: Leonhardgürtel Ost und Leonhardgürtel West (Stadt Graz, 2022). Im Bereich Ost kam das einphasige Einbauverfahren mit vorgemischtem Struktursubstrat zum Einsatz und der Fokus lag auf der Einbettung von Bestandsbäumen ins System, wobei vier Bestandsbäume und drei Neupflanzungen im Leonhardgürtel Ost stehen. Der Bereich West wurde im zweiphasigen Einbauverfahren ausgeführt, also mit eingeschlammtem Struktursubstrat, und wiederum in einen Nord- (drei Neupflanzungen) und Südbereich (vier Neupflanzungen) durch eine Hauszufahrt getrennt unterteilt. Der Südbereich wurde mit einer Fläche von rund 130 m<sup>2</sup> und einem Struktursubstratvolumen von rund 80 m<sup>3</sup> für das Monitoring als Hauptmessbereich ausgewählt und mit einer Mehrzahl an Sensoren ausgestattet.

#### **2.1.1 Wege des Wassers**

Dem Hauptmessbereich wird Oberflächenwasser vom Dach (ca. 80 m<sup>2</sup>), der Straße (ca. 150 m<sup>2</sup>), dem Parkplatz und den Baumscheiben zugeführt. Das Dachwasser wird über ein Fallrohr in einen Sammelschacht und von diesem unterirdisch über ein Vollsickerrohr (ca. 1 % Gefälle) in die Belüftungs- und Verteilschicht, also direkt über dem Struktursubstrat, eingeleitet. Das Straßenwasser wird einem Tiefbeet mit Bodenfiltersubstrat zugeleitet und dort ins Struktursubstrat versickert. Die Parkflächen

sind unversiegelt ausgeführt, das auftreffende Niederschlagswasser versickert somit großteils durch die ungebundenen Tragschichten ins Struktursubstrat. Auch über die Staudenflächen und offenen Baumscheiben versickert Wasser ins System. Der Einbau eines Dränrohrs an der Unterkante des Struktursubstratkörpers parallel zur Straße war Vorgabe von beteiligten Stakeholdern zum Schutz des Straßenunterbaus vor einem Einstau. Ein möglicher Wasserrückstau im Struktursubstrat wird dadurch weitgehend unterbunden.

## **2.2 Kontinuierliche Datenerfassung**

Der Bodenwasserhaushalt als Basis für die Untersuchung der Wasserverteilung, der Wurzelausbreitung und möglicher Trockenphasen aus Sicht des verfügbaren Bodenwassers wurde mittels VWC-Sensoren (Teros 12, Meter Group) und Matrixpotenzial-Sensoren (Teros 21, Meter Group) im 5-Minuten-Intervall erfasst. Ein Ultraschallsensor (UM18-217126111, SICK) im Zuflussrohr aus dem Dachwassersammelschacht kommend erfasst den Wasserstand im Rohr, der mittels einer Kalibrierfunktion in einen Durchfluss umgerechnet wird. Der Drucksensor (PTX 1830, GE) im Tiefbeet erfasst den temporär im Zuge mittelgroßer Niederschlagsereignisse auftretenden Wasserstand im Versickerungsbecken. Dies soll einen Einblick in die Wasserströme ins System geben.

Eine kompakte All-in-one-Wetterstation erfasst die maßgeblichen mikroklimatischen Parameter (ATMOS41, Meter Group). Für die Qualitätsprüfung und die Korrektur wird die naheliegende Station Graz Universität (ID 16412) der GeoSphere Austria herangezogen (<https://data.hub.geosphere.at/>).

Dendrometer (DRS26) zeichnen den Stammumfang der 14 im Projektgebiet stehenden Bäume im 10-Minuten-Intervall auf und erlauben einen Vergleich der Wachstumsraten gleicher Baumarten. Saftstrommessgeräte basierend auf dem Heat-Pulse-Verfahren (SFM-4, UGT GmbH) lieferten im 15-Minuten-Intervall Daten zum Saftfluss von sechs ausgewählten Bäumen. Die Dendrometer und Saftstrommessgeräte ermöglichen Einblicke in die Wasserversorgung aus Sicht der Bäume.

