

# Optimierung des Schwammstadtsubstrats für Stadtbäume zur Erfüllung hydrologischer und gesellschaftlicher Potenziale

## *Optimisation of structural substrate for urban trees to fulfill hydrological and societal potentials*

Anna Zeiser<sup>1\*</sup>, Thomas Weninger<sup>1</sup>, Erwin Murer<sup>2</sup>, Stefan Schmidt<sup>3</sup>, Thomas Roth<sup>3</sup>, Rainer Weisgram<sup>4</sup> und Peter Strauss<sup>1</sup>

### ***Einleitung***

Im von zahlreichen Nutzungsinteressen hart umkämpften Siedlungsraum basiert eine begründbare Flächeninanspruchnahme im besten Fall auf einer guten Abwägung ökonomischer und ökologischer Argumente. Während Stadtbäume von den einen als Platzverschwendung empfunden werden, werden sie von anderen als nachhaltige Notwendigkeit forciert. Die Etablierung des in der Herstellung zeit- und kostenintensiven Schwammstadtsubstrats als Wurzelraum für Stadtbäume rückt die Kosten-Nutzen-Abwägung weiter in den Vordergrund. Die Pflanzung eines Stadtbäumens im Schwammstadtsystem verspricht grundsätzlich verbesserte Leistungserbringung des Baumes für die Gesellschaft auf Grund von langfristiger Vitalität und Wachstum, sowie wesentliche Potenziale für den städtischen Wasserkreislauf (KRUSE 2015; RODRÍGUEZ-ESPINOSA et al. 2021). Der Erfüllungsgrad dieser Potenziale hängt vor allem von der Eignung des Baumstandorts ab, die zielgerichtete Optimierung des Schwammstadtsubstrats ist in diesem Zusammenhang ein wirkungsvoller Hebel.

Das Schwammstadtsubstrat für Stadtbäume ist eine überbaubare Substratkombination, deren Grundgerüst aus groben Steinen in der Größe von 10-15 cm besteht. Dieses Gerüstkorn wird im Zuge eines Umbaus oder Aushubs neben Fahrbahnflächen im Verkehrsraum bis in eine Tiefe von rund 1-1,5 m eingebaut. In diese Grobstruktur wird Feinsubstrat mit Wasser und Druck eingeschlämmt, sodass dieses in den Hohlräumen der Steine dauerhaft unverdichtet vorliegt (EMBRÉM et al. 2009; GRIMM et al. 2019). Das ermöglicht den Wurzeln eines Baumes auch unter versiegelten und kompaktierten urbanen Oberflächen, wie beispielsweise Gehwegen, Radwegen, Parkplätzen, etc. zu wachsen und Wasser, Nährstoffe, sowie Bodenluft vorzufinden. Neben dem erhofften langfristigen und vitalen Wachstum der gepflanzten Bäume, bedeutet der Einsatz eines solchen Substrats in der Regel auch einen Schritt in Richtung Rückkehr zum natürlichen Wasserkreislauf in der Stadt. Schwammstadt für Stadtbäume ist als Blau-Grüne-Infrastrukturmaßnahme einzuordnen und gekoppelt mit einer Einleitung und Verteilung von Niederschlagswasser auszuführen (BLUEGREENSTREETS 2020). Dadurch ergibt sich neben dem temporären Rückhalt des Niederschlagswassers für die pflanzliche Verdunstung und somit Kühlwirkung auch der Vorteil der Retention von Starkregenereignissen (BAUMÜLLER und AHMADI 2016). Die Zusammensetzung des Schwammstadtsubstrates bietet Gestaltungsspielraum, wodurch sich auch unterschiedliche Eigenschaften hinsichtlich der pflanzlichen und hydrologischen Potenziale ergeben können.

Die Untersuchung und Optimierung des Schwammstadtsubstrats je nach Zielvorgaben und Rahmenbedingungen ist ein maßgebliches Ziel der Arbeit mit Stadtbaums substraten am Bundesamt für Wasserwirtschaft. In der Lysimeteranlage für Stadtbäume und Stadtbaums substraten in der Jägerhausgasse in Wien werden seit einigen Jahren verschiedene Substrat- und Konstruktionsvarianten im Reallabormaßstab erprobt. Hierbei wird das Ziel verfolgt, durch eine Kombination diverser Messmethoden die Eignung dieser Substrataufbauten hinsichtlich Baumwachstum und hydrologischer Funktionen zu erheben.

