

6.3.4 Schwammstadt – Wurzelraum für die Stadtbäume der Zukunft

Aktueller Stand und Handlungsbedarf

Der Klimawandel ist eine der größten Herausforderungen unserer Zeit. Insbesondere in den Städten nimmt die Belastungssituation durch hochsommerliche Extremtemperaturen, Starkniederschläge, Stürme sowie Dürreperioden zu und fordert Anpassungen in der Städteplanung.¹ Unter den Auswirkungen der Klimaerwärmung leiden aber nicht nur die Menschen. Bäume, die von Trockenheit betroffen sind, sind anfälliger für Krankheiten, die unter anderem durch den Temperaturanstieg begünstigt werden. So sind in Karlsruhe 30 Prozent der zwischen 2014 und 2017 gepflanzten Jungbäume aufgrund von Trockenheit und Hitze im Jahr 2018 eingegangen.²

Die Entsiegelung von Flächen und die Erhöhung des Grünflächenanteils zählen zu den vielversprechendsten innerstädtischen Maßnahmen, um den Folgen des Klimawandels entgegenzuwirken. Dabei gewinnen Pflege und Ausbau von Grünflächen als Retentionsflächen zunehmend an Bedeutung. Das Anlegen von Pflanzbeeten als Retentionsflächen reduziert die durch Starkregen hervorgerufenen Überschwemmungen und entlastet somit die Kanalisation. Hinzu kommt der Beitrag der Beschattung sowie der Verdunstungskühlung, die durch die Vegetation in der Stadt hervorgerufen wird. So wurden zum Beispiel Temperaturunterschiede von bis zu 40 °C zwischen den beschatteten Flächen unter den dichten Baumkronen und dem von der Sonne aufgeheizten Asphalt festgestellt.³

Der durch die Stadtbäume hervorgerufene Kühlungseffekt wird von vielen Faktoren wie Art, Größe, Blatt- und Kronenform beeinflusst.⁴ Viele dieser vegetativen Eigenschaf-



Mark Füger



Melissa Mang

- 1 Kahlenborn, W.; Porst, L.; Voß, M. et al.: Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, 2021
- 2 Saha, S.: Stadtbäume im Stress. 2019 https://gfzpublic.gfz-potsdam.de/pubman/faces/ViewItemOverviewPage.jsp?itemId=item_5001782_7 [abgerufen am: 16.01.2025]
- 3 Rahman, M.A.; Moser, A.; Rötzer, T. et al.: Comparing the transpirational and shading effects of two contrasting urban tree species. *Urban Ecosystems* (2019), Nr. 22, S. 683-697
- 4 Rahman, M.A.; Stratopoulos, L. M. F.; Moser-Reischl, A. et al.: Traits of trees for cooling urban heat islands: A meta-analysis. *Building and Environment* 170 (2020), 106606

ten stehen in direktem Zusammenhang mit der unterirdischen Wurzelmasse, die unter anderem für den Wasser- und Nährstofftransport verantwortlich ist.⁵ Um die Kühlleistung auch in Zukunft zu gewährleisten, ist daher die Bereitstellung von ausreichendem Wurzelraum von entscheidender Bedeutung. Die ober- und unterirdischen Flächen in Städten sind jedoch begrenzt. Häufig kommt es zu Nutzungskonflikten zwischen ausreichendem Wurzelraum und den Anforderungen der Straßenraumgestaltung wie beispielsweise durch Parkplätze, Gebäudebestand, Leitungen oder Stadtbild. Ein ausreichender Luft- und Wasserhaushalt für die Wurzeln muss gewährleistet werden. Gleichzeitig müssen die zu bebauenden Flächen verdichtbar und druckstabil sein. Ein mögliches Konzept zur Bewältigung der Herausforderungen des Klimawandels, das die Potenziale der Stadtbäume berücksichtigt, ist das Konzept der Schwammstadt.

