

Das Schwammstadtsystem für Bäume



**BAW Schriftenreihe
Band 38 – 06/2026**

**Orientierungshilfe
zur funktionsorientierten Umsetzung**

Autor:innen: Anna ZEISER, Sebastian RATH, Johanna LOICHT, Peter STRAUSS,
Thomas WENINGER

Weitere Mitwirkende: Karl GRIMM, Wolfgang LANNER, Erwin MURER, Thomas ROTH, Stefan
SCHMIDT, Tomas STOISSER

Gestaltung und Grafik: Anna ZEISER

Titelbild: Anna ZEISER

Für die Redaktion und den Inhalt dieses Bandes verantwortlich:

Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt (BAW-IKT),
Pollnbergstraße 1, 3252 Petzenkirchen

Redaktionskomitee: Daniela ACHLEITNER
Michael HENGL
Elmar SCHMALTZ
Peter STRAUSS

ZITIERVORSCHLAG:

Zeiser A., Rath S., Loicht J., Strauss P., Weninger T. (2026): Das Schwammstadtsystem für Bäume – Ori-
entierungshilfe zur funktionsorientierten Umsetzung. BAW Schriftenreihe, Band 38,
https://doi.org/10.83306/baw_sr_38_2026, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Scharfling.

IMPRESSUM:

Medieninhaber und Herausgeber:
Bundesamt für Wasserwirtschaft, Scharfling 18, 5310 Mondsee

COPYRIGHT UND HAFTUNG:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangaben gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftli-
che Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung o Ge-
währ erfolgen und eine Haftung des Bundesamtes für Wasserwirtschaft und der Autor:in ausgeschlos-
sen ist. Rechtsausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autor:in dar und können der
Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

RÜCKMELDUNGEN:

Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an direktion@baw.at.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Kurzfassung.....	4
Summary.....	5
1 Einleitung	6
1.1 Systembeschreibung und Glossar	6
1.2 Prinzipien der Orientierungshilfe	9
2 Anforderungskatalog	11
3 Wasserwirtschaftliche Beschreibung	34
4 Ansätze zur Bemessung des Wurzelvolumens.....	39
5 Normative Grundlagen	41
Abbildungsverzeichnis	43
Tabellenverzeichnis.....	43
Literaturverzeichnis	44
Abkürzungen.....	46
Publikationsverzeichnis der BAW-Schriftenreihe	47

Kurzfassung

Die vorliegende Orientierungshilfe beschreibt das Schwammstadtsystem für Bäume als spezielle Form der blau-grünen Infrastruktur zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung im Siedlungsraum. Ziel des beschriebenen Systems ist es, durch eine kombinierte Nutzung von Baumstandorten und unterirdischen Speichersystemen den natürlichen Wasserkreislauf zu unterstützen, die Versickerung vor Ort zu fördern und gleichzeitig verbesserte Wachstumsbedingungen für Bäume zu schaffen. Diese wiederum bilden die Grundlage für die Erfüllung der von Bäumen erbrachten Ökosystemleistungen.

Kern des Systems ist ein erweiterter, unter befestigten Flächen liegender Wurzelraum aus tragfähigem Struktursubstrat, der Wasser speichern, versickern und für Pflanzen verfügbar machen kann. Ergänzt wird dieser durch die gezielte Einleitung von Niederschlagswasser sowie durch geeignete Baumsubstrate im unmittelbaren Wurzelbereich. Das System ermöglicht ein Auswurzeln in umliegende Bodenbereiche und ist nicht als Produkt, sondern als offenes, an die jeweiligen Standortbedingungen anpassbares Gesamtkonzept zu verstehen. Bauliche Umsetzungen des Systems sind also aus verschiedenen Komponenten zusammengesetzt, deren konkrete Gestaltung die Funktionen des Gesamtbauwerks stark bestimmt.

Die Orientierungshilfe legt den Fokus auf die bestmögliche Erfüllung der funktionalen Anforderungen der einzelnen Systemkomponenten. Sie dient als praxisnahe Unterstützung für Planung, Umsetzung und Beurteilung, ohne bestehende rechtliche Vorgaben zu ersetzen. Der enthaltene Anforderungskatalog bildet das Herzstück des Dokuments und beschreibt die wesentlichen Elemente, deren Funktionen sowie empfohlene Zieleigenschaften und unterscheidet zwischen grundlegenden und qualitätssteigernden Maßnahmen. Die Orientierungshilfe basiert auf Erfahrungen aus österreichischen Pilotprojekten und wird als offenes Dokument gesehen, das zukünftige Weiterentwicklungen aus der Praxis im Zuge von Aktualisierungen aufnehmen soll.

Summary

This guidance document describes the 'sponge city' system for trees as a specific form of blue-green infrastructure for decentralised rainwater management in urban areas. The aim of this principle is to support the natural water cycle, promote on-site infiltration and, at the same time, create improved growing conditions for trees through the combined use of tree locations and underground storage systems. These, in turn, form the basis for the provision of ecosystem services by trees.

The heart of the system is an extended root zone beneath paved surfaces, consisting of a load-bearing structural substrate capable of storing water, allowing it to infiltrate and making it available to plants. This is supplemented by the targeted supply of rainwater and by suitable tree substrates in the immediate root zone. The system allows roots to spread into surrounding soil areas and should be understood not as a product but as an open, comprehensive concept that can be adapted to the specific site conditions. Constructional implementations of the system are therefore composed of various components, the specific design of which strongly determines the functions of the overall structure.

The guidance focuses on the best possible fulfilment of the functional requirements of the individual system components. It serves as practical support for planning, implementation and assessment, without replacing existing legal requirements. The catalogue of requirements contained herein forms the core of the document and describes the essential elements, their functions and recommended target properties, whilst distinguishing between fundamental and quality-enhancing measures. The guidance is based on experience gained from Austrian pilot projects and is regarded as an open document intended to incorporate future practical developments through updates.

1 Einleitung

Das Schwammstadtsystem für Bäume nach dem Vorbild des Stockholm-Systems wird in Österreich als Maßnahme zur lokalen Niederschlagswasserbewirtschaftung und zur Erweiterung des Wurzelraums unter tragfähig befestigte Oberflächen angewandt. Das vorliegende Dokument soll eine erste Orientierungshilfe zur funktionsorientierten Planung und Ausführung solcher Projekte sein.

Der Begriff Schwammstadt oder blau-grüne Infrastruktur (BGI) umfasst grundsätzlich eine Vielzahl von Maßnahmen und Techniken, die durch die Speicher- und Sickerfähigkeit von Systemkomponenten den Abfluss von Regenwasser im urbanen Raum verzögern und verringern, dieses im besten Fall für die spätere Aufnahme durch Pflanzen speichern und überschüssiges Wasser, wo möglich, ins Grundwasser versickern. In Österreich wird unter anderem eine spezielle Variante aus dem Repertoire an Schwammstadt-Maßnahmen angewandt, bei der der Wurzelraum eines Baumstandortes durch den Einbau eines tragfähigen Substratgemisches erweitert wird, welches unter befestigte Flächen reicht. Im nationalen Sprachgebrauch wird diese Bauweise häufig als Schwammstadt(-prinzip) für Bäume, oder auch Stockholm-System (nach Carbuna, 2024), bezeichnet. Das System wird mit einer allgemein gehaltenen Definition in der ÖNORM L 1112 (siehe 1.2) erwähnt und wurde unter der Bezeichnung „Unterirdischer Sickerkörper mit Baumeinheit“ als eine mögliche Art der Entwässerungsanlage in die 2. Auflage des ÖWAV-Regelblatts 45 aufgenommen. Abgesehen davon sind in Österreich keine etablierten Standards für Planung und Ausführung, die über die lokale Ebene einzelner Städte hinaus gehen, bekannt. Mit dieser Orientierungshilfe soll auf der Basis von Erfahrungen aus etlichen Pilotstandorten in Österreich eine Unterstützung für die Praxis geboten werden und sie soll sowohl den Planenden, als auch den beurteilenden Stellen als Entscheidungsgrundlage im Umsetzungsprozess dienen. Aufgrund verschiedener Diskussionen im Vorfeld dieser Arbeit soll an dieser Stelle auch ausdrücklich klargestellt werden, dass hier keine allgemeine Definition für den Begriff „Schwammstadt“ vorgeschlagen wird. Die Ausführungen sind nur für die spezielle, beschriebene Bauweise gültig, andere Systeme können mindestens genauso wirksam zur Regenwasserbewirtschaftung funktionieren und sind hiervon nicht betroffen.

1.1 Systembeschreibung und Glossar

Das Schwammstadtsystem für Bäume (auch „Schwammstadtprinzip für Bäume“ genannt) im Sinne dieser Orientierungshilfe wird aus einigen Kernkomponenten aufgebaut, die das System bedingen, und auch die Abgrenzung zu anderen Systemen bilden. Die Definition für das Schwammstadtsystem für Bäume in der ÖNORM L 1112 – Anforderungen an die Bewässerung von Grünflächen - lautet: „Bauweise von Wurzelräumen für Bäume, die gleichzeitig als Vegetationstragschicht, als Wasserspeicher- und -versorgungsmedium sowie als unterirdischer Sickerkörper fungiert und die unter befestigten Flächen verbaut werden kann, sodass großvolumiger Wurzelraum zur Verfügung steht.“ Detailliertere Beschreibungen zum System sind in Zeiser et al. (2023) zu finden. Die in dieser Orientierungshilfe verwendeten Fachbegriffe werden in Abbildung 1 und im Glossar (Tabelle 1) beschrieben.

Das Schwammstadtsystem für Bäume ist nicht als einzelnes Produkt, sondern als Gesamtkonzept zu sehen, das flexibel an die jeweiligen Standortbedingungen und städtebaulichen Voraussetzungen angepasst werden kann und soll. Das System wird nicht geschlossen ausgeführt, sodass der Wurzelraum der gepflanzten Bäume nicht allein auf die eingebauten Substrate beschränkt wird, sondern ein Auswurzeln aus diesen ermöglicht wird. Dies ist für großkronige Bäume mit langer Lebenserwartung auch notwendig und bereits in der Planung mit zu bedenken (Bienert, 2022).

Die wesentlichen Komponenten, die ein System im Sinne dieser Orientierungshilfe enthält, sind:

- **Baum**

Zur Aufrechterhaltung oder Wiederherstellung des Wasserkreislaufes ist die Verdunstung durch Bäume oder mehrjährige Pflanzen mit ähnlicher Wurzelbildung und Verdunstungsleistung fundamental. Vor dem Hintergrund der immer schwierigeren Standortbedingungen für Bäume im besiedelten Raum soll durch gute fachliche Praxis in der Ausführung des Systems ein geeigneter Wurzelraum und gute Entfaltungsmöglichkeiten für die ersten wenigen Jahrzehnte zur Verfügung gestellt werden. Dementsprechend werden Substrate verbaut, die einen guten Gasaustausch ermöglichen, aber auch Wasser und Nährstoffe speichern und somit als Wurzelraum dienen können. Dies soll zu einer längeren Lebensdauer, besserer Vitalität, sowie erhöhter Resilienz der Bäume beitragen und dadurch den Grundstein für eine gute Überschirmung des Siedlungsraums durch Baumkronen legen.

- **Struktursubstratkörper mit tragfähig befestigter Oberfläche**

Das Struktursubstrat (international „structural soil“, siehe Richter et al. 2024) bildet den Großteil des erweiterten Wurzelraums und kann mit Tragschichten geringer bis mittlerer Belastungsfähigkeit überbaut werden (z.B. Gehsteig, Pflaster, Radweg, Haltestellenbereich). Diese Eigenschaft stellt einen wesentlichen Unterschied zu ähnlichen, nicht tragfähig befestigten Versickerungs- und Speichersystemen dar, die auch zu den blau-grünen Infrastrukturelementen zu zählen sind. Das Struktursubstrat soll allerdings nicht alleine als Baumstandort vorgesehen werden, es wird immer mit einem Baumsubstrat im unmittelbaren Wurzelbereich kombiniert.

- **Einleitung von Niederschlagswasser**

Zusätzlich zur empfohlenen, aber nicht zwingendermaßen notwendigen flächigen Versickerung über eine durchlässige Oberfläche, wird durch eine konzentrierte Einleitung von Niederschlagswasser von zusätzlichen Einzugsgebieten das vorrangige Ziel des häufigen Auffüllens des Bodenwasserspeichers zum Aufrechterhalten der pflanzlichen Verdunstung angestrebt. Der Verteilung und gleichmäßigen Beaufschlagung des Struktursubstrats, sowie der Vorreinigung von eventuell mit Schadstoffen belastetem Wasser kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu. Überschüssiges Wasser dient, wo möglich, der Grundwasserspeisung.

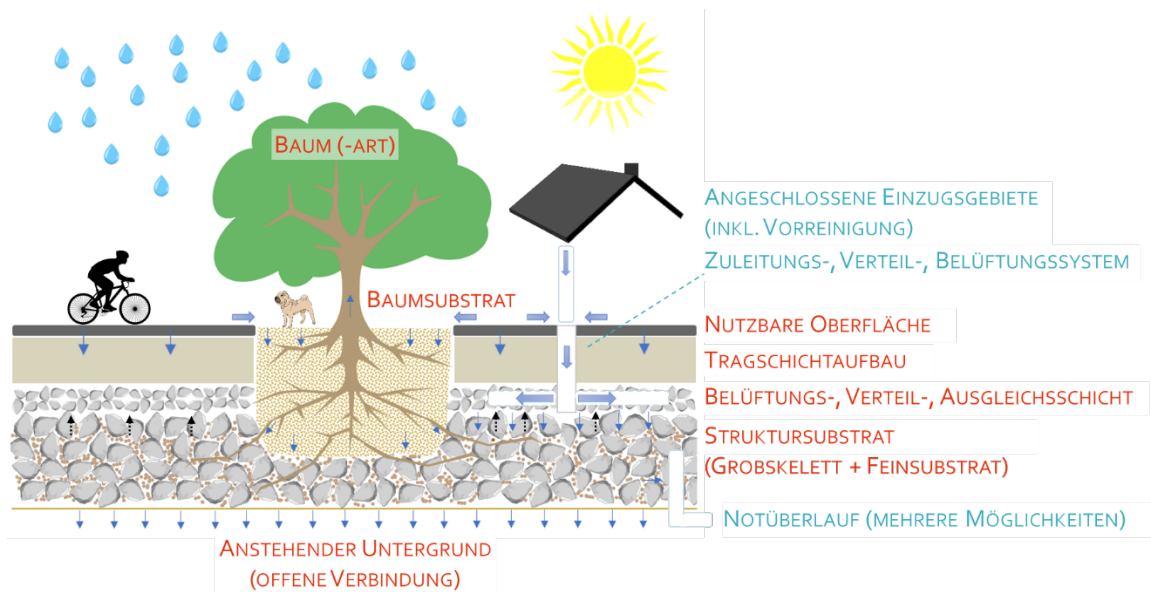


Abbildung 1: Beispielhafte Systemskizze zur Erläuterung der Terminologie (in Rot: baulicher Aufbau; in Blau: Infrastruktureinrichtungen für Wasserflüsse)