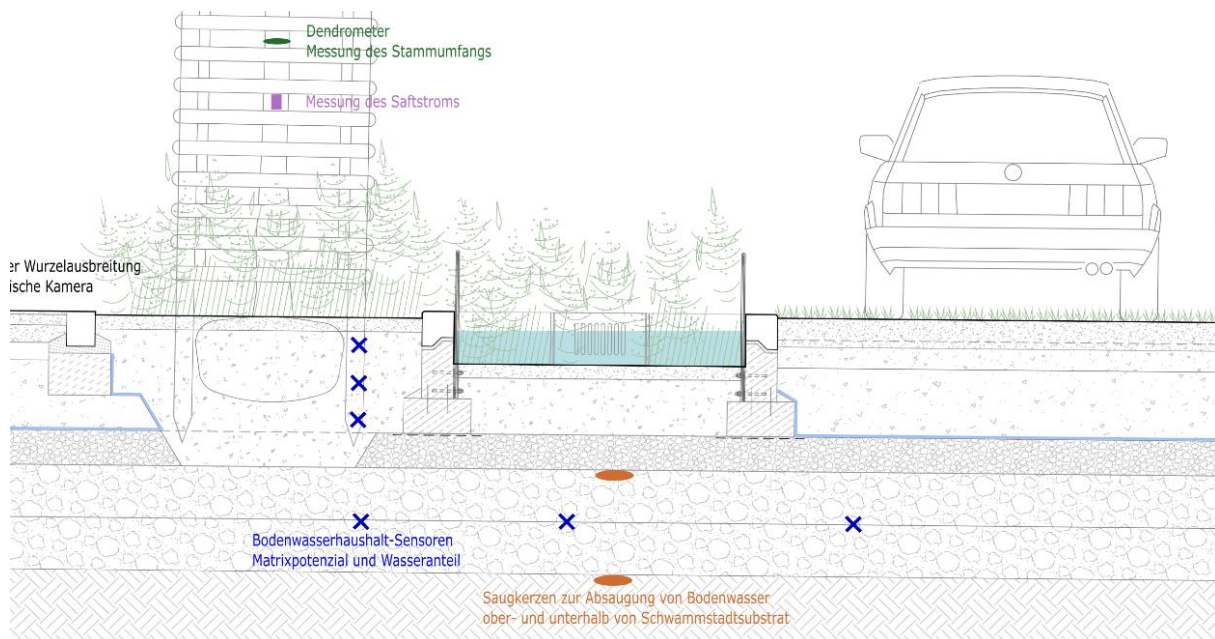


Abbildung 1: Exemplarische Skizze der Positionierung der Sensoren rund um einen neugepflanzten Baum.

## 2.3 Diskontinuierliche Datenerfassung

### 2.3.1 Substratuntersuchung

Die am Standort verwendeten Substrate (Baumsubstrat, Struktursubstrat, Bodenfiltersubstrat) wurden im Labor des BAW-IKT Petzenkirchen auf die zentralen bodenhydrologischen Kennwerte untersucht: Gesamtporenvolumen, gesättigte hydraulische Leitfähigkeit, Luftkapazität, Wasserkapazität nach 2 h, Feldkapazität bei pF 1,8 und permanenter Welkepunkt.

### 2.3.2 Bodenwasser

Saugkerzen (SK20, Meter Group), die jeweils als Paar ober- und unterhalb des Struktursubstrats an derselben Position eingebaut wurden, dienten der Entnahme von verfügbarem Bodenwasser mittels Unterdrucks. Es erfolgte eine monatliche Beprobung, wobei das dabei entnommene und analysierte Bodenwasser jeweils eine Mischprobe aus den vorangegangenen rund 3 Tagen war. Die Wasserproben wurden im Labor des BAW-IKT Petzenkirchen auf die Parameter pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit,  $\text{NO}_3^-$ , DOC,  $\text{Cl}^-$  und  $\text{SO}_4^{2-}$  untersucht.

### 2.3.3 Bonitierung, Erfassung der Triebblängen

Einmal jährlich wurden die durchschnittlichen Triebblängen gemessen, sowie eine Beurteilung der Baumvitalität durchgeführt.

#### 2.3.4 Blattanalysen

Im Zuge der Bonitierungen wurden von insgesamt acht Bäumen Blattproben entnommen, die auf diverse Nährstoffe untersucht wurden.

#### 2.3.5 Visuelle Wurzelaufnahmen

Plexiglasrohre wurden im Zuge des Substrataufbaus mit eingebaut und im Jahr 2023 zur Erkundung der Wurzelausbreitung mit einer endoskopischen Kamera befahren.

### 2.4 Flutungsversuche

Im Jahr 2023 wurden gezielte Wasserzuleitungen definierter Zuflussraten und -mengen in den Hauptmessbereich durchgeführt – drei Mal über das Verteilrohr und einmal über das Tiefbeet –, um die Wasserverteilung im System für die einzelnen Zuflusswege beobachten zu können. Rohrkameras dienten der visuellen Aufnahme der Fließdistanzen und -dynamik im Verteilrohr. Die Bodenwasserhaushaltssensoren wurden für die Versuche auf ein 1-Minuten-Intervall gesetzt, um die Dynamik erfassen zu können.

