

# GESTALTUNGSHANDBUCH **BAUMQUARTIERE**

Große Kreisstadt Herrenberg

**VORABZUG**



Auftraggeber

Große Kreisstadt Herrenberg  
Amt für Technik und Grün  
Stuttgarter Straße 90-92  
71083 Herrenberg

Auftragnehmer

ARBOR revival  
Borgmann gen. Brüser & Sternberg GbR  
Neulehenstraße 8a  
33790 Halle (Westf.)



# GLIEDERUNG

<b>A</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>8</b>
1	<i>HINTERGRUND &amp; VORBEMERKUNG</i>	8
2	<i>AUFBAU DES GESTALTUNGSHANDBUCHS BAUMQUARTIERE</i>	10
<b>B</b>	<b>GESTALTUNGSHANDBUCH BAUMQUARTIERE</b>	<b>14</b>
1	<i>STANDARDS FÜR OFFENE STANDORTE</i>	14
2	<i>STANDARDS FÜR ÜBERBAUTE STANDORTE</i>	16
2.1	Vegetationstechnische & Pflanzenphysiologische Anforderungen	16
2.2	Wasserwirtschaftliche Anforderungen	22
2.3	verschiedene Bauweisen	26
3	<i>STANDARDS FÜR BAUMSCHEIBEN IM BESTAND</i>	30
3.1	Entsiegelung / Offenlegung der Baumscheibe	30
3.2	Installation von Bodenfeuchtesensoren	31
3.3	Bodenbelüftung	32
3.4	Substrataustausch / Wurzelraumerweiterung	33
4	<i>BAUMSCHUTZ AUF BAUSTELLEN</i>	34
4.1	Richtlinien und rechtliche Grundlagen	34
4.2	Baumschutz in der Praxis	35
5	<i>AUSSTATTUNGSGEGENSTÄNDE</i>	38
5.1	Bewässerungshilfen	38
5.2	Anfahrerschutz	42
5.3	Anbindung, Befestigung / Verankerung	44
5.4	Stammschutz	46
6	<i>STRASSENBAUMLISTE</i>	48
7	<i>BEISPIELE FÜR DIE PRAXIS</i>	50
7.1	Detailansichten Bauweise 1	50
7.2	Detailansichten Bauweise 2	52
7.3	Potenzialstandorte in Herrenberg	56
<b>C</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG &amp; AUSBLICK</b>	<b>72</b>

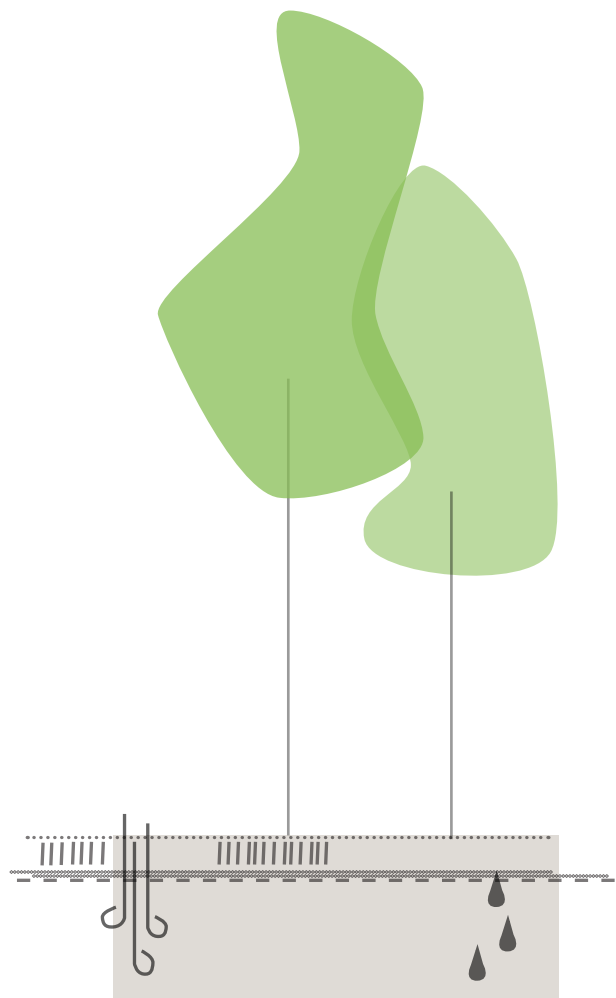
# A ***EINLEITUNG***

## A EINLEITUNG

### 1 HINTERGRUND & VORBEMERKUNG

Baumscheiben stellen zentrale Funktionsflächen im urbanen Raum dar. Sie sind die unmittelbare Verbindung zwischen Baumwurzel und Stadtraum und ermöglichen die grundlegende Versorgung der Stadtbäume mit Wasser, Sauerstoff und Nährstoffen. Ihre Gestaltung und Pflege entscheidet maßgeblich über die Vitalität und Entwicklungsfähigkeit von Stadtbäume. Während Bäume im Wald auf weitläufige, durchwurzelbare Bodenräume zurückgreifen können, sind sie in der Stadt oft von baulichen Strukturen, Versiegelung und verdichteten Böden umgeben. Unter diesen Bedingungen übernehmen Baumquartiere eine Schlüsselrolle: Sie bilden die Schnittstellenflächen, die den Austausch von Wasser und Gas(austausch) mit dem Wurzelraum sicherstellen und damit die Überlebensfähigkeit des Baumes gewährleisten.

Im Zuge des Klimawandels gewinnen Baumscheiben noch stärker an Bedeutung. Städte sind aufgrund hoher Versiegelungsgrade und dichter Bebauung von ausgeprägten Wärmeinseleffekten betroffen. Längere Hitze- und Trockenperioden belasten insbesondere Straßebäume, die durch eingeschränkten Wurzelraum und Konkurrenz um Wasserressourcen bereits stark unter Stress stehen. Baumscheiben können in diesem Zusammenhang gezielt zur Anpassung an den Klimawandel beitragen: Sie fördern die Versickerung von Regenwasser, reduzieren die Oberflächenversiegelung, verbessern die Bodenstruktur und ermöglichen es den Bäumen, Niederschläge effizienter zu nutzen. Damit wirken sie nicht nur dem Trockenstress entgegen, sondern tragen auch zur lokalen Kühlung und zu einem stabileren Stadtklima bei (vgl. SB, 2024).





Neben diesen hydraulischen und bodenphysikalischen Funktionen sind Baumscheiben auch aus ökologischer Sicht relevant. Durch geeignete Gestaltung können sie als kleinräumige Biotope im verdichteten Stadt- raum wirken, die Lebensraum für Insekten, Kleintiere und Mikroorganismen bereitstellen. Dies steigert die Biodiversität in der Stadt und fördert ökologische Ver- netzungen. Gesunde und leistungsfähige Stadtbäume übernehmen wiederum zentrale Ökosystemleistungen: Sie filtern Schadstoffe aus der Luft, binden Feinstaub, senken durch Verdunstung die Umgebungstemperatur, spenden Schatten und verbessern die Aufenthaltsquali- tät des öffentlichen Raums.

Darüber hinaus besitzen Baumscheiben auch eine stadt- gestalterische und gesellschaftliche Dimension. Sie ma- chen den Wert von Stadtbäumen sichtbar, strukturieren Straßenräume und können durch eine abgestimm- te Gestaltung das Erscheinungsbild des öffentlichen Raums aufwerten. In vielen Städten werden sie zudem als Schnittstelle zwischen Verwaltung und Bürgerschaft verstanden: Durch Patenschaften, Beteiligungsprojekte oder temporäre Begrünungen können Baumscheiben Orte der Identifikation und Mitverantwortung im Quar- tier werden (vgl. NABU Leipzig, o.D.).

## 2 AUFBAU DES GESTALTUNGSHANDBUCHS BAUMQUARTIERE

Ein Gestaltungshandbuch für Baumquartiere dient als praxisorientiertes Instrument, um ökologische, technische und gestalterische Anforderungen miteinander zu verbinden und in einheitliche Standards zu überführen. Der Aufbau des Handbuchs ist bewusst so gewählt, dass es zunächst einen fachlichen Rahmen setzt und darauf aufbauend konkrete Handlungsempfehlungen für Planung, Bau und Pflege von Baumscheiben bereitstellt.

Das Handbuch vermittelt einen systematischen Überblick über unterschiedliche Bauweisen, Maßnahmen und Ausstattungen und trägt damit sowohl zur Sicherung der Funktionsfähigkeit von Straßenbäumen als auch zu einer qualitätsvollen und klimaangepassten Stadtgestaltung bei. Grundsätzlich wird zwischen zwei Pflanzgrubenbauweisen unterschieden: offenen, nicht überbauten Baumscheiben sowie überbauten Baumstandorten im Straßen- und Wegebereich.

Nach einer kurzen Einordnung der Bedeutung von Baumscheiben im urbanen Raum werden zunächst die Standards für offene Standorte dargestellt. Dieser Abschnitt beschreibt die grundlegenden Anforderungen an Pflanzgruben, Substrate, Bodenaufbau und Pflege und hebt die ökologischen Vorteile offener Baumscheiben hervor.

Darauf aufbauend behandelt das Handbuch die Standards für überbaute Standorte. Neben vegetations-technischen und wasserwirtschaftlichen Grundlagen werden Baumquartiere in Wegedecken und im Straßenraum sowie unterschiedliche Bauweisen vorgestellt und miteinander verglichen. Ergänzend werden Sonderbauweisen beschrieben, die eine gezielte Nutzung von Niederschlagswasser ermöglichen und damit zur klimaangepassten Bewirtschaftung urbaner Räume beitragen.

Ein weiteres Kapitel widmet sich der Sanierung bestehender Baumscheiben. Es zeigt auf, mit welchen Maßnahmen - etwa durch Entsiegelung, Substrataustausch, Bodenbelüftung oder den Einsatz von Feuchtesensoren - die Standortbedingungen verbessert und die Vitalität der Bäume im Bestand langfristig gesichert werden können.

Ergänzend werden Ausstattungsgegenstände wie Bewässerungshilfen, Anfahrschutz sowie Befestigungs- und Stammschutzsysteme vorgestellt, die den Schutz und die Entwicklung der Bäume unterstützen. Zudem werden Standards zum Baumschutz auf Baustellen erläutert, da Baumaßnahmen ein erhebliches Risiko für Stadtbäume darstellen.

Den Abschluss bilden Beispiele aus der Praxis. Anhand von Visualisierungen ausgewählter Potenzialstandorte im Stadtgebiet Herrenberg werden die zuvor beschriebenen Standards anschaulich dargestellt und auf konkrete räumliche Situationen übertragen.

Insgesamt versteht sich das Gestaltungshandbuch Baumscheiben als umfassendes Instrument der klimangepassten Stadtgestaltung, das ökologische, bautechnische und gestalterische Aspekte zusammenführt und eine fundierte Grundlage für den nachhaltigen Erhalt und die Weiterentwicklung des urbanen Baumbestands schafft.

A large, bold, green letter 'B' is the central focus of the page. It is slightly tilted to the right. The letter is filled with a solid green color and has a white outline.

# ***GESTALTUNGS- HANDBUCH***

## B GESTALTUNGSHANDBUCH BAUMQUARTIERE

### 1 STANDARDS FÜR OFFENE STANDORTE

#### QUICK FACTS

- › Geeignet für wenig belastete Bereiche
- › Unversiegelte, mindestens 8 m<sup>2</sup> große Baumscheibe für Wasserinfiltration, Bodenbelüftung und Gasaustausch
- › Verwendung geeigneter anstehender Böden, ggf. verbessert durch Zuschläge
- › Hohe ökologische Funktion: geringe Bodenverdichtung, gute Wurzelentwicklung, Förderung von Mikroklima, Biodiversität und Baumvitalität

Die offene, nicht überbaute Pflanzgrube (Baumscheibenbauweise I) stellt die einfachste und zugleich natur nächste Bauweise dar, wie sie in den FLL-Richtlinien und ergänzenden Regelwerken beschrieben wird. Sie reicht bis an die Oberfläche des angrenzenden Bodens heran und darf daher nicht übermäßig mechanisch belastet oder überbaut werden. Typische Einsatzorte sind Parks, Spiel- und Liegewiesen, wo eine unversiegelte und durchlässige Gestaltung gewährleistet werden kann. Für diese Bauweise ist es möglich, geeignete anstehende Böden zu verwenden, die bei Bedarf durch Zuschläge wie Sand, Lava oder Kompost verbessert werden. Der Einsatz technischer Fertigsubstrate sollte nur dann erfolgen, wenn kein geeignetes Bodenmaterial vor Ort verfügbar ist, da deren Wasser- und Nährstoffhaltefähigkeit nach praktischen Erfahrungen, etwa aus der Stadt Würzburg, nicht immer den Anforderungen junger Stadtbäume entspricht.

Ein wesentliches Merkmal der offenen Baumscheiben ist ihre unbefestigte, mindestens 8 m<sup>2</sup> große Oberfläche, die eine natürliche Infiltration von Niederschlagswasser, eine ausreichende Bodenbelüftung sowie den Gasaustausch im Wurzelraum ermöglicht. Das Pflanzgrubenvolumen beträgt mindestens 12 m<sup>3</sup>, wobei für mittelgroße Bäume 24 m<sup>3</sup> und für großkronige Arten 36 m<sup>3</sup> anzustreben sind. Die Pflanzgrubensohle wird dabei mindestens 20 cm tief gelockert, um das Eindringen der Wurzeln in tiefere Bodenschichten zu fördern.

Die Vorteile dieser Bauweise liegen in ihrer hohen ökologischen Funktionalität: Durch die Offenheit des Bodens entstehen günstige Bedingungen für Wasseraufnahme, Bodenmikrobiologie und Nährstoffdynamik. Gleichzeitig wird die Gefahr von Bodenverdichtungen minimiert, und der Baum kann sein Wurzelwerk weitgehend ungehindert entwickeln. Darüber hinaus wirkt die offene Baumscheibe positiv auf das Mikroklima, indem sie Verdunstungskühle ermöglicht, die Feinstaubbindung fördert und die Biodiversität durch eine mögliche Ansaat mit Wiesenkräutern unterstützt. Somit leistet die nicht überbaute Pflanzgrubenbauweise einen entscheidenden Beitrag zur Vitalität, Stabilität und Langlebigkeit von Stadtbäumen, insbesondere unter den herausfordernden Bedingungen verdichteter urbaner Räume (vgl. FLL: Empfehlungen für Baumpflanzungen, 2010).

#### WICHTIGE QUELLEN

- › FLL: Empfehlungen für Baumpflanzungen (2010) Teil 2: Standortvorbereitungen für Neupflanzungen; Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Buweisen und Substrate

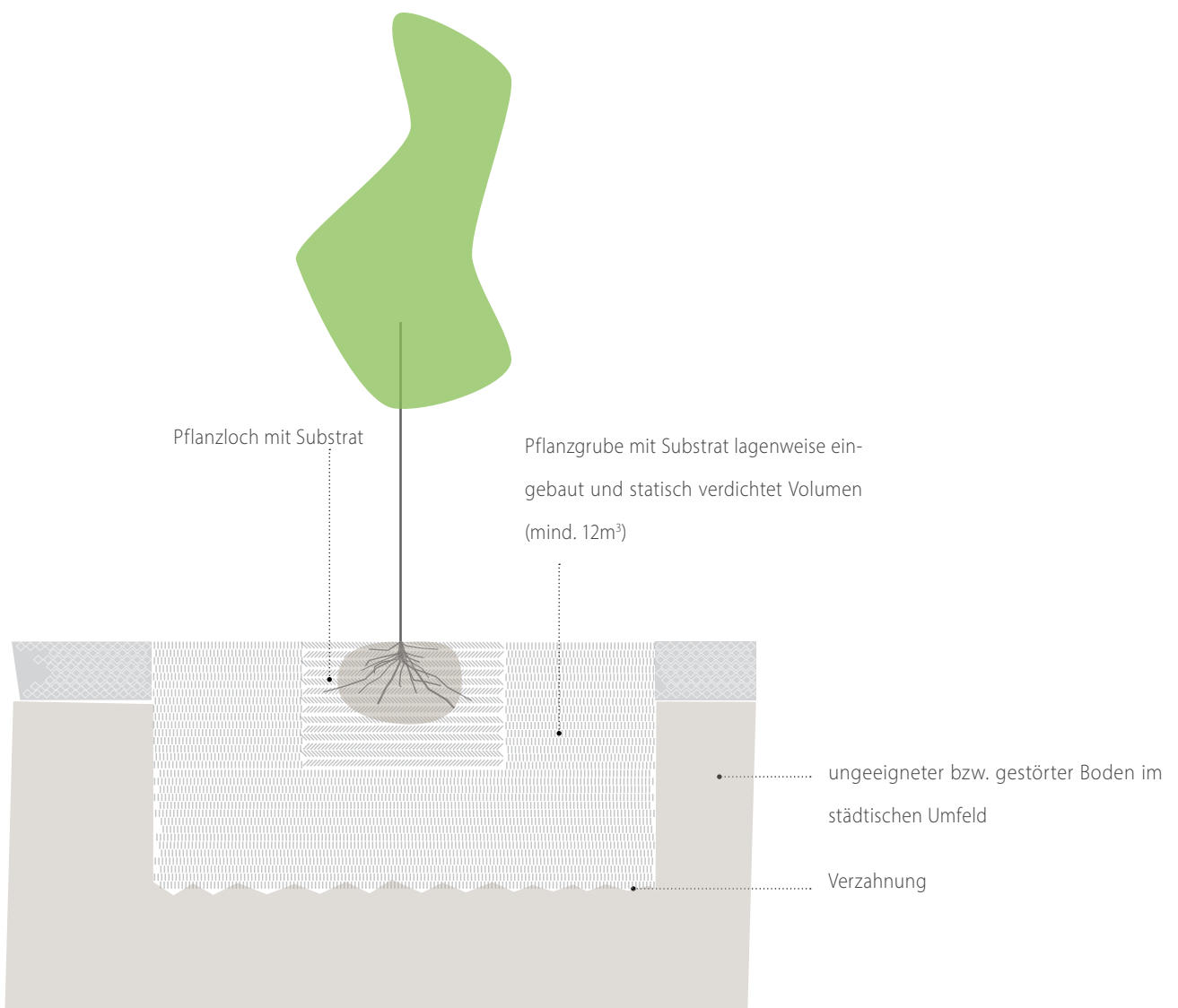


Abb. 1: Schematische Darstellung einer Baumscheibe für offene Standorte nach FLL

## 2 STANDARDS FÜR ÜBERBAUTE STANDORTE

In diesem Kapitel werden die Grundlagen für die Etablierung wassersensibler Baumquartiere für überbaute Standorte, in Wegedecken, wie auch im Straßenraum dargelegt. Zunächst werden die vegetationstechnischen und pflanzenphysiologischen Anforderungen sowie die wasserwirtschaftlichen Rahmenbedingungen für solche Quartiere dargestellt. Anschließend werden die geläufigsten Bauweisen dargestellt und verglichen.