Tabelle 1: Glossar der wesentlichen Begriffe

Begriff	Erklärung
Struktursubstrat	Stützkorn (=Grobschlag, Grobsplitt) + Feinsubstrat, außerhalb und unterhalb der Baumscheibe bzw. des Baumsubstrates, tragfähig, dient als erweiterter Wurzelraum unter verdichteten, tragfähig befestigten Oberflächen
Einbauverfahren: einphasig und zweiphasig	Das Struktursubstrat kann einphasig oder zweiphasig eingebaut werden. Bei einem einphasigen Einbau wird das Stützkorn mit dem Feinsubstrat vorgemischt in die Baugrube eingebracht. Beim zweiphasigen Einbau wird zuerst das Stützkorn eingebracht und verdichtet und anschließend das Feinsubstrat mit Wasser und Druck eingeschlämmt. Zweiteres Verfahren gewährt den Stein-Stein-Kontakt, sowie größere Hohlräume auf Grund der größeren Korngröße des tragenden Skeletts, bei ersterem Verfahren sind abhängig vom Feinsubstratanteil und möglichen Entmischungsvorgängen (z.B. beim Transport) auch kompaktierte Feinsubstratbereiche möglich.
nicht tragfähiges, unbefestigtes Baumsubstrat	Substrat, das rund um den Pflanzballen im Bereich der Baumscheibe eingebracht wird, und dessen Oberfläche nicht tragfähig befestigt ausgeführt wird und somit nicht zum Befahren oder Begehen gedacht ist; In der Literatur wird dieser Baumsubstrattyp meist als „nicht überbaubar“, „nicht überbaut“ oder „FLL Typ 1“ bezeichnet (z.B. FLL, 2010). Eine Kombination mit überbauten Baumsubstratbereichen ist möglich und bedingt die Verwendung eines entsprechenden Baumsubstrattyps („FLL Typ 2“).
Belüftungs- und Verteilschicht	Schicht aus reinem Grobsplitt ohne Feianteile, liegt über dem Struktursubstrat und dient der Wasserverteilung und Belüftung

Begriff	Erklärung
annähernd natürliche Grünfläche	Fläche mit naturnahem, tiefgründigem Bodenaufbau und etabliertem Bewuchs, zum Beispiel Parks, Ruderalflächen, Hecken, oder ähnliche; nicht mitgemeint: neu angelegte Grünflächen inklusive Boden- oder Substratauftrag.
tragfähig befestigte Oberfläche	Die Oberfläche über dem Struktursubstrat (erweiterter Wurzelraum) kann begangen oder mit begrenzten Lasten befahren werden, ohne dass dabei die wesentlichen Funktionen eingeschränkt werden. Diese Substrateigenschaft wird insbesondere in Regelwerken zu Baumsubstraten meist als „überbaubar“ oder „überbaut“ bezeichnet (z.B. FLL, 2010). Als tragfähig befestigte Oberflächen gelten verschiedene Beläge (wie z. B. wassergebundene Decken, Parkplatzoberflächen, Pflasterungen, etc.).

Das hier dargestellte Schwammstadtsystem für Bäume lässt sich auch mit anderen (Schwammstadt)- Maßnahmen, Speicher-, Reinigungs- und Versickerungselementen, Substraten und Bepflanzungen kombinieren. Findet dabei das charakteristische Element des Struktursubstratkörpers mit tragfähig befestigter Oberfläche keine Anwendung, so kann es sich trotzdem um eine geeignete Maßnahme der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung oder eine Anwendung des Schwammstadtprinzips handeln, entspricht allerdings nicht dem konkret in dieser Orientierungshilfe beschriebenen „Schwammstadtsystems für Bäume“.

1.2 Prinzipien der Orientierungshilfe

Das Schwammstadtsystem für Bäume ist eine weiterentwickelte Kombination aus Baumstandort und Versickerungsrigol, die aus einer Vielzahl von Einzelkomponenten besteht, durch deren Zusammenspiel eine bestimmte Funktionalität erreicht wird. Es kann einerseits der lokale Wasserkreislauf mit den Gliedern Niederschlag – Versickerung – Wasserspeicherung im Boden oder Grundwasseranreicherung – Wurzelaufnahme – Verdunstung in nennenswerter Dimension aufrechterhalten werden. Andererseits wird durch die spezielle Bauweise ein großvolumiger durchwurzelbarer Raum zur Verfügung gestellt, der als Basis für vitale, große Bäume zu sehen ist und ihnen ermöglicht, ihre vielfältigen Ökosystemleistungen zu erfüllen – insbesondere das Kühlen ihrer Umgebung im urbanen Raum.

Um die notwendige hydrologische Funktionalität bestmöglich sicher zu stellen, werden im Folgenden Elemente und deren Funktion und Zieleigenschaften beschrieben, die bei der Planung und Umsetzung des Schwammstadtsystems für Bäume berücksichtigt werden sollen. Für die Formulierung dieser Anforderungen wurden Erkenntnisse aus Pilotstandorten in Österreich zusammengetragen, an denen im Realbetrieb verschiedene Systemkomponenten eingeführt, weiterentwickelt und zum Teil durch wissenschaftliches Monitoring bewertet wurden. Auf der Basis dieser einzelnen Komponenten werden in der Folge die damit verbundenen Anforderungen präsentiert.

Die Orientierungshilfe zielt somit auf die wichtigsten funktionellen Aspekte der noch wenig beschriebenen Bauweise ab. Sie wird als offenes Dokument gesehen, das zukünftige Weiterentwicklungen aus der Praxis im Zuge von Aktualisierungen aufnehmen soll. Eine Berücksichtigung der darin beschriebenen Elemente ersetzt keinerlei rechtliche Verfahren, die zur Bewilligung der Vorhaben notwendig sind und darüber hinaus gehende Vorgaben aus Baurecht, Wasserrecht, Nachbarschaftsrecht, etc. sind dessen unbeschadet einzuhalten. Die Orientierungshilfe kann auch die Abstimmung mit entsprechenden Sachverständigen nicht ersetzen.

2 Anforderungskatalog

Der nachstehend angeführte Katalog gibt einen Überblick über die wesentlichen Elemente des Schwammstadtsystems für Bäume, deren maßgebliche Funktion im System und die damit verbundenen Anforderungen für die funktionsorientierte Umsetzung. Hierbei wird differenziert zwischen Elementen, die als systemimmanent gesehen werden (blaues Rufzeichen) und solchen, die die Systemqualität weiter verbessern können. Für die konkrete Ausgestaltung der Elemente sind wiederum einzelne Zieleigenschaften angeführt, deren Erfüllung für eine funktionsorientierte Umsetzung als empfehlenswert oder sehr empfehlenswert eingestuft wird. Als Elemente werden dabei sowohl physische Teile des Systems, als auch zu berücksichtigende Prozesse verstanden. Durch die vorrangige Beschreibung der Funktion anstatt genauer Ausführungsvorgaben soll ein Gestaltungs- und Innovationsspielraum geöffnet werden, der es ermöglicht, die Funktionen auch mit anderen Methoden als den beschriebenen zu erreichen. Grundsätzlich gilt: die beschriebenen Funktionen der einzelnen Elemente sollen so gut wie möglich erfüllt werden.

Tabelle 2: Anforderungskatalog mit Beschreibung der Funktion und Zieleigenschaften der verschiedenen Elemente (! systemimmanentes Element; Einhalten der Eigenschaften und damit verbundenen Kenngrößen, außerdem eine Verwendungsempfehlung mit der Klassifikation „++“ sehr empfehlenswert und „+“ empfehlenswert)

Elemente, deren Funktion und Zieleigenschaften	Kenngrößen	Empfehlung
<p>! Element 1: Struktursubstratkörper</p> <p>Der Struktursubstratkörper sorgt für einen geeigneten erweiterten Wurzelraum unter tragfähig befestigten Oberflächen und ist das zentrale Element des beschriebenen Systems. Das Substrat besteht klassischerweise aus einem tragenden Grobschlag und dem Feinsubstrat, das unverdichtet in den Hohlräumen positioniert ist. Alternativ wäre ein unverdichteter Substratkörper unter tragfähig befestigten Oberflächen auch über technische Strukturen und Einbauten herstellbar. Dies wird in der gegenständlichen Orientierungshilfe nicht näher beschrieben.</p> <p>Der geplante Struktursubstratkörper soll gemeinsam mit dem Baumsubstratkörper in den ersten Jahren und Jahrzehnten den alleinigen Wurzelraum bilden können, ein Auswurzeln aus diesem soll jedoch keinesfalls behindert, sondern viel mehr unterstützt, mitgedacht und gefördert werden (z.B. auch durch bewusste Lenkung in Richtung weniger verdichteter und versiegelter Bereiche).</p>		
<p>1.1. Zusammensetzung allgemein:</p> <p>Das Struktursubstrat soll möglichst große, durchgängige und stabile Hohlräume für das Wurzelwachstum bieten. Deshalb soll das Substrat aus einem tragenden Gerüst aus Stützkorn (Kantkorn), idealerweise in einer enggestuften Korngrößenverteilung ($D/d \leq 2$), und einem in den Hohlräumen einbringbaren Feinsubstrat zusammengesetzt sein. Für den einphasigen Einbau (vorgemischt) wird empfohlen, Grobsplitt KK 32/63 oder ähnliches Material zu verwenden, um die Mischbarkeit sicherzustellen und trotzdem eine gewisse Hohlraumgröße zu erreichen. Beim zweiphasigen Einbau (eingeschlämmt) werden größere Korngrößen (z. B. 90/150 oder ähnliche Abstufungen) empfohlen, dies ermöglicht einerseits den Einschlämmvorgang und stellt andererseits größere zusammenhängende Hohlräume für die Wurzeln zur Verfügung.</p> <p>Bei der Wahl des Stützkorns soll zudem auf die Bruchfestigkeit und Kantenstabilität des Gesteins geachtet werden. Weder die notwendige Verdichtungstätigkeit, noch die regelmäßige Wasserbeaufschlagung sollen zu einer relevanten Beeinflussung der Gesteinskörnung führen.</p>	<p>Enggestuftes Stützkorn: einphasiger Einbau: KK 32/63; zweiphasiger Einbau: KK 90/150 oder ähnliche Gesteinskörnungen</p>	<p>++</p>

Elemente, deren Funktion und Zieleigenschaften	Kenngrößen	Empfehlung
<p>1.2. Lastabtragung Stützkorn:</p> <p>Ein Stein-auf-Stein-Kontakt des Stützkorns sichert den Lastabtrag, ohne das Feinsubstrat zu verdichten. Der Grobschlag ist nach dem Einbau (beim zweiphasigen Einbau vor dem Einschlämmen, beim einphasigen Einbau nach dem Einbringen und Verteilen des Gesamtsubstrats) mittels Rüttelplatte, Walze, oder äquivalenten Baumaschinen abgestimmt auf die vorgesehene Nutzung der späteren Oberfläche angemessen lagenweise zu verdichten, sodass die Tragfähigkeitswerte laut gültigen Normen eingehalten werden.</p> <p>Bei einem zweiphasigen Einbau („Einschlämmverfahren“) ist der Stein-auf-Stein-Kontakt gesichert gegeben. Bei einem einphasigen Einbau („vorgemischt“) ist dies stark vom Feinsubstratanteil (siehe nächster Punkt) und auch einer möglichen Entmischung beim Transport und Einbringen des Substrats abhängig.</p>	<p>Lageweise Verdichtung des Stützkorns mit geeigneten Baumaschinen für ordnungsgemäßen Lastabtrag</p>	<p>++</p>
<p>1.3. Dicke und Schichtaufbau:</p> <p>Der Empfehlung für die Dicke des Struktursubstratkörpers liegen der Aspekt der Durchwurzelbarkeit und die Möglichkeit zur Etablierung von starken Wurzeln größeren Durchmessers zu Grunde, aber auch die Notwendigkeit zur Verdichtung des Grobschlags. Es wird eine Dicke des Struktursubstrats von 50-90 cm empfohlen. Ein Struktursubstratkörper, der noch deutlich weiter in die Tiefe ragt, macht aus baumphysiologischer Sicht wenig Sinn – vor allem dann nicht, wenn eine fehlende Flächenausdehnung des Substratkörpers durch übermäßige Tiefe kompensiert wird. Ein sehr seichter Struktursubstratkörper (<30 cm) stößt hinsichtlich der notwendigen Verdichtung des Grobschlags an die Grenzen und bietet auch nur geringes Wurzelentfaltungspotenzial.</p> <p>Denkbar ist aber beispielsweise, dass Struktursubstratbereiche geringerer Schichtdicke beispielsweise als „Verbindungskorridore“ zu Grünflächen oder auch den Substratkörpern anderer Baumstandorte über kleine Bereiche eingeplant werden.</p> <p>Der Einbau des Struktursubstrats soll in Schichtstärken von 25-30 cm erfolgen.</p>	<p>Dicke zumindest 30 cm</p> <p>Dicke 50-90 cm; Schichtweiser Einbau mit Schichtdicken 25-30 cm</p>	<p>++</p> <p>+</p>

Elemente, deren Funktion und Zieleigenschaften	Kenngrößen	Empfehlung
<p>1.4. Qualität / Eigenschaften des Feinsubstrats für das Struktursubstrat:</p> <p>Feinsubstrate durchwurzelbarer Unterbauten – dazu zählt auch das Struktursubstrat - sollen laut ÖNORM L 1111 (2019) folgende Anforderungen erfüllen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pH-Wert zwischen 5,5 und 8,5 - pflanzenverfügbare Wasserspeicherfähigkeit (entspricht einem pF-Wert 1,8-4,2) > 10 Vol.-% - organische Substanz: ≤ 6 Masse-%, davon 50 % nicht abbaubar (aktivierte Pflanzenkohle) - spezifische Leitfähigkeit: ≤ 30 mS/m <p>Die pflanzenverfügbare Wasserspeicherfähigkeit des Gesamtsystems soll für ein gutes Baumwachstum mit möglichst wenig Trockenstressphasen grundsätzlich so hoch wie möglich sein. Dieser Wert ist in der ÖNORM für das reine Feinsubstrat angegeben, reduziert sich aber in der Gesamtmischung je nach Feinsubstratanteil mitunter beträchtlich. Eine Messung dieses Wertes für das gewählte Struktursubstrat im Vorfeld für eine bessere Planung ist sinnvoll.</p> <p>Pflanzenkohle kann verwendet werden, um den anfänglichen Nährstoffaustrag aus dem noch nicht durchwurzelten Struktursubstrat zu verringern und ermöglicht gleichzeitig eine Erhöhung der Wasserspeicherfähigkeit, vor allem bei sandbasiertem Feinsubstrat. Die Pflanzenkohle hat zumindest die ÖNORM S 2211 oder die Zertifikatsstufe EBC-Urban, besser EBC-Agro zu erfüllen.</p> <p>Als Feinsubstrat eignen sich verschiedenste Substratmischungen. Wenn das zweiphasige Einbauverfahren gewählt wird, ist auf die Einschlammbarkeit zu achten.</p>	<p>Feinsubstrat erfüllt genannte Eigenschaften weitgehend; Pflanzenkohle erfüllt ÖNORM S 2211 oder Zertifikat EBC-Urban, besser EBC-Agro; Optimierung der pflanzenverfügbaren Wasserspeicherfähigkeit</p>	<p>++</p>
<p>1.5. Qualität/Eigenschaften des Struktursubstrats gesamt:</p> <p>Gemäß ÖNORM L 1111 (2019) sollen durchwurzelbare Unterbauten als Gesamtsystem (Stützkorn + Feinsubstrat) folgende Eigenschaften erfüllen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wasserdurchlässigkeit $\geq 5,0 \cdot 10^{-6}$ m/s - Luftkapazität bei Feldkapazität (pF 1,8) ≥ 15 Vol.-% <p>Im Gesamtsystem sollen eine gewisse Durchlässigkeit für den Zu- und Abfluss des Wassers im Substrat, sowie der Grobporenanteil, ausgedrückt als Luftkapazität, eingehalten werden. Dies stellt den notwendigen Gasaustausch rund um die Wurzeln sicher und die Luftkapazität entspricht auch dem kurzfristigen Retentionsvolumen.</p>	<p>Struktursubstrat als Mischung erfüllt genannte Eigenschaften</p>	<p>++</p>