## 3 Ergebnisse

Die umfangreiche Messausstattung liefert vielfältige Daten und Messreihen, die Einblicke in diverse Aspekte rund um das im Leonhardgürtel eingebaute Schwammstadtprinzip für Bäume liefern können. Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse dargestellt, beziehend auf die eingangs formulierten Fragen. Hierfür fließen nicht alle aufgenommenen Daten mit ein und einige angeführte Methoden finden sich im Ergebnisteil nicht wieder. Auf Anfrage kann gerne Auskunft über weitere Ergebnisse gegeben werden.

### 3.1 Wurzelausbreitung

In der ersten Vegetationsperiode der neugepflanzten Bäume beschränkte sich die Wurzelausbreitung auf das ballenumgebende Baumsubstrat (Abbildung 2). Die Verläufe des Matrixpotenzials in den drei Tiefen deuten auf eine gute Auswurzelung aus dem Ballen hin. In der zweiten Vegetationsperiode 2023 zeigte sich hingegen bei den drei dargestellten Bäumen (*Styphnolobium japonicum*) bereits eine beginnende Wurzelausbreitung im Struktursubstrat, ersichtlich am Wasserentzug gemessen durch die Sensoren MP50\_120 (120 cm Tiefe, 50 cm Entfernung).

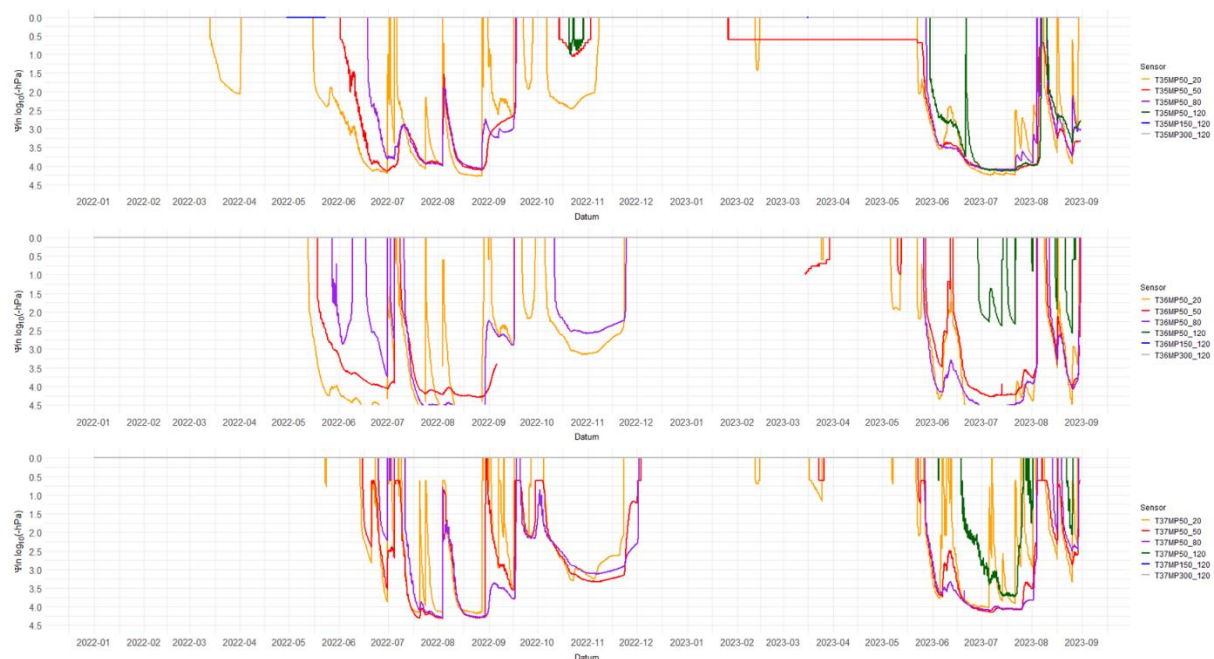


Abbildung 2: Bodenwasserhaushalt gemessen als Matrixpotenzial (pF-Wert) bei den drei näher untersuchten japanischen Schnurbäumen (oben: T35, Mitte: T36, unten: T37; gelb, rot und violett sind die Sensoren im Baums substrat in zunehmender Tiefe, grün der baumnächste Sensor im Struktursubstrat).

### 3.2 Baumwachstum

Die vier japanischen Schnurbäume zeigen im zweiten Vegetationsjahr bereits ein deutlich differenziertes Wachstums- und Entwicklungsverhalten. Der Baum T38 zeigte in etwa doppelt so viel Stammzuwachs wie die Bäume T36 und T37, auch der Baum T35 blieb deutlich hinter dem Baum T38 zurück (Abbildung 3).

