

Schwammstadt für Stadtbäume

Funktionsorientierte Substratentwicklung am Beispiel des multifunktionalen Wurzelraums

Anna Zeiser¹⁾, Erwin Murer¹⁾, Stefan Schmidt²⁾, Monika Kumpan¹⁾,
Peter Strauss¹⁾ und Thomas Weninger¹⁾

¹⁾ Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Pollnbergstraße 1, 3252 Petzenkirchen, Anna.Zeiser@baw.at

²⁾ Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Gartenbau Schönbrunn, Grünbergstraße 24, 1130 Wien

Kurzfassung

Stadt- und Straßenbäumen werden vielfältige Funktionen und Aufgaben zugesprochen, die aber ein vitales und langjähriges Wachstum voraussetzen. Durch Versiegelung und starke Verdichtung des städtischen Untergrundes finden Bäume in dieser Umgebung selten geeigneten Wurzelraum mit ausreichendem Gasaustausch und einer durchwurzelbaren Porenstruktur vor. Das Konzept der Schwammstadt für Stadtbäume kann hier Abhilfe schaffen. Es stellt geeigneten Wurzelraum auch unter versiegelten Flächen zur Verfügung und bedient gleichzeitig den Retentionsaspekt der Schwammstadt. Um das Schwammstadtsubstrat für diesen multifunktionalen Wurzelraum optimieren zu können, liegt am Bundesamt für Wasserwirtschaft ein Fokus auf der funktionsorientierten Substratentwicklung.

Während dem Grobschlag in der Schwammstadt die Aufgabe der Lastabtragung zukommt, bieten das Feinsubstrat und die Einbauart hydrologische Gestaltungsmöglichkeiten. Die Grundlage dafür bilden die Zielparame- ter laut FLL Richtlinien (2010) für Baumsubstrate mit dem Schwerpunkt auf den bodenphysikalischen Eigenschaften. Es werden regional verfügbare mineralische Komponenten mit organischen, wiederverwertbaren Abfallstoffen vermengt, Mischungsreihen erstellt und diese im Labor auf ihre resultierenden Eigenschaften getestet. Hierfür wurde ein 2-stufiges Laborverfahren bestehend aus einer Schüttmethode und einer Schlämmmethode entwickelt, da es für diese Art von Substrat keine existierende Norm gibt und speziell der Einbau bzw. die Herstellung der Laborprobe viele Möglichkeiten offenlässt. Unterstützt werden diese Laboruntersuchungen durch Monitoringprojekte mit eingebauter Schwammstadt für Stadtbäume im realen Straßensetting.

Einleitung

Schwammstadt für Stadtbäume – wozu?

Der Begriff Schwammstadt wird international auf ein städtebauliches System mit dem Fokus auf die Siedlungswasserwirtschaft und die urbane Entwässerung bezogen. Schwammstadt für Stadtbäume wendet diesen Ansatz zielgerichtet auf verbesserte Wachstumsbedingungen für Stadtbäume durch die Herstellung eines optimierten Wurzelraumes auch unter befestigten Verkehrsflächen an (Nguyen et al., 2019; Schmidt und Murer, 2019).

Bäume im urbanen Raum finden oft schlechte Rahmenbedingungen für vitales Wachstum vor, wobei der hohe Grad der Versiegelung und das Ausmaß der Boden- und Untergrundverdichtung die zentralsten Probleme darstellen. Ein stark eingeschränkter Gasaustausch in diesen überbauten Räumen ist die Folge. Die Baumscheiben, in die Stadtbäume gepflanzt werden, sind häufig von nicht durchwurzelbarem Untergrund eng begrenzt, wodurch das Wurzelwachstum eingeschränkt wird, die Anfälligkeit für Krankheiten steigt und schon im juvenilen Stadium die Vergreisung einsetzt. Gekoppelt mit anderen negativen Einflüssen wie Streusalz, Trockenheit, Schäden durch Verkehr oder Hundeurin führt dies häufig zu einer stark verkürzten Lebensdauer der Bäume. Sein klimaregulierendes Potenzial kann ein Stadtbaum jedoch erst ab einer gewissen Kronengröße bzw. ab einem gewissen Alter entfalten. Regelmäßige Neupflanzungen als Konsequenz führen nicht zum gewünschten kleinklimatischen Effekt und verursachen zusätzliche Kosten. (Benk et al., 2020).