Elemente, deren Funktion und Zieleigenschaften	Kenngrößen	Empfehlung
<p>1.6. Anteil Feinsubstrat:</p> <p>Im Falle eines einphasigen Einbaus („vorgemischt“) soll der Feinsubstratanteil 15 ± 2 Vol.-%, beim Einschlammverfahren 25 ± 5 Vol.-% betragen. In weiterer Folge wird auch vom „Einschlammgrad“ gesprochen. Dies beschreibt den Feinsubstratanteil.</p> <p>Eine Reduktion des Feinsubstratanteils erhöht den Grobporenanteil und somit das kurzfristige Retentionsvolumen, reduziert aber den pflanzenverfügbaren Bodenwasserspeicher. Eine Erhöhung des Feinsubstratanteils verringert den Grobporenanteil, erhöht aber den pflanzenverfügbaren Bodenwasserspeicher. Auf diese Weise kann eine standort- und zielspezifische Substratanpassung – gegebenenfalls auch in einzelnen Abschnitten eines Umsetzungsprojektes – erfolgen. Der Feinsubstratanteil ist nach oben hin beim zweiphasigen Einbau mit dem Porenvolumen des Stützkorns (ca. 30-35 Vol.-%) beschränkt. Beim einphasigen Einbau führt eine Erhöhung des Feinsubstratanteils zu vermehrten verdichteten Feinsubstratbereichen und weniger direkten Stein-Stein-Kontakten. Ab einem gewissen Ausmaß dieser verdichteten Feinsubstratbereiche ist zu erwarten, dass der Gasaustausch reduziert und die Funktionsweise des Struktursubstrats als guter Wurzelraum negativ beeinflusst wird. Dies soll so weit als möglich vermieden werden.</p>	<p>Feinsubstratanteil: 15 ± 2 Vol.-% bei einphasigem Einbau, 25 ± 5 Vol.-% bei zweiphasigem Einbau</p>	<p>+</p>

Elemente, deren Funktion und Zieleigenschaften	Kenngrößen	Empfehlung
<p>1.7. Volumen:</p> <p>Das notwendige Volumen des Struktursubstratkörpers wird durch das Ziel eines langjährig, gesund wachsenden Baumes und das dafür notwendige Wurzelvolumen bestimmt. Der verfügbare Wurzelraum bestimmt maßgeblich die erreichbare Baumgröße. Das Struktursubstrat ist als Ergänzung und Erweiterung zum offenen Baumsubstratkörper zu sehen, der so großvolumig wie möglich ausgeführt werden soll (siehe Element 2: Baumsubstratkörper). Weiters soll durch offene Anschlussflächen des Struktursubstrats an die anstehende Umgebung ein Auswurzeln aus dem System ermöglicht werden (siehe Element 4: ungestörte Wurzelausbreitung in die Umgebung).</p> <p>Bei der Dimensionierung des Substratvolumens spielt die erwartete Baumgröße eine maßgebliche Rolle. Es werden demnach die rechts angeführten, auf der Basis international gebräuchlicher Werte ausgewiesenen, Kennwerte vorgeschlagen. Die Frage, ob beim Struktursubstrat das gesamte Volumen oder nur der Feinsubstratanteil als effektiver Wurzelraum zu betrachten ist, kann auf Basis der gesichteten Literatur nicht vollumfänglich beantwortet werden, tendenziell wird aber eher empfohlen, nur das Feinsubstrat zu betrachten (weitere Ausführungen hierzu siehe Punkt 4 Ansätze zur Bemessung des Wurzelvolumens). Basierend auf diesen Erkenntnissen wird im Sinne langjährig wachsender Bäume und der bestmöglichen Erfüllung der Ökosystemleistungen auch in dieser Orientierungshilfe empfohlen das Struktursubstrat für die Dimensionierung als Wurzelraum nur im Ausmaß des Feinsubstratanteils zu berücksichtigen und nach Möglichkeit das zur Verfügung gestellte Gesamtvolumen dementsprechend zu vergrößern.</p> <p>Für eine verbesserte Retention von Starkregen können erweiterte Bereiche aus reinem Grobschlag, also ohne Feinsubstrat, angeschlossen werden. Diese sollen auf Grund des fehlenden Feinsubstrats in die oben beschriebene Berechnung nicht mit einfließen.</p>	<p>Anpassung der Substratvolumina an die Zielbaumgröße; grundsätzlich gilt: so groß wie möglich</p>	<p>+++</p>
	<p>Folgende Werte sind laut internationaler Literatur abgestimmt auf die Baumgröße erstrebenswert: (Angeführte Volumina gelten für das geplante Struktursubstratvolumen * Feinsubstratanteil + Baumsubstratvolumen)</p> <p>Große Bäume (Kronendurchmesser >8 m): ≥ 30 m³; mittlere Bäume (Kronendurchmesser 5-8 m): ≥ 20 m³; kleine Bäume (Kronendurchmesser <5 m): ≥ 8 m³</p>	<p>+</p>

Elemente, deren Funktion und Zieleigenschaften	Kenngrößen	Empfehlung
<p>1.8. Verbindung der Baumstandorte untereinander und Anschluss an natürliche Grünflächen (=Reduktion des Substratvolumens):</p> <p>Generell soll bei der Planung die Verbindung möglichst vieler Baumstandorte untereinander, sowie die unterirdische Verbindung der Baumstandorte zu möglichst natürlichen Grünflächen angestrebt werden – auch dies wird in der Literatur empfohlen – wodurch auch Reduktionen hinsichtlich der geplanten Wurzelraumvolumina möglich sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sind mehrere Bäume über einen Struktursubstratkörper verbunden, so ist eine Reduktion des durchwurzelbaren Substrats möglich, sollte aber 25 % je Baum nicht überschreiten. - Grenzt der Struktursubstratkörper eines Baumes über mehrere Meter an eine annähernd natürliche Grünfläche mit guter Durchwurzelbarkeit, so ist eine zusätzliche Reduktion des notwendigen Volumens mit dem dort verfügbaren Wurzelvolumen bis zur Unterkante des Struktursubstrates möglich; diese Reduktion wird um Ausmaß von max. weiteren 25 % empfohlen. Es darf hierfür kein künstliches oder natürliches Hindernis die Durchwurzelung erschweren (z.B. Vlies oder Folie, Felsblöcke). 	<p>Verbindung der Baumstandorte durch die Substratkörper (Reduktion des Substratkörpers um 25 % möglich)</p>	<p>++</p>
	<p>Anschluss der Substratkörper an natürliche Grünflächen (Reduktion des Substratkörpers um 25 % möglich)</p>	<p>++</p>
	<p>Keine Durchwurzelungshindernisse</p>	<p>++</p>



Element 2: Baumsubstratkörper

Der nicht tragfähig befestigte Baumsubstratkörper (= offene, nicht überbaute Pflanzgrube laut FLL, 2010) steht dem Jungbaum direkt nach dem Auswurzeln aus dem Pflanzsubstrat zur Verfügung; er hat in der Regel auf Grund des nicht notwendigen lastabtragenden Stützkorns deutlich mehr Wasserspeichervermögen, wird durch die versickerungsoffene, nicht befestigte Oberfläche direkt mit Niederschlagswasser gespeist, steht für den Gasaustausch in direkter Anbindung an die Atmosphäre und stellt somit einen sehr wertvollen Wurzelraum dar. Dieser Substratkörper sollte deshalb so groß und hochwertig als möglich ausgeführt werden. Über einige Jahre wird dieser Körper den Großteil der Wurzeln beherbergen.

Sollen Bereiche des Baumsubstratkörpers tragfähig befestigt werden, so sollten für diese Bereiche lastabtragende Elemente oder auch überbaubares Baumsubstrat vorgesehen werden (Pflanzgrubenbauweise 2 – überbaute Pflanzgrube laut FLL, 2010). Grundsätzlich sind allerdings nicht tragfähig befestigte Baumsubstratkörper vorzuziehen.

Elemente, deren Funktion und Zieleigenschaften	Kenngrößen	Empfehlung
<p>2.1. Dimension:</p> <p>Der nicht tragfähig befestigte Baumsubstratkörper in direkter Umgebung des Wurzelballens stellt eine besonders wertvolle Ressource für den Baum dar. In den ersten Standjahren ist dieser Bereich zudem der Hauptwurzelbereich. Aus diesen Gründen soll ein möglichst großes Baumsubstratvolumen (Ziel: 12 m³, ohne Limit nach oben) ohne befestigte Oberfläche zur Verfügung gestellt werden, jedoch zumindest 4 m³. Bei Bestandsbäumen sind meist wesentlich größere unverdichtete Baumscheiben auf Grund der vorhandenen Wurzelstruktur notwendig.</p> <p>Das unter dem Element 1 beschriebene Struktursubstrat ist als Ergänzung zum nicht tragfähig befestigten Baumsubstratkörper unter tragfähig befestigten Oberflächen zu sehen.</p>	<p>≥ 4 m³ Baumsubstrat unverdichtet je Neupflanzung</p>	<p>++</p>
	<p>bei mittleren und großen Zielbaumgrößen ≥ 12 m³ Baumsubstrat unverdichtet je Neupflanzung</p>	<p>+</p>
<p>2.2. Qualität / Eigenschaften:</p> <p>Gemäß FLL-Richtlinie (2010) sollen nicht tragfähig befestigte Baumsubstrate („Pflanzgrubenbauweise 1 – offene, nicht überbaute Pflanzgrube“) folgende Anforderungen erfüllen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Körnung: 0/11 bis 0/32 - Körnung: Kornfraktion d=0,063-2,0 mm soll mind. 30 Masse-% betragen - kf-Wert ≥ 5,0 * 10⁻⁶ m/s und ≤ 5,0*10⁻⁴ m/s - Wasserkapazität ≥ 25 Vol.-% - Luftkapazität bei max. Wasserkapazität ≥10 Vol.-% oder bei pF 1,8 ≥ 15 Vol.-% - pH-Wert: 5,0-8,5 - organische Substanz: 1-4 Masse-% - Salzgehalt 150 mg/100 g (im Wasserauszug), 100 mg/100 g (in gesättigter Gipslösung) - Nährstoffgehalt: Deklaration nach Düngemittelverordnung - Verdichtungsgrad D_{Pr} 83-87 % <p>Erfüllt das gewählte Substrat diese angeführten Parameter beim Einbau mit der genannten Vorverdichtung und wird der Substratkörper nicht tragfähig überbaut, so kann von einer grundsätzlichen Eignung des Substrats für das Baumwachstum im urbanen Raum ausgegangen werden. Spätere Setzungen bzw. Sackungen des Baumsubstrats sollten durch einen lageweisen durchgeführten Einbau mit moderaten Verdichtungen (Zieldichte DPr 83-87 %) vermieden werden.</p>	<p>Baumsubstrat erfüllt die genannten Eigenschaften</p>	<p>++</p>

Elemente, deren Funktion und Zieleigenschaften	Kenngrößen	Empfehlung
<p>2.3. Einsatzgebiet:</p> <p>Nicht tragfähig befestigtes Baumsubstrat soll nicht durch häufige mechanische Belastung verdichtet werden. Soll die Baumscheibe oberflächlich mechanisch belastet werden können, so sind lastabtragende Elemente vorzusehen, die eine Verdichtung des Baumsubstrats verhindern und die Substratoberfläche zudem offenhalten.</p>	<p>Baumsubstrat nur in gering verdichteten, oberflächlich offenen Bereichen</p>	<p>++</p>
<p>! Element 3: Baum</p> <p>Bäume sind ein weiterer Grundbestandteil. Zum einen macht das beschriebene System mit dem damit verbundenen Aufwand nur mit entsprechenden langjährig wachsenden Pflanzen Sinn und zum anderen braucht es diese auch, um dem Gedanken der dezentralen Niederschlagsbewirtschaftung mit Förderung von Verdunstung im urbanen Raum gerecht zu werden. Zudem ist die Verbesserung der Standortbedingungen für Bäume als Basis für eine hohe Lebensdauer, eine gute Resilienz und Vitalität und in weiterer Folge eine verbesserte Überschirmung, eines der Hauptziele des beschriebenen Systems.</p>		
<p>3.1. Baumanzahl:</p> <p>Bei größeren verfügbaren Flächen und geplanten Struktursubstratkörpern sollen möglichst viele integrierte Bäume (unter Beachtung der notwendigen Wurzelraumdimensionen) angestrebt werden, um das Grundprinzip der pflanzlichen Nutzung des Bodenwassers bestmöglich zu verfolgen.</p> <p>Sind mehrere Bäume Teil eines Projekts, so sollen idealerweise deren Substratkörper und somit Wurzelräume miteinander verbunden werden.</p>	<p>bei größeren Struktursubstratkörpern: Versuch möglichst viele Bäume einzubinden; Verbindung der Substratkörper miteinander</p>	<p>++</p>
<p>3.2. Baumarten:</p> <p>Sind Neupflanzungen vorgesehen, so ist auf die Eignung der Baumarten für die zukünftig zu erwartenden klimatischen Bedingungen in der Region und das städtische Umfeld zu achten.</p> <p>Dabei ist auf die Einstufung der Gehölzarten nach ihrer Eignung für eine Verwendung im Stadtbereich bei prognostiziertem Klimawandel zu achten. Wesentliche Kriterien für die Auswahl zukunftssträchtiger Stadtbaumarten sind: Trockenstresstoleranz, Frosthärte, Standortansprüche, insbesondere pH-Toleranz, Krankheitsanfälligkeit, Schädlingsanfälligkeit, Bewertung aus der Praxis (GALK), Wuchsform (z. B. Roloff und Gillner, 2009; GALK, 2024).</p>	<p>Bei Neupflanzungen: gewählte Baumarten sind entsprechend verfügbarer Literatur für ihr Einsatzgebiet und das zukünftige Klima geeignet.</p>	<p>++</p>