Auch der visuelle Gesamteindruck, sowie die Blattfärbung weisen auf ein vitaleres und besseres Wachstum des Baumes T38 im Vergleich zu den drei anderen *Styphnolobien* im zweiten Vegetationsjahr hin (Abbildung 4).



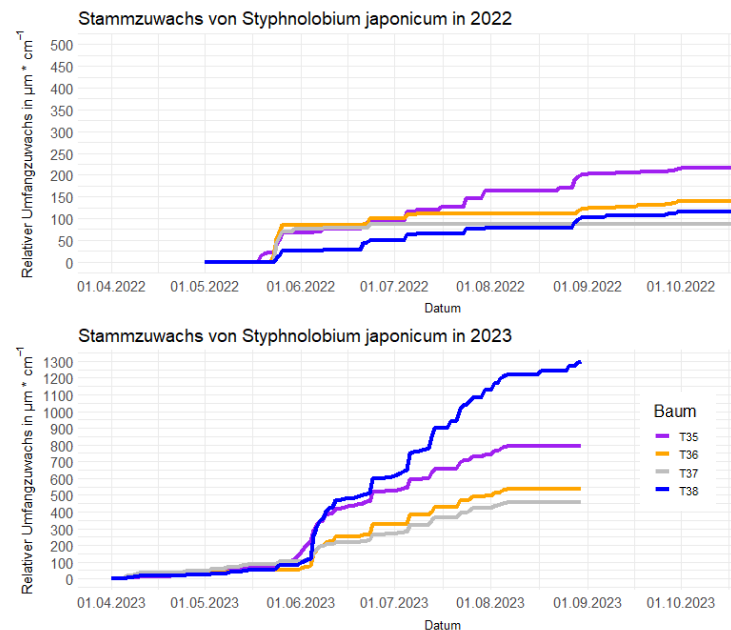


Abbildung 3: Stammzuwachs der vier Exemplare *Styphnolobium japonicum* in den Vegetationsperioden 2022 und 2023.



Abbildung 4: Fotos der vier Exemplare *Styphnolobium japonicum* am 21.09.2023 (von links nach rechts: T35, T36, T37, T38).

### 3.3 Wasserzufuhr und -verteilung: Dachwasser und flächige Infiltration

Der vom Dachwasser gespeiste Zufluss zum Hauptmessbereich zeigte eine rasche Reaktion auf den Niederschlag und folgte weitgehend der Niederschlagsganglinie. Im Zeitraum 01.01.2022 bis 30.08.2023 brachten von der Dachfläche mit 80 m<sup>2</sup> 158 Niederschlagsereignisse >1 mm rund 103 m<sup>3</sup> Dachwasserzufluss in den beschriebenen Hauptmessbereich, wobei der Großteil der Wassermenge in den Sommermonaten ins System floss.



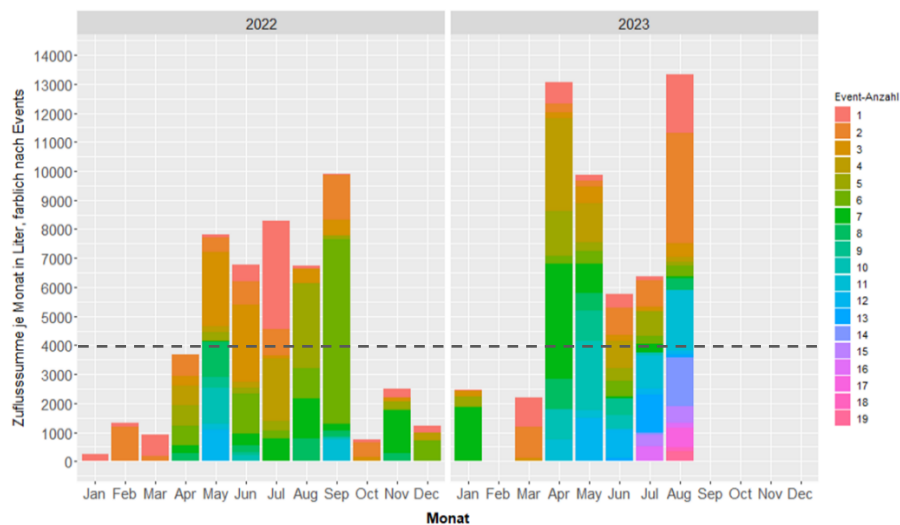


Abbildung 5: Zuflussmenge aus Dachwasser je Monat und Event zum Hauptmessbereich, strichliert: pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher im Hauptmessbereich.