Integriert man Stadtbäume in das Konzept der Schwammstadt, so lassen sich hier mehrere Probleme gleichzeitig lösen (Biber, 2017). Es wird den Bäumen ein erweiterter Wurzelraum bis unter versiegelte Flächen zur Verfügung gestellt, der es den Bäumen ermöglicht, tiefer und weiter verzweigt zu wurzeln und dadurch Wurzelwege in den anstehenden Untergrund zu erschließen (Ow & Ghosh, 2017). Zusätzlich profitieren die Bäume im System auch von zusätzlichen Volumina an pflanzenverfügbar gespeichertem Wasser und sie tragen durch erhöhte Verdunstung zu einem verbesserten Stadtklima bei (Balder, 2020; Smithers et al., 2018). Da Bäume in der Schwammstadt wie die allermeisten Stadtbäume in anthropogen zusammengesetzte Substrate gepflanzt werden, ist die Komposition dieser Substrate ein starker Hebel für die spätere Fähigkeit des Wurzelraums, die angesprochenen Funktionen zu erfüllen. Im Realbetrieb werden oft sehr grobe Beschreibungen der zu verwendenden Materialien vorgegeben, sodass in der Ausführung eine große Bandbreite von Substrateigenschaften resultieren kann. Das Erreichen der gesetzten Ziele des multifunktionalen Wurzelraumes bedingt eine höhere Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Substratcharakteristik. In diesem Beitrag werden dazu Überlegungen und Erfahrungen dargelegt, die im Zuge von konkreten Projekten erarbeitet und laufend erweitert werden und die Etablierung einer funktionsorientierten Substratentwicklung zum Ziel haben.

Methodik - Funktionsorientierte Substratentwicklung

Die Berücksichtigung von Standort und lokalen Rahmenbedingungen für Schwammstadtanwendungen erfordert eine zielgerichtete Substratentwicklung. Die Ausgangsmaterialien für die Substrate sind idealerweise lokal, nachhaltig und in konstanter Qualität verfügbar. Im System Schwammstadt für Stadtbäume erfolgt die Lastabtragung über den eingebrachten Grobschlag und das damit einhergehende unverdichtete Vorliegen des eingeschlammten Feinanteils gilt als Basis für das Funktionieren des Systems. Die Zusammensetzung dieses Schlammsubstrats bietet den größten Raum für Flexibilität und innovative Entwicklungsideen (Embren, Alvem, Stal, & Orvesten, 2009).

Die grundlegende Substrateigenschaft, die eine Vielzahl der relevanten Charakteristiken des Systems Schwammstadt bestimmt, ist die Porenstruktur. Diese beeinflusst unter anderem die Wasserleitfähigkeit, den Gasaustausch, das Retentionsvermögen, die Wasserspeicherfähigkeit für pflanzenverfügbares Wasser, aber auch die Kapazität für eine Einleitung von Oberflächenwasser und das Potential von Schad- und Nährstoffrückhalt. Definierte Zielgrößen für Baumsubstrate finden sich in der Richtlinie der FLL (2010), die die Basis für die bisher etablierte Methodik bilden. Der Balance der zum Teil gegenläufigen Parameter Wasserspeichervermögen, Luftkapazität und Wasserleitfähigkeit kommt eine zentrale Bedeutung zu. Schwerpunkte hinsichtlich bestimmter Charakteristika werden je nach Projekt, Standort, Zielvorgaben und gegebener Rahmenbedingungen definiert und die gezielte Substratherstellung in diese Richtung adaptiert. Für die Überprüfung und Feinabstimmung der Substratzusammensetzung und ihrer Eigenschaften kommen adaptierte bodenphysikalische Labormethoden zum Einsatz. Zwischen den zu erwartenden Substrateigenschaften laut Labormethodik und jenen in umgesetzten Projekten liegen unterschiedliche Baustelleneinflüsse, die bei der Interpretation der Laborergebnisse mitgedacht werden müssen. Die Zusammenhänge, die der funktionsorientierten Substratentwicklung in der hier präsentierten Form zu Grunde liegen, sind in Abb. 1 dargestellt.