Elemente, deren Funktion und Zieleigenschaften	Kenngrößen	Empfehlung
<p>3.3 Einbindung von Bestandsbäumen:</p> <p>In der Regel werden mit dem gegenständlichen System Neupflanzungen etabliert. Es besteht aber auch die Möglichkeit, Bestandsbäume in ein solches System zu integrieren.</p> <p>Werden Bestandsbäume in das Schwammstadtsystem integriert, so soll eine Prüfung des Vitalitätszustandes des Baumes von einer fachlich geeigneten Person durchgeführt werden. Es ist einerseits nicht zielführend, einen ohnehin kurz vor der Fällung stehenden Baum aufwändig ins System einzubetten, und andererseits ist auch eine Veränderung des Wurzelraums von sehr alten, vitalen, am Standort etablierten Bäumen als sehr heikel zu sehen. Am sinnvollsten erscheint eine Wurzelraumsanierung und -erweiterung für kleine und mittelgroße Bestandsbäume, mit realistischen Chancen auf Verbesserung des Entwicklungspotenzials.</p> <p>Eine Möglichkeit der Bestandsbaumeingliederung besteht darin, Wurzeln in stark verdichtetem Untergrund/Substrat sachgemäß und vorsichtig freizulegen, diesen bereits bestehenden Wurzelraum mit Baums substrat und/oder Struktursubstrat zu sanieren und gleichzeitig mit Hilfe des Struktursubstrats den erschließbaren Wurzelraum zu erweitern. Weiters ist es auch möglich, den Fokus auf die Wurzelraumerweiterung mit Struktursubstrat zu legen, ohne den bestehenden Wurzelraum weitreichend zu öffnen und zu sanieren. Eine Abgrenzung des existierenden Wurzelraums ohne Aufgrabung ist allerdings schwierig und bestehende Verdichtungsprobleme im Wurzelraum werden dadurch nicht gelöst. Für die Planung und Durchführung sollen jedenfalls Fachexpertinnen oder -experten hinzugezogen werden.</p> <p>Hierbei ist anzumerken, dass bei der Bestandsbaumsanierung und -eingliederung in das Struktursubstratsystem immer ein Risiko für eine Schädigung des Baums bleibt und die Maßnahme meist sehr kostenintensiv ist. Dennoch sind bereits etablierte Bestandsbäume besonders schützenswert und für die Erfüllung der ihnen zugesprochenen Ökosystemleistungen auf Grund ihrer bereits erreichten Größe im Vergleich zu Neupflanzungen besonders wertvoll. Aus diesem Grund ist die Überlegung einer Anbindung an den Struktursubstratkörper und/oder einer Wurzelraumsanierung ratsam.</p>	<p>Bei Bestandsbäumen: Gesundheitszustand prüfen; Methodisches Vorgehen für Wurzelraumfreilegung und - sanierung überlegen; Expert:in hinzuziehen</p>	<p>++</p>

Elemente, deren Funktion und Zieleigenschaften	Kenngrößen	Empfehlung
<p>! Element 4: Ungestörte Wurzelausbreitung in die Umgebung</p> <p>Das Schwammstadtsystem für Bäume soll den Bäumen durch einen großvolumigen Wurzelraum gute Entwicklungsmöglichkeiten für die ersten Jahre bis Jahrzehnte bieten, mit dem Ziel der Etablierung am Standort. Mit wachsender Baumkrone wächst aber auch der notwendige Wurzelraum und das bereitgestellte System stoßt an seine Grenzen. Dies passiert auf Grund des vergleichsweise großen Substratkörpers planmäßig später, als es bei einer konventionellen Baumpflanzung der Fall wäre. Der Baum ist zu diesem Zeitpunkt bereits deutlich größer und weiter verzweigt, was auf eine bessere Resilienz und Vitalität hoffen lässt. Durch das großflächige durchwurzelbare Struktursubstrat wird viel Anschlussfläche an den rundherum anstehenden Untergrund geboten, was die Wahrscheinlichkeit erhöhen soll, dass der Baum durchwurzelbare Wegigkeiten finden und erschließen kann. Um diese Wurzelausbreitungen zu ermöglichen, sind Hindernisse zwischen den einzelnen Substrattypen (Baumsubstrat und Struktursubstrat) zu vermeiden, und eine offene Anschlussfläche zwischen dem Struktursubstratkörper und dem rundherum anstehenden Untergrund soll, wo möglich, gewährleistet werden.</p>		
<p>4.1. Verbindung zwischen Baumsubstrat und Struktursubstratkörper:</p> <p>Das den Wurzel- oder Pflanzballen umgebende Baumsubstrat soll nach unten und/oder zur Seite einen direkten durchwurzelbaren Anschluss an das Struktursubstrat, ohne Vlies oder andere Abgrenzungen dazwischen, aufweisen.</p>	<p>Direkter durchwurzelbarer Anschluss des Baumsubstratkörpers an Struktursubstratkörper</p>	<p>++</p>
<p>4.2. Offene Verbindung des Struktursubstratkörpers zur Umgebung:</p> <p>Es sollen ausreichend durchlässige Schnittstellen zur anstehenden Umgebung – sowohl nach unten, als auch zumindest an zwei Seiten des Substratkörpers – gegeben sein und nicht durch diverse Einbauten oder Maßnahmen (Folien, Vliese, ...) abgedichtet werden, um ein Auswurzeln des Baums aus dem System zu ermöglichen.</p>	<p>Struktursubstratkörper ist nach unten und zumindest an zwei Seiten zur anstehenden Umgebung hin offen ausgeführt (d. b. keine technischen Einbauten / Maßnahmen, die ein Auswurzeln aus dem System verhindern)</p>	<p>++</p>

Elemente, deren Funktion und Zieleigenschaften	Kenngrößen	Empfehlung
<p>4.3. Durchwurzelbarer anstehender Untergrund:</p> <p>Zusätzlich zur gegebenen offenen Verbindung zum anstehenden Untergrund sollte dieser auch grundsätzlich durchwurzelbar sein. Dies setzt eine gewisse Qualität des Materials voraus. Das Material (Boden bzw. Gestein) muss hierfür ausreichend Grobporen aufweisen, die einen guten Gasaustausch ermöglichen. Wenn der anstehende Untergrund eine ausreichend hohe Sickerfähigkeit hat, um die Einhaltung der maximalen Entleerungsdauer zu ermöglichen (siehe Element 9.1), so ist die Durchwurzelbarkeit wahrscheinlich auch gegeben. Stark tonhaltige und/oder kompaktierte Schichten, die als Stauer wirken, können hingegen eine nicht durchwurzelbare Barriere darstellen. Mögliche Anzeichen sind beispielsweise gräulich-bläuliche Verfärbungen, die auf anaerobe Prozesse bedingt durch Staunässe hindeuten. Ist davon auszugehen, dass der anstehende Untergrund nicht oder schlecht durchwurzelbar ist, so sollte über mögliche Verbesserungen durch z. B. Bodenaustausch, Aufbrechen von Verdichtungen, tieferen Aushub, oder auch Kompensationsmaßnahmen, wie z. B. verbesserte/vergrößerte mögliche Auswurzelungsbereiche zur Seite, nachgedacht werden. Eine Vernässung des Struktursubstratkörpers und/oder Baumsubstrats durch einen mittelfristigen Wasserrückstau am anstehenden Untergrund ist jedenfalls zu vermeiden (siehe Element 9.1).</p>	<p>Durchwurzelbarer anstehender Untergrund (d. b. ausreichend Grobporen, keine stauende Schicht)</p>	<p>+</p>



Element 5: Belüftungs- und Verteilschicht

Für den Gasaustausch zwischen dem unterirdischen Wurzelraum und der Atmosphäre, sowie für die Verteilung des zugeleiteten Wassers dient eine flächige Belüftungs- und Verteilschicht mit Anschluss an die Oberfläche. Diese Schicht besteht aus Splitt ohne Feinanteil oder zugemischten Feinsubstrat und wird flächig ohne den Bereich der Baumscheiben direkt über dem Struktursubstrat aufgebracht. Um Ausschwemmungen von Feinanteilen aus dem darüberliegenden Tragschichtaufbau in die Belüftungs- und Verteilschicht zu verhindern, ist eine Abtrennung (Geotextilien) vorzusehen.

Elemente, deren Funktion und Zieleigenschaften	Kenngrößen	Empfehlung
<p>5.1. Aufbau und Verdichtung, sowie Abtrennung zum Tragschichtaufbau:</p> <p>Zu empfehlen sind wiederum enggestufte Korngrößenverteilungen, wie beispielsweise KK 16/32 oder KK 32/63. Es wird eine Schichtdicke von rund 20 cm empfohlen. Die Belüftungs- und Verteilschicht ist jedenfalls mit geeignetem Gerät abgestimmt auf die vorgesehene Nutzung der späteren Oberfläche (laut gültigen Normen und Richtlinien) zu verdichten und vom darüberliegenden Tragschichtaufbau als Schutz vor Ausschwemmungen von Feinanteilen abzutrennen (z. B. mittels Geotextilien).</p> <p>Im Fall einer darüberliegenden Grünfläche auf einer Vegetationstragschicht sollte im besten Fall auf eine Abtrennung durch ein Geotextil verzichtet und stattdessen ein Aufbau als Stufenfilter angestrebt werden.</p>	<p>KK 16/32 oder KK 32/63; Dicke ca. 20 cm; Verdichtung abgestimmt auf vorgesehene Nutzung; Abtrennung zum darüberliegenden Tragschichtaufbau (z. B. mittels Geotextilien)</p>	<p>++</p>



Element 6: Wasserzufuhr/ Einzugsgebiet und Bemessung

Das Schwammstadtsystem für Bäume ermöglicht die gezielte Wassereinleitung von umliegenden Einzugsgebieten (EZG) durch konzentrierte oberflächliche Versickerung (z. B. Bodenfilterbecken) und/oder durch Zuleitung in der Belüftungs- und Verteilschicht, zusätzlich zur natürlichen flächigen Versickerung über durchlässige Beläge. Da das Struktursubstrat auf Grund seines Fokus auf die Tragfähigkeit einen geringen pflanzenverfügbaren Bodenwasserspeicher aufweist, ist im Sinne einer guten Wasserversorgung für den Baum besonders darauf zu achten, diesen möglichst häufig zu füllen, wofür es dieses zusätzliche EZG braucht. Neben der Summe an angeschlossenen Einzugsgebieten und der Niederschlagsverteilung spielt auch die Verteilung des Wassers (siehe Element 8: Verteilungs- und Belüftungssystem) eine wesentliche Rolle. Dem gegenüber steht die Verwendung des Systems als Entwässerungsanlage mit dem Ziel der Überflutungssicherheit bei einer bestimmten Jährlichkeit des Niederschlags, was die Planung in Richtung eines geringen Verhältnisses von EZG zu Struktursubstrat drängt. Um dies zu umgehen, kann das System mit anderen blau-grünen oder auch „grauen“ Elementen kombiniert werden (ähnlich dem Vorschlag im ÖWAV-Regelblatt 45, 2025). Detailliertere Ausführungen zur wasserwirtschaftlichen Funktionsweise finden sich unter *Kapitel 3 – Wasserwirtschaftliche Beschreibung*.

Elemente, deren Funktion und Zieleigenschaften	Kenngrößen	Empfehlung
<p>6.1. Hydraulische Bemessung:</p> <p>Für ein detaillierteres Bild über ein Zuviel oder Zuwenig von Wasser im System und eine durchdachte Systemplanung, angepasst an den Projektstandort, ist eine hydraulische Bemessung oder Wasserbilanzrechnung sehr zu empfehlen. Diese sollte idealerweise basierend auf den Substratkennwerten, historischen Wetterdaten des Gebietes, Bemessungsniederschlägen (ehyd.gv.at), möglichen Einzugsgebietsgrößen und realistischen Annahmen zur Wasserverteilung durchgeführt werden. Dadurch können die Wassermengen und deren Aufteilung im Sinne der Wasserbilanz besser abgeschätzt und auf mögliche Trockenstressphasen für die Bäume hingewiesen werden. Weiters bietet dies die Basis um die Planung des Gesamtsystems zu optimieren.</p> <p>Sollte das Schwammstadtsystem für Bäume als Entwässerungsanlage für ein Niederschlagsereignis einer bestimmten Jährlichkeit dienen oder wesentlicher Bestandteil eines Entwässerungssystems sein, so ist zumindest die Bemessung mittels Bemessungsereignis durchzuführen, wie bei solchen Anlagen üblich. Hierfür wird eine vom ÖWAV-RB 45 abweichende Herangehensweise vorgeschlagen, die unter <i>Kapitel 3 – Wasserwirtschaftliche Beschreibung</i> näher ausgeführt wird.</p>	<p>Hydraulische Bemessung basierend auf Niederschlagszeitreihen, Bemessungsniederschlägen, möglichen Einzugsgebieten, Substratkennwerten, etc. für die Optimierung von Flächenverhältnissen, Zuleitungspunkten und Verteilsystemen</p>	<p>++</p>
<p>6.2. Vereinfachte Richtwerte für ein Mindestverhältnis EZG zu Struktursubstrat:</p> <p>Sollte eine hydraulische Bemessung basierend auf standortspezifischen Eingangsparametern nicht möglich sein, werden als Hilfestellung vereinfachte Richtwerte für das Mindestverhältnis von Einzugsgebietsfläche zu Struktursubstratoberfläche empfohlen, um ein gewisses Mindestmaß an Befeuchtung zu erreichen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - bei <60 cm Struktursubstrathöhe – Verhältnis 2:1 - bei >60 cm Struktursubstrathöhe – Verhältnis 3:1 <p>Ein exemplarisches Rechenbeispiel zu diesen Richtwerten ist im <i>Kapitel 3</i> angeführt.</p> <p>Diese angegebenen Richtwerte sind für die meisten Regionen als Mindestwerte zu sehen, berücksichtigen die Vielfalt an möglichen Parameterkombinationen im zu planenden System und in der klimatischen und räumlichen Umgebung nicht und sollen nur als Notlösung herangezogen werden.</p>	<p>Verhältnis EZG-Fläche zu Struktursubstratoberfläche $\geq 2:1$ bei bis zu 60 cm Struktursubstratkörperhöhe und $\geq 3:1$ bei >60 cm Struktursubstratkörperhöhe</p>	<p>+</p>