Eine Gegenüberstellung der eventbezogenen Zuflusssummen, deren Eintrittsmonat und des pflanzenverfügbaren Bodenwasserspeichers im Struktursubstrat des Hauptmessbereichs mit rund 130 m<sup>2</sup> Oberfläche (ca. 4000 Liter) zeigt, dass die vom Dachwasser zufließende Wassermenge in den Sommermonaten theoretisch eine 1,5- bis 3-malige Auffüllung des pflanzenverfügbaren Bodenwasserspeichers ermöglichen hätte (Abbildung 5). Die zeitliche Verteilung der Events, sowie auch die räumliche Verteilung des Zuflusses flossen in diese grobe Abschätzung nicht mit ein.

Die Erfassung des Dachwasserzuflusses erfolgte vor dem Beginn der Verteilrohrstrecke (ausgeführt als Vollsickerrohr). Die Flutungsversuche mit Wasserzufuhr über den Dachwasserschacht zeigten, dass die Verteilung des zufließenden Wassers bei einem realistischen mittleren Niederschlagsereignis und dem gegebenen Dacheinzugsgebiet mit einer Zuflussrate von 0,8 L/s (entspricht einer Intensität von 36 mm/h) nur auf den ersten maximal 5 Metern des Verteilrohrs passiert. Deutlich höhere Zuflussraten von 4 – 5 l/s – dies wurde im Zuge eines natürlichen Niederschlagsereignisses im Beobachtungszeitraum nicht detektiert und entspräche einer Niederschlagsintensität von 180 – 225 mm/h) - führten zu einer Verteilstrecke von 8 – 10 m im Verteilrohr. Die gesamte Länge bis zum südlichen Ende des Struktursubstratkörpers beträgt rund 28,5 m. Die verbleibende Länge von 18 – 24 m wird somit vom Dachwasser nicht gespeist.

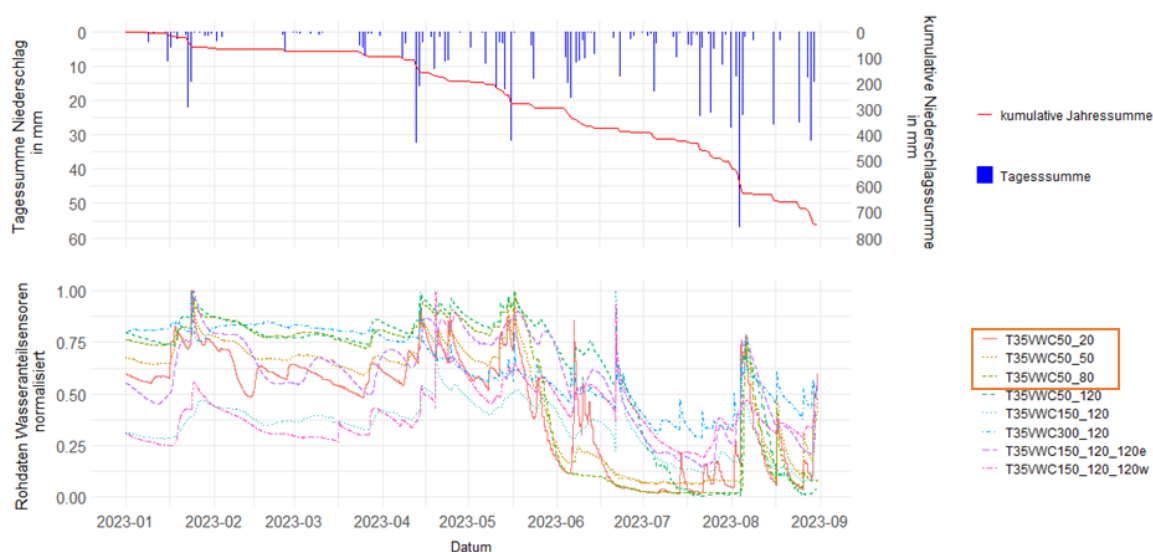


Abbildung 6: Reaktion der Wasseranteilssensoren rund um den Baum T35 auf Niederschlagsereignisse im Jahr 2023 (Baumsubstrat: 50\_20, 50\_50, 50\_80; Struktursubstrat: 50\_120, 150\_120, 300\_120, 150\_120e, 150\_120w).