### ***Material und Methoden***

Das Kernelement der Forschungsaktivitäten in diesem Bereich ist die Lysimeteranlage in Wien gekoppelt mit Substratversuchen im Labormaßstab. Im Jahr 2019 wurden in der Außenstelle Jägerhausgasse der HBLFA Schönbrunn drei Lysimeter mit Schwammstadtsystem und drei unterschiedlichen Substraten zur näheren Untersuchung der Funktionsweise, der Vorteile und Möglichkeiten errichtet (Abb.1; ZEISER et al. 2022). Die drei Schwammstadt-Lysimeter in der Größe von 6 x 3 x 1,30 m wurden mit

allen im Straßensetting notwendigen Schichten aufgebaut, haben eine gepflasterte Oberfläche und sind mit jeweils einer *Celtis australis* bepflanzt.

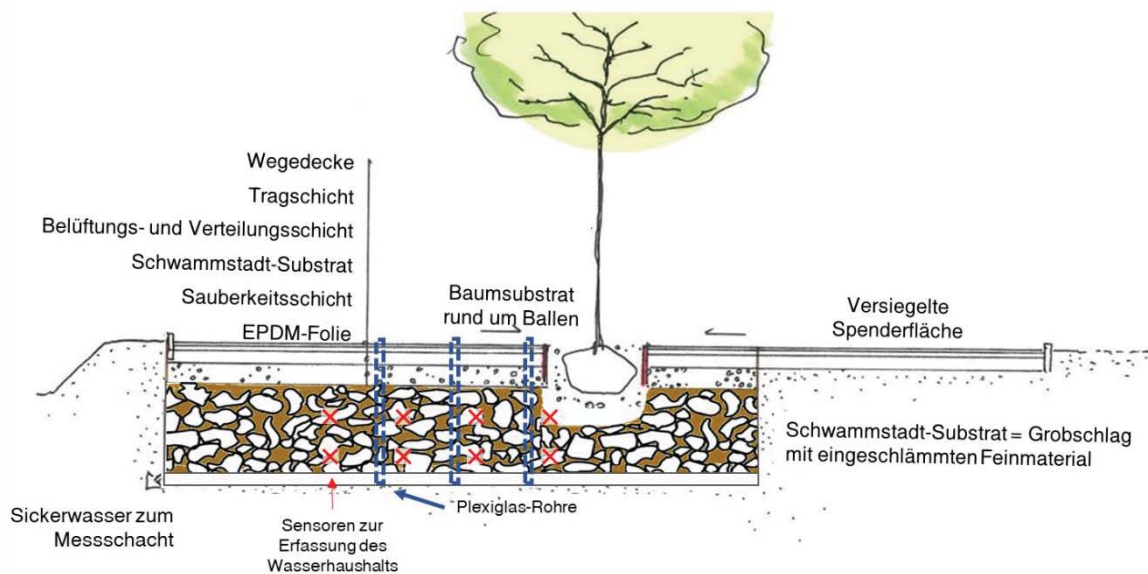


Abbildung 1: Schematischer Schnitt der Schwammstadtlysimeter (Bild: HBLFA/Schmidt und BAW/Zeiser)

Das Hauptaugenmerk liegt auf der Erfassung des Bodenwasserhaushaltes mittels Sensoren zur Messung der Wassergehalte und der Potentialverhältnisse in den Substraten. Durch die Aufzeichnung der Sickerwassermengen, des Niederschlags und des Saftstroms der Bäume wird die Basis für eine Bilanzierung des Wasserhaushalts geschaffen. Zusätzlich finden qualitative Untersuchungen des Boden- und Sickerwassers auf eine Hand voll chemischer Parameter statt. Dendrometer, die eine kontinuierliche Messung des Baumumfangs ermöglichen, die Messung der stomatären Leitfähigkeit (SC-1, METER) zu ausgewählten Zeitpunkten, Infrarotaufnahmen der Baumkronen (FLIR C5), sowie die visuelle Erkundung des Wurzelwachstums in eingebauten Plexiglasrohren mittels einer endoskopischen Kamera und eine fachmännische Bonitierung und Erfassung des Triebzuwachses runden das Messkonzept ab.

Die Kombination von Messwerten verschiedener Art ermöglicht es, belastbarere Schlüsse zum Verhalten des Gesamtsystems in Phasen der Trockenheit sowie im Starkregenfall zu ziehen. Für die Schwammstadtlysimeter liegen Messwerte zu den beschriebenen Kenngrößen aus den Jahren 2020 und 2021 vor. Zusätzlich zum natürlichen Wassereintrag durch Niederschläge wurden die Bäume auch bewässert, insbesondere im ersten Standjahr für die Anwachspflege. Die Bewässerungsdaten wurden aufgezeichnet.