Elemente, deren Funktion und Zieleigenschaften	Kenngrößen	Empfehlung
<p>! Element 7: Vorreinigung Wassereinlauf</p> <p>Das Struktursubstrat wird als nichtreinigendes Retentionselement gesehen, da durch den unterirdischen Einbau ein einfacher Substrataustausch nicht möglich ist. Die Reinigung des zugeleiteten Oberflächenwassers muss somit vor der Einleitung in das Struktursubstrat und gemäß den gültigen Normen (ÖWAV RB 45, ÖNORM B 2506:1-3, RVS 04.04.11) passieren. Die praktische Anwendung dieser Regelwerke variiert in Österreich, daher ist im Zweifel Kontakt mit entsprechenden Sachverständigen der Behörden aufzunehmen. Einwirkungen auf das Grundwasser, die unmittelbar oder mittelbar dessen Beschaffenheit verändern und über das geringfügige Ausmaß hinaus gehen, sind gemäß WRG §32 wasserrechtlich bewilligungspflichtig.</p>		
<p>7.1. Gering verunreinigtes Oberflächenwasser:</p> <p>Oberflächenwasser mit einer nur geringen anzunehmenden Verschmutzung (F1-Flächen laut ÖWAV-RB 45, 2025), wie beispielsweise von Dachflächen oder Gehwegen, eignet sich besonders gut für die Verwendung und kann über die Belüftungs- und Verteilschicht direkt dem Struktursubstratkörper zugeführt werden.</p>	<p>Einbindung von F1-Flächen, wie Gehwege und Dachflächen</p>	<p>++</p>
<p>7.2. Stärker verunreinigtes Oberflächenwasser:</p> <p>Eine mittlere oder hohe Verschmutzungskategorie (F2-F3) des Oberflächenwassers (ÖWAV-RB 45, 2025) soll kein Hinderungsgrund für die Nutzung des Oberflächenwassers für den lokalen Wasserkreislauf sein. Niederschlagswasser von F2-Flächen kann beispielsweise direkt über die bepflanzte Baumscheibe vorgereinigt werden. Niederschlagswasser von F3-Flächen muss über geeignete Reinigungselemente, wie beispielsweise Bodenfilterbecken oder auch Rinnen mit technischen Filtern geführt werden, doch auch diese lassen sich gut mit einer nachfolgenden Einleitung ins Struktursubstrat bzw. die Belüftungs- und Verteilschicht (über Versickerung, oder Sammlung und konzentrierte Zuleitung) kombinieren.</p>	<p>Nutzung von Oberflächenwasser auch mittlerer oder höherer Verschmutzungskategorie durch Kombination mit entsprechenden Reinigungselementen</p>	<p>+</p>
<p>! Element 8: Verteilungs- und Belüftungssystem – Wasserzufuhr/ Gasaustausch</p> <p>Um sowohl die Wasserzufuhr in den Wurzelraum, als auch den Gasaustausch zur Verhinderung anaerober Verhältnisse zu gewährleisten, ist ein Wasser- und Gasaustauschsystem einzuplanen. Dieses verbindet die Belüftungs- und Verteilschicht mit der Atmosphäre und soll möglichst die gesamte Struktursubstratfläche mit einbeziehen, sodass auch bei kleinen Niederschlagsereignissen möglichst große Teile des Struktursubstratkörpers zur Auffüllung des darin enthaltenen Bodenwasserspeichers beschickt werden.</p>		

Elemente, deren Funktion und Zieleigenschaften	Kenngrößen	Empfehlung
<p>8.1. Wasserdurchlässige Oberfläche als Basis:</p> <p>Eine durchlässige Oberfläche bildet eine gute Basis für die Wasserzufuhr und macht das System weniger fehleranfällig. Trotzdem sollen auch bei einer durchlässigen Oberfläche einzelne zusätzliche Vorrichtungen für Wasserzufuhr- und Gasaustausch vorgesehen werden, da nur über solche konzentrierten Zuleitungswege eine effiziente Einleitung von Oberflächenwasser zusätzlicher Einzugsgebiete möglich ist (siehe folgende zwei Aufzählungspunkte). Zudem kann die Durchlässigkeit mit der Zeit beträchtlich abnehmen. Ist die Oberfläche undurchlässig ausgeführt, so ist besonderes Augenmerk auf eine durchdachte Wasserverteilung mittels mehrerer Zuleitungspunkte, oder einem unterirdischen Verteilsystem zu legen.</p>	<p>durchlässige Oberflächen, wo möglich; ein möglichst großer Teil der Struktursubstratfläche wird über Schacht-/Rohrsysteme in die Wasserverteilung miteinbezogen</p>	<p>++</p>
<p>8.2. Wasserzuleitung über konzentrierte oberflächliche Versickerung (z.B. Tiefbeet, Sickermulde):</p> <p>Dies ist eine punktuelle Bespeisung des Systems mit Oberflächenwasser, die ein gleichzeitiges Entweichen der Luft über dasselbe Element kaum ermöglicht. Um eine ausreichende Belüftung sicherzustellen, soll ein Belüftungsschacht oder Ähnliches je Baum, platziert im überbauten Bereich, vorgesehen werden, zumindest aber soll ein Anschlusspunkt je Struktursubstratsystem gewährleistet sein, der die Atmosphäre mit der Belüftungs- und Verteilschicht verbindet. Die Anschlusspunkte an die Oberfläche sollen für den Zweck des Gasaustausches luftdurchlässig ausgeführt sein.</p> <p>Diese Art der Wasserzuleitung kann auch nur in einem Teilbereich Anwendung finden und mit der Wasserzuleitung über Direkteinleitung, sowie eine durchlässige Oberfläche kombiniert werden.</p>	<p>Zumindest ein Belüftungsschacht o. Ä. je Struktursubstratkörper</p> <p>ein Belüftungsschacht je Baum</p>	<p>++</p> <p>+</p>

Elemente, deren Funktion und Zieleigenschaften	Kenngrößen	Empfehlung
<p>8.3. Wasserzuleitung erfolgt über Direkteinleitung in die Belüftungs- und Verteilschicht:</p> <p>Gasaustausch und Wasserverteilung erfolgen grundsätzlich über dieselben Elemente, das Entweichen der Luft aus dem unterirdischen System kann bei intensiver Wasserzuleitung über diese Komponenten aber trotzdem eingeschränkt sein.</p> <p>Die Wassereinleitung kann punktuell z.B. über einen Einlaufschacht erfolgen, oder linear über ein damit gekoppeltes Sickerrohrsystem, das in der Belüftungs- und Verteilschicht verlegt wird. Hierbei sind Teilsickerrohre (geschlitzter Bereich oben) auf Grund der Möglichkeit zur gleichmäßigen Beaufschlagung des Substrats über die gesamte Rohrlänge Vollsickerrohren vorzuziehen. Da nicht sämtliche Verunreinigungen abgeschieden werden können, sollen Rohrsysteme von der Oberfläche für Spülungszwecke und auch mechanische Reinigungen zugänglich sein, bestenfalls beidseitig. Die gewählten Produkte und Materialien sollen solchen Reinigungsverfahren standhalten. Bei einem beidseitigen Anschluss des Rohrsystems an die Oberfläche besteht auch der Vorteil, dass bei einer einseitigen Wasserzuleitung der zweite Anschlusspunkt für den Gasaustausch dienen kann.</p>	<p>Zuleitungs- und Verteilsysteme so planen, dass auch bei Starkregen ein Gasaustausch stattfinden kann; Möglichkeit zur Spülung und mechanischen Reinigung der Rohre vorsehen und Produkte/Materialien danach wählen; realistische Wasserverteilung ausgehend von linearen oder punktuellen Zuflusselementen in Planung berücksichtigen</p>	<p>++</p>
<p>Werden punktuelle Einleitungen in die Belüftungs- und Verteilschicht eingeplant, so sind auch ergänzende Anschlusspunkte an die Atmosphäre ohne Wassereinspeisung für den Zweck des Luftaustausches zu empfehlen.</p> <p>Das Ausmaß der Wasserverteilung in der Belüftungs- und Verteilschicht ausgehend von linearen oder punktuellen Zufluss- und Verteilelementen hängt wesentlich von den Zuflussraten ab. Das Struktursubstrat in der beschriebenen Ausführung weist eine relativ hohe Durchlässigkeit auf, wodurch es nur zu geringem Rückstau in der Belüftungs- und Verteilschicht kommt. Verteilrohre befeuchten bei geringen Zuflussraten (<1 l/s) i.d.R. nur das Struktursubstrat in direkter Umgebung (ca. 1-2 m Breite), sowie im Falle von Vollsickerrohren nur den Bereich entlang der ersten wenigen Meter des Rohres. Dies ist bei der Planung zu beachten und bei breiteren bzw. größeren Flächen sind eine entsprechende Rohrführung oder ergänzende andere Wassereinspeisungsvarianten vorzusehen. Selbiges ist für punktuelle Einlaufschächte zu beachten und zumindest ein Schacht je Baum vorzusehen.</p> <p>Die Anschlusspunkte an die Oberfläche sollen für den Zweck des Gasaustausches luftdurchlässig ausgeführt sein. Diese Art der Wasserzuleitung kann auch nur in einem Teilbereich Anwendung finden und mit der Wasserzuleitung über Direkteinleitung, sowie eine durchlässige Oberfläche kombiniert werden.</p>	<p>Einrichtungen (z.B. Schächte), die ausschließlich dem Gasaustausch dienen</p>	<p>+</p>

Elemente, deren Funktion und Zieleigenschaften	Kenngrößen	Empfehlung
<p>! Element 9: Entleerung der Grobporen innerhalb von maximal 24 Stunden</p> <p>Eine Entleerung der Grobporen des Systems und somit eine Wiederbelüftung innerhalb einer absehbaren Zeit ist für das Überleben der Wurzeln und des Baums essenziell. Grundsätzlich kommen verschiedene Bäume in unterschiedlichem Ausmaß mit einer Überflutung des Wurzelraums zurecht. Mit dem Zielwert von längstens 24 Stunden soll ein ungefährender Richtwert gegeben werden, mit dem die meisten Baumarten zurechtkommen sollten. Es ist aber durchaus zu empfehlen, dies auf die geplante Baumart abzustimmen, sofern dazu Kennwerte bekannt sind.</p>		
<p>9.1. Einhaltung einer maximalen Entleerungsdauer:</p> <p>Es soll rechnerisch sichergestellt werden, dass die Entleerungsdauer bei Vollfüllung des Struktursubstratkörpers und der Belüftungs- und Verteilschicht 24 Stunden nicht übersteigt. Hierfür braucht es die Kenntnis über die Sickerfähigkeit des anstehenden Untergrunds unterhalb des Struktursubstratkörpers. Diese kann entweder über Messungen (z. B. Schürfe) erlangt werden oder auf Basis von vorhandener Literatur und Kartenmaterial abgeschätzt werden. Eine Messung und Dokumentation der tatsächlichen Sickerfähigkeit des anstehenden Untergrunds im Zuge der Bauarbeiten ist dennoch jedenfalls zu empfehlen.</p> <p>Als zu versickerndes Volumen ist das Grobporenvolumen des Struktursubstratkörpers (entspricht der Luftkapazität; vgl. Kriterium Struktursubstrat) und der Belüftungs- und Verteilschicht heranzuziehen. Sollte die hydraulische Durchlässigkeit des anstehenden Untergrunds allein nicht ausreichen, so sind Maßnahmen einzuplanen, die eine Erfüllung dieses Kriteriums trotzdem möglich machen.</p>	<p>Rechnerische Entleerung des Grobporenvolumen des Struktursubstratkörpers und Belüftungs- und Verteilschicht in ≤24 Stunden</p>	<p>++</p>
	<p>Anpassung des Entleerungszeitraums an geplante Baumart (falls geringere Überflutungstoleranz) oder Anpassung der Baumart</p>	<p>+</p>
<p>Element 10: Abstand zum Grundwasser</p> <p>Gemäß ÖNORM B 2506:1 (2013) ist zum Schutz des Grundwassers für Regenwasser-Sickeranlagen, zu denen auch das Schwammstadtsystem für Bäume zu zählen ist, ein erforderlicher Mindestabstand von 1,0 m zwischen dem tiefsten Punkt der Sickeranlage und dem höchsten maßgeblichen Grundwasserspiegel einzuhalten. Als tiefster Punkt der Sickeranlage wird die Unterkante des Struktursubstratkörpers betrachtet (ÖWAV-RB 45, 2025).</p>		
<p>10.1. Einhaltung eines Mindestabstands zum Grundwasser:</p> <p>Ein Mindestabstand von 1,0 m zwischen dem tiefsten Punkt der Sickeranlage – die Unterkante des Struktursubstratkörpers – und dem höchsten maßgeblichen Grundwasserspiegel soll eingehalten werden. Für den Schutz von Infrastruktur und Fundamenten können auch größere Abstände notwendig werden (siehe Kriterium 14). Im Zweifelsfall ist eine Abstimmung mit Sachverständigen zu empfehlen.</p>	<p>Abstand zum Grundwasser > 1,0 m</p>	<p>++</p>

Elemente, deren Funktion und Zieleigenschaften	Kenngrößen	Empfehlung
<p>Element 11: (Not-)überlauf (bzw. Drainage), Überlastschutz</p> <p>Eine Notüberlaufeinrichtung bzw. Notüberlaufwege mit Ableitung in die übergeordneten Regenwasserableitungsstrukturen werden empfohlen, um grobe Schäden in der direkten Umgebung bei Fehlfunktionen des Systems abzuwenden.</p>		
<p>11.1. Berücksichtigung von Notüberlaufsystemen:</p> <p>Beispielsweise können Notüberlaufeinrichtungen in den Zulaufschächten zum System eingerichtet werden. Die Überlaufeinrichtung kann aber auch direkt im Struktursubstrataufbau installiert sein, wobei eine hochgezogene Variante einem Dränrohr an der Unterkante vorzuziehen ist, da ein temporärer, kurzfristiger Einstau des Systems erwünscht ist. Zusätzlich zum Überlastschutz im Struktursubstratkörper sollen oberflächliche Fließpfade im Falle einer Überlastung der Zuflusseinrichtungen ins Schwammstadtsystem mitgedacht werden.</p> <p>Grundsätzlich sind Ableitungen in das Gewässer einer Ableitung in den Kanal vorzuziehen. Bei Ableitungen in den Kanal ist gegen die Gefahr des Rückstaus abzusichern. In der jeweiligen Kommune oder dem jeweiligen Bundesland gültige Vorgaben sind bei der Planung des Überlaufs zu berücksichtigen.</p>	<p>Notüberlauf für den Struktursubstratkörper vorsehen; oberflächliche Fließpfade bei Rückstau an den Zuflusspunkten mitdenken; Ableitungen ins Gewässer, wo möglich</p>	<p>++</p>
<p>! Element 12: tragfähig befestigte Oberfläche (bereichsweise)</p> <p>Ein zentrales Argument für die Etablierung des Schwammstadtsystems für Bäume besteht darin, dass Bäume platzsparend an der Oberfläche in ein verbautes, urbanes Umfeld integriert werden können, wo Baumstandorte sonst nicht möglich wären. Dies passiert durch die bewusste Nutzung und dahingehende Gestaltung des Untergrunds als Wurzelraum unter tragfähig befestigten Oberflächen (vgl. Glossar). Aus diesem Grund ist die Überbauung (ungleich Versiegelung!) des erweiterten Wurzelraums zur Nutzung der Oberfläche (als Aufenthaltsfläche, Parkplatz, Geh-/Radweg, etc.) über Bereichen des Gesamtsystems grundsätzlich als systemimmanent zu sehen.</p>		