Schwammstadt – die Idee dahinter

Das Konzept stammt ursprünglich aus China. Dort wurde es Anfang 2000 von Forschern unter dem Namen *Sponge City* bekannt gemacht. Das Prinzip der Schwammstadt besteht darin, das Niederschlagswasser wie in einem Schwamm zu speichern und je nach Bedarf zeitverzögert durch Versickerung, Verdunstung oder Wiederverwendung über Bewässerungssysteme in den Kreislauf zurückzuführen. Darüber hinaus ist das Konzept Teil möglicher Klimaanpassungsmaßnahmen, die auf der Grundlage des 2024 in Kraft getretenen Klimaanpassungsgesetzes den Ländern und Kommunen helfen sollen, auf der Basis von Risikoanalysen Vorsorge gegen die Folgen des Klimawandels zu treffen.⁶ So hat die Stadt Lübeck bereits 2019 das Prinzip der Schwammstadt als eine von vielen Maßnahmen in ihrem Klimaanpassungskonzept vorgestellt.⁷ Im Gegensatz zur konventionellen Entwässerung, bei der versiegelte Flächen über die Kanalisation abgeleitet werden, ermöglicht das Konzept der Schwammstadt die Ableitung des Regenwassers in offene Pflanzgruben.

Das Anlegen von Speicherräumen, sogenannten Retentionsflächen, kann oberirdisch durch Flächenentsiegelung, aber auch unterirdisch, zum Beispiel durch Baumrigolen, erfolgen. Bei geeigneten Untergrundverhältnissen kann so die Kanalisation direkt dort entlastet werden, wo das Niederschlagswasser anfällt. Darüber hinaus sind vernetzte Systeme möglich. So kann Stadtbäumen auch unter befestigten Flächen mehr Wurzelraum zur Verfügung gestellt werden. Das eingebaute Substrat ist dabei namensgebend für das Prinzip der Schwammstadt, da es das eingeleitete Wasser wie ein Schwamm speichert und bedarfsgerecht an die Vegetation abgibt.

⁵ Wang, C.; Ren, Z.; Chang, X. et al.: Understanding the cooling capacity and its potential drivers in urban forests at the single tree and cluster scales. *Sustainable Cities and Society* 93 (2023), 104531

⁶ Vgl. Regiowasser e.V./ Schwammstadt Freiburg: Das Klimaanpassungsgesetz und messbare Schritte hin zur Schwammstadt. <https://schwammstadt-freiburg.de/2024/02/17/das-klimaanpassungsgesetz-und-messbare-schritte-hin-zur-schwammstadt/> [abgerufen am: 15.01.2025]

⁷ Vgl. Hansestadt Lübeck (Hrsg.): Lübeck sorgt vor: Klimaanpassungskonzept für die Hansestadt Lübeck. Grundlage zur Aktualisierung und Erweiterung des Thematischen Landschaftsplans Klimawandel. <https://bekanntmachungen.luebeck.de/dokumente/d/1149/inlinenegl> [abgerufen am: 15.01.2025]

Ein herkömmlicher Stadtbaum ist einer Vielzahl von Stressfaktoren ausgesetzt. Beengte Baumgruben beschränken das Wurzelwachstum. Bodenverdichtungen und Versiegelungen verursachen Wasser- und Sauerstoffmangel. Hinzu kommen Schadstoffimmissionen und Salzbelastungen. Dies hat zur Folge, dass immer weniger Stadtbäume ihr klimatisches Pufferpotenzial voll ausschöpfen können. Der notwendige Wurzelraum wird bei der Planung von Baumstandorten nicht selten unterschätzt. Vor diesem Hintergrund wurde das Stockholmer Modell entwickelt, das unter anderem auf die Optimierung der innerstädtischen Wachstumsbedingungen für Bäume abzielt. Im Gegensatz zu herkömmlichen Baumsubstraten, bei denen ein Substratgemisch sowohl die Anforderungen des Straßenbaus als auch die des Baumes erfüllen muss, dient die Unterteilung in Skelettstruktur und Feinboden, wie im Stockholmer Modell, der Aufteilung der Anforderungen. Diese Aufteilung birgt große Vorteile. Die Grobsteine, auch Schroppen genannt, übernehmen die Tragfähigkeit und lassen gleichzeitig genügend Porenraum für die Wurzeln der Bäume. Sie bilden somit das Grundgerüst, das die Verkehrslast aufnimmt, während der Feinboden die Wurzeln mit Nährstoffen versorgt. Bei Substraten, die den Anforderungen der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL)⁸ entsprechen, muss das Substrat als Ganzes strukturstabil sein. Damit soll sichergestellt werden, dass bei Erschütterungen keine Setzungen auftreten. Der Gehalt an organischen Zuschlagstoffen, die eine solche Sackung verursachen würden, muss daher auf ein Minimum reduziert werden. Organische Zuschlagstoffe wie Kompost dienen jedoch den Pflanzen als Nährstofflieferant und beherbergen Mikroorganismen, die das Pflanzenwachstum positiv beeinflussen können. Da beim Stockholmer Modell die Tragfähigkeit durch den Einbau von Schroppen gewährleistet wird, kann der Gehalt an organischer Substanz in der Feinerde höher dosiert werden als bei FLL-geprüften Baumsubstraten.