### 2.1 Vegetationstechnische & Pflanzenphysiologische Anforderungen

Wie Eingangs beschrieben, sind vitale Bäume von zentraler Bedeutung für die Anpassung urbaner Räume an den Klimawandel. Damit sie diesen Anforderungen langfristig gerecht werden, müssen ihre Standortbedingungen eine kontinuierlich vitale Entwicklung ermöglichen.

#### a Wurzelraum

##### QUICK FACTS !

- › Wurzelwachstum wird durch Bodenstruktur, Wasser, Sauerstoff und Nährstoffe bestimmt
- › Wurzelraum muss zur Kronengröße passen
- › Faustregel: 0,75 m<sup>3</sup> durchwurzelbarer Raum je m<sup>2</sup> Kronenfläche

Die Entwicklung und Vitalität eines Baumes werden maßgeblich durch die Beschaffenheit seines Wurzelraums bestimmt. Neben der Wasser- und Nährstoffversorgung gewährleistet das Wurzelsystem die mechanische Verankerung des Baumes im Boden. Obwohl verschiedene Baumarten unterschiedliche Standortansprüche und genetisch bedingte Grundwurzelsysteme aufweisen, unterliegt das Wurzelwachstum allgemeinen Gesetzmäßigkeiten (vgl. Gaertig 2007:169; Bartsch & Röhrig 2016:19–21).

Boden- und Substrateigenschaften wie Bodenwiderstand, Feuchtigkeit, Sauerstoff- und Nährstoffgehalt beeinflussen das Wurzelwachstum entscheidend. Wurzeln wachsen bevorzugt entlang des geringsten Widerstands und hin zu Bodenbereichen, die ihren physiologischen Bedürfnissen entsprechen. Für die Aufrechterhaltung lebenswichtiger Funktionen müssen Bäume kontinuierlich neue Wurzelräume erschließen.

Abhängig von Baumart, Wuchsentwicklung und Alter benötigen Bäume daher einen durchwurzelbaren Raum, der in einem angemessenen Verhältnis zur Kronenfläche steht (vgl. FLL 2015:23; Bartsch & Röhrig 2016:19–20; Streckenbach 2012 a:4-5).

Als Richtwert für den erforderlichen Wurzelraum hat sich die Faustregel von Bakker und Kopinga etabliert: Pro Quadratmeter Kronenprojektionsfläche sollten 0,75 m<sup>3</sup> durchwurzelbarer Raum zur Verfügung stehen (vgl. Kopinga 1997 nach Schönfeld 2017:42, s. Abb. 2). Diese Kennzahl verdeutlicht, dass ein ausreichend großer Wurzelraum eine zentrale Voraussetzung für die langfristige Vitalität von Stadtbäumen ist.

##### WICHTIGE QUELLEN

- › FLL: Empfehlungen für Baumpflanzungen (2015) Teil 1: Planung, Pflanzarbeiten, Pflege

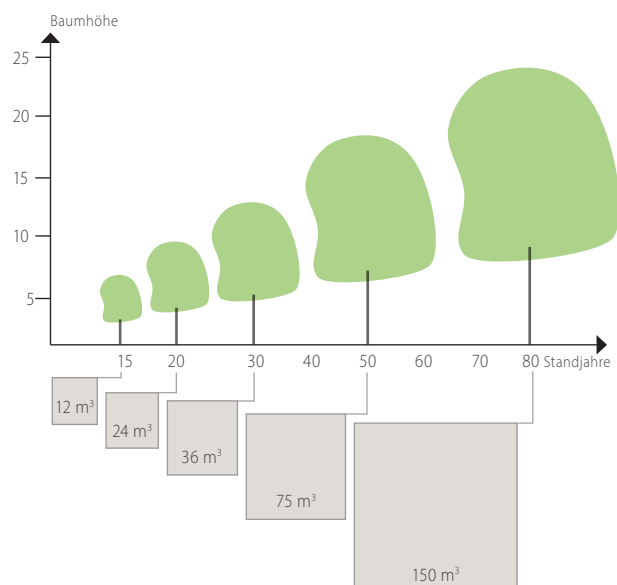


Abb. 2: Schematische Darstellung des Verhältnisses von Kronenprojektionsfläche und durchwurzelbarem Raum nach Bakker & Kopinga

## b Wasserhaushalt und Staunässe

### QUICK FACTS

- › Abhängig von Bodenporenstruktur, Bodenzusammensetzung und durchwurzelbarem Raum
- › Bei Trockenheit sinkt Wasseraufnahme bis zum permanenten Welkepunkt (pF 4,2)
- › Staunässe führt zu Sauerstoffmangel und hemmt Wurzelwachstum
- › Baumartenwahl: einige klimaresiliente Arten tolerieren kurzzeitige Überflutung
- › Dauerhafte Staunässe vermeiden

Neben einer ausreichenden Sauerstoffversorgung ist die Wasserverfügbarkeit für die Vitalität von Stadtbäumen essenziell. Sie wird maßgeblich durch den Mittel- und Feinporenanteil des Bodens oder Substrats bestimmt und steht somit in direktem Zusammenhang mit der Bodenzusammensetzung und dessen Fähigkeit, Wasser aufzunehmen und zu speichern. Abhängig von den Bodeneigenschaften und der Größe des durchwurzelbaren Raums variiert die den Wurzeln verfügbare Wassermenge stark. Klimatische Faktoren, wie Niederschlagsverteilung, Niederschlagsintensität und Temperatur, sowie eine gestörte Infiltration durch Oberflächenversiegelung beeinflussen die Wasserverfügbarkeit zusätzlich. In urbanen Räumen mit hoher Versiegelung, inhomogenen Böden und begrenztem Wurzelraum stellt die Wasserverfügbarkeit häufig einen limitierenden Wachstumsfaktor dar.

Mit zunehmender Bodenabtrocknung durch Evapotranspiration steigt die Bodenwasserspannung. Das verbleibende Wasser wird stärker an die Poren gebunden, wodurch die Transpiration sinkt, Blätter abgeworfen und ein Ruhezustand eingeleitet wird. Ab dem permanenten Welkepunkt (pF-Wert 4,2) sind die meisten mitteleuropäischen Pflanzen nicht mehr in der Lage, Wasser aufzunehmen; die nutzbare Feldkapazität (nFK) ist erschöpft. Die gezielte Nutzung von Niederschlagswasser kann dieser Problematik entgegenwirken, wobei die Menge und Dauer ausbleibender Niederschläge entscheidend sind.

Ein Überangebot an Wasser kann jedoch ebenfalls schädlich sein: Bei anhaltender Staunässe entstehen anaerobe Prozesse, Poren werden entlüftet, Sauerstoffmangel und steigende CO<sub>2</sub>-Konzentrationen beeinträchtigen das Wurzelwachstum. Die Auswirkungen hängen von der Staunäsetoleranz der Baumarten ab und können bis zum Absterben führen.

Für die Etablierung wassersensibler Baumquartiere ist daher die Baumartenwahl entscheidend. Viele klimaresiliente Arten, die den Lebensbereichen von Auen und Ufergehölzen entsprechen, tolerieren zeitweilige Überflutungen (Schönfeld 2022; Kiermeier 1996). Langfristige Überflutung des Wurzelraums muss jedoch vermieden werden.

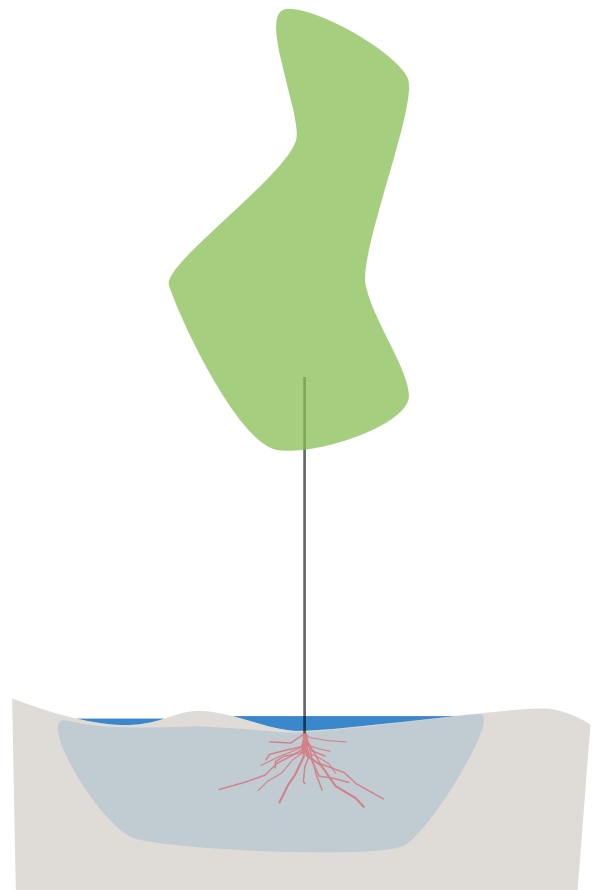


Abb. 3: schematische Darstellung Staunässe

### c Schadstoffe und Auftausalze

**QUICK FACTS** !

- > Einleitung von Niederschlagswasser kann Schadstoffe in Boden und Grundwasser eintragen
- > Salzeintrag stellt ein zentrales Risiko für wassersensible Baumquartiere dar

Die Einleitung von Niederschlagswasser kann gelöste Schadstoffe in den Boden einbringen, was sowohl die Vitalität der Bäume als auch die Grundwasserqualität beeinträchtigen kann. Für urbane Baumstandorte stellen Auftausalze (NaCl) die relevanteste Belastung dar. Natrium bewirkt Bodenverschlammung und reduziert die verfügbare Nährstoffmenge; zudem erhöht sich die Wasserbindungskraft des Bodens, was den Transport von Wasser und Nährstoffen einschränkt. Natriumchlorid wird von den Wurzeln aufgenommen und in Blättern und Knospen eingelagert, wodurch Nekrosen (braune, abgestorbene Blattränder) entstehen. Die Schadwirkung hängt von der Menge des Salzes und der Salztoleranz der Baumart ab.

Im Kontext der Etablierung wassersensibler Baumquartiere stellt der potenzielle Salzeintrag ein wesentliches Risiko dar. Neben der Reduzierung von Streusalzeinsatz können bautechnische Lösungen, die zwischen Sommer- und Wintermodus unterscheiden, einen wirksamen Ansatz zur Minimierung von Schadstoffbelastungen bieten.

**Normative Rahmenbedingungen**

Ergänzend zu den vegetationstechnischen Normen der DIN 18915 sowie DIN 18916 stellen die Empfehlungen für Baumpflanzungen Teil 1 (2015) & Teil 2 (2010) der FLL den aktuellen Stand der Technik dar. Von überregionaler Bedeutung sind zudem die (ZTV-Vegtra-Mü), welche aufgrund Ihres rechtlich bindenden Charakters und verschärfter, vegetationstechnischer Anforderungen von überregionaler Bedeutung ist. Diese Regelwerke

definieren Anforderungen an Pflanzgrubenbauweisen, Wurzelräume und die entsprechenden Substrateigenschaften. Dabei wird zwischen der „nicht überbaubaren Pflanzgrubenbauweise 1“ und der „überbaubaren Pflanzgrubenbauweise 2“ unterschieden. In diesem Kapitel wird auf die überbaubare Pflanzgrubenbauweise 2 eingegangen, während in Kapitel 2 die offene Baugrubenbauweise dargestellt wird. Die spezifischen Eigenschaften der Bauweise 2 sind in den Regelwerken und der Tabelle detailliert beschrieben.

**WICHTIGE QUELLEN**

- > DIN 18915 (2002): Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Bodenarbeiten
- > DIN 18916 (2002): Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Pflanzen und Pflanzarbeiten
- > FLL: Empfehlungen für Baumpflanzungen Teil 1 und Teil 2

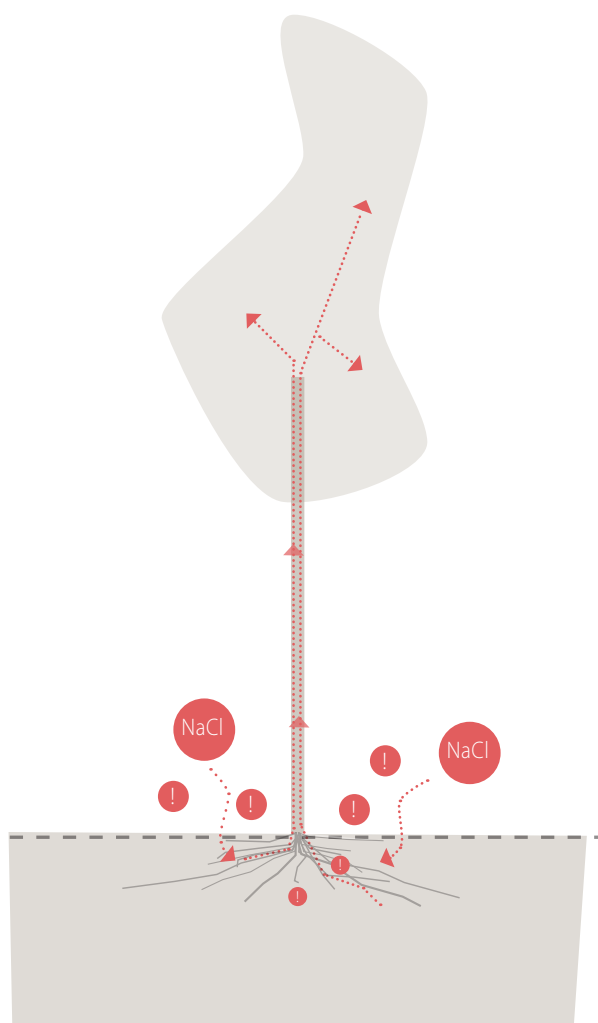


Abb. 4: schematische Darstellung Salzeintrag

d Anforderungen an Substrate

**QUICK FACTS**

- › wichtige Zahlen und Daten in der Tabelle
- › Empfehlung Arbor: mehr als die von der FLL vorgeschlagenen Pflanzgrubenmaße - besser: 24 m<sup>3</sup>
- › Geeignete Substrate: Baumsubstrate MN45 / MN100 CORTHUM und VulkaTec

Neben der Ausbildung eines möglichst großen durchwurzelbare Fläche von mindestens 12 m<sup>3</sup>, einer Pflanzgrubentiefe von 1,50 Metern und ggf. erforderlichen Belüftungsmaßnahmen verfassen die Regelwerke hinsichtlich eines integrierten Baumquartiers- und Wasser-managements folgende Anforderungen an die Substrateigenschaften:

Zur Erfüllung sowohl verkehrstechnischer Anforderungen, wie ausreichender Tragfähigkeit, als auch vegeta-tionstechnischer Kriterien, insbesondere Wasserspei-cherfähigkeit und Wasserdurchlässigkeit, werden die Substrate über definierte Kornverteilungsbereiche spezifiziert (FLL 2010:35; FGSV:18). Für überbaubare Pflanz-gruben ist aufgrund der verkehrstechnischen Belastung eine gröbere Korngrößenverteilung (0/32 mm) erforder-lich. Zur Sicherstellung einer guten Luft- und Wasser-infiltration verlangen die Regelwerke einen Sandanteil von mindestens 30 %.

	FLL 2010 Empfehlungen für Baumpflan-zungen Teil 2: (Standortvorbereitung für Neupflanzun-gen; Pflanzgruben und Wurzelraumerwei-terung, Bauweisen und Substrate)	ZTV Vegra-Mü (Technischen Vorschriften für die Herstellung und Anwendung ver-besserter Vegetationstrag-schich-ten der Stadt München)	FGSV (Hinweise zur Straßen-bepflanzung in bebauten Gebieten)
Abgaben zum Substrat			
Korngröße	0/11 bis 0/32 mm	0/8 bis 0/32	0/11 bis 0/20 mm
Schlammkorngehalt (<0,06 mm)	5-25 Masse-%	5-25 Masse-%	5-15 Masse-%
Sand Anteil (0,06-2,0 mm)	≥ 30 Masse-%	≥ 30 Masse-%	≥ 30 Masse-%
Wasserdurchlässigkeit (kf-Wert)	5 x 10 <sup>-6</sup> - 5 x 10 <sup>-4</sup>	5 x 10 <sup>-6</sup> - 5 x 10 <sup>-4</sup>	5 x 10 <sup>-6</sup> - 5 x 10 <sup>-5</sup>
Wasserkapazität	≥ 25 Vol-%	≥ 25 Vol-%	≥ 35 Vol-% - 40 Vol-%
Luftkapazität (bei max. Was-serkapazität)	≥ 10 Vol-%	≥ 10 Vol-% bei D <sub>pV</sub> = 95%	≥ 15 Vol-%
Organische Substanz	1-4 Masse- %	2-4 Masse- %	
pH-Wert	5,0 - 8,5	5,5 - 8,2	4,5-8,5
Gesamtporenvolumen	-	≥ 35 Vol-% bei D <sub>pV</sub> = 95%	≥ 40 Vol-% bei D <sub>pV</sub> = 95%
Nährstoffgehalt / Düngung	Nach Bedarf bei der Pflanzung und im Rahmen der Pflege	-	-
Salzgehalt	150mg / 100g	150mg / 100g	-
Angaben zum Wurzelraum			
Volumen	12 cbm	36cdm	12 cbm
Tiefe	≥ 1,50m		≥ 1,50 m
Angaben zur Tragfähigkeit			
Verdichtungsgrad Dpr	83% - 87%	83% - 87%	≤ 95%
Verformungsmodul Ev2	-	-	≥ 45 MN/m <sup>2</sup>

Tab. 1: Anforderungen an Substrateigenschaften

Die Substrate sollten eine Wasserkapazität von mindestens 25 Volumen-% aufweisen, während bei maximaler Wassersättigung eine Luftkapazität von über 10 Volumen-% erforderlich ist. Kritisch anzumerken ist, dass die Regelwerke keine spezifischen Anforderungen an die für Pflanzen relevante nutzbare Feldkapazität (nFK) stellen. Das Gesamtporenvolumen, das auch für die Entwässerung relevant ist, beträgt bei maximaler Verdichtung (Dpr < 95 %) mindestens 35 Volumen-%.