Elemente, deren Funktion und Zieleigenschaften	Kenngrößen	Empfehlung
<p>12.1. Planung von Bereichen mit tragfähig befestigten Oberflächen:</p> <p>Der Einbau eines Struktursubstratkörpers im Bereich von annähernd natürlichen, nicht befestigten Oberflächen (z.B. in Parks) ist aus Sicht des Baums meist nicht zielführend, da der natürliche Boden im Regelfall – wenn tatsächlich weitgehend unverdichtet und ohne Staunässegefahr – bessere Wachstumsbedingungen bietet.</p> <p>Dieses Kriterium bedeutet nicht, dass versiegelte Oberflächen unversiegelten vorzuziehen sind (siehe Kriterium 13), oder dass es keine unbefestigten Oberflächen über dem Struktursubstratkörper geben soll. Eine Kombination mit nicht tragfähig befestigten Oberflächen (z. B. Versickerungsmulden, Staudenbeete, etc.) als Teilelemente des Gesamtkonzepts bietet sich an und soll in die Planung Eingang finden.</p> <p>Kann bzw. soll gar kein Raum unter tragfähig befestigten Oberflächen für den zur Verfügung gestellten Wurzelraum genutzt werden, so wird der vorrangige Zweck des Systems für den Baum, nämlich die Wurzelraumerweiterung unter tragfähig befestigten Oberflächen, nicht erfüllt. In diesem Fall wäre grundsätzlich ein großvolumiger, qualitativ hochwertiger Baumsubstratkörper (nicht überbaubares Baumsubstrat) auf Grund des größeren Wasserspeichervermögens als Wurzelraum einem Struktursubstratkörper vorzuziehen. Es kann in solchen Fällen trotzdem Argumente, besonders siedlungswasserwirtschaftliche, für eine Kombination eines Baumstandortes mit Schotterrigolelementen bzw. einem Struktursubstratkörper geben, z. B. eine Verwendung als Retentionsraum. Diese spezielle Bauweise ohne tragfähig befestigte Oberfläche wird hier nicht näher betrachtet.</p>	<p>Integration von nicht tragfähig befestigten Oberflächen, die beispielsweise als Staudenbeete, Sickermulden oder ähnliche Elemente ausgeführt werden, ins Gesamtsystem</p>	<p>++</p>
<p>Element 13: Entsiegelungspriorität (Entsiegelung vor Versiegelung!)</p>		
<p>Obwohl die Oberfläche über dem Struktursubstrat grundsätzlich versiegelt werden kann, ist im Sinne des natürlichen Wasserkreislaufs und des Bodenschutzes trotzdem darauf Wert zu legen, dass die Versiegelung minimiert wird.</p>		
<p>13.1. Entsiegelung vor Versiegelung:</p> <p>Es sollen möglichst wasserdurchlässige Oberflächenbeläge verwendet werden, Entsiegelungsmaßnahmen kombiniert stattfinden, Bereiche ohne tragfähig befestigte Oberfläche integriert werden und Versiegelung nur dort angewendet werden, wo aus verkehrstechnischer Sicht eine Notwendigkeit besteht. Besonders auf die neue Versiegelung unverbauter Flächen soll verzichtet werden.</p>	<p>Keine Versiegelung neuer Flächen, wenn keine unbedingte Notwendigkeit; Verwendung von wasserdurchlässigen Oberflächenbelegen</p>	<p>+</p>

Elemente, deren Funktion und Zieleigenschaften	Kenngrößen	Empfehlung
<p>! Element 14: Vermeidung der Beeinflussung naheliegender unterirdischer Infrastrukturen</p> <p>Unterirdische Retentionskörper und Baumwurzeln bergen auch die Möglichkeit einer Beeinflussung anderer Infrastruktureinrichtungen (z. B. Keller, Fundamente, Straßenaufbauten, Leitungen, ...). Um die Risiken möglichst gering zu halten, sollen naheliegende Infrastruktureinrichtungen im Zuge der Planung lokalisiert und mögliche notwendige Schutzmaßnahmen mitgeplant werden (ÖNORM B 2506-1, ÖNORM B 2533). Im Sinne eines möglichst langfristig ungestörten Wurzelraums ist es auch zielführend, mögliche zukünftige bauliche Entwicklungen im Umfeld zu berücksichtigen und vorsorgende Maßnahmen für später notwendige Leitungen zu treffen. Auch die Weitergabe der Information über das Vorhandensein und die Ausmaße des Struktursubstratkörpers und der damit verbundenen Infrastrukturen soll mitgedacht werden, um bei späteren Bau- und Aufgrabungsarbeiten angemessen reagieren zu können.</p>		
<p>14.1. Keller und Straßenunterbau:</p> <p>Eine Durchfeuchtung der Keller (hier können auch zusätzliche Schutzmaßnahmen notwendig sein) und eine Durchfeuchtung des Straßenunterbaus oberhalb der Frostschutzschicht sind zu vermeiden. Bei einem entsprechenden Aufbau des Struktursubstratkörpers mit darüberliegender Belüftungs- und Verteilschicht und anschließendem Tragschichtaufbau liegen die mit Wasser beaufschlagten Schichten meist tiefer als die Frostschutzschicht einer benachbarten Straße.</p>	<p>Berücksichtigung von angrenzenden Kellern und Straßenunterbauten in der Planung und Vermeidung einer negativen Beeinflussung dieser durch die Wasserzufuhr</p>	<p>++</p>
<p>14.2. Leitungen und Einbauten aller Art:</p> <p>Die betroffenen Leitungsträger sollen über das Vorhaben informiert und mögliche notwendige Schutz- und Umlegemaßnahmen im Einvernehmen hergestellt werden. Auch Wurzelschutzfolien oder ähnliche Schutzvorrichtungen können hier zum Einsatz kommen.</p> <p>Zur Vorsorge für zukünftige bauliche Entwicklungen können beispielsweise Einbautentrassen für den nachträglichen Einbau von Leitungen ohne die Notwendigkeit von Aufgrabungen vorgesehen werden.</p>	<p>Absprache mit Leitungsträgern, ggf. Etablierung von Schutzvorrichtungen; Vorsorge für bekannte oder mögliche zukünftige Bauvorhaben und die hierfür notwendigen Leitungen durch z.B. Einbautentrassen</p>	<p>++</p>

Elemente, deren Funktion und Zieleigenschaften	Kenngrößen	Empfehlung
<p>14.3. Bereitstellung der Information über Vorhandensein und Ausmaß des Systems für spätere Bauvorhaben:</p> <p>Um bei späteren Aufgrabungsarbeiten nicht vom Struktursubstratkörper oder den zugehörigen Leitungen überrascht zu werden und Schutz-, sowie Wiederherstellungsmaßnahmen von Anfang an miteinplanen zu können, ist eine zentrale Sammlung und Bereitstellung der notwendigen Informationen wichtig. Es bietet sich z.B. an, die relevanten Informationen über die unterirdischen Substratkörper, Leitungs- und Schachtsysteme in vorhandene geographische Informationssysteme einzubetten, die den Planenden von Bauprojekten zugänglich sind und von diesen auch im Vorfeld von Bauvorhaben als Informationsquelle herangezogen werden.</p>	<p>Sammlung und Bereitstellung der Informationen zum Substratkörper und den Leitungs- und Leitungs- und Schachtsysteme digital zur Verfügung stellen</p>	<p>+</p>
<p>Element 15: Wartungs- und Instandhaltungshandbuch</p> <p>Beim Schwammstadtsystem für Bäume handelt es sich um eine neuartige technische Anlage, die eine regelmäßige Wartung und Reinigung, sowie eine gewisse Überwachung der Funktion notwendig macht. Hierfür müssen Verantwortlichkeiten geschaffen werden. Das Klären von Zuständigkeitsbereichen im Rahmen der Planungsarbeiten soll Diskussionen und Unklarheiten nach der Fertigstellung vermeiden, die involvierten Stakeholder der verschiedenen Abteilungen einbinden und für Wartungsarbeiten möglicherweise notwendige Eigenschaften technischer Elemente rechtzeitig berücksichtigen.</p>		
<p>15.1. Wartungs- und Zuständigkeitshandbuch:</p> <p>In einem Wartungs- und Zuständigkeitshandbuch können die geplanten Wartungs- und Reinigungsaktivitäten, sowie die Kontrollintervalle und die dafür vorgesehenen Zuständigkeiten festgelegt werden.</p>	<p>Wartungshandbuch erstellen, Reinigungsaktivitäten und Zuständigkeiten definieren</p>	<p>+</p>
<p>Elementkombination 16: Anwuchspflege, Notbewässerung, Streusalzproblematik</p> <p>Der Vollständigkeit halber sind als Kriterium 16 drei Themen gesammelt gelistet, die bei urbanen Baumstandorten und der Gesunderhaltung von städtischem Grün grundsätzlich eine sehr wichtige Rolle einnehmen und häufig diskutiert werden: Anwuchs- und Entwicklungspflege, Notbewässerung und Streusalz. Zusätzlich ist die Einhaltung der gängigen Normen und Richtlinien zu Baumpflanzungen und Jungbaumpflege zu empfehlen, die viele Details und notwendige Tätigkeiten beinhalten.</p>		

Elemente, deren Funktion und Zieleigenschaften	Kenngrößen	Empfehlung
<p>16.1. Anwuchs- und Entwicklungspflege:</p> <p>Für eine gute Etablierung eines Jungbaumes an einem neuen Standort ist die Anwuchs- und Entwicklungspflege in den ersten 5 Jahren essenziell. Hierzu zählen besonders der Pflanz- und Erziehungsschnitt, die anfängliche Bewässerung des Ballens und der direkten Ballenumgebung (ca. 3 Jahre), sowie erste Erziehungsmaßnahmen wie das Aufasten auf das Lichtraumprofil und die schadlose Sicherstellung der Standfestigkeit. Die Maßnahmen und Zuständigkeiten sollen definiert werden, wobei gängige Normen zu berücksichtigen sind.</p>	<p>Maßnahmen und Zuständigkeiten zur Anwuchs- und Entwicklungspflege festlegen (Bezug zu gängigen Normen)</p>	<p>+</p>
<p>16.2. Notbewässerung:</p> <p>Trotz erweiterten Wurzelraums im Struktursubstratkörper sind sommerliche Trockenstressphasen für die städtischen Bäume im beschriebenen System nicht auszuschließen– vor allem auch, da der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher begrenzt ist. Daher sollten Möglichkeiten zur Notbewässerung in späteren Jahren je nach Region und klimatischen Bedingungen überlegt werden. Hierfür eignet sich neben der direkten Bewässerung der Baumscheibe auch eine Wasserzufuhr über die geplanten Wege des Oberflächenwassers zur Einleitung in das Struktursubstrat.</p>	<p>Möglichkeiten zur Durchführung einer Notbewässerung der Bäume in späteren Jahren voraus planen</p>	<p>+</p>
<p>16.3. Streusalzproblematik:</p> <p>Auf eine möglichst geringe Streusalzbelastung des Wurzelraums und des Grundwassers soll geachtet werden. Dies kann über die bewusste Auswahl von gering/nicht belasteten Einzugsgebietsflächen, die Anwendung nicht chloridhaltiger Auftausalze oder auch bauliche/technische Maßnahmen zur Differenzierung zwischen Sommer- und Winterwasser erfolgen.</p>	<p>Minimierung der Streusalzbelastung für Wurzelraum und Grundwasser</p>	<p>+</p>

3 Wasserwirtschaftliche Beschreibung

Das Schwammstadtsystem für Bäume verbindet Baumstandort und dezentrale Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahme. Die Kombination aus zumindest zwei verschiedenen Substratkörpern und mehreren Wegen der Wasserzufuhr und -verteilung im System führt je nach Gestaltung zu einer gewissen Systemkomplexität und einer variierenden wasserwirtschaftlichen Funktion. Im Folgenden sollen die wichtigsten Kennzahlen und Prozesse für die wasserwirtschaftliche Planung und die Bedeutung für die Siedlungswasserwirtschaft vereinfacht erklärt werden.

Pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher

Dieser wird durch die mittelgroßen Poren des Baumsubstratkörpers und des Struktursubstratkörpers bereitgestellt. Der für den Baum nutzbare Bodenwasserspeicher verändert sich im Laufe der Zeit, da die Wurzeln im Zuge ihres Wachstums neue Substratbereiche erschließen. Der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher kann im Labor gemessen werden und wird in der Regel als nutzbare Feldkapazität (nFK) in Prozent angegeben. Diese ist eine Substratkenngroße und beschreibt die maximale Wassermenge, die im Substrat für den Baum verfügbar gespeichert werden kann.

Die nFK des Gesamtsystems ist abhängig von den verwendeten Substraten und somit ein Planungs- und Optimierungsparameter. Das Struktursubstrat hat auf Grund des notwendigen tragenden Stützkorns naturgemäß eine gegenüber dem Baumsubstrat reduzierte nutzbare Feldkapazität; gängige Wertebereiche sind ca. 5-8 % nFK im Struktursubstrat und ungefähr 13-20 % nFK im Baumsubstrat.

Bei Kenntnis der Substratkenngroßen lässt sich bei Annahme eines aktiven Wurzelraums und einer täglichen Transpirationsrate die Dauer grob abschätzen, in der der Baum nach einer Auffüllung des Bodenwasserspeichers mit dem gespeicherten Wasser versorgt ist. Dies ist auch das Wasser, das für die Transpirationskühlung zur Verfügung steht. Je länger die Dauer zwischen zwei Niederschlagsereignissen mittlerer Größe ist, desto größer sollte der pflanzenverfügbare Bodenwasserspeicher sein.

Für die regelmäßige Auffüllung des pflanzenverfügbaren Bodenwasserspeichers sind die Wasserzufuhr- und -verteilwege ausschlaggebend, da auch bei kleinen Niederschlagsereignissen möglichst große Teile des Wasserspeichers beschickt werden sollen. Eine flächige Verteilung in der über dem Substrat liegenden Belüftungs- und Verteilschicht führt zu einer flächigen Beaufschlagung des pflanzenverfügbaren Bodenwasserspeichers. Dies hängt vor allem von der Wasserdurchlässigkeit des Struktursubstrates und der zuströmenden Wassermenge ab. Auch ein Rückstau an der Unterkante des Struktursubstrats führt zu einer Auffüllung des Bodenwasserspeichers – abhängig vom Rückstauausmaß. Ob ein Rückstau an der Unterkante des Struktursubstrats stattfindet, hängt maßgeblich vom Verhältnis der Durchlässigkeit des anstehenden Untergrunds zur Durchlässigkeit des Struktursubstrats ab. Die entsprechenden Wasserwege sind in Abbildung 2 dargestellt.

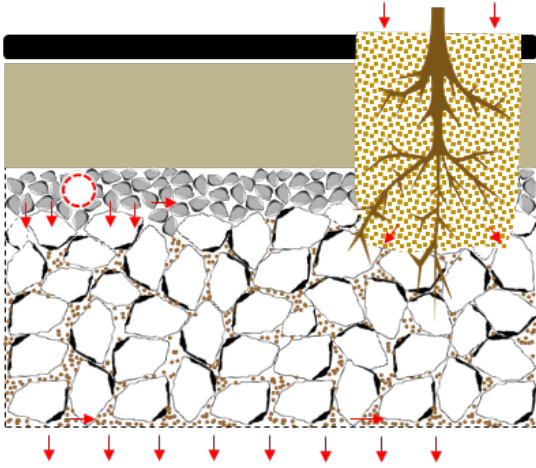


Abbildung 2: vereinfachte schematische Darstellung der Wasserwege im Untergrund des Schwammstadtsystems für Bäume (© BAW-IKT)

Luftkapazität / Grobporenanteil / kurzfristiges Retentionsvolumen

Die Grobporen der Substrate stehen als kurzfristiges Retentionsvolumen für Wasser zur Verfügung. Die Grobporen können Wasser nicht gegen die Schwerkraft halten und entwässern rasch – vorausgesetzt der anstehende Untergrund oder etwaige Dräneinrichtungen lassen dies zu. In der Zeit, in der sie nicht mit Wasser gefüllt sind, dienen die Grobporen dem Gasaustausch und der Sauerstoffversorgung der Wurzeln. Der Volumenanteil, der durch diese Grobporen in einem Substratkörper entsteht, wird deshalb auch als Luftkapazität bezeichnet. Die Mittel- und Feinporen, die Wasser gegen die Schwerkraft halten können, können nicht dem für die Siedlungswasserwirtschaft relevanten Retentionsvolumen zugerechnet werden, da sie bereits vor dem Niederschlagsereignis mit Wasser gefüllt sein können. Das Regelblatt der ÖWAV (ÖWAV-RB 45, 2025) schreibt innerhalb der Baumeinheit nur der Belüftungs- und Verteilschicht ein hydraulisch wirksames Retentionsvolumen zu. Basierend auf den Erfahrungen mit dem Schwammstadtsystem für Bäume spricht nichts dagegen, zusätzlich den Struktursubstratkörper, wie eben beschrieben, im Ausmaß der Grobporen als Retentionsvolumen für die Bemessung als Entwässerungsanlage heranzuziehen.