Der Einbau des Skelettbodens erfolgt in Schichten. Hierbei werden die Schroppen lagenweise eingebaut und verdichtet. Anschließend wird die Feinerde mit wenig Wasser und viel Druck in die Hohlräume der Schroppen eingeschlämmt. Die strukturgebenden Schroppen und die Feinerde sind hierbei so zu kombinieren, dass nur ca. 80 Prozent des Hohlraumanteils verfüllt werden. Dadurch soll ein ausreichender Lufthaushalt gewährleistet werden. Der Baum selbst wird in eine Pflanzgrube oberhalb des Bodenskeletts gepflanzt, die mit FLL-geprüftem Baumsubstrat gefüllt wird. Dadurch können Baumgruben unterirdisch miteinander verbunden werden und den Stadtbäumen steht ein größerer Wurzelraum zur Verfügung, der unter anderem für den Austausch von Nährstoffen und Mikroorganismen genutzt werden kann. Zusätzlich kann über spezielle Straßenentwässerungssysteme Oberflächenwasser gezielt in das Substrat eingeleitet werden.

⁸ FLL e.V. (Hrsg.): Empfehlungen für Baumpflanzungen – Teil 2, Technische Regelwerke, FGSV-Nr.: 20023, Bonn:s 2012

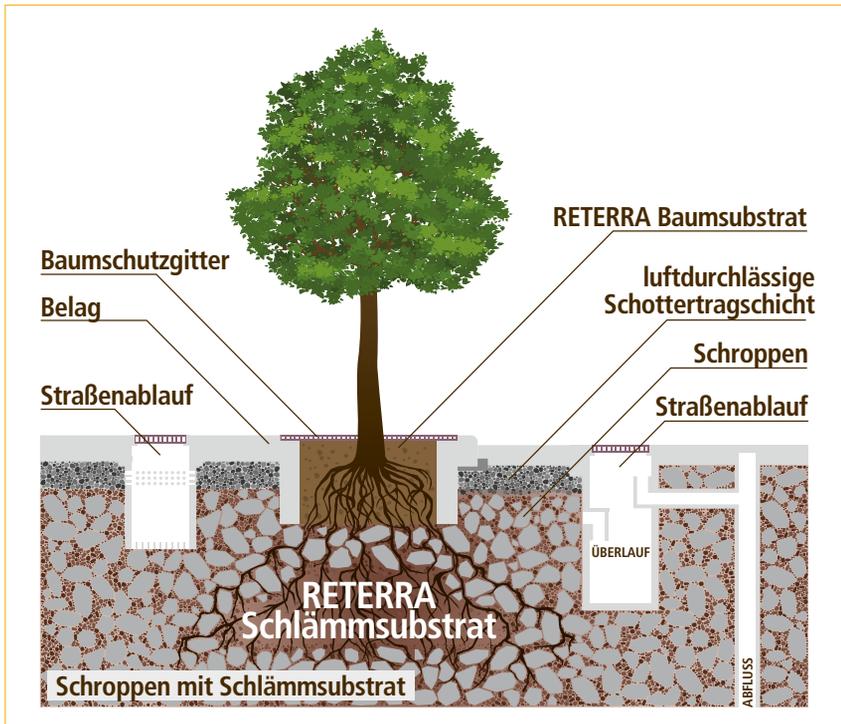


Abb. 01: Schematischer Aufbau einer Baumpflanzgrube mit RETERRA-Schlammsubstrat [Grafik: RETERRA]