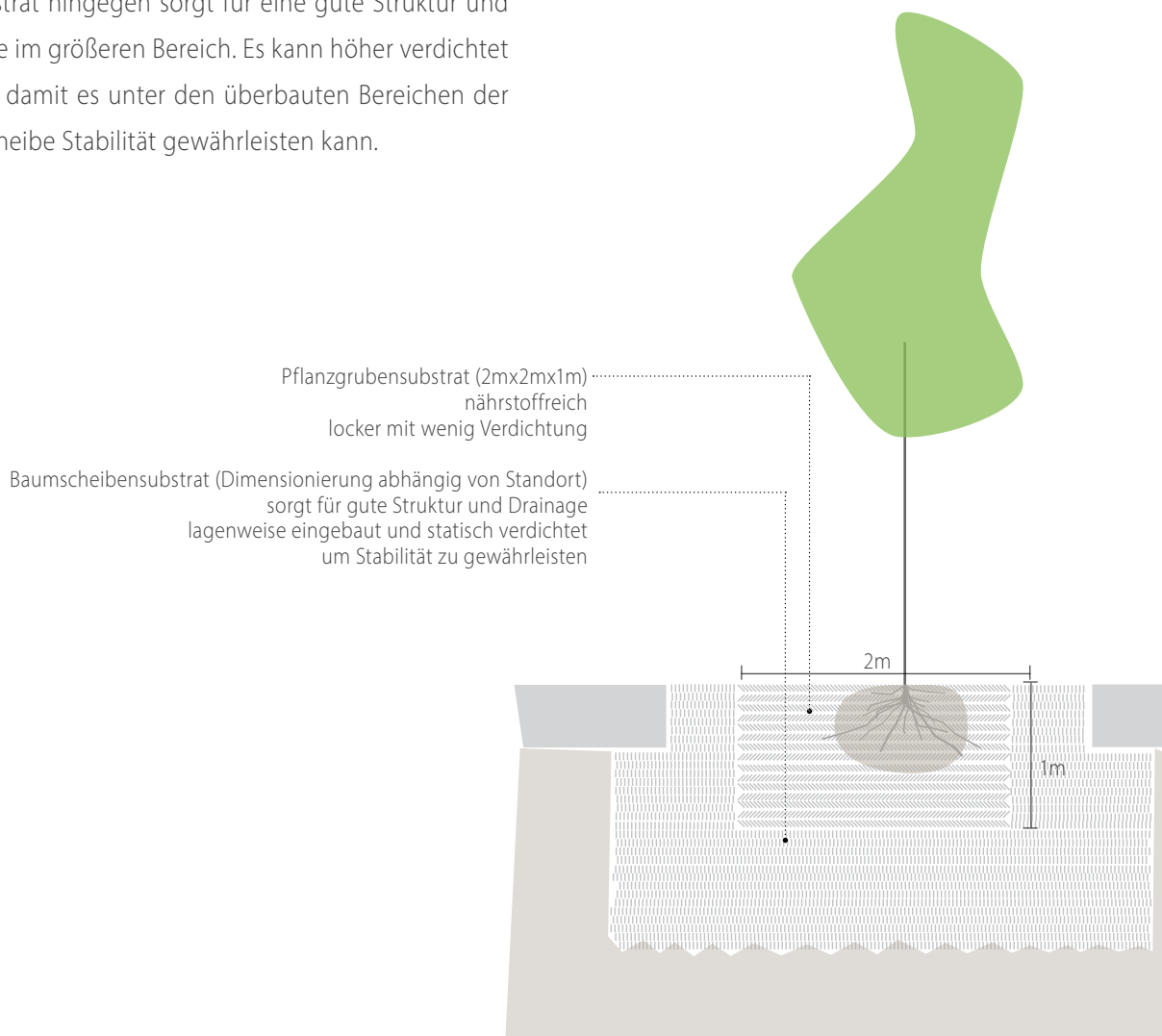
Doch auch bei der überbauten Bauweise kommt ein weiteres Substrat zum Einsatz. Das Pflanzloch (2m x 2m x 1m) wird mit nährstoffreichem Substrat verfüllt, das ein schnelles Anwachsen der Wurzeln im unmittelbaren Pflanzbereich sichern soll. Es ist in der Regel lockerer und sollte nicht zu stark verdichtet werden. Das Baumscheibensubstrat hingegen sorgt für eine gute Struktur und Drainage im größeren Bereich. Es kann höher verdichtet werden, damit es unter den überbauten Bereichen der Baumscheibe Stabilität gewährleisten kann.

Als Empfehlung für Substrats kann das Baumsubstrat MN45 oder MN100 von CORTHUM herangezogen werden, es eignet sich für überbaute Standorte als durchwurzelbarer Unterbau.

Des Weiteren zeichnet sich auch VulkaTec als Anbieter für diverse Substrate, durch eine sehr gute Qualität aus.

**PRODUKTBEISPIELE**

- > Baumsubstrat CORTHUM: <https://corthum.de/produkte/baumsubstrate/>
- > Baumsubstrate VulkaTec: <https://www.vulkatec.de/produktwelt/baum/fil-bauweise-ii/>



## e Pflanzenkohle als Zuschlagsstoff

### QUICK FACTS

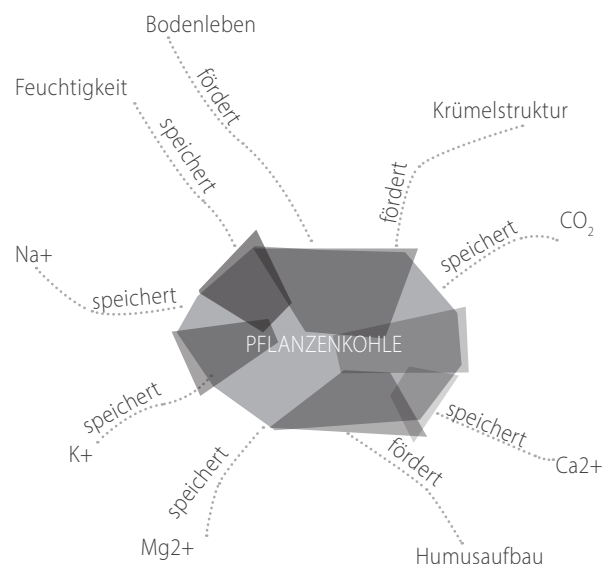
- › Hohe Porosität und große Oberfläche verbesserte Wasser- und Nährstoffspeicherung
- › Bis zur fünffachen Wasserspeicherung des Eigengewichts zur Reduktion von Trockenstress
- › Verbesserung von Belüftung, Drainage und Wurzelwachstum
- › Stabilisierung des pH-Werts im Substrat
- › Langfristige Kohlenstoffbindung mit positiver CO<sub>2</sub>-Bilanz
- › Empfohlener Anteil: ca. 15–20 Vol.-%

Pflanzenkohle (PK) gewinnt zunehmend an Bedeutung als nachhaltiger Zuschlagsstoff in Baumsubstraten. Ihre poröse Struktur und große spezifische Oberfläche ermöglichen eine verbesserte Speicherung von Wasser und Nährstoffen. Sie kann bis zum Fünffachen ihres Eigengewichts an Wasser aufnehmen und wirkt als Nährstoffpuffer, indem sie Nährstoffe speichert und langsam freisetzt. Die wesentlichen Vorteile von Pflanzenkohle in Baumsubstraten sind:

- › Wasserspeicherung: Sie speichert Wasser in ihren Poren und gibt es bei Trockenheit nach und nach an die Pflanzen ab, wodurch Trockenstress reduziert wird.
- › Nährstoffverfügbarkeit: Durch ihre hohe Kationenaustauschkapazität (KAK) speichert Pflanzenkohle Nährstoffe wie Kalium, Magnesium und Phosphor und gibt sie bedarfsgerecht frei, was das Pflanzenwachstum unterstützt.
- › Verbesserte Belüftung und Drainage: Die physische Struktur der Pflanzenkohle fördert die Durchlüftung des Substrats, unterstützt das Wurzelwachstum und ermöglicht den Abfluss überschüssigen Wassers.
- › pH-Wert-Pufferung: Stabilisierung des Substrat-pH-Werts und Verhinderung extremer Schwankungen, wodurch ein optimales Milieu für die Wurzelentwicklung geschaffen wird.
- › Positive CO<sub>2</sub>-Bilanz: Langfristige Kohlenstoffbindung, die zur Reduktion des atmosphärischen CO<sub>2</sub> beiträgt und einen nachhaltigen Beitrag zum Klimaschutz leistet.

Wissenschaftliche Studien und praktische Erfahrungen belegen, dass Pflanzenkohle das Wurzelwachstum deutlich fördert. Dies ist auf die verbesserte Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit sowie die gesteigerte Durchlüftung des Substrats zurückzuführen. Daher wird Pflanzenkohle als umweltfreundlicher Zuschlagsstoff in modernen Substratmischungen angesehen, der das Potenzial hat, die Qualität städtischer Begrünungsmaßnahmen langfristig zu verbessern.

Der optimale Anteil von Pflanzenkohle im Substrat wird derzeit noch erprobt und hängt von den Eigenschaften des Ausgangsstoffes ab. Praktische Untersuchungen zeigen, dass Zugaben von etwa 15–20 Vol.% an nährstoffangereicherter Pflanzenkohle (50 Vol.% PK / 50 Vol.% Kompost) bereits signifikante positive Effekte erzielen (vgl. Schatten 2024; Beck & Klemisch 2020).



## 2.2 Wasserwirtschaftliche Anforderungen

### QUICK FACTS

- › WHG: Gesammeltes Niederschlagswasser = Abwasser (§ 54), ungesammeltes Wasser unterliegt Sorgfaltspflicht (§ 5)
- › Ziel: ortsnahe Versickerung, getrennte Einleitung ohne Schmutzwasser (§ 55)
- › Landesrecht (WG BW, NiedSchlWasBesV BW) erlaubt Versickerung von unbelastetem Wasser bei Technikregeln
- › Abwassersatzung regelt technische Umsetzung

Für die schadfreie Einleitung und Versickerung von Niederschlagswasser gelten in Deutschland gesetzliche und untergesetzliche Regelungen. Aufbauend auf der europäischen Wasserrahmenrichtlinie bildet das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) die wichtigste nationale Grundlage. In diesem wird festgelegt, dass Niederschlagswasser, das von bebauten oder befestigten Flächen stammt und gesammelt abgeleitet wird, als Abwasser behandelt und bewirtschaftet werden muss (WHG § 54). Wird Niederschlagswasser hingegen nicht gesammelt (z. B. bei Sickerpflaster oder Dachbegrünungen) oder flächig auf Grünflächen geleitet, unterliegt dies nicht der Abwasserbeseitigung, jedoch einer allgemeinen Sorgfaltspflicht (§ 5 ebd.).

Grundsätzlich sieht das WHG vor, dass „Niederschlagswasser [...] ortsnah versickert, verrieselt oder direkt bzw. über eine Kanalisation ohne Vermischung mit Schmutzwasser in ein Gewässer eingeleitet werden soll, soweit dem keine wasserrechtlichen oder sonstigen öffentlich-rechtlichen Vorschriften oder wasserwirtschaftlichen Belange entgegenstehen“ (§ 55 ebd.).

Auf Landesebene wird das WHG durch das Wassergesetz für Baden-Württemberg (WG) ergänzt. Zudem regelt die Verordnung des Umweltministeriums die dezentrale Beseitigung von Niederschlagswasser (NiedSchlWasBesV BW) des Landes. Danach gilt die Versickerung von Niederschlagswasser von unbelasteten Dachflächen und untergeordneten, befestigten Wegen als erlaubnisfrei, sofern diese flächenhaft oder in Mulden-Rigolen mit belebter Bodenzone gemäß anerkannter Regeln der Technik versickert werden.

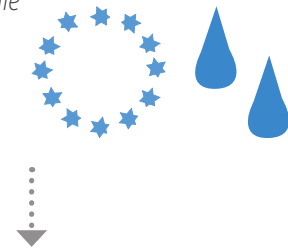
Die Abwassersatzung (AbwS) der großen Kreisstadt Stadt Herrenberg bildet die untergesetzliche Verordnung zur Abwasserbeseitigung und umfasst die Regelungen zur technischen Umsetzung und Genehmigung. Grundsätzlich gilt: Wird Niederschlagswasser gesammelt in Vegetationsflächen wie Baumstandorten eingeleitet oder gespeichert, handelt es sich rechtlich um Abwasser, dessen Behandlung gesetzlichen Vorgaben unterliegt. Dennoch stellen wassersensible Lösungen wie Sickerpflaster, Dachbegrünungen oder flächige Entwässerung von Straßen und Wegen über Bankette und Böschungen in Grünflächen keine Abwasseranlagen dar.

### WICHTIGE QUELLEN

- › Wasserhaushaltsgesetz (WHG)
- › Wassergesetz Baden-Württemberg (WG BW)
- › Abwassersatzung große Kreisstadt Herrenberg

#### Europäische Ebene:

Wasserrahmenrichtlinie



#### Nationale Ebene:

Wasserhaushaltsgesetz



#### Landes- und Kommunalebene:

Niederschlagswasserbeseitigungsverordnung & Abwassersatzung



### Normative Rahmenbedingungen

Neben gesetzlichen Vorgaben sind die anerkannten Regeln der Technik für eine schadfreie Versickerung maßgeblich. Die relevantesten Regelwerke der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) sind:

- › Arbeitsblatt DWA-A-138 Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser (Stand 10/2024) .
- › Arbeitsblatt DWA-A-138-1. Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser – Teil 1: Planung, Bau, Betrieb (Gelbdruck).
- › Merkblatt DWA-M 153: Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser.
- › DWA-A 102-1&2 /BWK-A 3-(2): Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer.

### Stoffliche Belastung der angeschlossenen Flächen

#### QUICK FACTS

- › *Priorität in BW: Versickerung von Niederschlagswasser über belebte Bodenzone*
- › *Unterirdische Einleitung: grundsätzlich Behandlungspflicht*
- › *Bauaufsichtliche Zulassung (DIBt) erforderlich*
- › *Bundesverband fbr bietet Marktübersicht aktueller technischer Lösungen*

Niederschlagswasser soll in Baden-Württemberg prioritär über die belebte Bodenzone versickern. Bei der Mulden- sowie der Mulden-Rigolen-Versickerung ist eine mindestens 30 Zentimeter dicke bewachsene Oberbodenschicht erforderlich.

Bei einer unterirdischen Einleitung bedarf es grundsätzlich einer Niederschlagswasserbehandlung. Hierfür existieren verschiedenste technische Lösungsansätze die sich in ihrer Bau- und Funktionsweise erheblich unterscheiden. Relevant dabei ist eine bauaufsichtliche Zulassung (DIBt) des jeweiligen Produktes. Im Kontext der Einleitung von Niederschlagswasser im Bereich von Baumstandorten und dem Ziel einer möglichst oberflächigen, wurzelnahen Zuführung stellen Filter- und Sickerrinnen mit entsprechendem Filtersubstrat eine gute Möglichkeit dar. Weiterhin existieren verschiedene Filtereinsätze für gängige Straßenabläufe. Alternativ ermöglichen separierte, vorgeschaltete Sedimentationsbereiche eine Möglichkeit der stofflichen Behandlung. Eine Übersicht verschiedener, aktueller technischer Lösungen stellt der Bundesverband für Betriebs- und Regenwasser e.V. durch die fbr-Marktübersicht bereit.

#### WICHTIGE QUELLEN

- › *FBR-Marktübersicht 2023/24 : (Bundesverband für Betriebs- und Regenwasser e.v.): Bestellung unter: [www.fbr.de/publikationen](http://www.fbr.de/publikationen)*

**Versickerungsfähigkeit des Bodens**

Eine wesentliche Voraussetzung für die Versickerung ist die Wasserdurchlässigkeit des Sickertraums, die durch den Durchlässigkeitsbeiwert (kf-Wert) bestimmt wird. Dieser gibt die Durchlässigkeit, eines vollständig wassergesättigten Bodens an und beeinflusst die Filtereigenschaften, sowie die Drainagefähigkeit. Ein kf-Wert zwischen  $1 \times 10^3$  und  $1 \times 10^6$  m/s gilt als optimal, um sowohl eine ausreichende stoffliche Reinigung, als auch eine schnelle Versickerung zu gewährleisten (DWA-A 138). Wie Abb. 3 verdeutlicht, entspricht die erforderliche Wasserdurchlässigkeit zugleich den vegetations-technischen Anforderungen.

Ist die Wasserdurchlässigkeit zu gering, stellen zusätzliche Ableitungsmöglichkeit mit Anschluss an die Kanalisation oder Fließgewässer einen geeigneten Lösungsweg dar.

**Ableitung / Schutz vor Rückstau**

Bedarf es einer zusätzlichen Ableitung (Notentwässerung) aufgrund unzureichender Wasserdurchlässigkeit des Bodens in die Kanalisation, gelten die Vorgaben des Zweckverband Abwasserreinigung Gäu-Ammer Kläranlage hinsichtlich dem Schutz gegen Rückstau.

Prinzipiell steht der Einleitung der Notentwässerung in das Kanalisationsnetz nichts im Wege. Ebenfalls besteht nach einer wasserrechtlichen Genehmigung die Möglichkeit der Einleitung in Oberflächengewässer.

**QUICK FACTS**

- > **Versickerungsfähigkeit:**
  - » Wasserdurchlässigkeit des Bodens entscheidend, gemessen über kf-Wert; optimal:  $1 \times 10^3$  bis  $1 \times 10^6$  m/s
  - » Niedrige Durchlässigkeit: Notentwässerung über Kanalisation oder Gewässer erforderlich
- > **Rückstauschutz:**
  - » Mischwasserkanal: Hebeanlage oder oberhalb Rückstauenebene
  - » Regenwasserkanal: einfache Rückstauklappe
  - » Einleitung in Oberflächengewässer nach Genehmigung möglich

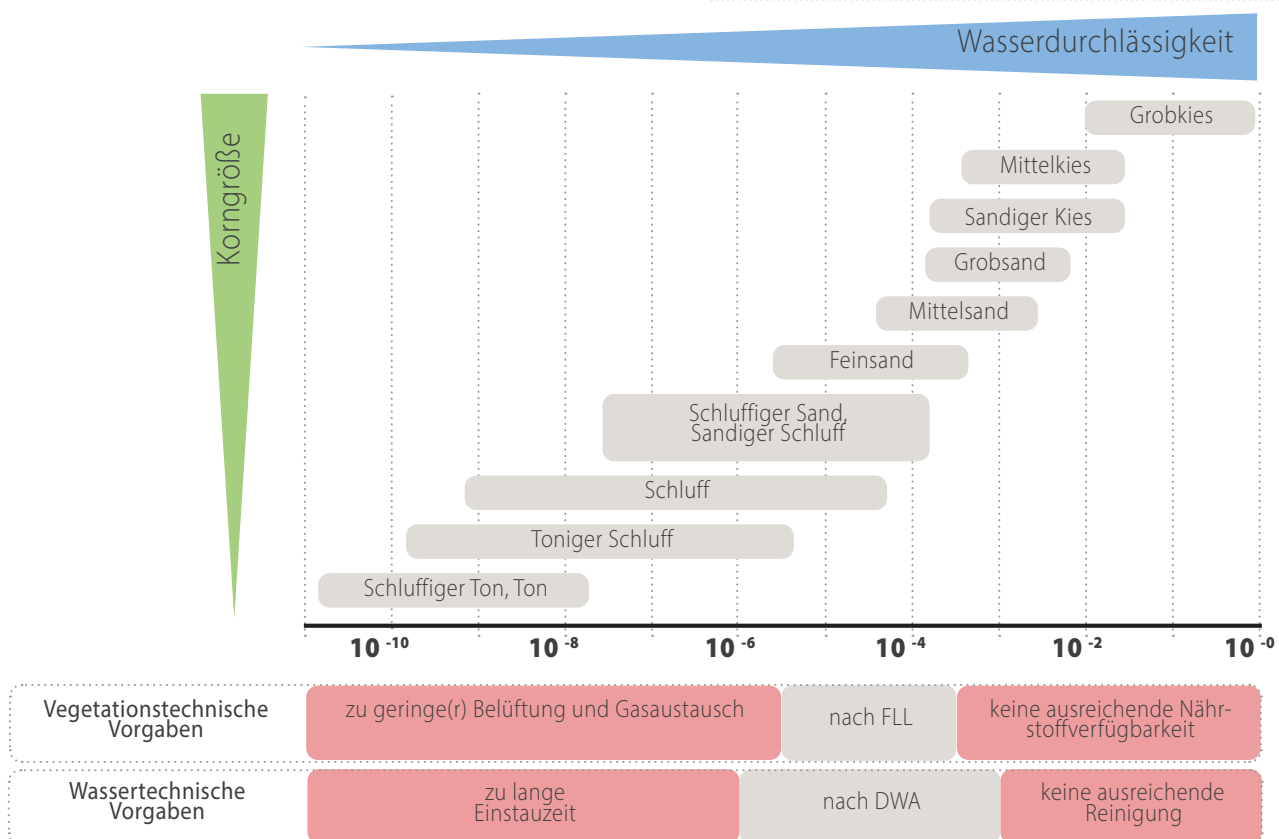


Abb. 5: Wasserdurchlässigkeit verschiedener Bodenarten unter Angabe der entwässerungstechnischen & vegetations-technischen Anforderungen der DWA sowie der FLL

### Abstand zu Gebäuden

Zur Vermeidung von Schäden durch Vernässung an Gebäuden, gelten bestimmte Mindestabstände. Diese sind abhängig von der Art und Tiefe der Unterkellerung, sowie der Höhe des Grundwasserstandes. Bei unterkellerten Gebäuden ohne wasserdruckhaltende Abdichtungen sollte der Abstand mind. das 1,5-fache der Baugrubentiefe betragen. Insbesondere im Bereich von engeren Straßenräumen kann dies ein Ausschlusskriterium für die gezielte Nutzung von Niederschlagswasser an Baumstandorten sein (vgl. DWA-A 138: 19).