Der gesamte Hauptmessbereich ist mit einer durchlässigen Oberfläche unterschiedlicher Art (Baumsubstrat mit Mulchdecke, Tiefbeet mit Bodenfiltersubstrat und Mulchdecke, Parkplatzfläche mit Plastikwaben und Kiesverfüllung, Staudensubstrat mit Mulchdecke) ausgeführt. Dies ermöglicht eine flächendeckende Befeuchtung des Struktursubstrats trotz mangelnder Verteilung über das Verteilrohr. Die Bodenwasserhaushaltsdaten im Struktursubstrat zeigen ein variierendes Verhalten als Antwort auf die Niederschlagsereignisse, was durch die Heterogenität des Umfelds bedingt durch beispielsweise die Heterogenität des Struktursubstrats an sich, die Positionierung im System, ein mögliches Blätterdach über dem Sensor, variierend parkierende Autos erklärbar ist (Abbildung 6). Es ist ersichtlich, dass es ein Event mittlerer Größenordnung (ca. > 10 mm) braucht, damit es zu einer messbaren Befeuchtung mittig im Struktursubstrat kommt, obwohl der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher über die gesamte Messdauer weitgehend flächig gefüllt war. Der oberflächlichste Sensor im Baumsubstrat in einer Tiefe von 20 cm deutet häufig vergleichsweise starke Befeuchtungen an.

### 3.4 Bodenwasserhaushalt

Im Jahr 2022 erfolgte die erste Austrocknung der im Baumsubstrat gemessenen Tiefenstufen mit deutlichem zeitlichem Abstand, beginnend mit der oberflächlichsten Messung in 20 cm Tiefe (Abbildung 2). Besonders bei den Bäumen T35 und T36 waren die zeitlichen Abstände groß, beim Baum T37 war die Reihenfolge dieselbe, allerdings verhalten sich die Verläufe sehr ähnlich und haben nur einen geringen zeitlichen Abstand. Im Jahr 2023 zeigten die drei Sensoren bei allen drei Bäumen annähernd zeitgleich den Beginn der ersten fröhsommerlichen Austrocknung. Während sich im

Frühjahr 2022 die Wurzelausbreitung im Baumsubstrat erst vom Pflanzballen aus entwickeln musste, war dieses verzweigte Wurzelwerk im Frühjahr 2023 bereits als Basis vorhanden. In weiterer Folge detektierte im Frühjahr/Sommer 2023 der jeweils baumnächste Sensor im Struktursubstrat den ersten Wasserentzug, wobei dies beim Baum T35 beinahe zeitgleich zu den Sensoren im Baumsubstrat erfolgte und bei den anderen beiden Bäumen doch deutlich später.

Eine Auffüllung des pflanzenverfügbaren Bodenwasserspeichers erfolgte während der Sommermonate vor allem im oberflächennahen Baumsubstrat und reichte häufig nicht in größere Tiefen. Größere Niederschlagsmengen, wie dies beispielsweise Anfang August 2023 der Fall war, befeuchteten das Baumsubstrat bis in eine Tiefe von 80 cm. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Bäume nach dem feuchten Augustbeginn 2023 auf einen gefüllten Bodenwasserspeicher zugreifen konnten. Daran anschließend folgte eine rasche Abnahme des Matrixpotenzials bedingt durch die intensive Verdunstung und das bereits existierende, verzweigte Wurzelsystem.

Im Winter zwischen den beiden Beobachtungsjahren war der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher gefüllt. Die Auffüllung von diesem im Herbst dauerte bis Mitte November/Anfang Dezember.

## 4 Diskussion

Der Unterschied im Baumwachstum in der zweiten Vegetationsperiode, sowie im Zeitpunkt der beginnenden Durchwurzelung des umgebenden Struktursubstratkörpers ist vermutlich auf die unterschiedliche Ausgestaltung der Baumstandorte zurückzuführen. Während die Bäume T38 und T35 von keiner physischen Barriere im Tiefenbereich des Baumsubstratkörpers auf einer Distanz von zumindest 3 m umgeben sind, sitzt der Baum T37 in einem Betonkranz mit einer Seitenlänge von 1 m und der Baum T36 in einer rechteckigen Baumscheibe (ca. 2x4 m), die auf 3 Seiten von Randsteinen auf einer betonierten Bettung mit Böschung zum Baum hin begrenzt ist. Der Baum T38 hat zudem das größte Volumen an Baumsubstrat zur Verfügung mit rund 9 m<sup>3</sup>, der Baum T37 das kleinste mit 0,8 m<sup>3</sup>. Der Baum T36 hat in etwa 5 m<sup>3</sup> Baumsubstrat zur Verfügung, der Baum T35 3 m<sup>3</sup>.