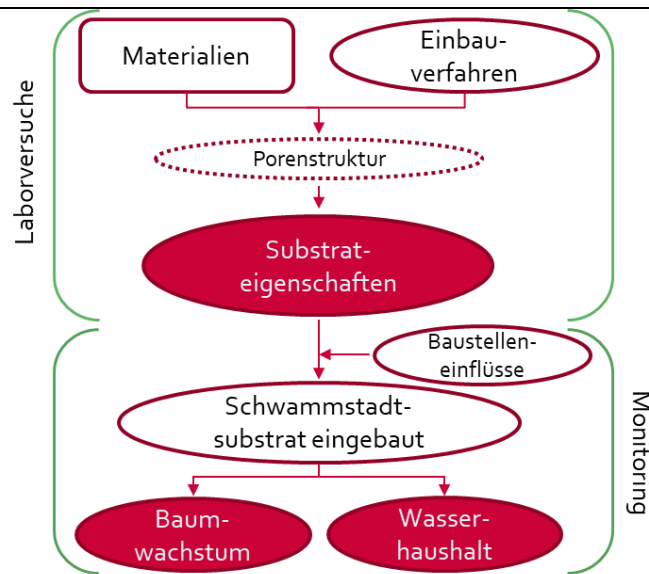


Abbildung 1: Grundkonzept der funktionsorientierten Substratentwicklung mit anschließender Überprüfung in Monitoring-Projekten.

Adaptierte Labormethodik

Mischungsreihen aus geeigneten, lokal verfügbaren Ausgangsmaterialien mit anschließenden Analysen der relevanten Parameter ermöglichen das Auswählen des geeigneten Schlammsubstrats bei Vorgabe bestimmter Rahmenbedingungen. Bei den bisherigen Entwicklungen wurden vor allem Sand, Schwemmmaterial auf Flüssen, Kompost und Pflanzenkohle verwendet, je nach Projektstandort aus unterschiedlichen Bezugsquellen. Die Simulation des Substratzustandes, so wie dieser dann real am Standort vorliegt, stellt eine besondere Herausforderung dar. Im Laufe der durchgeführten Versuche im Labormaßstab wurde für die Herstellung der Substratprobe zwischen einem möglichen ungünstigsten Zustand des Schlammsubstrats (Schüttmethode) und einem im Grobschlag eingeschlammten Zustand (Schlammmethode) als praxisüblicher Zustand unterschieden (Abb. 2). Die Stabilität dieser Methodik hinsichtlich ihrer Annäherung an den realen Zustand und der Wiederholbarkeit wird derzeit systematisch erprobt.



Abbildung 2: Laborversuche mit Schlammsubstrat: links Schüttmethode für den ungünstigsten Zustand; rechts Schlammmethode für den praxisüblichen Einbauzustand

Die hergestellten Substratzustände werden auf die relevanten bodenphysikalischen und bodenhydrologischen Parameter getestet, wobei die Beschreibungen in verfügbaren Normen ansatzweise herangezogen und vertieft werden. Bei der Untersuchung des reinen Feinsubstrates nach der Schüttmethode stehen die Ermittlung des pflanzenverfügbaren Wassers, des Gesamtporenvolumens und der Luftkapazität im Vordergrund. Die mit dieser Methode ermittelte gesättigte Wasserleitfähigkeit entspricht dem zu erwartenden worst-case, falls sich eine solche Schicht im unteren Bereich der Schwammstadtschicht aufbauen sollte. Bei den Untersuchungen des nach der Schüttmethode eingebauten Schwammstadtsubstrates stehen die Ermittlung der rasch dränierenden Grobporen, sowie der Durchlässigkeit im durchschnittlichen Einbauzustand im Vordergrund. Daneben sind aber noch zahlreiche andere Prozesse zu berücksichtigen wie beispielsweise Verschlammung, Aufschwimmen oder das

Ausschwemmen von Fließkanälen. Hier soll eine kontrollierte Replikation der Vernässungs- und Abtrocknungsprozesse Erkenntnisse liefern.

Ergebnisse zu Substrateigenschaften von Mischungsreihen

Bei der Untersuchung von Mischungsreihen zur Substratoptimierung wird mit dem Schüttversuch begonnen, da bei diesem die variierenden Eigenschaften direkt sichtbar werden. Der Schlammversuch findet anschließend nur für ausgewählte Mischungen Anwendung. Abbildung 3 zeigt Untersuchungsergebnisse aus drei Mischungsreihen mit unterschiedlichen Rundkornsand und Kompostkohle aus verschiedenen Bezugsquellen. Die Zugabe von Kompostkohle zum Rundkornsand beeinflusst die Porenstruktur maßgeblich. Vor allem die nutzbare Feldkapazität, also die für Pflanzen verfügbare Speicherkapazität, wird in den sandigen Materialien dadurch wesentlich erhöht. Je nachdem, wie häufig und in welcher Menge Wasser am Standort in das Schwammstadtsystem eingetragen wird, ist dieser Zielparameter als wichtig oder weniger zentral für die Substratoptimierung anzusehen. Bei geringen Einzugsgebieten oder trockenem Klima besteht die Gefahr, dass periodisch zu wenig Wasser in den Wurzelraum kommt, eine hohe Speicherfähigkeit wirkt dem entgegen.