### Bodeneigenschaften

Für den Boden- und Grundwasserschutz, sowie die damit verbundene stoffliche Reinigung müssen folgende Anforderungen an den Oberboden erfüllt sein (DWA-M 153):

- › der pH-Wert sollte zwischen 6 bis 8 liegen, da in diesem Bereich die Schwermetalle am besten gebunden werden können,
- › der Humusgehalt sollte zwischen 1% bis 3% liegen,
- › der Tongehalt unter 10 %,
- › die Mächtigkeit des Sickerraumes sollte, bezogen auf den mittleren Grundwasserstand, mindestens 1 Meter betragen, um eine ausreichende Sickerstrecke zu gewährleisten.
- › Bei einer unterirdischen Einleitung in einen Rigolenkörper bzw. einem nicht vorhandenen Sickerraum, gilt dieser Abstand ab der Sohle. (DWA-A 138: 18/FGSV 2002: 10)

### Wasserschutzgebiete und Altlasten

In den engeren Schutzzonen (Zone I und II) von Wasser- und Quellenschutzgebieten – etwa das Schutzgebiet Ammerquellen – sowie auf Flächen mit schädlichen Bodenveränderungen, Verdachtsflächen, Altlasten oder altlastverdächtigen Standorten, ist eine Versickerung von Niederschlagswasser unzulässig bzw. nur in begründeten Ausnahmefällen zulässig (BBodSchG § 2).

### Bepflanzung von Mulden

Während die Bepflanzung von Mulden mit Stauden oder Gehölzen lange Zeit lediglich als Sonderbauweise zulässig war, ist sie seit Veröffentlichung der DWA-A-131-1 als Regelbauweise anerkannt. Mulden-Rigolen-Elemente sind dabei durch geeignete Maßnahmen zuverlässig gegen Wurzeleinwuchs zu schützen.

#### QUICK FACTS

- › Abstand zu Gebäuden:
  - › abhängig von Unterkellerung und Grundwasser; unterkellert ohne Abdichtung: mind. 1,5-fache Baugrubentiefe
- › Oberbodenanforderungen (DWA-M 153)
  - › pH-Wert 6–8 für optimale Schwermetallbindung
  - › Humusgehalt 1–3 %
  - › Tongehalt < 10 %
- › Unterirdische Einleitung:
  - › Abstand von Rigolensohle aus messen
- › Wasserschutzgebiete / Altlasten:
  - › Versickerung in engeren Schutzzonen (Zone I/II) oder belasteten Flächen nur in Ausnahmefällen zulässig
- › Muldenbepflanzung:
  - › Stauden und Gehölze sind Regelbauweise; Mulden-Rigolen vor Wurzeleinwuchs schützen

## 2.3 verschiedene Bauweisen

### a wassergebundene Wegedecken

#### QUICK FACTS

- > Vorteile: wasserdurchlässig, Luftaustausch, Schutz vor Hitze, fördert Bodenleben und Biodiversität
- > Nachteile: Erosion, Staub, Verschleiß, höherer Pflegeaufwand
- > Fazit: nachhaltige, ökologische Alternative zu versiegelten Flächen

Wassergebundene Wegedecken tragen wesentlich zur ökologischen Aufwertung von Baumstandorten bei, da sie im Gegensatz zu versiegelten Asphalt- oder Betonflächen die natürlichen Bodenfunktionen weitgehend erhalten. Durch ihre Wasserdurchlässigkeit können Niederschläge direkt im Boden versickern und stehen damit den Baumwurzeln zur Verfügung. Gleichzeitig wird der Luftaustausch im Untergrund ermöglicht, was die Sauerstoffversorgung der Wurzeln sicherstellt und ein gesundes, tiefreichendes Wurzelwachstum begünstigt. Ein weiterer Vorteil liegt in der Temperaturregulierung: Wassergebundene Decken speichern im Sommer weniger Hitze, wodurch der Wurzelraum vor Überhitzung geschützt wird und die Belastung durch urbane Wärmeinseln reduziert wird. Darüber hinaus leisten sie einen Beitrag zur Förderung der Biodiversität. Da keine vollständige Versiegelung vorliegt, können Bodenorganismen wie Regenwürmer, Kleinstlebewesen und Mikroorganismen weiterhin im Wurzelraum aktiv sein und so zur Durchlüftung, Nährstoffbildung und langfristigen Stabilität des Bodens beitragen. Auch die Versickerung von Regenwasser schafft kleinräumige Feuchtigkeitsnischen, die Lebensräume für Insekten und andere Kleintiere bieten.

Natürlich sind wassergebundene Wegedecken auch mit gewissen Herausforderungen verbunden. An stark geneigten Flächen kann es zu Erosion kommen, in Trockenzeiten kann Staub entstehen und die oberste Deckschicht unterliegt einem natürlichen Verschleiß.

Zudem ist ihre Pflege aufwendiger als die von Asphaltdecken, da regelmäßiges Beregnen und punktuelle Ausbesserungen notwendig sind. Im Verhältnis zu den ökologischen Vorteilen sind diese Nachteile jedoch überschaubar: Sie betreffen in erster Linie den Pflegeaufwand, während die positiven Effekte auf Wasserhaushalt, Bodenleben, Klimaregulation und die Vitalität von Stadtbäumen deutlich überwiegen. Damit stellen wassergebundene Wegedecken eine besonders nachhaltige und zukunftsfähige Alternative zu versiegelten Flächen dar (vgl. Eppel, 2014).

#### WICHTIGE QUELLEN

- > FLL: Fachbericht zu Planung, Bau und Instandhaltung von Wassergebundenen Wegen (2007)

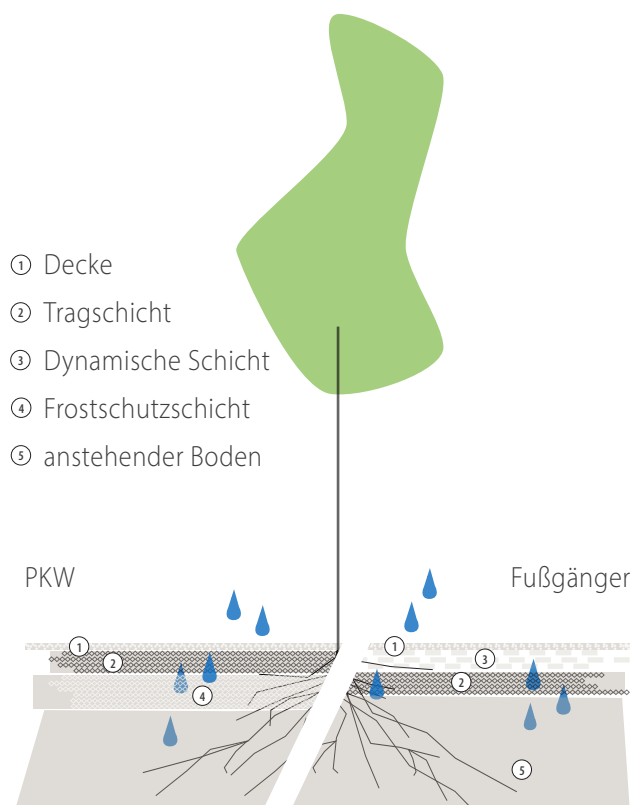


Abb. 6: Schematische Darstellung der wassergebundenen Wegedecke

## b Pflasterbeläge

### QUICK FACTS

- › reduziert Abflussspitzen, fördert Grundwasserneubildung, Infiltrationsbeiwert  $k_i \geq 2,7 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
- › partikuläre und gelöste Belastungen werden im Oberbau gebunden oder mikrobiell abgebaut und schützt somit die Gewässer

Wasserdurchlässige Pflasterbeläge bieten eine wirkungsvolle Möglichkeit, versiegelte Flächen ökologisch aufzuwerten und das städtische Wassermanagement zu verbessern. Dabei wird zwischen Belägen aus durchlässigen Baustoffen (z. B. haufwerksporiger Beton) und Systemen mit Fugenversickerung (z. B. Rasengittersteine) unterschieden. Anwendungsbereiche sind vor allem begehbar und gering belastete Verkehrsflächen, da hohe Verkehrslasten oder der Umgang mit wassergefährdenden Stoffen Einschränkungen mit sich bringen. Wasserwirtschaftlich führen solche Beläge zu einer Reduktion von Abflussspitzen und fördern die Grundwasserneubildung, sofern die Durchlässigkeit dauerhaft gewährleistet bleibt. Die Bemessung erfolgt analog zur Flächenversickerung nach DWA-A 138, wobei der Infiltrationsbeiwert  $k_i$  des Oberbaus mindestens  $2,7 \times 10^{-5} \text{ m/s}$  betragen muss (FGSV, 2013), um eine sichere Aufnahme üblicher Regenspenden nach dem Zeitbeiwertverfahren zu gewährleisten.

Ein weiterer Vorteil liegt im Rückhalt von Schadstoffen: Niederschlagsabflüsse enthalten stets partikuläre und gelöste Belastungen, die bei versiegelten Flächen direkt in die Kanalisation und Oberflächengewässer gelangen. Bei wasserdurchlässigen Pflasterungen hingegen verbleibt ein großer Teil dieser Stoffe im Oberbau, wird sorptiv gebunden oder mikrobiell abgebaut. Damit tragen die Beläge zu einer deutlichen Reduzierung des Stoffeintrags in Gewässer bei und verbessern die städtische Wasserqualität. Die Erfahrung zeigt allerdings, dass eine Verschließung der Poren durch Feinmaterial („Clogging“) auftreten kann; dem lässt sich durch

einen angepassten Schichtaufbau mit dem Grundsatz „so viel Verdichtung wie nötig, so viel Durchlässigkeit wie möglich“ vorbeugen. Unter Berücksichtigung dieser Anforderungen stellen wasserdurchlässige Pflasterungen eine normgerechte, langlebige (20–30 Jahre) und zugleich ressourcenschonende Lösung dar, die öko-logische Funktionen mit technischer Belastbarkeit verbindet.

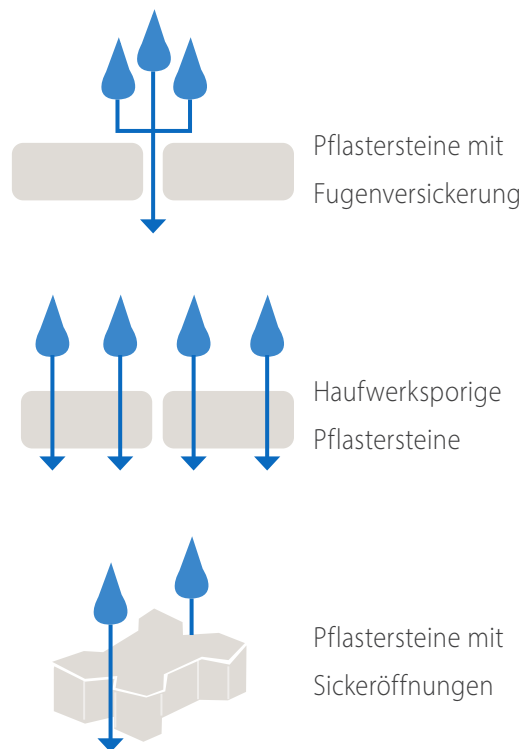


Abb. 7: Beispiele wasserdurchlässiger Pflastersysteme vgl. JASTO Bauwerkstoffe

Mittlere jährliche Wasserbilanz einer wasserdurchlässigen Pflasterung:

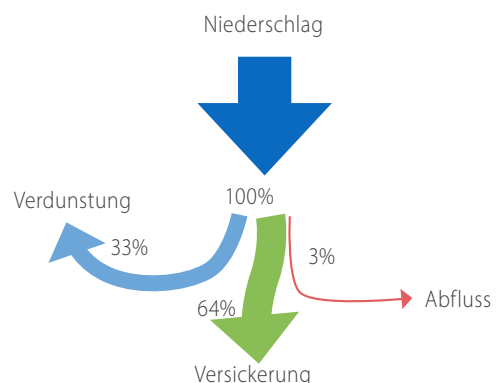


Abb. 8: Wasserbilanz wasserdurchlässiger Pflasterung vgl. SIEKER

c Schotterrasen

**QUICK FACTS**

- > Einsatz: gelegentlich belastete Flächen (Stellplätze, Zufahrten)
- > hohe Infiltration: Grundwasserneubildung, Reduktion von Abflussspitzen
- > ökologisch durch Begrünung, Evapotranspiration und Bodenstabilisierung
- > Aufbau: durchlässiger Unterbau, geeignete Rasengitter/Platten, trockenheitsresistente Gräser/Kräuter
- > kostengünstig, langlebig, pflegearm

Schotterrasen ist ein hybrider Flächenbelag, der aus einem tragfähigen Schotter- oder Splittaufbau in Kombination mit einer durchlässigen Vegetationsschicht besteht. Er wird insbesondere für Flächen mit gelegentlicher Verkehrsbelastung eingesetzt, wie Stellplätze, Zufahrten oder Feuerwehrebewegungsflächen, und vereint die Belastbarkeit mineralischer Beläge mit den ökologischen Vorteilen begrünter Flächen. Ein zentrales Merkmal ist die hohe Infiltrationsleistung: Durch die poröse Struktur kann Niederschlagswasser direkt in den Untergrund versickern, wodurch Oberflächenabfluss vermieden und die lokale Grundwasserneubildung unterstützt wird. Gleichzeitig wird die Regenwasserbewirtschaftung entlastet, da Schotterrasen einen wirksamen Beitrag zur Reduktion von Abflussspitzen im Kanalnetz leistet.

Die Funktionalität hängt jedoch maßgeblich vom fachgerechten Aufbau ab. Wichtig sind ein ausreichend durchlässiger Unterbau, die Verwendung geeigneter Rasengitter- oder Schotterrasenplatten sowie eine standortangepasste Vegetationsmischung. Empfohlen werden trockenheitsresistente, tiefwurzelnde Gräser und Kräuter aus Regel-Saatgut-Mischungen (RSM), beispielsweise für Parkplatzflächen oder trockene Standorte. Diese fördern durch ihre Wurzelstrukturen die Stabilisierung des Bodengefüges, verbessern die Wasseraufnahme und tragen durch Evapotranspiration zur Mikroklima-verbesserung bei.

Technisch betrachtet ergibt sich die Versickerungsleistung aus dem Zusammenspiel von Fugenteil, Poren-

volumen und kf-Wert des Ober- und Unterbaus. Bei richtiger Dimensionierung können die Anforderungen an die Flächenversickerung nach DWA-A 138 erfüllt werden. Einschränkungen bestehen allerdings bei hoher Verkehrslast, da die Vegetation auf Dauer nicht standhalten kann; dies zeigt sich häufig in lückigen Beständen. Zudem kann eine Überverdichtung des Untergrunds die Durchlässigkeit erheblich reduzieren. Dennoch gilt Schotterrasen bei angepasster Nutzung als kostengünstige und langlebige Bauweise, die mit relativ geringem Pflegeaufwand eine dauerhafte Infiltration und Schadstoffrückhaltung gewährleistet und somit eine ökologisch sinnvolle Alternative zu vollversiegelten Flächen darstellt.

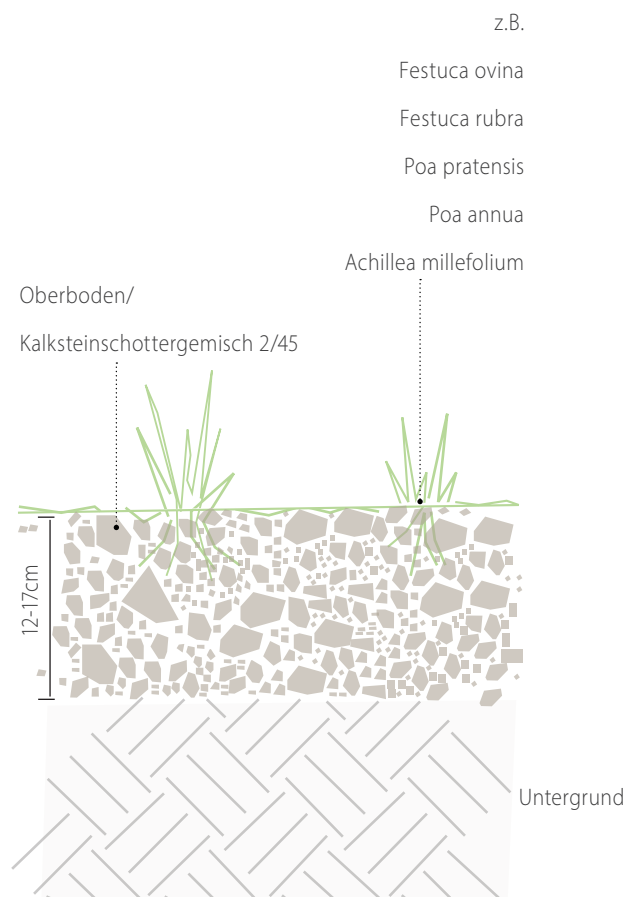


Abb. 9: schematische Darstellung Aufbau Schotterrasen nach FLL

## d Skelettbauweise

### QUICK FACTS

- › Grobschotter + Feinboden: stabiles, belastbares nicht überverdichtbares Substrat
- › hohe Wasser- und Luftkapazität, schnelle Versickerung
- › stabile Struktur, unterstützt Wurzeln
- › jedoch: komplexer Einbau, Prüfbarkeit eingeschränkt
- › FLL erlaubt grobporige Mineralgemische; gezielte Niederschlagswassereinleitung möglich

Im Kontext der aktuellen Diskussion um wassersensible Baumquartiere rückt der Einsatz der Skelettbauweise, häufig in Verbindung mit der sogenannten „Stockholmer Bauweise“, zunehmend in den Fokus. Diese seit etwa zwei Jahrzehnten in Stockholm angewandte Methode basiert auf der Verwendung von Struktur- bzw. Skelettsubstraten. Im Gegensatz zu den standardisierten Substrateigenschaften der FLL besteht das Material aus Grobschotter (typischerweise 100–150 mm), dessen Zwischenräume mit sandig-schluffigem Feinboden gefüllt werden. Die Verzahnung der Steine bildet ein dauerhaft stabiles Stützkorngerüst (Skelett), das große Verkehrslasten aufnehmen kann und nicht überverdichtbar ist. Gleichzeitig verhindert die Struktur eine Verdichtung des Feinbodens, was zu einem Substrat mit durchgehender Grobporenkontinuität führt. Abhängig von der Feinbodenzusammensetzung ermöglicht dies eine schnelle Wasserversickerung bei gleichzeitig dauerhaftem Luft- und Gasaustausch bis in die unteren Bodenschichten.