### ***Ergebnisse und Diskussion***

Die Grundlage für die Erfüllung der Funktionen eines Baums ist dessen Möglichkeit das Substrat zu durchwurzeln und aus diesem Wasser und Nährstoffe zu beziehen, sowie ausreichend Bodenluft zur Verfügung zu haben. Eine stark voranschreitende Durchwurzelnung der Lysimeter war mittels der visuellen Beobachtungen in den Plexiglasrohren und der Verläufe der Potenzialverhältnisse an verschiedenen Positionen in den Lysimetern in allen drei Lysimetervarianten zu beobachten. Während die Wurzeln im Frühjahr 2021 maximal bis 1,50 m Entfernung von der Stammachse vorgedrungen waren, weitete sich diese bis in eine Entfernung von über 2,20 m im Sommer 2021 aus. Ein besonderer Schub an Wurzelwachstum schien während der Trockenphase im Juni und Juli 2021 passiert zu sein (Abbildung 2). Die Beurteilung der Wurzelmenge zu den jeweiligen Zeitpunkten in den bestimmten Tiefen erfolgte durch eine manuelle Ansprache der Fotos. Es folgte eine Einordnung in die Kategorien „wenig“, „mittel“ und „viel“.

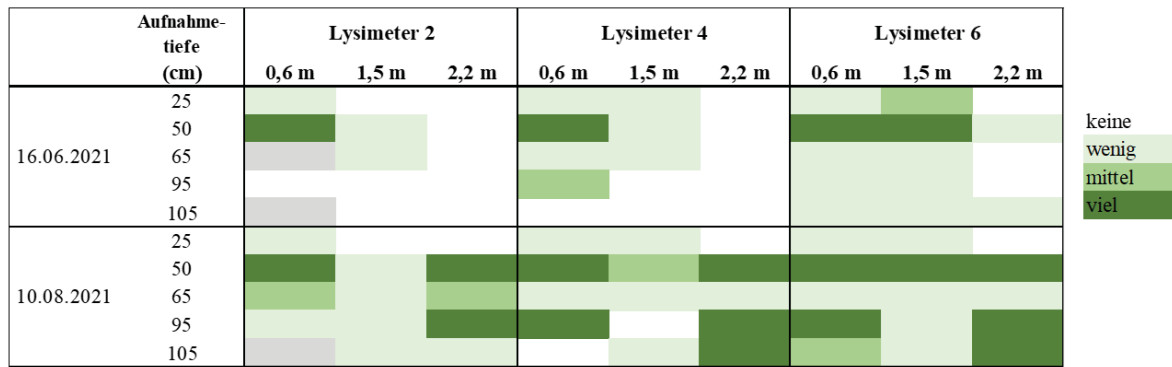


Abbildung 2: Beobachtung der voranschreitenden Wurzel ausbreitung über eine visuelle Erkundung der Plexiglasrohre im Sommer 2021

Während im ersten Standjahr 2020 auf Grund der regelmäßigen Bewässerung im Zuge der Anwuchspflege kein Wassermangel im Wurzelraum der Bäume herrschte und sich Niederschläge in der Regel auch im Sickerwasseranfall widerspiegelten, herrschte im Jahr 2021 in den Monaten Juni und Juli Trockenstress. Dies äußerte sich in reduziertem Saftstrom, den Verläufen der Potenzialsensoren im Substrat, Einbußen im Stammwachstum und reduzierter stomatärer Leitfähigkeit. Auch zeigten kleinere Bewässerungsgaben und Niederschläge in diesem Zeitraum keine Antwort im aufgezeichneten Sickerwasser, was bedeutet, dass diese gänzlich zur Auffüllung des Bodenwasserspeichers dienten.

Die Auswirkung der Trockenperiode 2021 auf die stomatäre Leitfähigkeit ist in Abbildung 3 dargestellt. Die Lysimeter 2, Lysimeter 4 und Lysimeter 6 sind die Bezeichnungen der Schwammstadtlysimeter. Zusätzlich sind die Messungen an den Bäumen in den Baumsubstratlysimetern angeführt. Diese sind ebenfalls mit *Celtis australis* bepflanzt, wurden 2014/15 errichtet und weisen auch in Zeiträumen mit guter Durchfeuchtung, aber vor allem in trockeneren Phasen vergleichsweise geringere stomatäre Leitfähigkeiten auf. Daraus lässt sich auf grundsätzlich bessere Wuchsbedingungen im Schwammstadtsubstrat schließen, auch wenn der Unterschied im Alter der Bäume und folglich deren Kronenvolumen eine Unschärfe in dieser Aussage hervorrufen.