Die Luftkapazität ist abhängig von den verwendeten Substraten und somit wieder ein Planungs- und Optimierungsparameter. Im Struktursubstrat lässt sich die Luftkapazität und somit das Retentionsvolumen beispielsweise über die Reduktion des Feinsubstratanteils erhöhen. Dies führt aber zu einer Verringerung des pflanzenverfügbaren Bodenwasserspeichers. Bei einem Einschlämmgrad von 25 % und einer sandbasierten Feinsubstratmischung ist beispielsweise eine Luftkapazität bzw. Grobporenanteil von rund 20 Vol.-% im Struktursubstrat realistisch.

Im beschriebenen System ist auf Grund der direkten Einleitungsmöglichkeiten, der hohen Wasserdurchlässigkeit des Substrates und der Positionierung des Struktursubstratkörpers im Untergrund, zusätzlich zum Porenvolumen der Belüftungs- und Verteilschicht, vor allem die Luftkapazität des Struktursubstrates für die temporäre Retention von Starkniederschlägen von Bedeutung. Ein Einstau des Baumsubstratkörpers zur Nutzung dessen Grobporen für die Retention soll nicht primär angestrebt werden und auf eine kurze Zeitdauer von wenigen Stunden beschränkt sein.

Gesättigte hydraulische Leitfähigkeit / Wasserdurchlässigkeit

In den Pilotstandorten, für die die umfangreichsten Erkenntnisse über Eigenschaften der Struktursubstrate bekannt sind, wurden Feinsubstratmischungen mit rund 80% Sand (Rundkorn 0-4 mm) im zweiphasigen Einbauverfahren verbaut. Diese weisen durchwegs gesättigte hydraulische Leitfähigkeiten von 3 bis $5 \cdot 10^{-4}$ m/s auf. Solche relativ hohen Durchlässigkeiten ermöglichen eine rasche Versickerung von zuströmendem Wasser und bieten somit die Möglichkeit einer raschen Nutzung des temporären Retentionsvolumens. Dies bedeutet aber auch, dass ein Rückstau an der Oberkante des Struktursubstrates und somit eine flächige Verteilung des Wassers in der Belüftungs- und Verteilschicht erst bei größeren Wassermengen möglich wird. Werden andere Rezepturen verwendet, ist die Leitfähigkeit gesondert zu bestimmen oder plausibel abzuschätzen.

Wasserwege und -verteilung im System

Die über dem Struktursubstrat liegende Belüftungs- und Verteilschicht dient unter anderem dazu, den Rückstau rund um die Zuleitungsvorrichtung abzufedern und das zuströmende Wasser rasch flächig verteilen zu können, wo es dann - immer noch relativ rasch, aber im Vergleich zur Belüftungs- und Verteilschicht in reduzierter Geschwindigkeit - ins Struktursubstrat einsickern kann (Abbildung 2). Sollte der anstehende Untergrund eine annähernd gleich hohe Durchlässigkeit wie das Struktursubstrat aufweisen, so sickert das überschüssige, nicht im Feinsubstrat speicherbare Wasser, direkt weiter nach unten. Weist der anstehende Untergrund eine geringere Durchlässigkeit auf, so kommt es an der Unterkante des Struktursubstrats zu einem Rückstau und die Grobporen des Struktursubstrats füllen sich von unten. Ein solcher Einstau und somit auch das temporäre Retentionsvolumen sind nach oben hin durch mögliche Überlauf- oder Drainagierungseinrichtungen zu begrenzen.

Während das Struktursubstrat konzentriert und über eine unterirdische Wasserzufuhr direkt mit Wasser in größerer Menge, also von zusätzlichen Einzugsgebieten, nach einer adäquaten Vorreinigung bewusst beaufschlagt werden kann, wird der Baumsubstratkörper über die oberflächliche Versickerung befeuchtet, wobei hierbei die Wasserdurchlässigkeit limitierend wirkt. Grundsätzlich ist es möglich, auch kleine ergänzende Flächen rund um die Baumscheibe durch das Design des Gefälles dort zur Versickerung zu bringen. Es sind hierbei aber die normativen Vorgaben zur Reinigung des Oberflächenwassers zu beachten und potenziell hohe Streusalzkonzentrationen zu berücksichtigen. Weiters soll eine Vernässung, durch z.B. Verdichtung und Verschlammung des Baumsubstratbereichs jedenfalls verhindert werden.

Beim Zuleitungs- und Verteilsystem ist zudem darauf zu achten, dass auch das Bauteil mit der geringsten Kapazität für den Wasserdurchfluss beim Bemessungsereignis keinen Rückstau verursacht.

Hydraulische Bemessung

Sieht man das hier beschriebene Schwammstadtsystem für Bäume als ein Teilelement des Gesamtkonzepts „dezentrale oder naturnahe Regenwasserbewirtschaftung“, so steht nicht die Versickerung ins Grundwasser im Vordergrund, sondern die Speicherung und anschließende pflanzliche Verdunstung, um das Wasser möglichst gut im kleinen Wasserkreislauf zu halten – zum siedlungswasserwirtschaftlichen Ziel der Kanalentlastung tragen hingegen beide Prozesse bei.

Die maximal mögliche Einzugsgebietsfläche, die in das Schwammstadtsystem für Bäume entwässern kann, wird grundsätzlich durch das vorhandene Grobporenvolumen, die Wasserdurchlässigkeit des anstehenden Untergrunds und den anzusetzenden Bemessungsregen (ehyd.gv.at) des Projektgebiets bestimmt. Im ÖWAV-RB 45 (2025) wird für die Bemessung von Entwässerungsanlagen für gegebene Einzugsgebietsflächen der Baumstandort mit Struktursubstratkörper als abflussmindernde, vorgeschaltete Ergänzung zu einem unterirdischen Sickerkörper gesehen. Der Baumstandort wird hierbei als „Einheitsbaum“ mit definierten Werten beschrieben, wobei nur der Belüftungs- und Verteilschicht ein Retentionsvolumen im Ausmaß des Porenvolumens zugeschrieben wird, und die Grundfläche des Baumstandortes durch die Versickerung in den anstehenden Untergrund als hydraulisch wirksam betrachtet wird. Diesbezüglich wird vorgeschlagen, das Grobporenvolumen des Struktursubstratkörpers als Retentionsvolumen zu berücksichtigen und die in einem System integrierten Baumstandorte mit ihren tatsächlichen Größen und Substratkennwerten einzubeziehen. Dies kann auch dazu führen, dass ergänzende, über die dem System zugehörige Struktursubstratkörper hinausgehende unterirdische Sickerkörper überflüssig werden.

Auch abseits von Extremereignissen spielt das Niederschlagsregime eine Rolle bei der Dimensionierung der einzelnen Systemkomponenten. Während die Häufigkeit und Größe von Niederschlagsereignissen nicht beeinflusst werden kann, ist es möglich, die Menge an Wasser, die bei den einzelnen Ereignissen ins Substrat eingeleitet wird, in gewissem Ausmaß zu steuern. Für optimales Gedeihen der Bäume wäre eine regelmäßige Durchfeuchtung des Wurzelraums anzustreben, insbesondere beim Struktursubstrat, das ja einen vergleichsweise geringen pflanzenverfügbaren Bodenwasserspeicher bereithält. Dies kann durch den Anschluss großer Einzugsgebiete erzielt werden, die auch bei geringen Niederschlagssummen zu verwertbaren Zuflussmengen führen. Andererseits bedeutet dies, dass auch häufiger, u. a. auch bei kleineren bis mittleren Niederschlagsereignissen viel Wasser ins Grundwasser versickert wird, das über beispielsweise andere Schwammstadt-Maßnahmen „besser“ (aus Sicht der Verdunstungsmaximierung) genützt werden könnte. Zusätzlich können große Einzugsgebiete zusätzliche Entwässerungsanlagen, wie beispielsweise unterirdische Sickerkörper, notwendig machen, um eine Überflutungssicherheit für das Bemessungsereignis gewähren zu können.

Diese Kontroverse in der Bemessung eröffnet Gestaltungs- und Innovationsspielraum und lädt auch dazu ein, ein vielfältiges Schwammstadt-Gesamtkonzept zu planen. Gleichzeitig können und sollen hierbei die klimatischen Gegebenheiten des Projektgebiets berücksichtigt werden. Eindeutige Vorgaben zur anzuschließenden Einzugsgebietsfläche können aus diesen Gründen nicht gegeben werden. Die angegebenen Zahlen sollen als vereinfachte Richtwerte dienen.

Berechnungsbeispiel mit den Richtwerten aus dem Elementkatalog

Annahmen:

- 60 cm Struktursubstrat mit sandbasiertem Feinsubstrat, Einschlämmgrad 25 %
- 20 cm Belüftungs- und Verteilschicht
- Nutzbare Feldkapazität (nFK) im Struktursubstrat: 5 %
- Luftkapazität im Struktursubstrat: 19 %
- Verhältnis EZG zu Struktursubstratoberfläche von 2:1
- Abflussbeiwert 0,9
- Vollständig flächige Verteilung über dem Struktursubstratkörper
- Vernachlässigung der simultanen Versickerung aus dem Struktursubstratkörper

Resultierende Kennzahlen:

- 30 mm nFK im Struktursubstrat (pflanzenverfügbarer Bodenwasserspeicher)
- Volle Auffüllung der nFK bei einem Niederschlagsereignis mit 17 mm Gesamtniederschlag
- 174 mm Grobporenvolumen (inkl. Belüftungs- und Verteilschicht)
- Volle Auffüllung des Grobporenvolumens bei einem Niederschlagsereignis von 97 mm

4 Ansätze zur Bemessung des Wurzelvolumens

Nachstehend wird eine Sammlung an Literaturquellen und deren Kernaussagen zur möglichen Dimensionierung von Wurzelvolumina für Einzelbäume gelistet, die als Grundlage für die Angaben zum Volumen des Struktursubstrats dienen. Diese Zusammenfassung soll auch einen Einblick in die Ansätze und Argumente liefern, die den quantitativen Angaben zugrundeliegen, und auf diese Weise selbstständige fachkundige Überlegungen zum Wurzelvolumen ermöglichen.

Das empfohlene Volumen des Struktursubstratkörpers wird durch das Ziel des langjährig, gesund wachsenden Baumes und des dafür notwendigen Wurzelvolumens bestimmt. Der verfügbare Wurzelraum bestimmt maßgeblich die erreichbare Baumgröße, wie in Studien gezeigt wird (z. B. Sanders and Grabosky, 2014). Ein durchwurzelbares Substratvolumen von nur wenigen Kubikmetern ermöglicht demnach auch nur kleine Bäume. Das jeweils notwendige Wurzelvolumen hängt von mehreren Rahmenbedingungen ab, wie beispielsweise den klimatischen Bedingungen, der Wasserspeicherfähigkeit im Boden, der Baumart, der verfügbaren Nährstoffe, etc, und kann nicht klar und pauschal angegeben werden (Matheny und Ecklund, 2020). In der Literatur finden sich verschiedene Berechnungsansätze und Studien. Ein international häufig verwendeter Ansatz geht auf Lindsey und Bassuk (1991) zurück, die ein zur Verfügung gestelltes Wurzelvolumen von $0,6 \text{ m}^3/\text{m}^2$ Kronenprojektionsfläche, basierend auf der Aufgabe der Wasserversorgung des Baumes auch in trockenen sommerlichen Phasen empfehlen. Als Berechnungsgrundlage wurden u.a. das historische Wetter in eher feuchten Regionen der USA und UK, sowie ein schluffiger Lehm mit einem verfügbaren Bodenwasserspeicher von 19 % als Wurzelraum verwendet, weiters wurden vereinfachte Annahmen zur Verdunstung getroffen. Hong Kong (The Government of the Hong Kong Special Administrative Region, 2023) und Leeds (Leeds City Council, 2018) leiten, z.T. auf dieser Berechnung basierend Minimalvolumina abhängig von Zielbaumgrößen (klein: $<5 \text{ m}$ Kronendurchmesser, mittel: $5\text{-}8 \text{ m}$ Kronendurchmesser, groß: $>8 \text{ m}$ Kronendurchmesser) ab, die sich im Bereich zwischen 5 m^3 für die Kategorie „klein“ und 30 m^3 für die Kategorie „groß“ angenommen werden. In München werden 36 m^3 durchwurzelbares Substrat empfohlen (München – Baureferat Gartenbau, 2016), eine weitere in deutschen Fachkreisen in diverser Ausführung häufig zitierte Grafik zeigt den Zusammenhang zwischen Standjahren und notwendigem Wurzelraum, wobei 36 m^3 rund 30 Standjahren entsprechen (Bienert, 2022).

Die angegebenen Faustzahlen gelten für reinen Feinboden. Zur Umrechnung auf splittbasiertes Struktursubstrat, wie es beim beschriebenen System verbaut wird, gibt es variierende Ansätze. Mehrere Autoren sehen im Falle von Struktursubstrat die Feinsubstratmenge für die Erfüllung der maßgeblichen Funktionen der Baumversorgung als relevant und empfehlen demnach, das Substratvolumen dementsprechend anzupassen (z. B. Leeds, 2018; Hong Kong, 2023, Matheny und Ecklund, 2020). Darauf deutet auch ein Topfexperiment mit vier Varianten von Loh et al. (2003) hin, bei dem die Zuwachsraten von Stecklingen in jeweils zwei Topfgrößen gefüllt mit Struktursubstrat und Oberboden verglichen wurde, wobei als Feinsubstrat für das Struktursubstrat Oberboden diente und die größeren Struktursubstrattöpfe dieselbe Menge Oberboden enthielten, wie die kleineren Oberbodentöpfe. Es zeigte sich, dass die Menge an Feinsubstrat maßgeblich die Zuwachsraten bestimmt. Bei den Stecklingen in den größeren Struktursubstratcontainern wurden ähnliche oberirdische Zuwachsraten beobachtet, wie bei jenen

in den kleinen Oberbodencontainern. Wasser als limitierender Wachstumsfaktor wurde durch regelmäßiges Bewässern ausgeschlossen. Auch Smiley, Urban und Fite (2019) beobachteten in zwei Studien reduziertes Baumwachstum bei den in splittbasiertem Struktursubstrat gepflanzten Bäumen gegenüber jenen mit größeren Feinsubstratmengen bei gleich großen, erschließbaren Wurzelräumen. Eine Anleitung für die Stockholm Tree Pits einer britischen Baumpflegeberatungsfirma gibt hingegen ähnliche Substratvolumina je nach Baumgröße für das Struktursubstrat als Ganzes an, ohne ausdrücklicher Reduktion der Betrachtungsweise auf den Feinanteil (Bosky Trees, 2025). Auch die aktuelle Version des Leitfadens zur Umsetzung des *CU Structural Soil*[®] (Bassuk et al, 2015), ebenfalls ein splittbasiertes Struktursubstrat, sieht keine Volumenvergrößerung vor, sondern empfiehlt $0,6 \text{ m}^3 \text{ CU Structural Soil}^{\text{®}}/\text{m}^2$ Kronenprojektionsfläche.