Ein weiteres Merkmal der Stockholmer Bauweise ist eine Belüftungs- und Infiltrationsschicht zwischen Skelettsubstrat und Wegeaufbau. Diese Schicht wird gezielt mit Niederschlagswasser beaufschlagt, wodurch eine breitflächige Belüftung und Wassernutzung erreicht wird. Der Hauptvorteil dieser nicht überverdichtbaren Substratstruktur im Vergleich zu Regelsubstraten liegt in der Sicherstellung einer hohen Wasser- und Luftkapazität auch nach bautechnischer Belastung. Nachteilig sind jedoch der komplexe Einbau (Einschlämmen des Feinbodens), die eingeschränkte Prüfbarkeit verbleiben-

der Hohlräume und die nicht exakt definierte Wasserspeicherkapazität. In Reaktion darauf haben Städte wie Stockholm und Graz in den letzten Jahren auf geringere Korngrößenfraktionen (32/64–90 mm) umgestellt, bei denen Feinboden und Pflanzenkohle vorgemischt und standardisiert eingebaut werden können. Im Hinblick auf bestehende Regelwerke zeigt die Skelettbauweise abweichende Korngrößen. Dennoch erwähnt die FLL explizit den Einbau grobporiger Mineralgemische ( $\geq 8/22$  mm) zur Förderung breitflächiger Wurzelraumerweiterungen (FLL 2010:44). Auch wird die gezielte Einleitung von Niederschlagswasser nicht ausgeschlossen, sofern die Versickerungsfähigkeit des Bodens gewährleistet ist und erforderliche Entwässerungsmaßnahmen getroffen werden (FLL 2010:19). Zudem gilt: Wird ein zertifiziertes Baumsubstrat fachgerecht eingebaut und verdichtet, erreicht es ein ausreichendes und mit Regelsubstraten vergleichbares Porenvolumen, das die Basis für eine langfristig vitale Baumstandortentwicklung bildet.

- ① Aufbau Belag inkl. Tragschicht
- ② Trennvlies
- ③ Belüftungs- und Verteilungsschicht
- ④ Grobschlag mit Schlammsubstrat gefüllt
- ⑤ Planum / Untergrund
- ⑥ Splittbett / Bepflanzung
- ⑦ Wiener Bausubstrat
- ⑧ Einlauf für Niederschlagswasser
- ⑨ Schutzlage im Bereich Fassade

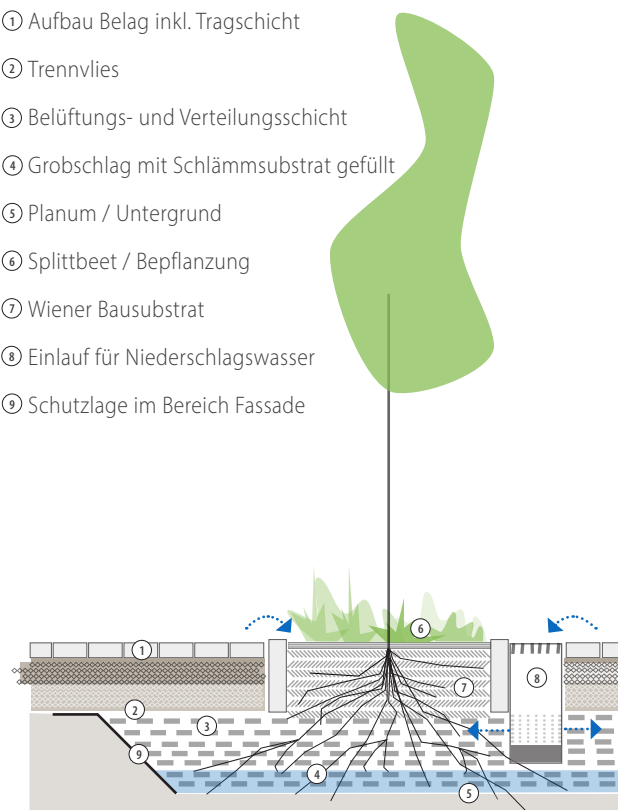


Abb. 10: schematische Darstellung Aufbau Skelettbauweise

### 3 STANDARDS FÜR BAUMSCHEIBEN IM BESTAND

#### 3.1 Entsiegelung / Offenlegung der Baumscheibe

**QUICK FACTS** !

- > Einbau durchlässiger, elastischer Deckschichten
- > hohe Wasserdurchlässigkeit und Gasaustausch
- > Raum für natürliche Wurzelentwicklung
- > Verbesserung der Bodenstruktur
- > langfristige Stabilität, ökologisch und pflegeleicht
- > Förderung der Baumvitalität, Vermeidung von Wurzelschäden an Belägen

Die Entsiegelung von Baumscheiben ist eine zentrale Maßnahme zur Förderung der Vitalität von Stadtbäumen und zur Vermeidung von Folgeschäden an der Infrastruktur. Versiegelte Flächen verhindern den notwendigen Wasser- und Luftaustausch im Wurzelraum, sodass Bäume ihre Wurzeln aggressiv nach oben treiben und Beläge aufbrechen mit erheblichen Risiken für die Verkehrssicherheit. Durch das schonende Entfernen der Versiegelung und dem Einbau von durchlässigen, elastischen Deckschichtbelägen wie HanseMineral und Stabilizer mixed HanseGrand wird der Wurzelraum nachhaltig entlastet.

Diese Materialien gewährleisten sowohl eine hohe Wasserdurchlässigkeit als auch einen kontinuierlichen Gasaustausch, wodurch selbst empfindliche Baumarten zuverlässig versorgt werden. Gleichzeitig schaffen sie Raum für eine natürliche Ausdehnung des Wurzelwerks und verbessern die Bodenstruktur. Damit tragen entsiegelte Baumscheiben nicht nur zur langfristigen Stabilität und Gesundheit der Bäume bei, sondern stellen auch eine dauerhafte, ökologische und pflegeleichte Lösung im urbanen Raum dar.

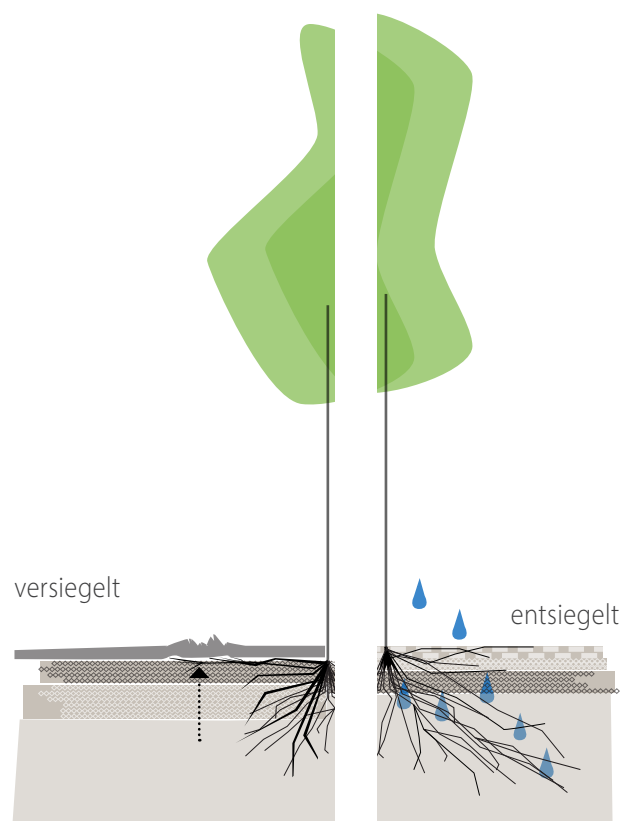


Abb. 11: schematische Darstellung Versiegelung vs. Entsiegelung

### 3.2 Installation von Bodenfeuchtesensoren

#### QUICK FACTS

- › Vorteile:
  - › Vitalitätssteigerung von Stadtbäumen
  - › Ressourceneffizienz (Wasser, Personal, Energie)
- › Vorgehen:
  - › repräsentative Standortauswahl (5 Messpunkte je Standort)
  - › gestaffelte Einbautiefen (30/60/90cm)
  - › Einbau mit Flügelbohrer und feuchter Bodenschlemme

Der Einsatz von Bodenfeuchtesensoren ist eine innovative Maßnahme, die im Kontext der Sanierung von Baumscheiben einen bedeutenden Beitrag zur Erhöhung der Vitalität und Langlebigkeit von Stadtbäumen leisten kann. Während eine Entsigelung den physikalischen Austausch von Wasser und Luft im Wurzelraum verbessert, ergänzt die sensorbasierte Bewässerungssteuerung diesen Effekt durch eine gezielte, standortangepasste Wasserzufuhr. Bodenfeuchtesensoren erfassen kontinuierlich den Wassergehalt im Boden und ermöglichen so eine präzise Steuerung der Bewässerung in Abhängigkeit von Standortbedingungen wie Sonneneinstrahlung, Unterpflanzungen, Bauweise oder Baumgröße. Auf diese Weise werden pauschale und häufig ineffiziente Bewässerungsgänge vermieden, wodurch Ressourcen wie Wasser, Personal und Energie deutlich effizienter eingesetzt werden können.

Darüber hinaus trägt die individuelle Anpassung der Wassergabe dazu bei, die physiologische Belastung der Bäume in Trockenperioden zu verringern. Durch die Kombination von gezielter Förderung in Stressphasen und kontrollierter Wasserknappheit werden die Bäume zugleich an veränderte klimatische Bedingungen gewöhnt. Dies fördert ein ausgewogenes Verhältnis von Wachstum und Widerstandskraft und unterstützt die Ausbildung tiefergehender und stabiler Wurzelsysteme. Damit leistet der Einsatz von Bodenfeuchtesensoren nicht nur einen Beitrag zur kurzfristigen Versorgungssicherheit, sondern auch zur langfristigen Anpassungsfähigkeit urbaner Gehölze an zunehmende Trocken- und Hitzeperioden.

In Verbindung mit entsiegelten Baumscheiben entsteht so ein nachhaltiges Gesamtkonzept für die Pflege und Stabilisierung des städtischen Baumbestandes (vgl. Borgmann gen. Brüser, Balder, 2018).

#### Technische Ausführung und Vorgehen

Zur belastbaren Bewertung der Wasserversorgung eines Pflanzenbestandes werden zunächst mehrere repräsentative Baumstandorte mit möglichst einheitlichen Rahmenbedingungen definiert. Die dort erhobenen Messwerte können anschließend auf weitere Gehölze mit vergleichbaren Standortfaktoren übertragen werden. Relevante Auswahlkriterien sind unter anderem: Exposition (sonnig, halbschattig, schattig), das Vorhandensein von Unterpflanzung oder Mulchauflage, offene oder überbaute Bauweise der Baumscheibe, Gehölzgröße und Kronenvolumen (Verdunstungs- und Transpirationsleistung), Substrataufbau und Bodentyp, sowie Versickerungsfähigkeit und Oberflächenabfluss. Pro Standortkonstellation haben sich fünf Messpunkte als praktikabel und wirtschaftlich vertretbarer Stichprobenumfang erwiesen. Durch die Bildung von Mittelwerten lassen sich standorttypische Schwankungen einzelner Sensormessungen ausgleichen.

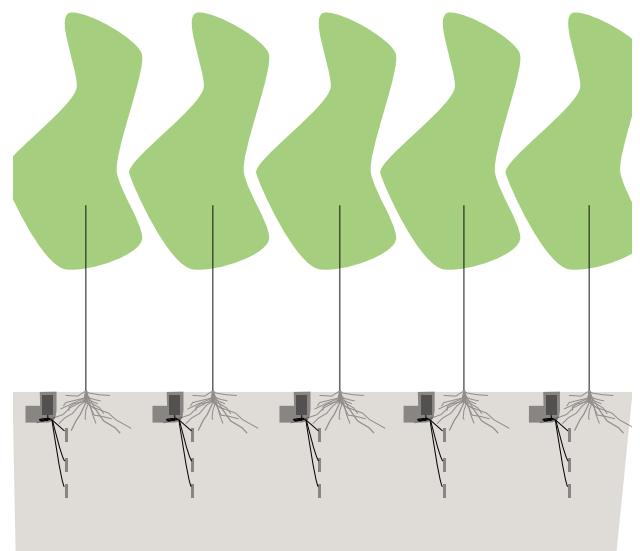


Abb. 12: schematische Darstellung Feuchtesensorik - Vorgehen

### Einbautiefen

Für eine aussagekräftige Erfassung der Bodenfeuchte im durchwurzelten Bereich werden Bodenfeuchtesensoren in gestaffelten Tiefen installiert. Ziel ist es, sowohl die kurzfristig schwankende Feuchte im Oberboden als auch die Wasserversorgung in tieferen, länger wirksamen Speicherhorizonten abzubilden. In der Praxis hat sich eine mehrstufige Anordnung bewährt, bei der Sensoren typischerweise in Tiefen von etwa 30 cm (Oberboden und Verdunstungszone), 60 cm (Hauptwurzelraum) sowie 90 cm (tieferer Wurzelhorizont) eingebaut werden. Diese vertikale Staffelung ermöglicht Rückschlüsse auf das Versickerungsverhalten, die Durchfeuchtungstiefe nach Niederschlägen oder Bewässerung sowie auf die tatsächliche Nutzung tieferer Wasserreserven durch den Baum.

### Einbauverfahren

Der Einbau erfolgt in der Regel über ein Bohrloch, das mit einem Flügelbohrer oder Erdbohrer bis zu einer Tiefe von etwa 80–100 cm hergestellt wird. Dabei ist auf einen möglichst geringen Bohrdurchmesser zu achten, um die Störung des gewachsenen Bodengefüges zu minimieren. Nach Herstellung des Bohrlochs werden die Sensoren in den vorgesehenen Tiefen positioniert. Für einen zuverlässigen Messkontakt zum umgebenden Bodenmaterial werden sie mit einer feuchten Bodenschlemme eingesetzt. Anschließend wird das Bohrloch lagenweise verfüllt und vorsichtig von Hand nachverdichtet, beispielsweise mit Schaufel oder Handstampfer. Besondere Sorgfalt ist erforderlich, um Luftblasen im unmittelbaren Sensorumfeld zu vermeiden, da diese die Messgenauigkeit beeinträchtigen können. Eine fachgerechte Verdichtung stellt den kapillaren Anschluss an den umgebenden Boden wieder her und sichert stabile Messwerte über die gesamte Betriebsdauer.

Als erfahrener Anbieter und Dienstleister auf diesem Gebiet gilt die Firma ARBOR revival GbR, die sich mit über zehnjähriger Praxiserfahrung in der sensorbasierten Baumstandort-Optimierung als etablierter Marktteilnehmer positioniert hat.

**WICHTIGE QUELLEN**

› Arbor Revital: <https://www.arbor-smart-city.de/>

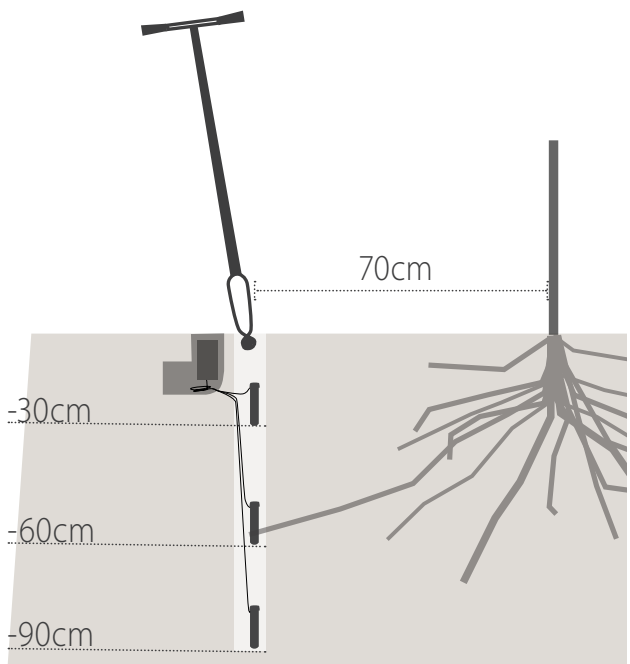


Abb. 13: schematische Darstellung Feuchtesensorik - Einbau

### 3.3 Bodenbelüftung

**QUICK FACTS**

- › Lockerung der Poren, besserer Gasaustausch, Wasserinfiltration, Aktivierung des Bodenlebens
- › verbesserte Wurzelentwicklung und Standortstabilität
- › im Zusammenhang mit Substrataustausch (3.4) sinnvoll

Die Bodenbelüftung ist ein zentrales Verfahren der Baumstandortsanierung, da sie die Durchwurzelbarkeit des Bodens deutlich verbessert und damit die Vitalität urbaner Bäume langfristig sichern kann. Verdichtete, heterogene oder nährstoffarme Böden schränken die Sauerstoffversorgung im Wurzelraum erheblich ein. Dies führt nicht nur zu einem reduzierten Feinwurzelwachstum, sondern auch zu einer eingeschränkten Wasser- und Nährstoffaufnahme. Durch das Einleiten von Luft in den Boden entstehen wieder lockere Porenräume, die den Gasaustausch fördern und die Wasserinfiltration verbessern. Gleichzeitig wird das Bodenleben aktiviert, wodurch organische Substanz schneller umgesetzt und die Nährstoffverfügbarkeit erhöht wird.