Der Beitrag der Pflanzenkohle im Stockholmer Modell

Pflanzenkohle zeichnet sich unter anderem durch eine sehr poröse Struktur und eine große Oberfläche aus. Diese Oberfläche kann zum Beispiel zusammen mit dem Kompost für das Pflanzsubstrat mitkompostiert und so mit Nährstoffen angereichert bzw. aktiviert werden, um die Versorgung und Vitalität der Stadtbäume über einen langen Zeitraum zu gewährleisten.

Darüber hinaus kann Pflanzenkohle aufgrund ihrer großen inneren Oberfläche bis zum Fünffachen ihres Eigengewichts an Wasser aufnehmen, was die Nährstoffspeicherung und die Wasserhaltekapazität (FK) verbessert.⁹ In Substraten mit Pflanzenkohle nehmen die Mittelporen (nFK) zu.¹⁰ Als Mittelporen werden Poren mit einer Größe von 0,2 bis

⁹ Ruyschaert, G.; Nelissen, V.; Postma, R.; et al.: Field applications of pure biochar in the North Sea region and across Europe. In: Shackley, S.; Ruyschaert, G.; Zwart, K. et al. (Hrsg.): Biochar in European Soils and Agriculture. Science and Practice. Abingdon: Routledge, 2016, S. 99–135

¹⁰ Murtaza, G.; Ahmed, Z.; Usman, M. et al.: Biochar induced modifications in soil properties and its impacts on crop growth and production. Journal of plant nutrition 44 (2021), Nr. 11, S. 1677–1691

50 µm definiert. Sie sind in der Lage, Wasser entgegen der Schwerkraft zu halten und an die Pflanzen abzugeben. Eine Erhöhung des Mittelporengehalts kann daher die nutzbare Feldkapazität in Substraten erhöhen. Außerdem wird die Aggregatbildung gefördert und die Bildung grober wasser- und luftführender Sekundärporen begünstigt.¹¹ Studien zu mit Pflanzenkohle angereicherten Baumgruben zeigen einen 5-mal größeren Zuwachs als vergleichbare Bäume in konventionellen Substrate.^{12,13} Zudem filtert Pflanzenkohle Schadstoffe, erhöht die Wasserspeicherkapazität und speichert CO₂ in Form von Kohlenstoff dauerhaft im Boden und entzieht es damit dem Kohlenstoffkreislauf. Allerdings ist nicht jede Pflanzenkohle für Substratherstellung geeignet. Um die Anforderungen an Nachhaltigkeit und Qualität zu erfüllen, muss Pflanzenkohle für städtische Baumpflanzungen nach EBC-Urban des European Biochar Certificate (EBC)¹⁴ zertifiziert sein.

Die Produktion von Pflanzenkohle

Der einstige Meiler der Köhler zur Kohleherstellung wurde in moderne Reaktoren im industriellen Maßstab überführt. Die Karbonisierung oder Pyrolyse kennt heute die verschiedensten Verfahrenstechniken. Die Reaktoren, in denen der Pyrolyseprozess abläuft, weisen unterschiedliche Bauformen auf. So gibt es zum Beispiel stehende Behälter, in denen die Biomasse von oben aufgegeben wird und so den Pyrolyseprozess durchläuft. Andere Verfahren arbeiten mit Drehrohrtechnik oder auch, und das ist wohl das häufigste Verfahren, mit Reaktoren, durch deren Innenraum die Biomasse mittels einer Schnecke hindurchtransportiert wird. Im Rahmen dieses allothermen Verfahrens wird das zu verarbeitende Gut nicht direkt erhitzt, sondern die Temperatur wirkt durch den Kontakt zur Reaktorwand lediglich indirekt auf diese Stoffe. Im Gegensatz dazu wird mittels des autothermen Verfahrens der zu karbonisierende Rohstoff direkt mit dem heißen Medium beaufschlagt.¹⁵