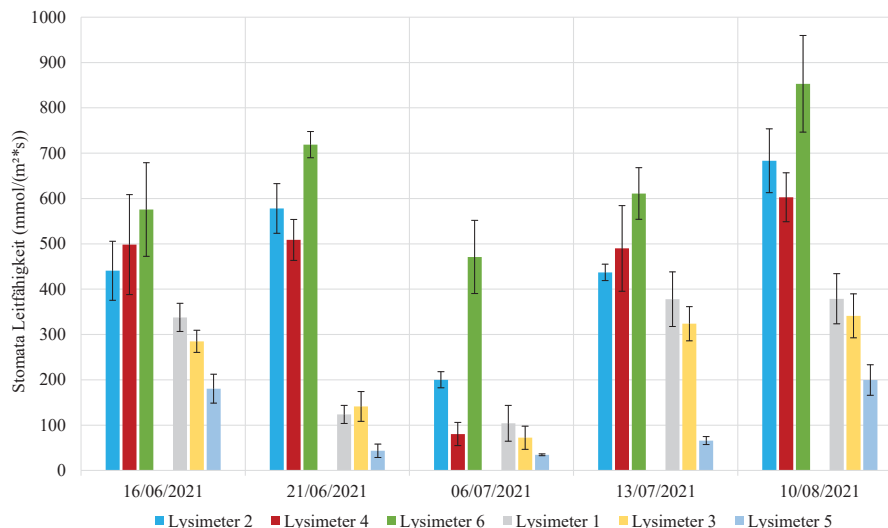


Abbildung 3: Gemessene stomatäre Leitfähigkeiten im Sommer 2021 an den Bäumen der Schwammstadt- und Baumsubstratlysimeter

In diesem Zusammenhang zeigten sich auch erstmals erkennbare Unterschiede zwischen den drei Lysimetern, wobei einer der Bäume (Lysimeter 6) wesentlich geringere Einbußen aufwies, was den Schluss des geringeren Trockenstresses zulässt. Das Schwammstadtsubstrat, in dem dieser Baum wächst, unterscheidet sich von den anderen beiden Lysimetern zum einen durch die Einbauvariante (vorgemischt statt eingeschlämmt), vor allem aber durch die Zusammensetzung des Feinsubstrats. Dieses besteht vorwiegend aus einer Mischung aus Pflanzenkohle und Kompost, was zumindest in den ersten Standjahren und

im geschützten Raum der Lysimeter zu einer besseren Wachstumsgrundlage des darin gepflanzten Baumes führt. Neben geringeren Anzeichen des Trockenstresses weist dieser Baum auch einen stärkeren Zuwachs am Stamm und den Triebblängen, sowie auch den Wurzeln auf. Vermutet wird, dass dies mit den großen Nährstoffmengen des Feinsubstrats zusammenhängt. Die anderen beiden Lysimeter sind im Vergleich dazu mit sandigem Feinsubstrat, das kleine Beimengungen an Pflanzenkohle und Kompost enthält, ausgestattet. Auf Grund dieser hohen Konzentration an Kompostkohle im Feinsubstrat zeigt das Lysimeter 6 aber auch vergleichsweise hohe Austräge an Chlorid und Nitrat im Sickerwasser.

Für eine bessere Beurteilung des Einflusses der Substrate auf die Baumphysiologie und den Bodenwasserhaushalt sind weitere Messperioden und Versuche abzuwarten. Die Idee vorgemischtes Schwammstadtsubstrat statt der Einschlammvariante zu verwenden mag zwar verlockend einfach klingen, wird aber wegen der im Realbaustellensetting angewandten starken Verdichtung und des damit einhergehenden Risikos der Herstellung von für die Durchwurzelung ungeeigneten Bedingungen als Unterbau von befahrenen Flächen vorerst nicht empfohlen. Dieses Risiko besteht bei der Einschlammvariante nicht.

### **Zusammenfassung**

Die Lysimeteranlage in der Außenstelle der HBLFA Schönbrunn in der Jägerhausgasse in Wien bildet gemeinsam mit Laboruntersuchungen die Basis der Forschungsaktivitäten des Bundesamts für Wasserwirtschaft zum Thema Substratoptimierung für Stadtbäume. Im Jahr 2021 war in allen drei Schwammstadtlysimetern eine stark voranschreitende Durchwurzelung der Substrate erkennbar, was die Grundvoraussetzung für das Erfüllen der gesellschaftlich relevanten Potenziale durch die Bäume ist. Im Zuge der Trockenperiode im Juni und Juli 2021 zeigten sich auch erstmals Unterschiede zwischen den drei eingebrachten Substratmischungen und den darin gepflanzten Bäumen. Der Baum mit dem größten organischen Anteil in Form von Pflanzenkohle und Kompost im Schwammstadtsubstrat zeigte hierbei die geringsten Einbußen und nur geringe Anzeichen von Trockenstress. Während mäßig bis sehr trockenen Phasen ließ die stomatare Leitfähigkeit als Vitalitätsindikator auf höhere Resilienz gegenüber Trockenheit im Schwammstadtsubstrat schließen. Die Bäume befinden sich nun am Ende der Anwuchsphase, die kommenden Jahre werden tiefere Erkenntnisse zum mittelfristigen Zusammenspiel von Substrat und Baum im Hinblick auf die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems liefern.