Für die Luftkapazität lässt sich aus den präsentierten Ergebnissen kein Trend ableiten. Es handelt sich dabei um die Grobporen, die nach Sättigung rasch und ohne von Pflanzen aufgenommen zu werden wieder trocken fallen und somit der Schauplatz des Gasaustausches sind. Diesem Parameter kommt für ein vitales Baumwachstum eine wichtige Bedeutung zu. Neben den Grobporen des Feinsubstrates stehen im eingeschlammten Schwammstadtsubstrat auch die unvollständig eingeschlammten Hohlräume des Grobschlags für den Gasaustausch zur Verfügung. Da aber nach bisherigem Erkenntnisstand davon auszugehen ist, dass sich das Schwammstadtsubstrat über die Zeit verändert und die Feinteile zunehmend nach unten verlagert werden, soll auch die Luftkapazität im Feinsubstrat ausreichend sein. Hier sind Prozesse wie beispielsweise Verschlammung, Aufschwimmen oder das Ausschwemmen von Fließkanälen zu berücksichtigen. Die FLL Richtlinie (2010) sieht für Baumsubstrate eine Luftkapazität von mehr als 15% vor.

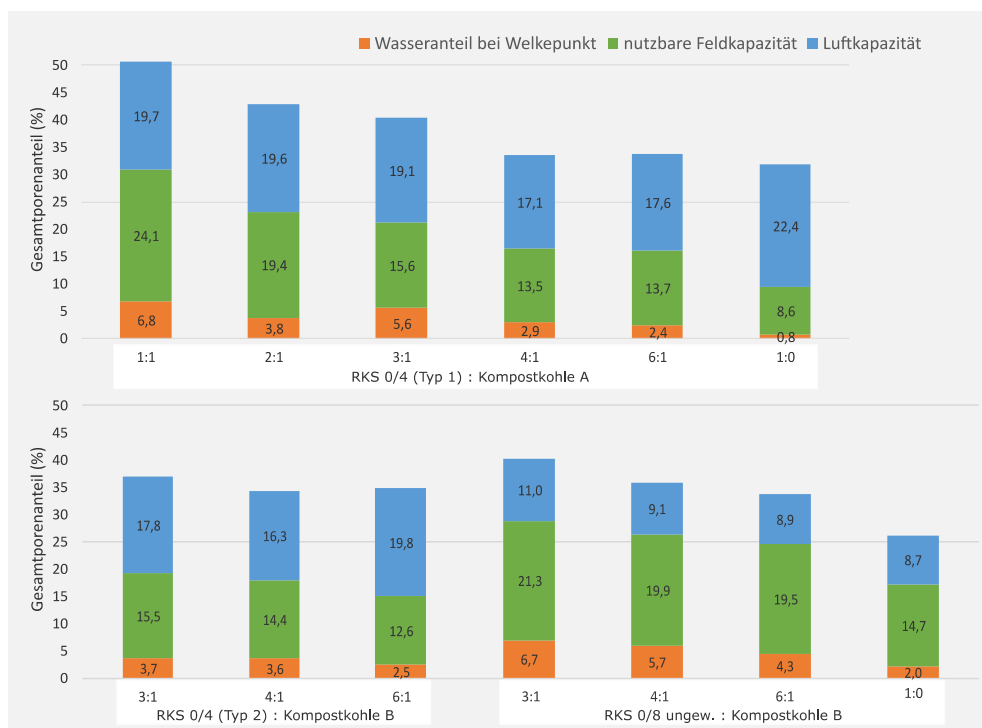


Abbildung 3: Kennwerte der Porenstruktur aus ausgewählten Versuchsreihen mit variierendem Anteil von Kompostkohle. Abkürzungen: RKS ist Rundkornsand; Typ 1, 2, A, B, soll Unterschiede in der Herkunft der Materialien vergegenwärtigen.