Praxisversuche, bei denen sogenannte Attraktionszentren (AZ) in Kombination mit Bodenbelüftung angelegt wurden, verdeutlichen diese Wirkung. Die Attraktionszentren bestanden aus gebohrten Vertiefungen, die mit strukturstablem Baumsubstrat verfüllt wurden und damit ideale Wachstumsbedingungen boten – reich an Luft, Wasser, Huminstoffen und Nährstoffen. Ziel war es, die Wurzeln anzuregen, sowohl in die Tiefe vorzudringen als auch sich horizontal zwischen den Belüftungspunkten auszubreiten. Die Bodenbelüftung unterstützte diesen Prozess, indem die Sauerstoffzufuhr bis in eine Tiefe von durchschnittlich 60–70 cm verbessert wurde. Die Ergebnisse waren aus physiologischer Sicht eindeutig positiv: Die Bäume zeigten eine verbesserte Wurzelentwicklung und damit eine höhere Standortstabilität. Allerdings wurde auch deutlich, dass der methodische und technische Aufwand – insbesondere bei heterogenem oder steinigem Untergrund – beträchtlich ist

und in keinem angemessenen Verhältnis zum Nutzen steht. Daher gilt die Bodenbelüftung zwar als wertvolles Instrument zur kurzfristigen Vitalisierung, für eine ökonomisch nachhaltige Sanierung wird jedoch häufig ein großräumiger Substrataustausch bevorzugt, da dieser sowohl eine langfristig stabile Bodenstruktur als auch eine bessere Kosten-Nutzen-Balance gewährleistet.

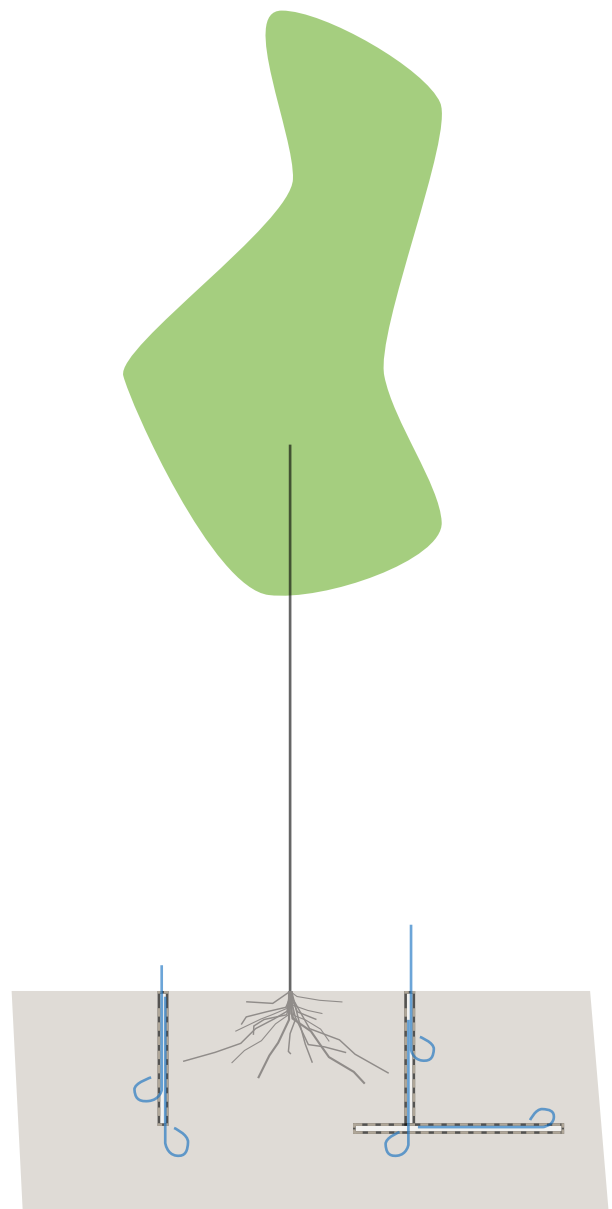


Abb. 14: schematische Darstellung Bodenbelüftung

### 3.4 Substrataustausch / Wurzelraumerweiterung

**QUICK FACTS**

- > Großräumiger Ersatz verdichteter / nährstoffarmer Böden durch lockeres, durchwurzelbares Substrat
- > optimierte Bedingungen für Wasser, Luft, Nährstoffe und organische Substanz
- > sorgfältige Planung, Wurzelschutz, fachgerechte Nachbehandlung

Der großräumige Substrataustausch gilt als eine besonders wirksame Maßnahme der Baumstandortsanierung, wenn andere Verfahren wie punktuelle Bodenbelüftung oder die Herstellung von Attraktionszentren nicht den gewünschten Erfolg bringen. Dabei wird der bestehende, häufig stark verdichtete oder nährstoffarme Boden in einem größeren Bereich rund um den Baum entfernt und durch ein geeignetes, lockeres und durchwurzelbares Substrat ersetzt. Ziel ist es, optimale Wachstumsbedingungen für die Wurzeln zu schaffen, indem Wasser, Luft, Nährstoffe und organische Substanz dauerhaft in ausreichender Menge zur Verfügung stehen.

Die Dimensionierung des Substrataustauschs ist stets standort- und objektspezifisch festzulegen. Maßgeblich sind unter anderem die Vitalität des Baumes, die vorhandene Bodenstruktur, angrenzende Versiegelungen sowie die technisch und wirtschaftlich realisierbare Fläche. Je größer die entsiegelbare Fläche und je um-

fangreicher der Bodenaustausch erfolgen kann, desto nachhaltiger wirkt sich die Maßnahme in der Regel auf die Baumvitalität aus – bei entsprechend höherem Aufwand und Kosten. Eine fachliche Abwägung zwischen ökologischer Wirksamkeit und wirtschaftlicher Vertretbarkeit ist daher erforderlich.

Zu klein dimensionierte Eingriffe sind hingegen häufig wenig zielführend, da die Verbesserung des Wurzelraumes kaum spürbar ausfällt und der gewünschte Vitalitätseffekt ausbleibt. Aus fachlicher Sicht wird daher empfohlen, einen Substrataustausch auf mindestens 30–40 cm Tiefe sowie auf einer Fläche von etwa 4 m<sup>2</sup> vorzunehmen. Ergänzend sollte – sofern räumlich möglich – eine Wurzelraumerweiterung in vergleichbarer Größenordnung (ebenfalls ca. 4 m<sup>2</sup>) angestrebt werden, um einen ausreichend großen, zusammenhängenden und durchwurzelbaren Bodenraum zu schaffen.

Die Maßnahme erfordert eine sorgfältige Planung und fachgerechte Ausführung. Besonders wichtig ist es, die Arbeiten so durchzuführen, dass vorhandene Wurzeln möglichst wenig geschädigt werden. Sollte es dennoch zu Verletzungen kommen, müssen diese fachgerecht nachbehandelt werden, um Infektionen und Fäulnisprozesse zu vermeiden.

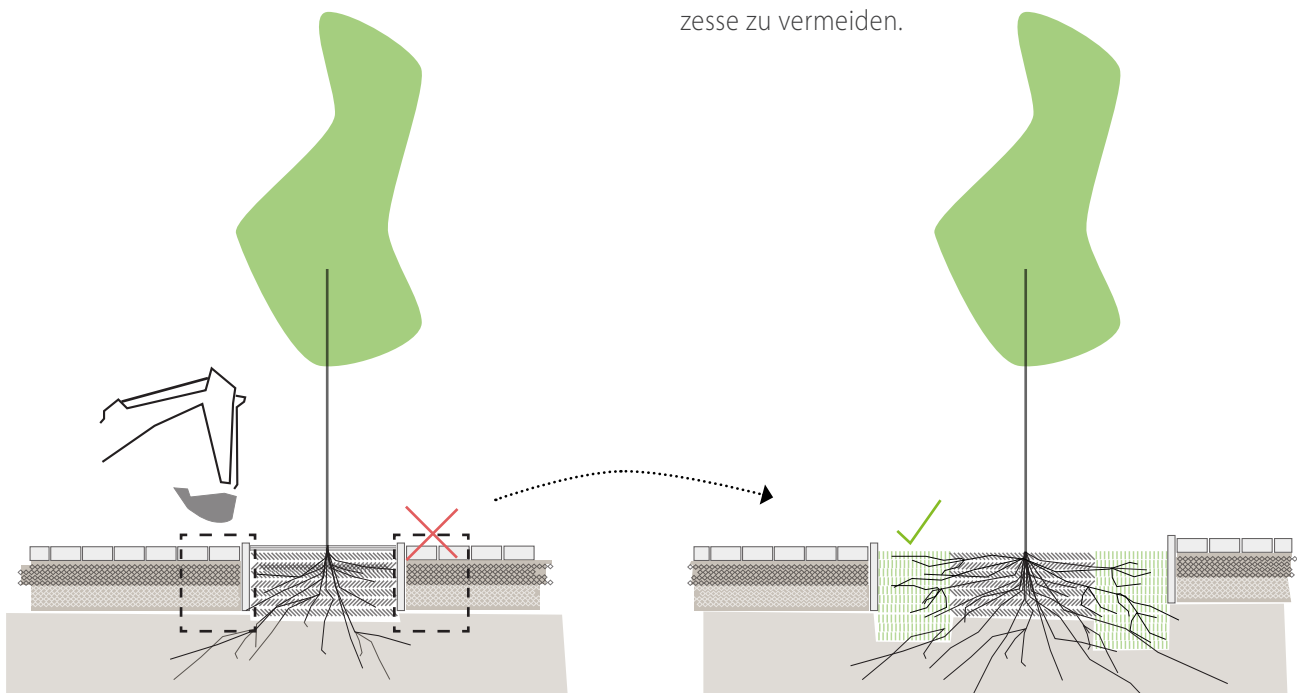


Abb. 15: schematische Darstellung Substrataustausch

## 4 BAUMSCHUTZ AUF BAUSTELLEN

Gerade im urbanen Umfeld stehen Bäume zunehmend unter Druck – nicht nur durch Klimawandel und Schadstoffeinträge, sondern auch durch Baumaßnahmen. Baustellen zählen zu den größten Gefährdungen für den Erhalt von Bäumen, da insbesondere Wurzeln, Stamm und Krone durch Erdarbeiten, Materiallagerung oder den Einsatz schwerer Maschinen massiv geschädigt werden können. Ein konsequenter und frühzeitig berücksichtigter Baumschutz ist daher von entscheidender Bedeutung, um die ökologische Funktion der Bäume langfristig zu sichern.

### 4.1 Richtlinien und rechtliche Grundlagen

#### QUICK FACTS

- › R SBB 2023: verbindliches Regelwerk für Baumschutz auf Baustellen
- › Inhalte: Voruntersuchungen, Schutzmaßnahmen, Rückbau von Schutzeinrichtungen
- › basiert auf: FFH-/Vogelschutzrichtlinie, BNatSchG, Landes- und Kommunalrecht

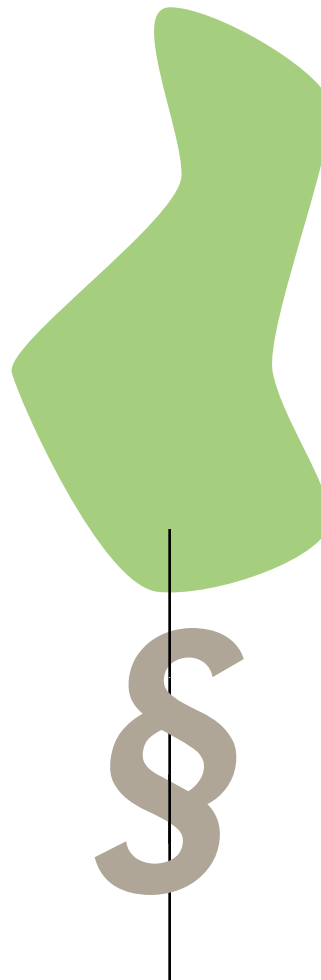
Mit der Einführung der neuen „Richtlinien zum Schutz von Bäumen und Vegetationsbeständen bei Baumaßnahmen“ (R SBB, 2023) durch die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) wurde ein aktuelles und verbindliches Regelwerk geschaffen, das die bisherige RAS-LP 4 (1999) ablöst. Als R 1-Regelwerk besitzen die R SBB eine hohe rechtliche Verbindlichkeit, insbesondere wenn sie Bestandteil von Bauverträgen werden. Sie stehen in engem Zusammenhang mit der DIN 18920 „Vegetationstechnik im Landschaftsbau“, die seit zehn Jahren unverändert gültig ist.

Die R SBB strukturieren den Baumschutz in verschiedene Kapitel: Voruntersuchungen, Schutz- und Schadensminimierungsmaßnahmen, Schutzmaßnahmen für Bäume und Vegetationsbestände sowie den Rückbau von Schutzeinrichtungen. Besonders hervorgehoben wird die Notwendigkeit, Bäume bereits im frühen Planungsstadium zu berücksichtigen.

Rechtlich fußt der Baumschutz zudem auf europäischen Vorgaben (FFH- und Vogelschutzrichtlinie), dem Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) sowie auf landesrechtlichen Bestimmungen und örtlichen Baumschutzverordnungen. Verstöße können Bußgelder, Baustoppes oder Schadensersatzforderungen nach sich ziehen.

#### WICHTIGE QUELLEN

- › R SBB Richtlinie zum Schutz von Bäumen und Vegetationsbeständen bei Baumaßnahmen (2023)



## 4.2 Baumschutz in der Praxis

### QUICK FACTS

- › *Schutzbereich: mindestens Kronentraufe + 1,5 m (säulenförmig: 5 m), keine Aufgrabungen; Mindestabstand 2,5 m zur Baugrube bei Ausnahmen*
- › *Wurzelarbeiten: Handschachtung oder Absaugtechnik, Wurzeln > 2 cm möglichst nicht durchtrennen, fachgerechte Behandlung bei Verletzungen, Schutz vor Austrocknung / Frost*
- › *Stamm/Krone: Schutz vor mechanischen Schäden, keine Lagerung von Material, Maschinen oder Chemikalien im Schutzbereich*
- › *Schnittmaßnahmen: Abstimmung mit Behörden, durch Fachfirmen, Kosten beim Bauverursacher*
- › *Technische Schutzmaßnahmen: Baumschutzkäfige/-zäune, Lastverteilungsplatten: verhindern Bodenverdichtung, sichern Durchlüftung und Wasserversorgung*

In der praktischen Umsetzung spielen konkrete Schutzmaßnahmen eine zentrale Rolle, da sie direkt darüber entscheiden, ob ein Baum eine Baumaßnahme unbeschadet übersteht. Besonders sensibel ist der Bereich unter der Baumkrone, der sogenannte Schutzbereich. Er umfasst mindestens die Kronentraufe zuzüglich 1,5 Metern, bei Bäumen mit säulenförmiger Wuchsform sogar 5 Meter in alle Richtungen. Innerhalb dieses Bereichs dürfen grundsätzlich keine Aufgrabungen erfolgen. Ist dies in Ausnahmefällen unvermeidbar, muss ein Mindestabstand von 2,50 Metern zwischen Baugrube und Stamm eingehalten werden. Für Arbeiten im Wurzelbereich sind schonende Verfahren wie Handschachtung oder Absaugtechnik vorgeschrieben, um größere Schäden zu verhindern. Sollte es dennoch zu Wurzelverletzungen kommen, müssen diese fachgerecht mit einem glatten Schnitt behandelt werden. Wurzeln mit einem Durchmesser von mehr als zwei Zentimetern dürfen nach Möglichkeit nicht durchtrennt werden, da sie für die Stabilität und Versorgung des Baumes entscheidend sind. Freigelegte Wurzeln sind außerdem vor Austrocknung und Frost zu schützen, etwa durch Abdecken oder Wässern.

Auch der Stamm und die Krone benötigen besondere Aufmerksamkeit. Mechanische Beschädigungen durch Baumaschinen, unsachgemäße Anbauten oder das Anlehnen von Geräten können die Rinde schädigen und Eintrittspforten für Krankheiten schaffen. Daher ist auf den Schwenkbereich von Maschinen besonders zu achten. Im Schutzbereich des Baumes dürfen weder Baumaterialien, Böden, Maschinen noch chemische Stoffe wie Treibstoffe oder Zement gelagert werden. Solche Ablagerungen führen häufig zu Bodenverdichtungen oder Verunreinigungen, die das empfindliche Wurzelsystem massiv beeinträchtigen können. Müssen im Rahmen eines Bauvorhabens Schnittmaßnahmen am Baum durchgeführt werden, ist dies zuvor mit dem Amt für Technik und Grün der Stadt Herrenberg abzustimmen. Die Arbeiten selbst dürfen ausschließlich durch Fachfirmen des Garten- und Landschaftsbaus erfolgen und gehen stets zu Lasten des Bauverursachers.

Zum Schutz von Bäumen während der Bauphase stehen verschiedene technische Varianten zur Verfügung. Häufig werden Baumschutzkäfige oder -zäune eingesetzt, die den gesamten Stammraum abgrenzen und mechanische Einwirkungen verhindern. Wo eine vollständige Einzäunung nicht möglich ist, kommen Lastverteilungsplatten zum Einsatz. Sie legen sich wie ein schützender Teppich über den Wurzelbereich und verhindern, dass schwere Maschinen den Boden verdichten. Auf diese Weise wird die Durchlüftung und Wasserversorgung des Bodens bewahrt – zentrale Voraussetzungen für die Vitalität des Baumes.

In dem Bereich der Kronenprojektionsfläche ist kein Lagern oder Befahren erlaubt nur in äußersten Ausnahmefällen kann hiervon abgesehen werden.

All diese Maßnahmen erfordern eine enge Abstimmung mit den zuständigen Behörden, die vor Beginn der Bauarbeiten alle beteiligten Firmen benannt bekommen müssen. Ebenso ist im Schadensfall das Amt für Technik und Grün der Stadt Herrenberg unverzüglich zu informieren, um Folgeschäden zu vermeiden. Erst die konsequente Umsetzung dieser Schutzmaßnahmen in der Baupraxis gewährleistet, dass Bäume auch nach Abschluss der Arbeiten ihre ökologischen, klimatischen und stadtgestalterischen Funktionen langfristig erfüllen können.