Angesichts der Vielzahl an herausfordernden Rahmenbedingungen für Bäume im urbanen Raum, den mit ihnen verknüpften Leistungen für uns Menschen und der erwartbaren zukünftigen klimatischen Entwicklungen wird im Rahmen dieser Orientierungshilfe empfohlen, ein möglichst großes Volumen an wasser- und nährstoffspeicherndem Feinsubstrat zur Verfügung zu stellen und nicht an der Wachstumsgrundlage – dem Wurzelraum – zu sparen.

Legt man daher die empfohlenen Wurzelraumvolumina auf das Struktursubstrat um, und berücksichtigt nur das Feinsubstrat, so bräuchte man bei einem Feinsubstratanteil von 25 % das vierfache Struktursubstratvolumen für dieselbe Wasser- und Nährstoffspeicherfähigkeit. Für das nicht überbaubare Baumsubstrat wird das gesamte Volumen als effektiver Wurzelraum betrachtet.

Weiters ist zu bedenken, dass der Substratkörper nur in den ersten Jahren und Jahrzehnten den alleinigen Wurzelraum bilden soll und ein Auswurzeln aus diesem keinesfalls behindert, sondern viel mehr unterstützt, mitgedacht und gefördert werden muss. Hierbei können Struktursubstratkörper auch zur gezielten Wurzellenkung hin zu Grünflächen bzw. gering verdichteten, durchwurzelnbaren Bereichen verwendet werden.

5 Normative Grundlagen

Das Schwammstadtsystem für Bäume berührt mehrere Disziplinen, weshalb empfohlen wird auch viele generelle normative Vorgaben zu beachten. Die wesentlichsten weiterführenden Normen und Regelblätter sind hier beispielhaft angeführt, die Verweise beziehen sich auf deren Stand mit Dezember 2025. Spätere Überarbeitungen sind entsprechend neu zu beurteilen.

Dimensionierung und Ausführung von Sickeranlagen, Abstand zu Grundwasser und Infrastruktureinrichtungen:

Austrian Standards Institute (2013): ÖNORM B 2506-1: Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen. Teil 1: Anwendung, hydraulische Bemessung, Bau und Betrieb. Wien.

Qualitative Anforderungen an einzuleitende Oberflächenwässer, sowie Reinigung:

Austrian Standards Institute (2012): ÖNORM B 2506-2: Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen. Teil 2: Qualitative Anforderungen an das zu versickernde Regenwasser sowie Anforderungen an Bemessung, Bau und Betrieb von Reinigungsanlagen. Wien.

Austrian Standards International (2018): ÖNORM B 2506-3: Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen. Teil 3: Filtermaterialien – Anforderungen und Prüfmetho- den. Wien.

Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (2025): ÖWAV-Regelblatt 45. Oberflächenent- wässerung durch Versickerung in den Untergrund. 2. Auflage, Wien.

Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr (2020): RVS 04.04.11: Gewässer- schutz an Straßen. Wien.

Bautechnisches, Straßenbau, Verkehrswegebau, Leitungen:

FSV (2016): RVS 03.08.63: Oberbaubemessung. Wien.

FSV (2012): RVS 03.08.65: Straßenentwässerung. Wien.

FSV (2024): RVS 08.03.01: Erdarbeiten. Wien.

FSV (2010): RVS 08.15.01: Ungebundene Tragschichten. Wien.

Austrian Standards International (2023): ÖNORM B 2533 - Koordinierung unterirdischer Einbauten – Planungsrichtlinien. Wien.

Austrian Standards Institute (2017): ÖNORM B 2503 - Kanalanlagen — Planung, Ausführung, Prüfung, Betrieb, Ergänzende Bestimmungen zu ÖNORM EN 476, ÖNORM EN 752 und ÖNORM EN 1610. Wien.

Substrate und Bewässerung:

Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) (2010): Empfehlungen für Baumpflanzungen. Teil 2: Standortvorbereitungen für Neupflanzungen; Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate. Bonn.

Austrian Standards International (2019): ÖNORM L 1111 - Gartengestaltung und Landschaftsbau – Technische Ausführung. Wien.

Austrian Standards International (2025): ÖNORM L 1210 - Anforderungen an die Herstellung von Vegetationstragschichten. Wien.

Austrian Standards International (2022): ÖNORM L 1112 - Anforderungen an die Bewässerung von Vegetationsflächen. Wien.

Allgemeines zu Baumpflanzungen und Pflege:

Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) (2015): Empfehlungen für Baumpflanzungen. Teil 1: Planung, Pflanzarbeiten, Pflege. Bonn.

Weitere bekannte Normen und Vorschriften aus dem Galabau-Bereich:

Stadt München, Baureferat (2018): Zusätzliche technische Vorschriften für die Herstellung und Anwendung verbesserter Vegetationstragschichten (ZTV-Vegtra-Mü). München. https://stadt.muenchen.de/dam/jcr:deb40776-3ab9-4754-acfb-53ba817e441f/ZTV-Vegtra-Mue-2018_Download_5_2022.pdf, Gesehen 17. September 2024.

Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr (2019): RVS 03.10.11: Planung und Anlage von Grünflächen. Wien.

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Beispielhafte Systemskizze zur Erläuterung der Terminologie (in Rot: baulicher Aufbau; in Blau: Infrastruktureinrichtungen für Wasserflüsse)</i>	<i>8</i>
<i>Abbildung 2: vereinfachte schematische Darstellung der Wasserwege im Untergrund des Schwammstadtsystems für Bäume (© BAW-IKT)</i>	<i>35</i>

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Glossar der wesentlichen Begriffe</i>	<i>8</i>
<i>Tabelle 2: Anforderungskatalog mit Beschreibung der Funktion und Zieleigenschaften der verschiedenen Elemente (! systemimmanentes Element; Einhalten der Eigenschaften und damit verbundenen Kenngrößen, außerdem eine Verwendungsempfehlung mit der Klassifikation „++“ sehr empfehlenswert und „+“ empfehlenswert)</i>	<i>12</i>

Literaturverzeichnis

Bassuk N, Denig B R, Haffner T, Grabosky J, Trowbridge P (2015): CU-Structural Soil® - A comprehensive Guide. Urban Horticulture Institute, Cornell University. https://www.researchgate.net/publication/294721252_CU-Structural_Soil_A_Comprehensive_Guide. Gesehen 15. Juli 2025.

Bienert U (2022): Baumpflanzen kann jeder – aber einen Straßenbaum? Neue Landschaft 4/2022, 66. Jahrgang, 64-66, Patzer Verlag GmbH & Co. KG, Berlin-Hannover. <https://neuelandschaft.de/artikel/galabau-wissen-baumpflanzen-kann-jeder-aber-einen-strassenbaum-8828>. Gesehen 15. Juli 2025.

Bosky Trees (2025): Stockholm Tree Pits – Soil Volume Guidance. <https://stockholmtreepits.co.uk/>. Gesehen 01. November 2025.

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. Gesehen 22. Juli 2025.

Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz GALK e. V. (2024): GALK-Straßenbaumliste. Online. <https://www.galk.de/arbeitskreise/stadtbaeume/themenuebersicht/strassenbaumliste/galk-strassenbaumliste>. Gesehen 11. Juni 2025.

Leeds City Council (2018): LCC Guidance – Urban Tree Planting. <https://www.leeds.gov.uk/docs/Guidance%20Urban%20Tree%20Planting.pdf>. Gesehen 11. Juni 2025.

Lindsey P, Bassuk N (1991): Specifying soil volumes to meet the water needs of mature urban street trees and trees in containers. Journal of Arboriculture, 17(6), 141-149. <https://doi.org/10.48044/jauf.1991.040>.

Loh F C W, Grabosky J C, Bassuk N L (2003): Growth response of Ficus benjamina to limited soil volume and soil dilution in a skeletal soil container study. Urban Forestry & Urban Greening, 2, 53-62. <https://doi.org/10.1078/1618-8667-00023>.

Matheny N, Ecklund D (2020): Soil volume requirements for trees in dry climates. Western Arborist, Spring 2020, 56-62. https://www.researchgate.net/publication/349118663_Soil_volume_requirements_for_trees_in_dry_climates. Gesehen 11. Juni 2025.

München, Baureferat Gartenbau (2016): Zusätzliche Technische Vorschriften für die Herstellung und Anwendung verbesserter Vegetationstragschichten (ZTV-Vegtra-Mü). Version 15.07.2016. <http://bodeninstitut.de/cfiles/ZTV-Vegtra-M-2016.pdf>. Gesehen 18. Juni 2025.

Richter M, Heinemann K, Meiser N, Dickhaut W (2024): Trees in sponge cities – A systematic review of trees as a component of blue-green infrastructure, vegetation engineering principles, and stormwater management. Water, 16(5), 655. <https://doi.org/10.3390/w16050655>.

Roloff A, Gillner S (2009): Die KLimaArtenMatrix für Stadtbaumarten (KLAM-Stadt). Die grüne Stadt – Handbuch für mehr Grün in Städten. 72-75. Hamburg. <https://die-gruene-stadt.de/wp-content/uploads/2022/04/klimaartenmatrix-stadtbaeume.pdf>. Gesehen 17.07.2024.

Sanders J R, Grabosky J C (2014): 20 years later: Does reduced soil area change overall tree growth? Urban Forestry & Urban Greening, 13, 295-303. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.12.006>.

Smiley E T, Urban J, Fite K (2019): Comparison of tree responses to different soil treatments under concrete pavement. Arboriculture & Urban Forestry, 45(6), 303-314. <https://doi.org/10.48044/jauf.2019.027>.

The Government of the Hong Kong Special Administrative Region – Development Bureau – Greening, Landscape and Tree Management Section (2023): Guidelines on soil volume for urban trees. https://www.greening.gov.hk/filemanager/greening/en/content_77/Guidelines_on_Soil_Volume_for_Urban_Trees.pdf. Gesehen 03. Februar 2025.

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, 449-462. <https://doi.org/10.1007/s00506-023-00962-0>.

Abkürzungen

BAW-IKT	Bundesamt für Wasserwirtschaft - Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt
D_{pr}	Proctordichte
EBC	übersetzt: Europäisches Pflanzenkohle Zertifikat (European Biochar Certificate)
EZG	Einzugsgebiet
FLL	Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.
GALK	Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz
KK	Kantkorn
nFK	Nutzbare Feldkapazität
ÖNORM	Österreichische Norm
ÖWAV	Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband
RB	Regelblatt
RVS	Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau
Vol.-%	Volumenprozent
WRG	Wasserrechtsgesetz 1959 i.d.g.F.

Publikationsverzeichnis der BAW-Schriftenreihe

Jahr	Band	Titel
1995	1	Gewässerverträgliche Landbewirtschaftung
1996	2	Bestandsanalyse ausgewählter Restrukturierungsprojekte an Alterbach, Oichten und Ollingerbach
1996	3	Wassergüte der Donau 1995
1997	4	Güteentwicklung der Donau - Rückblick und Perspektiven
1997	5	Wassergüte der Donau 1996
1998	6	Wassergüte der Donau 1997
1998	7	Modelle für die gesättigte und ungesättigte Bodenzone
1999	8	Wassergüte der Donau 1998
2000	9	Dimensionierung muldenförmiger Blocksteinrampen Teil 1: Bemessungsgrundlagen Teil 2: Anwendung der Grundlagen
2000	10	Wasserbeschaffenheit und Güte der österreichischen Donau unter besonderer Berücksichtigung der langzeitlichen Entwicklung
2000	11	Wassergüte der Donau 1999
2001	12	Donauforschung NEU: 25 Jahre Österreichisches Nationalkomitee der Internationalen Arbeitsgemeinschaft Donauforschung
2001	13	Wassergüte der Donau 2000
2002	14	Kalibrierung hydrometrischer Flügel - Zusammenhang - Messpunkteanzahl, Qualität, Kosten
2002	15	Die Wassergüte ausgewählter Seen des oberösterreichischen und steirischen Salzkammergutes
2002	16	Monolithische Feldlysimeter
2003	17	Wassergüte der Donau 2001
2003	18	Die Fischartengemeinschaften der großen österreichischen Seen
2003	19	Aktuelle Arbeiten aus dem Bundesamt für Wasserwirtschaft
2004	20	Ausgewählte Ergebnisse aus dem Bundesamt für Wasserwirtschaft 2004

Jahr	Band	Titel
2005	21	Wassergüte der Donau 2002-2003
2005	22	Überwachung gefährlicher Stoffe in Oberflächengewässern
2006	23	Erstellung einer fischbasierten Typologie österreichischer Fließgewässer sowie einer Bewertungsmethode des fischökologischen Zustandes gemäß EU-Wasser-rahmenrichtlinie
2006	24	Die Wassergüte ausgewählter Seen des oberösterreichischen und steirischen Salzkammergutes 2001-2005
2006	25	Wassergüte der Donau 2004
2007	26	Ausgewählte Ergebnisse des INTERREG IIIA-Projektes "SeenLandWirtschaft"
2007	27	Die planktische Naturnahrung und ihre Bedeutung für die Fischproduktion in Karpfenteichen
2007	28	Flach geneigte Riegelrampen: Bauwerksbemessung sowie konstruktive Ausführung des Ufer- und Nachbettschutzes
2008	29	Atlas der natürlichen Seen Österreichs mit einer Fläche > 50 ha
2008	30	Wassergüte der Donau 2005-2006
2009	31	Wassergüte der Donau 2007
2008	32	Das Leben im Donaustrom - Joint Danube Survey 2 (JDS 2) Zweite gemeinsame Donau-Messfahrt der Internationalen Kommission zum Schutz der Donau (IKSD) im Jahre 2007
2010	33	Natürliche und künstliche Seen Österreichs größer als 50 ha
2011	35	Bedarfsorientierte Fütterung in der Karpfenteichwirtschaft - Das Absatzvolumen von Zooplankton
2014	36	Teiche in der Landwirtschaft - Bedeutung, Funktion & Gefährdung
2026	37	Die Erhebung der Bewertung der Fischgemeinschaften in österreichischen Seen nach EU-WRRL und Austrian Lake Fish Index

Bundesamt für Wasserwirtschaft
Scharfling 18, 5310 Mondsee
www.baw.at