### **Abstract**

The lysimeter facility at the HBLFA Schönbrunn field office in Jägerhausgasse in Vienna, together with laboratory tests, forms the basis of the research activities of the Federal Office of Water Management on the subject of substrate optimization for urban trees. In 2021, a strongly progressing rooting of the substrates was recognizable in all three sponge city lysimeters, which is the basic prerequisite for the fulfillment of the socially relevant potentials by the trees. In the course of the dry period in June and July 2021, differences between the three introduced substrate mixtures and the trees planted in them also became apparent for the first time. The tree with the largest organic content in the form of plant charcoal and compost in the sponge city substrate showed the least losses here and only minor signs of drought stress. During moderately to very dry periods, stomatal conductance as a vitality indicator suggested higher resilience to drought in the sponge stage substrate. The trees are now at the end of the establishment phase, and the coming years will provide deeper insights into the medium-term interaction of substrate and tree in terms of overall system performance.

### **Literatur**

BAUMÜLLER J, AHMADI Y, 2016: Beitrag von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen und freiraumplanerischen Gestaltungselementen zur Verbesserung des Stadtklimas. Bericht zum Forschungsprojekt SAMUWA – Stadt als hydrologisches System im Wandel. Schritte zu einem anpassungsfähigen Management des urbanen Wasserhaushalts. Universität Stuttgart, Eigenverlag.

BLUEGREENSTREETS (Hrsg.), 2020: BlueGreenStreets als multicodierte Strategie zur Klimafolgenanpassung – Wissenstand 2020, April 2020, Hamburg. Statusbericht im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft“ (RES:Z).

EMBRÉM B, ALVEM B-M, STÅHL Ö, ORVESTEN A, 2009: Pflanzgruben in der Stadt Stockholm – Ein Handbuch. Stadt Stockholm, Eigenverlag.  
GRIMM K, MURER E, SCHMIDT S, ZIMMERMANN D, 2019: Das „Schwammstadtprinzip“ und der Arbeitskreis Schwammstadt. ZOLL+ 34, 38-41.  
KRUSE E, 2015: Integriertes Regenwassermanagement für den wassersensiblen Umbau von Städten. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart.  
RODRÍGUEZ-ESPINOSA T, NAVARRO-PEDREÑO J, GÓMEZ-LUCAS I, JORDÁN-VIDAL MM, BECH-BORRAS, ZORPAS AA, 2021: Urban areas, human health and technosols for the green deal. Environ Geochem Health 43, 5065-5086.  
ZEISER, A, WENINGER, T, MURER, E, SCHMIDT, S, WEISGRAM, R, STRAUSS, P 2021: Die Schwammstadt als Substrat für Stadtbäume. 75. ALVA-Tagung, LFZ Franzisco Josephineum, Wieselburg. Tagungsbericht 2021, 60-62.

### ***Adressen der Autoren***

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

<sup>2</sup>Verein Land schafft Wasser, Pollnbergstraße 1, A-3252 Petzenkirchen

<sup>3</sup>Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Gartenbau und Österreichische Bundesgärten, Grünbergstraße 24, A-1130 Wien

<sup>4</sup>Wiener Stadtgärten, Johannesgasse 35, A-1030 Wien

\* Ansprechpartnerin: DI Anna ZEISER, [anna.zeiser@baw.at](mailto:anna.zeiser@baw.at)



**ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR LEBENSMITTEL-  
VETERINÄR- UND AGRARWESEN**



**„Makro- und Nanoplastik – vom Boden und Wasser  
auf den Teller ”**



**Tagungsbericht 2022**

**" Makro- und Nanoplastik –  
vom Boden und Wasser  
auf den Teller "**

30. - 31. Mai 2022

Tagungsort  
Steiermarkhof  
Ekkehard-Hauer-Straße 33  
8052 Graz

Tel. +43 316 8050 7111  
Fax. +43 316 8050 7151

[www.steiermarkhof.at](http://www.steiermarkhof.at)