Monitoring in Real-Life Anlagen

Im Sinne des Qualitätsmanagements und der Evaluierung und Verbesserung der Entwicklungsschritte zur Optimierung des Schlammsubstrats im Labormaßstab, ist eine Überprüfung der Zielerreichung in Pilotanlagen notwendig und zielführend. Vielerorts werden mittlerweile solche Pilotanlagen entwickelt, das Projektteam betreut in Zusammenarbeit mit dem Arbeitskreis Schwammstadt (www.schwammstadt.at) einige davon wissenschaftlich. In Kooperation mit verschiedenen Städten und Bundesländern wird dies mittels Monitoring des

Bodenwasserhaushaltes sowohl in Lysimeteranlagen, als auch in nach dem System Schwammstadt für Stadtbäume errichteten Straßenzügen durchgeführt (Schmidt & Murer, 2019). Vor allem die Lysimeteranlage in Wien in Kooperation mit der HBLFA Schönbrunn und den Wiener Stadtgärten (MA 42) bietet aufgrund der bekannten Randbedingungen, vielfältigen Messausstattung und des geschützten Geländes eine gute Gelegenheit, das System- und Substratverständnis maßgeblich zu erweitern. Aktuell finden bereits in zwei Straßen Messungen statt und weitere Schwammstadt-Projekte mit umfangreichem Monitoring werden derzeit in Graz und der Seestadt Aspern (Wien) errichtet. Die aus diesen Monitoringanlagen gewonnenen Ergebnisse werden für die Weiterentwicklung der Substratoptimierungsverfahren herangezogen und erweitern das Verständnis der Funktionsweise des Systems Schwammstadt. Anschließende Modellanwendungen sind in Vorbereitung und werden die Aussagekraft der Untersuchungen und die Variabilität der Anwendungsorientierung weiter erhöhen.

Schlussfolgerungen

Erfahrungen aus vergangenen Substratentwicklungen und der darauffolgenden Umsetzung in Bauprojekten zeigten bisher gute Erfolge, sowohl für den Wasserhaushalt, das Baumwachstum, als auch die ökonomisch sinnvolle Zusammensetzung der örtlich verfügbaren Materialien. Das Zusammenspiel von Zielformulierung, standardisierter Labormethodik, wissenschaftlich begleitete Umsetzung und Analyse wird ständig weiter entwickelt. Kombiniert man durch Hochrechnungen gedanklich die bewegten Volumina in der urbanen Bautätigkeit mit der gesteigerten Verlässlichkeit der funktionsorientiert entwickelten Substrate beziehungsweise deren Eigenschaften, ergibt sich eine Wirkung auf den urbanen Wasserhaushalt, die definitiv über den Dimensionen der allgemeinen Wahrnehmung liegt.

Literatur

- Balder, H. (2020). Gehölzentwicklung in strukturstabilen Substraten. *Pro Baum*, (2), 12–18.
- Benk, J.A., Artmann, S., Kutscheidt, J., Müller-Inkmann, M., Streckenbach, M., Weltecke, K. (2020): Praxishandbuch Wurzelraumansprache. *Arbeitskreis Baum im Boden*, Möhnesee, 204 S.
- Biber, C. (2017). Advanced Urban Trees - How trees can be part of the solution. An advanced system of urban tree pits to be included in decentralized stormwater management. *Masterarbeit*, HafenCity Universität Hamburg.
- Embren, B., Alvem, B.-M., Stal, Ö., & Orvesten, A. (2009). Planting Beds in the City of Stockholm - A handbook. Bezogen von <https://www.sanu.ch/uploads/kursDoc/StockholmSystem-HandBook.pdf>
- Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. – FLL (2010): Empfehlungen für Baumpflanzungen, Teil 2: Standortvorbereitungen für Neupflanzungen; Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate. Bonn, 62 S.
- Nguyen, T. T., Ngo, H. H., Guo, W., Wang, X. C., Ren, N., Li, G., ... Liang, H. (2019). Implementation of a specific urban water management - Sponge City. *Science of the Total Environment*, 652, 147–162. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.168>
- Ow, L. F., & Ghosh, S. (2017). Urban tree growth and their dependency on infiltration rates in structural soil and structural cells. *Urban Forestry and Urban Greening*, 26, 41–47. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.06.005>
- Schmidt, S., & Murer, E. (2019). Das Schwammstadt-Prinzip bei Straßenbäumen. *Galabau Journal*, (2), 32–35. Retrieved from https://galabau-verband.at/fileadmin/sites/main/documents/Journale/2019/Galabau_Journale_02.2019.pdf
- Smithers, R. J., Doick, K. J., Burton, A., Sibille, R., Steinbach, D., Harris, R., ... Blicharska, M. (2018). Comparing the relative abilities of tree species to cool the urban environment. *Urban Ecosystems*, 21(5), 851–862. <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0761-y>