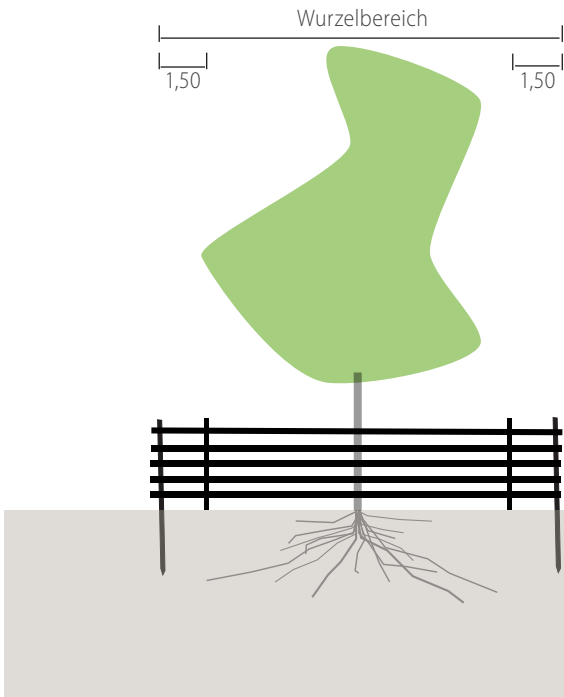


Abb. 16: Schutz durch Baumschutzkäfig oder Zaun

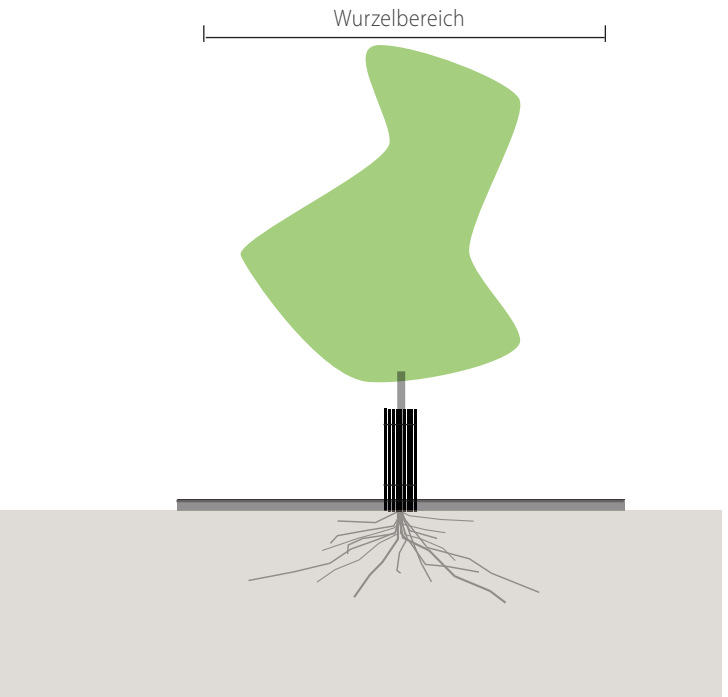


Abb. 17: Wurzelschutz durch Lastenverteilung (in Ausnahmefällen und in Absprache mit dem Amt für Technik und Grün der Stadt Herrneberg)

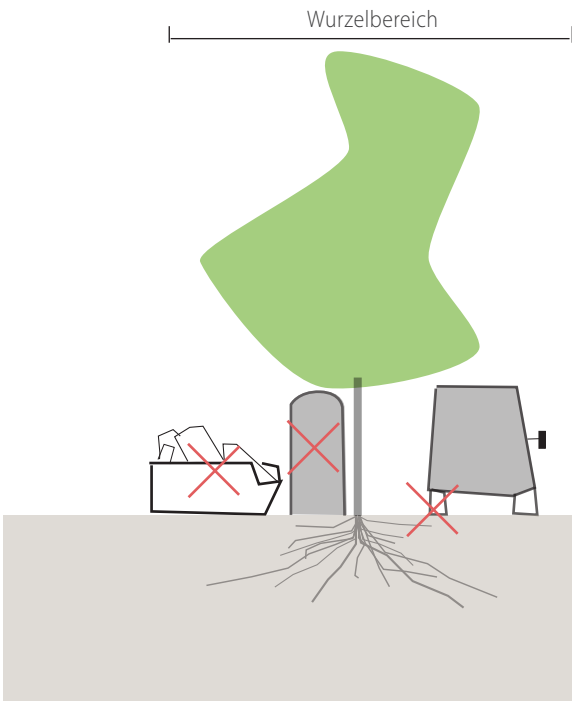


Abb. 18: Der Wurzelbereich darf nicht beschwert und verdichtet werden

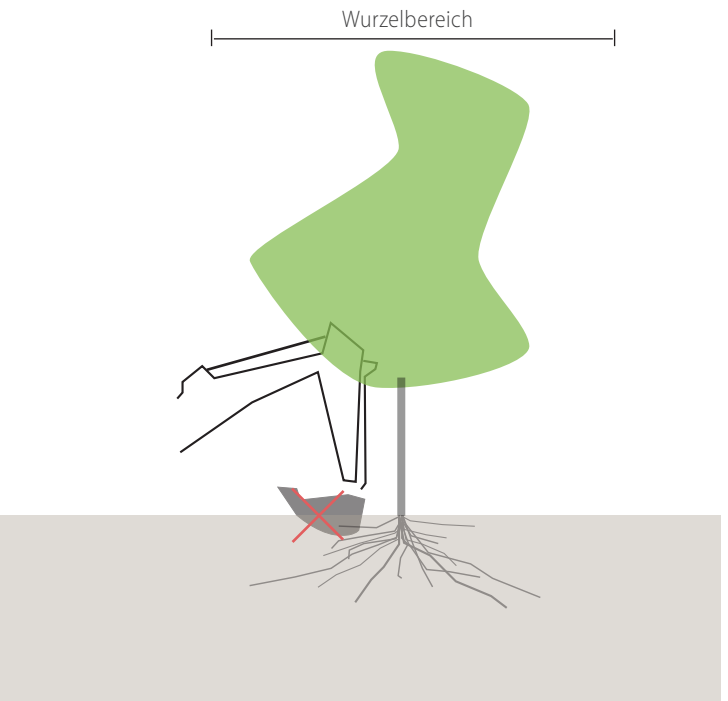


Abb. 19: Im Wurzelbereich ist schonend in Handarbeit oder durch Absaugen zu arbeiten. Mindestabstand zum Wurzelanlauf muss mind. 2,5m betragen

## 5 AUSSTATTUNGSGEGENSTÄNDE

Im Rahmen von Baumsanierungen kommen verschiedene Ausstattungselemente zum Einsatz, die den Erhalt, die Stabilisierung und die langfristige Entwicklung der Bäume unterstützen. Diese Elemente dienen sowohl der mechanischen Sicherung als auch der Verbesserung der Standortbedingungen und sind insbesondere in den ersten Jahren nach Sanierungs- oder Pflanzmaßnahmen entscheidend für den Anwuchserfolg und die Vitalität der Bäume.

### 5.1 Bewässerungshilfen

Vor allem Straßenbäume mit kleinen Baumscheiben, die ihren Wurzeln nur begrenzt Raum bieten, sind in besonderem Maße auf unterstützende Ausstattungselemente angewiesen, um die Versorgung mit Wasser und Nährstoffen sicherzustellen. Hierbei kommen insbesondere Bewässerungseinrichtungen wie Gießränder oder Gießmulden zum Einsatz, die eine gezielte Wasserzufuhr ermöglichen und gleichzeitig den Oberboden vor Austrocknung schützen.

#### QUICK FACTS !

- › *Gießrand: aufgeschütteter Erdwall sammelt Wasser, erhöht Wasserspeicher; geeignet für Jungbäume*
- › *Gießmulde: Bodenvertiefung für gezielte Wasserführung, geringe Abflussverluste; optional mit Mulch gegen Verdunstung*
- › *Gießring: ringförmiges System für gleichmäßige, tiefe Bewässerung, mit geringer Verdunstung und geringem Pflegeaufwand*
- › *Empfehlung: Funke Gießring: langlebig, bis 100 l Fassungsvermögen, einfache Montage, ideal für Anwuchsphase*

#### a Gießrand

Der Gießrand wird durch eine leichte Aufschüttung von Erde rund um den Stammfuß gebildet. Diese Konstruktion schafft ein ringförmiges Becken, das Regen- oder Gießwasser sammelt und dessen langsames Einsickern in den Boden fördert. Durch das zusätzliche Erdvolumen erhöht sich die Wasserspeicherkapazität des Substrats, sodass die Feuchtigkeit über längere Zeit im Wurzelbereich verbleibt. Voraussetzung für eine wirksame Funktion ist ein stabiler Aufbau des Gießrands sowie eine an den Wasserbedarf des Baums angepasste Höhe. Da sehr hohe Gießränder das Risiko von Staunässe und Sauerstoffmangel erhöhen können, eignet sich diese Methode vor allem für Jungbäume, deren Wasserbedarf noch moderat ist.

#### b Gießmulde

Die Gießmulde stellt eine alternative Variante dar: Hierbei wird im Gegensatz zum Gießrand der Boden um den Stammfuß abgetragen, sodass eine flache Vertiefung entsteht. In diese Mulde kann Wasser gezielt eingebracht werden, wo es sich zunächst sammelt und anschließend langsam versickert. Dadurch wird die Wasserzufuhr effizient gesteuert und das Risiko von Abflussverlusten minimiert. Optional kann die Gießmulde mit einer Mulchschicht abgedeckt werden, um die Verdunstung zu reduzieren und den Boden zusätzlich vor Überhitzung und Austrocknung zu schützen.

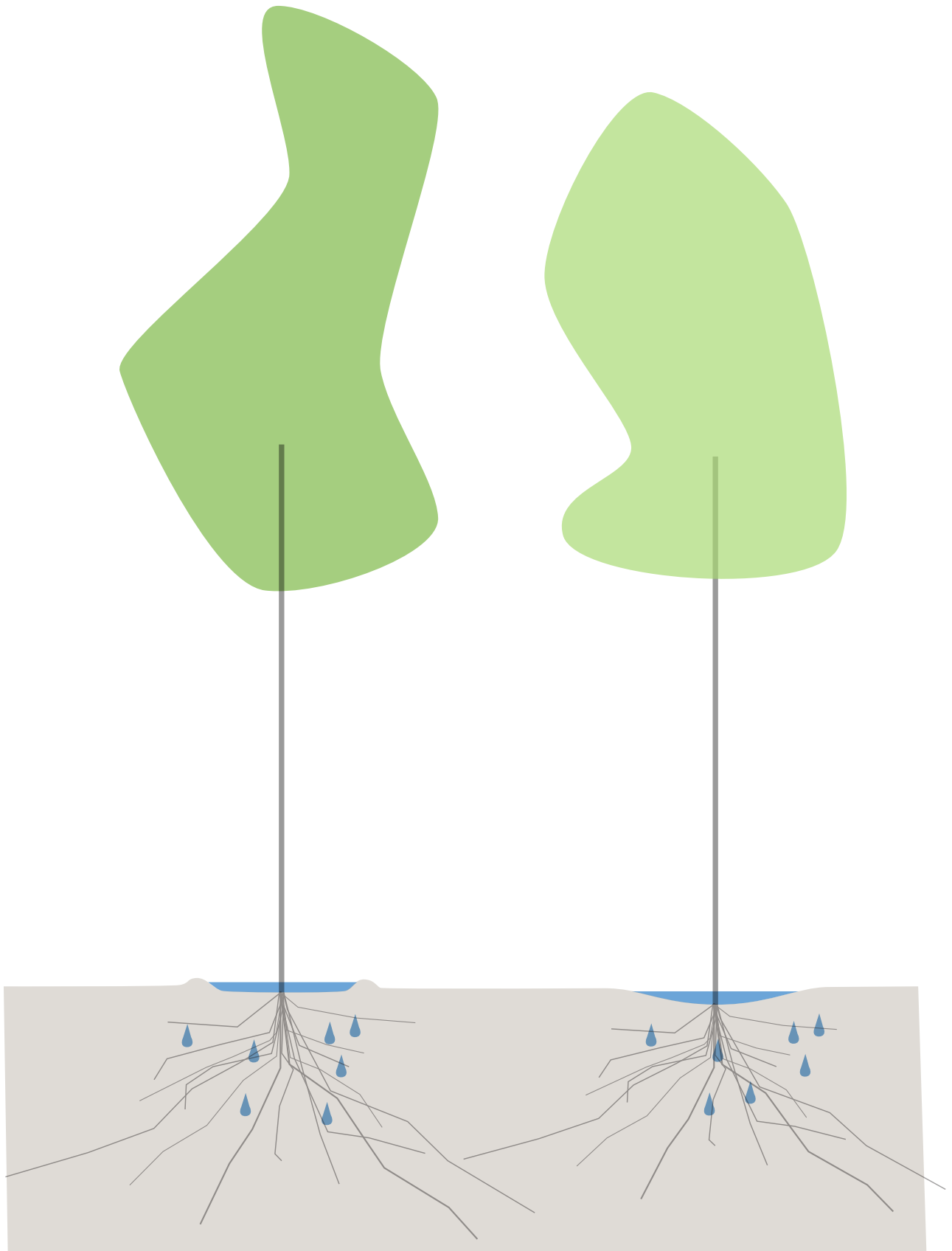


Abb. 20: schematische Darstellung Bewässerungshilfen, links: Gießrand, rechts: Gießmulde

## c Gießring

Gießringe stellen ein bewährtes System zur gezielten und effizienten Bewässerung von Baumpflanzungen dar. Sie werden ringförmig um den Stammfuß platziert und ermöglichen, dass das eingebrachte Wasser gleichmäßig und kontrolliert in den Boden infiltriert. Dadurch gelangt die Feuchtigkeit direkt in den Wurzelbereich, anstatt ungenutzt oberflächlich abzufließen.

Das Prinzip der Gießringe unterstützt insbesondere die Tiefenbewässerung: Das Wasser sickert über mehrere Stunden hinweg in tiefere Bodenschichten und fördert so die Entwicklung eines stabilen, tiefreichenden Wurzelsystems. Dies führt langfristig zu einer besseren Trockenheitsresistenz und einer höheren Vitalität der Bäume. Gleichzeitig wird durch die gezielte Wasserabgabe die Verdunstung an der Oberfläche minimiert, wodurch der Gesamtwasserverbrauch deutlich sinkt.

Neben der effizienten Wassernutzung bieten Gießringe auch praktische Vorteile im Betrieb: Nach dem Befüllen arbeiten sie selbstständig, wodurch der Pflegeaufwand reduziert wird. Zudem schützen sie den Stammfuß vor mechanischen Beschädigungen, etwa durch Mäharbeiten. Besonders in der Anwuchsphase frisch gepflanzter Bäume tragen sie maßgeblich zu einem erfolgreichen Anwachsen bei.

(vgl. A. Schneidewind 2020)

Ein praxiserprobtes Modell ist der Funke Gießring, der speziell für die Bewässerung von Baumpflanzungen entwickelt wurde. Er ersetzt herkömmliche Gießränder oder Gießmulden, wie sie in den Empfehlungen für Baumpflanzungen – Teil 2 (FLL, 2. Ausgabe 2010) beschrieben sind, und sorgt in der Anwuchsphase für eine zuverlässige Wasserversorgung des Wurzelballens.

Der Funke Gießring besteht aus schlagzähem, wetterfestem Kunststoff und ist so konstruiert, dass eingeleitetes Wasser gezielt in den Wurzelraum geleitet wird, ohne seitlich abzufließen. Dadurch wird eine optimale Verfügbarkeit des Gießwassers gewährleistet. Gleichzeitig bietet der Ring einen mechanischen Schutz vor Mäh-schäden am Stammfuß.

Die gewellte Unterkante erleichtert das Einbringen in die Pflanzgrube, während eine EPDM-Gummidichtung an der Nahtstelle für eine dichte Verbindung sorgt. Das Modell ist in der Nennweite DN 800 erhältlich und verfügt über einen integrierten Gießmengenanzeiger, der eine Füllmenge von bis zu 100 Litern ermöglicht. Der Zusammenbau erfolgt unkompliziert durch Aufsetzen, Ausrichten und Fixieren mit Zentrierstiften.

Durch diese Eigenschaften stellt der Funke Gießring eine langlebige, praxisgerechte und ökonomische Lösung für die Bewässerung junger Bäume dar – insbesondere während der empfindlichen Anwuchsphase.

### PRODUKTBEISPIELE

- › Funke: [https://www.funkegruppe.de/fileadmin/pdf/Prospekte\\_DE/Baumversorgung-Prospekt.pdf](https://www.funkegruppe.de/fileadmin/pdf/Prospekte_DE/Baumversorgung-Prospekt.pdf)
- › Meyer: <https://www.meyer-shop.com/bewaesserung/baumbewaesserung/baumbewasserung-mit-giessrand>
- › GEFA Fabritz: <https://www.gefafabritz.de/gefa-giessrand.html>

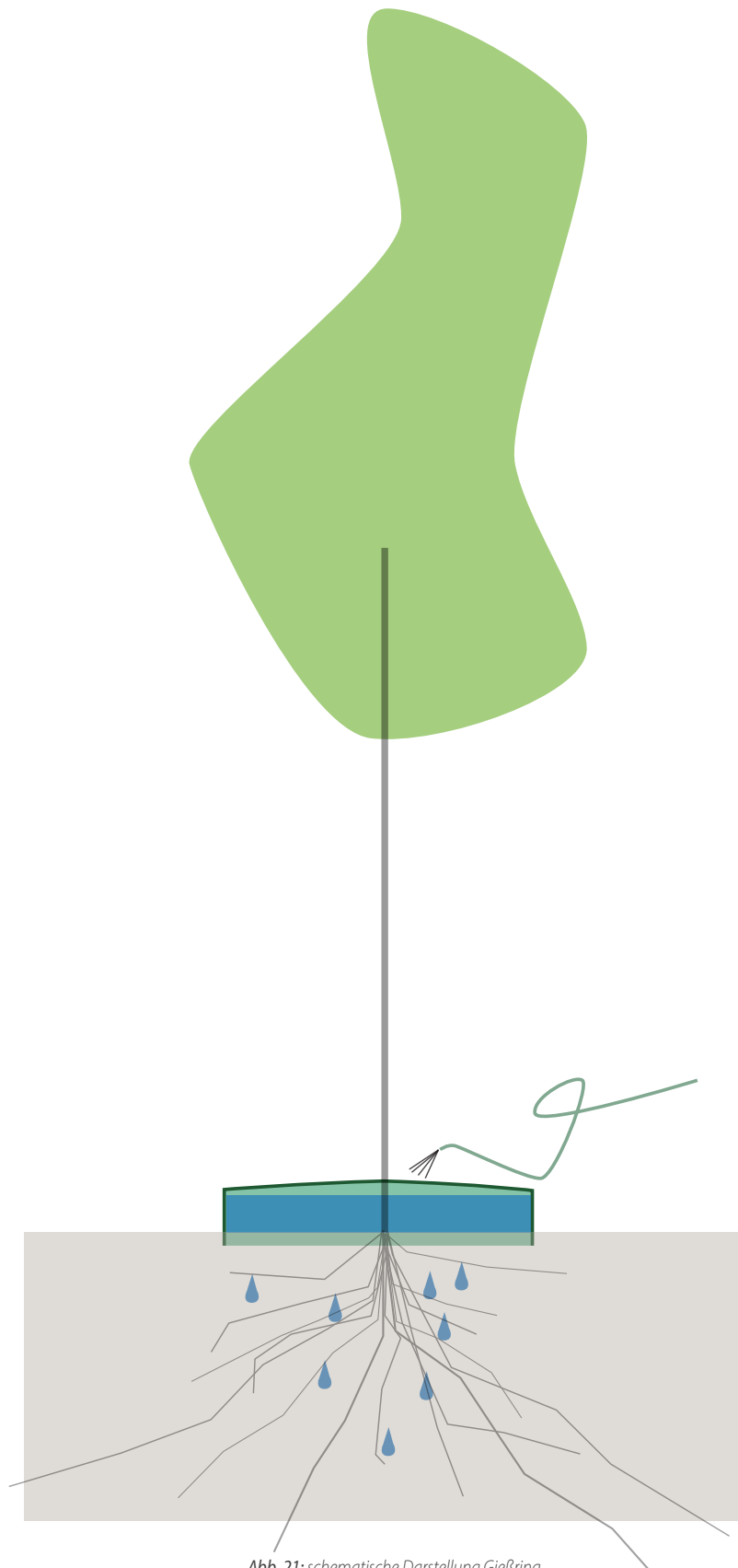


Abb. 21: schematische Darstellung Gießring

## 5.2 Anfahrschutz

### QUICK FACTS

- › Schutz von Bäumen vor mechanischen Schäden durch Fahrzeuge, Fahrräder und Fußgänger
- › Zum Erhalt der Rinde, dadurch Schutz vor Krankheiten, Vitalitätsverlust und Schädlingsbefall
- › hohe Varianz: offene Systeme pflegefreundlich, geschlossene bieten höheren Schutz
- › Empfehlung: hoher Kantenstein kann zugleich Regenwasser lenken und als einfacher Anfahrschutz wirken

Ein Anfahrschutz für Bäume – häufig auch als Baumschutzbügel oder -gitter bezeichnet – dient in erster Linie dazu, Bäume vor mechanischen Beschädigungen durch Fahrzeuge, Fahrräder oder unachtsame Fußgänger zu bewahren. Diese Schutzvorrichtungen tragen wesentlich dazu bei, die Vitalität, das ungestörte Wachstum und die Langlebigkeit von Stadtbäumen zu sichern und leisten damit sowohl ökologisch als auch städtebaulich einen wichtigen Beitrag.