11 Blanco-Canqui, H.: Biochar and soil physical properties. *Soil Science Society of America Journal* 81 (2017), Nr. 4, S. 687–711

12 Embrén, B.: Planting Urban Trees with Biochar. The Stockholm Project. <https://www.biochar-journal.org/en/ct/77> [abgerufen am: 12.03.2025]

13 Piccolo, E. L.; Begacgli, M.; Lauria, G. et al.: Biochar as a soil amendment in the tree establishment phase: What are the consequences for tree physiology, soil quality and carbon sequestration? *Science of The Total Environment* 844 (2022), 15175

14 Vgl. Carbon Standards International AG: Das Europäische Pflanzenkohle Zertifikat. <https://www.european-biochar.org/de> [abgerufen am: 16.01.2025]

15 Vgl. BIOMACON GmbH: <https://www.biomacon.com/technologie> [abgerufen am: 16.01.2025]



Abb. 02: Pyrolyseanlage Firma BIOMACON [Foto: Biomacon]



Abb. 03: Pyrolyseanlage Firma BIOMACON [Foto: Biomacon]

In allen Fällen wird der Reaktor derart verschlossen, dass keine Luft und somit kein Sauerstoff in den Prozess gelangen kann. Sowohl der Temperaturverlauf als auch die Verweildauer des Pyrolyseguts im Prozess bestimmen die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Karbonisate, was sowohl Pflanzenkohlen als auch Kohlen aus anderem Inputmaterial beschreibt.¹⁶

¹⁶ Vgl. https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d90942/**/Pyrolyse.html?op=Wiki.getwiki [abgerufen am: 13.02.2024]

Zukünftige Herausforderungen

Das Schwammstadt-Konzept in Kombination mit dem Stockholmer Modell hat viel Potenzial. Dennoch ist es in Deutschland noch relativ unbekannt und es gibt erst wenige Praxisbeispiele. Insbesondere Langzeitstudien sind rar. Viele Kommunen sind unsicher und nur schwer für neue Konzepte zu begeistern. Hinzu kommt, dass bei der Städteplanung oft verschiedene Interessengruppen an einen Tisch kommen. Stadtplanung, Wasserwirtschaft, Hoch- und Tiefbau sowie Landschaftsplaner und Pflanzenexperten müssen hierbei eng zusammenarbeiten. Eine weitere Herausforderung wird sein, Lösungsansätze für den Bestand zu entwickeln. Doch besonders hier sind Flora und Fauna oft am stärksten von Starkregen, Trockenheit und Hitze betroffen.

Melissa Mang arbeitet seit mehreren Jahren im Bereich Produktentwicklung und Qualitätsmanagement für Erden und Substrate bei der RETERRA Erden Süd GmbH in Remseck. Ihre berufliche Laufbahn begann sie nach dem Abschluss ihres Bachelor- und Masterstudiums im Bereich Pflanzenbau, das sie mit einem besonderen Fokus auf Bodenkunde und Substratmanagement erfolgreich absolvierte. In ihrer aktuellen Position bei RETERRA Erden Süd trägt sie maßgeblich zur Entwicklung hochwertiger Erden und Substrate bei und sorgt dafür, dass alle Produkte den höchsten Qualitätsstandards entsprechen. Das RETERRA Schlämmsubstrat für die Schwammstadt wurde 2024 bei den renommierten TASPO Awards in Berlin mit dem Preis für die beste Produktidee ausgezeichnet.

Mark Füger, Gründer und Geschäftsführer der Team Nachhaltigkeit Consulting GmbH, widmet sich seit Jahren den Themen Umwelt und Nachhaltigkeit. Im Rahmen seines Studiums als Agraringenieur (M. Sc.) spezialisierte er sich auf Pflanzenkohle und ihre vielfältigen Einsatzmöglichkeiten. In seiner beruflichen Laufbahn erwarb er umfassende Expertise im Einsatz und der Bewertung moderner Pyrolysetechniken sowie deren Anwendung in Landwirtschaft und Industrie. Dabei knüpfte er ein europaweites Netzwerk und engagierte sich als 2. Vorsitzender des German Biochar e.V., um den nachhaltigen Einsatz der Pflanzenkohle aktiv voranzutreiben.