Die Bäume T36 und besonders T37 müssen für die Wurzelausbreitung im Struktursubstrat in Richtung der verbauten Sensoren zuerst beinahe vertikal nach unten wurzeln, bevor sich diese im Struktursubstrat ausbreiten können. Bei den Bäumen T35 und T38 hingegen kann dies zumindest in den ersten Jahren ungehindert in alle Richtungen erfolgen. Eine Einschränkung des natürlichen Wurzelwachstums kann vielfältige Nachteile haben und beispielsweise zu Wurzeldeformationen, geringeren Stammzuwächsen, geringerer Vitalität führen (Jim, 2023) – dies war im zweiten Beobachtungsjahr sichtbar und messbar. Grundsätzlich zeigen die Daten aber, dass die Wurzelausbreitung im Struktursubstrat stattfindet und die Bäume dieses annehmen. Auch Loh et al (2003) oder Grabosky und Bassuk (2016) zeigten dies.

Die nur geringfügige Verteilung des zugeleiteten Dachwassers im Struktursubstratkörper auf den ersten wenigen Metern des Verteilrohrs zeigt, dass ein Vollsickerrohr für eine großflächige Wasserverteilung ausgehend von einem Zuleitungspunkt ungeeignet ist. Eine regelmäßige Befeuchtung des Struktursubstratkörpers ist für die Versorgung des darin wurzelnden Baumes essenziell. Im Falle des gegenständlichen Projektgebiets wird dies durch die durchlässige Oberfläche und die Infiltration in einem gewissen Ausmaß gewährleistet (Abbildung 6). Bei einer versiegelten Oberfläche kommt der unterirdischen Verteilung eine wesentliche Bedeutung zu. Zusätzlich bietet Oberflächenwasser aus angeschlossenen Einzugsgebieten die Möglichkeit auf Grund der größeren Menge an zufließendem Wasser den Bodenwasserspeicher häufiger und durchdringender zu füllen. Eine mögliche Alternative zu Vollsickerrohren als Verteilelemente sind beispielsweise Teilsickerrohre, aus denen Wasser erst austritt, wenn sich ein gewisser Wasserstand über die gesamte Länge eingestellt hat, oder mehrere punktuelle Zuflusselemente, wie dies in Schweden gehandhabt wird (Carbuna, 2024). Ein sich einstellender Wasseranstau im Struktursubstratkörper kann ein weiterer Weg sein, eine ungleichmäßige Wasserverteilung von oben zu kompensieren, hängt aber von der Durchlässigkeit des anstehenden Untergrunds ab und bietet zudem die Gefahr der Schädigung des Baumes, bei länger andauerndem und häufig auftretendem Einstau (Grey et al, 2018).

Je nach Oberflächenbelag ist Dachwasser meist unproblematisch was Schadstoffe anbelangt und kann ohne Vorreinigung direkt ins Struktursubstrat eingeleitet werden (ÖWAV RB 45, 2015). Dies spart Platz und Kosten für Bodenfilterbecken oder ähnliche Reinigungsmaßnahmen, die bei Straßenwasser benötigt werden. Dachwasser hat bei geneigten Dächern eine geringe Fließzeit, einen hohen Abflussbeiwert, folgt der Niederschlagsganglinie und kommt nur sehr gering verzögert im Struktursubstrat an. Der Anteil an Niederschlagswasser, der vom Dachwasser schlussendlich im Struktursubstrat ankommt, ist somit sehr hoch, was Dachwasser auch bei kleinen Events zu einer wertvollen Ressource für die Auffüllung des Bodenwasserspeichers macht. Problematisch hinsichtlich der Verwendung des Dachwassers können die Eigentumsverhältnisse von diesem sein. Für die Verwendung des Dachwassers von privaten Gebäuden braucht es in Österreich häufig die Zustimmung der Hauseigentümer:innen.

Die Matrixpotenzialverläufe in den ersten beiden Beobachtungsjahren deuten bereits die Veränderung des Bodenwasserhaushalts über die Zeit an (Abbildung 2). Mit zunehmender Wurzelentwicklung und Baumgröße steigt auch der Anteil des zufließenden Wassers, der über das Jahr gesehen im Substrat gespeichert werden kann und in weiterer Folge für die pflanzliche Verdunstung verwendet wird. In den beiden dargestellten Beobachtungsjahren ist davon auszugehen, dass auf Grund des geringen Einflussbereichs der Bäume und des flächig dauerhaft gefüllten Bodenwasserspeichers im Struktursubstrat nahezu das gesamte zufließende Wasser ins Grundwasser versickerte.

## 5 Schlussfolgerung

An den Projektstandorten Leonhardgürtel Ost und Leonhardgürtel West wurde eine facettenreiche Version des Schwammstadtsystems für Bäume installiert, wo viel ausprobiert wurde und kein Baumstandort dem anderen gleicht. Die darin eingebaute umfangreiche Messausstattung gibt einen Einblick in diverse Aspekte, die im etablierten Gesamtsystem eine Rolle spielen, ermöglicht aber nur bedingt die vertiefende Analyse einzelner Aspekte und Zusammenhänge. Um das System für die praktische Umsetzung zu optimieren, ist es wichtig aus bereits umgesetzten Projekten zu lernen und die Funktionsweise von diesen zu verstehen. Hierfür wurde in Graz die Grundlage geschaffen und erste Erkenntnisse besonders zur Wasserverteilung im System und dem Einfluss der direkten Baumumgebung auf das Wachstum in den ersten Jahren liegen vor.

## 6 Literatur

- Bühler O., Ingerslev M., Skov S., Schou E., Thomsen I. M., Nielsen C. N., Kristoffersen P. (2017): Tree development in structural soil – an empirical below-ground in-situ study of urban trees in Copenhagen, Denmark. *Plant Soil*, 413, S. 29-44.
- Carbuna AG (2024): Pflanzgruben in der Stadt Stockholm – ein Handbuch 2017. Deutsche Übersetzung. Originalversion: Stadt Stockholm, 2017.  
[https://cdn.shopify.com/s/files/1/0588/0152/0800/files/Pflanzgruben\\_in\\_der\\_Stadt\\_Stockholm\\_2017\\_2024\\_V0.1\\_20240325.pdf?v=1711441066](https://cdn.shopify.com/s/files/1/0588/0152/0800/files/Pflanzgruben_in_der_Stadt_Stockholm_2017_2024_V0.1_20240325.pdf?v=1711441066).
- Dowtin A. L., Cregg B. C., Nowak D. J., Levia D. F. (2023): Towards optimized runoff reduction by urban tree cover: A review of key physical tree traits, site conditions, and management strategies. *Landscape and Urban Planning*, 239, 104849. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104849>.
- Grabosky J., Bassuk N. (2016): Seventeen years' growth of street trees in structural soil compared with a tree lawn in New York City. *Urban Forestry & Urban Greening*. S. 103-109. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2016.02.002>.
- Grey V., Livesley S. J., Fletcher T. D., Szota C. (2018): Establishing street trees in stormwater control measures can double tree growth when extended waterlogging is avoided. *Landscape and Urban Planning*, 178, S. 122-129. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.06.002>.
- Jim C. Y. (2023): Rootability confinement and soil-husbandry solutions for urban trees in sealed and insular sites. *Plant Soil*, 483, S. 153-180. <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05728-3>.
- Loh F. C. W., Grabosky J. C., Bassuk N. (2003): Growth response of *Ficus benjamina* to limited soil volume and soil dilution in a skeletal soil container study. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2, S. 53-62.



- Ow L. F. und Yusof M. L. M. (2018): Stability of four urban trees species in engineered and regular urban soil blends. Journal of Urban Ecology, S. 1-6, <https://doi.org/10.1093/jue/juy014>.
- Ow L. F. und Ghosh S. (2017): Urban tree growth and their dependency on infiltration rates in structural soil and structural cells. Urban Forestry & Urban Greening, 26, S. 41-47. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2017.06.005>.
- ÖWAV - Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband: ÖWAV-Regelblatt 45 – Oberflächenentwässerung durch Versickerung in den Untergrund. Wien, 2015.
- Salmond J. A., Tadaki M., Vardoulakis S., Arbuthnott K., Coutts A., Demuzere M., Dirks K. N., Heaviside C., Lim S., Macintyre H., McInnes R. N., Wheeler B. W. (2016): Health and climate related ecosystem services provided by street trees in the urban environment. Environmental Health, 15(S1), S. 95-111. <https://doi.org/10.1186/s12940-016-0103-6>.
- Stadt Graz (2022): Stadtbaum Leonhardgürtel. Video, Graz. <https://www.youtube.com/watch?v=IRZ3vqrtVBA>.
- Szota C., Coutts A. M., Thom J. K., Virahsawmy H. K., Fletcher T. D., Livesley S. J. (2019): Street tree stormwater control measures can reduce runoff but may not benefit established trees. Landscape and Urban Planning, 182, S. 144-155. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.10.021>.
- Zeiser A., Rath S., Grimm K., Schmidt S., Klammler G., Zimmermann D., Murer E., Roth T., Strauss P., Weninger T. (2023): Überlegungen zur Dimensionierung und Ausführung des Systems Schwammstadt für Bäume. Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft, 75, S. 449-462. <https://doi.org/10.1007/s00506-023-00962-0>.

**Korrespondenz an:**

Anna Zeiser  
Pollnbergstraße 1, 3252 Petzenkirchen  
+43 7416 52108-897  
[anna.zeiser@baw.at](mailto:anna.zeiser@baw.at)