Zu den zentralen Vorteilen des Anfahrschutzes gehört der wirksame Schutz vor physischen Schäden. Insbesondere in verkehrsreichen Bereichen verhindert er, dass Baumstämme durch Anstoßen oder Anfahren verletzt werden. Auf diese Weise bleibt die Rinde als schützende Schicht intakt, wodurch Infektionen, Schädlingsbefall oder langfristige Vitalitätsverluste vermieden werden. Gleichzeitig erleichtert der Anfahrschutz die Pflegearbeiten: Da die Baumscheibe zuverlässig abgegrenzt ist, können Mäher und Freischneider gefahrlos eingesetzt werden, ohne dass Wurzeln oder Stammbereiche beschädigt werden. Darüber hinaus existiert eine große Bandbreite an Konstruktionsformen – von einfachen Metallbügeln über dekorative Schmiedeeisenvarianten bis hin zu robusten Vollgitterelementen.

Jede Bauart weist spezifische Vor- und Nachteile auf: Während offene Bügelkonstruktionen eine gute Zugänglichkeit für Pflegearbeiten ermöglichen, bieten geschlossene Gitter einen umfassenderen Schutz, können jedoch die Belüftung des Bodens oder die optische Wirkung stärker beeinflussen. Somit erlaubt die Vielfalt der Systeme eine Anpassung an die jeweiligen Standortbedingungen, gestalterischen Ansprüche und finanziellen Möglichkeiten.

Ergänzend kann auch ein hoher, auf Lücke gesetzter Kantenstein, der ursprünglich zur gezielten Einleitung von Regenwasser in die Baumscheibe vorgesehen ist, eine doppelte Funktion übernehmen: Er kann zugleich als einfacher, aber wirksamer Anfahrschutz dienen. Diese Lösung vereint technische und ökologische Anforderungen, indem sie sowohl die Wasserzufuhr verbessert als auch den Baumstamm vor Beschädigungen schützt

### PRODUKTBEISPIELE

- › Hydrotec: <https://www.hydrotec.com/de/produkte-baumschutz#/?Produktgruppe=Baumschutzgitter>
- › Ziegler-Metall: <https://www.ziegler-metall.de/baumschutzbuegel>
- › Bohmeyer & Schuster: <https://www.schilder-versand.com/baumschutzbuegel>

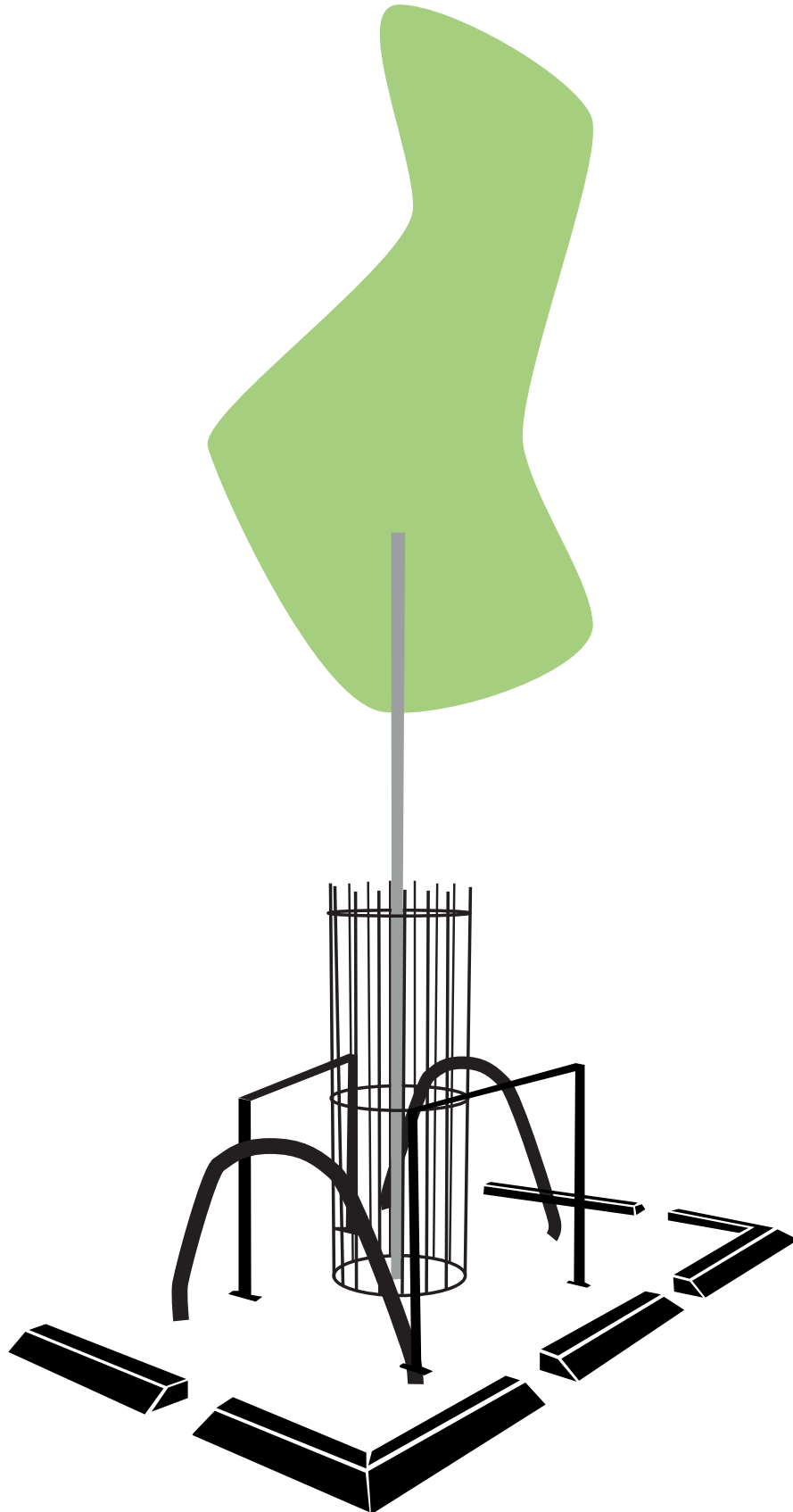


Abb. 22: schematische Darstellung Anfahrtschutz

### 5.3 Anbindung, Befestigung / Verankerung

#### QUICK FACTS

- › Zur Stabilisierung frisch gepflanzter Bäume zur ungestörten Wurzelbildung
- › Methoden:
  - ›› Senkrechter Pfahl: für junge Hochstämme mit kleinem Ballen
  - ›› Dreibock: für größere Bäume, besonders standfest
  - ›› Schräger Pfahl: für Heister, Nadelgehölze, mehrtriebige Sträucher

Frisch gepflanzte Bäume benötigen in den ersten Jahren nach der Pflanzung eine stabile Stütze, um sich sicher im Boden zu verankern. Die Kronen wirken bei Wind wie ein Hebel auf den noch lockeren Wurzelballen. Da junge Gehölze nur mit ihrem Eigengewicht und der aufgefüllten Erde Halt finden, entsteht im Untergrund ständig Bewegung. Dadurch reißen neu gebildete Feinwurzeln leicht wieder ab, was eine unzureichende Wasser- und Nährstoffversorgung zur Folge hat. Eine fachgerechte Verankerung mit stabilen Baumpfählen sorgt dafür, dass der Baum ruhig einwurzeln kann und sich optimal entwickelt.

Die Stützpfähle sollten den Baum mindestens zwei, besser drei Jahre stabil halten, bis er mit seinen Wurzeln sicher im Boden verankert ist. Dafür werden im Handel meist kesseldruckimprägnierte Holzpfähle angeboten, da sie besonders langlebig sind. Wichtig ist, die richtige Länge zu wählen: Der Pfahl darf nicht zu hoch sein, sonst könnten Äste beschädigt werden und der Baum hätte keine Möglichkeit, sich leicht im Wind zu bewegen – was aber wichtig ist, damit sich ein kräftiges Wurzelnetz entwickelt. Ist der Pfahl dagegen zu kurz, bietet er nicht genug Halt, und es besteht die Gefahr, dass der Baum bei Sturm bricht.

Je nach Größe und Wuchsform des Baumes gibt es verschiedene Methoden der Anbindung:

#### Methode 1 - Senkrechter Pfahl

Diese Variante eignet sich für junge Hochstämme mit kleinem Wurzelballen. Der Pfahl wird dicht neben dem Stamm – idealerweise auf der Westseite – eingeschlagen, bevor der Baum gesetzt wird und anschließend unterhalb der Krone befestigt.

#### Methode 2 - Dreibock

Bei größeren Bäumen mit breitem Ballen reicht ein einzelner Pfahl oft nicht aus. Hier kommen drei Pfähle zum Einsatz, die im Dreiecksverband um den Stamm gesetzt und mit Halbrundhölzern verbunden werden. Der Baum wird anschließend an den Halbrundhölzern Pfahl fixiert. Diese Methode bietet besonders stabilen Halt.

#### Methode 3 - Schräger Pfahl

Diese Variante wird genutzt, wenn die Krone schon dicht über dem Boden ansetzt, etwa bei Heistern, Nadelgehölzen oder mehrtriebigen Sträuchern. Der Pfahl wird in einem Winkel von etwa 45 Grad zum Boden in Hauptwindrichtung eingeschlagen und seitlich vor dem Stamm positioniert. Nach dem Ausrichten des Baumes wird er ebenfalls festgebunden.

Mit der richtigen Wahl und fachgerechten Anwendung von Stützpfählen wird gewährleistet, dass Jungbäume ungestört anwachsen können. So werden die Voraussetzungen für ein gesundes, stabiles Wachstum geschaffen – und die Gehölze sind auch bei Sturm und Wind bestens geschützt.

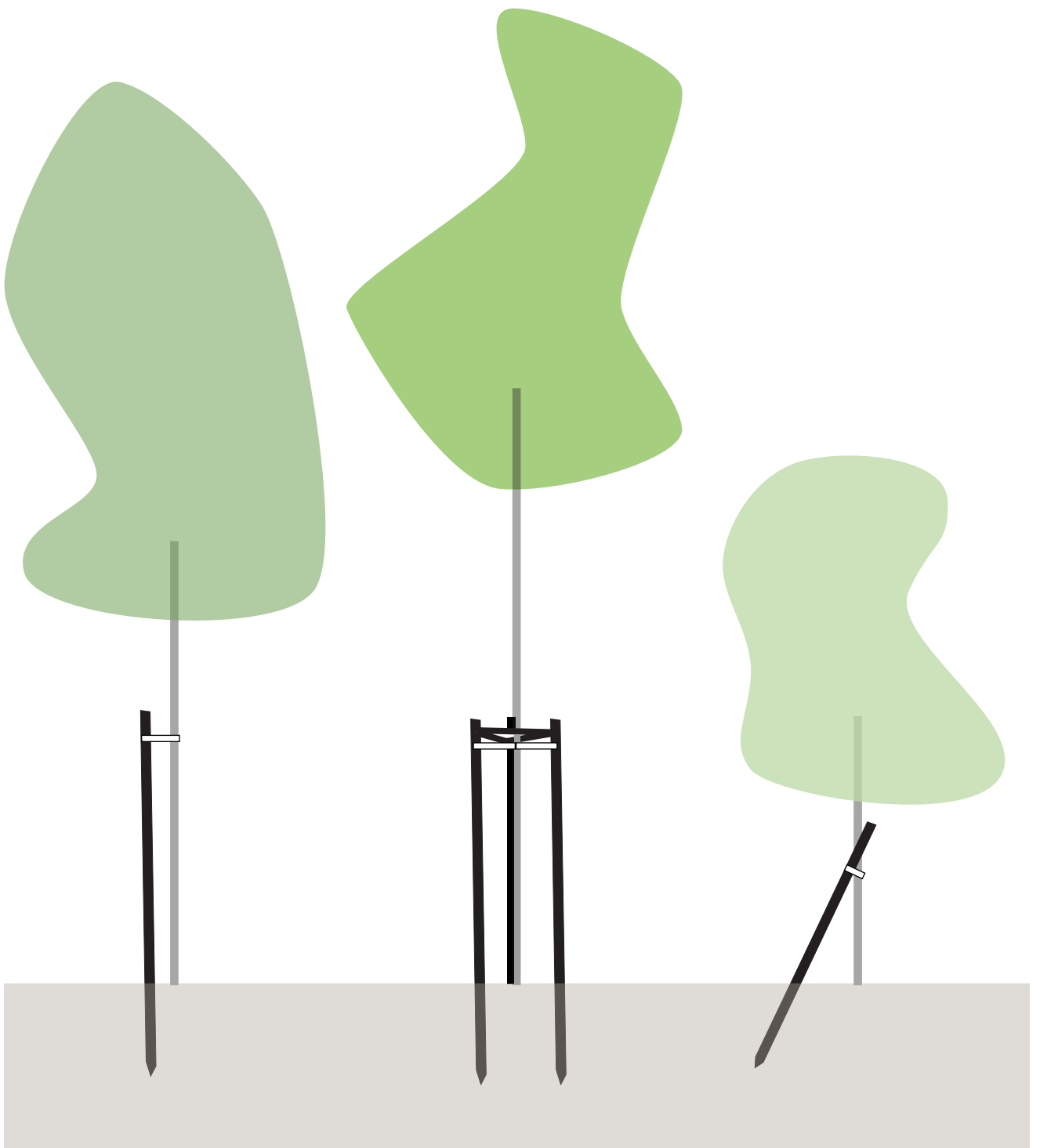


Abb. 23: schematische Darstellung Baumverankerung, links: senkrechter Pfahl, mitte: Dreibock, rechts: schräger Pfahl

## 5.4 Stammschutz

### QUICK FACTS

- › Schutz junger Bäume vor mechanischen Schäden, Klimaextremen und Tierverschädigung
- › Fördert Anwuchs, Vitalität und Langlebigkeit; vermeidet Folgekosten
- › Arten:
  - » Stammschutzfarbe: reflektiert Sonne, verhindert Frost- und Sonnenrisse
  - » Kokosstoff: atmungsaktiv, elastisch, schützt vor Verbiss und Klimaeinflüssen
  - » Bambus-/Schilfmatten: isolierend, Schutz vor Hitze, Frost, Salz und mechanischen Schäden, ökologisch

Junge Bäume im urbanen Umfeld sind zahlreichen Belastungen ausgesetzt. Mechanische Schäden durch Baumaschinen, Rasenmäher oder unachtsame Passanten, Tierverschädigung durch Rehe, Kaninchen oder Nagetiere, starke Sonneneinstrahlung sowie Frostschäden gehören zu den häufigsten Gefahren. Ohne Schutz können diese Einflüsse die Rinde verletzen, das Wachstum hemmen oder im schlimmsten Fall das Absterben des Baumes zur Folge haben. Ein wirksamer Stammschutz trägt daher entscheidend zum erfolgreichen Anwachsen, zur Vitalität und zur Langlebigkeit von Stadtbäumen bei. Gleichzeitig verhindert er hohe Folgekosten durch Ersatzpflanzungen oder Schadensregulierungen.

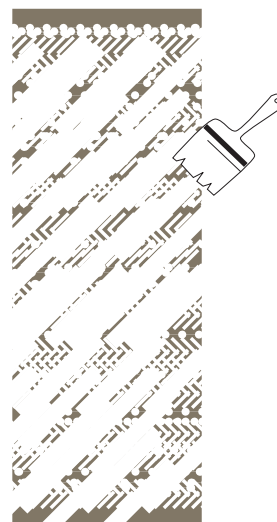
Der wichtigste Nutzen von Stammschutzmaßnahmen liegt im Schutz des Baumstamms vor klimatischen Einflüssen, insbesondere vor starker Sonneneinstrahlung und Frost. Junge Bäume mit dünner Rinde sind besonders gefährdet: Intensive Sonneneinstrahlung kann die Rinde übermäßig aufheizen und zu Spannungsrissen oder Sonnenbrand führen, was die Schutzfunktion der Rinde erheblich schwächt. Ebenso problematisch sind starke Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht in den Wintermonaten. Sie verursachen Frostrisse, die tiefe Verletzungen im Stamm hinterlassen und Krankheitserregern den Eintritt erleichtern. Ein geeigneter Stammschutz reguliert diese Einwirkungen, reduziert extreme Temperaturunterschiede und bewahrt so die Rinde vor dauerhaften Schäden.

Neben diesen klimatischen Belastungen tragen Stammschutzmaßnahmen auch dazu bei, den Baum vor mechanischen Beschädigungen durch Pflegegeräte wie Rasenmäher oder Freischneider zu bewahren. In städtischen Lagen, in denen Tierverschädigung nur eine untergeordnete Rolle spielt, bietet der Stammschutz zudem dennoch einen zusätzlichen Schutz vor Wildtieren, die die Rinde anfressen könnten. Insgesamt verbessern Stammschutzmaßnahmen damit deutlich die Überlebenschancen und das gesunde Wachstum junger Bäume.

Zu den bewährtesten Arten für Stammschutz gehört die Stammschutzfarbe:

### Stammschutzfarbe

Ein Anstrich mit spezieller weißer Stammschutzfarbe ist vor allem bei jungen Bäumen mit dünner Rinde üblich. Die Farbe reflektiert Sonnenlicht und verhindert, dass sich der Stamm im Winter stark aufheizt und nachts wieder rapide abkühlt. So werden gefährliche Spannungsrisse (Frostrisse) vermieden. Auch im Sommer schützt die Farbe vor Sonnenbrand und übermäßiger Erwärmung. Zudem kann der Anstrich einen zu frühen Austrieb im Frühjahr verzögern und die Ansiedlung von Moosen und Flechten reduzieren.



## 6 STRASSENBAUMLISTEN

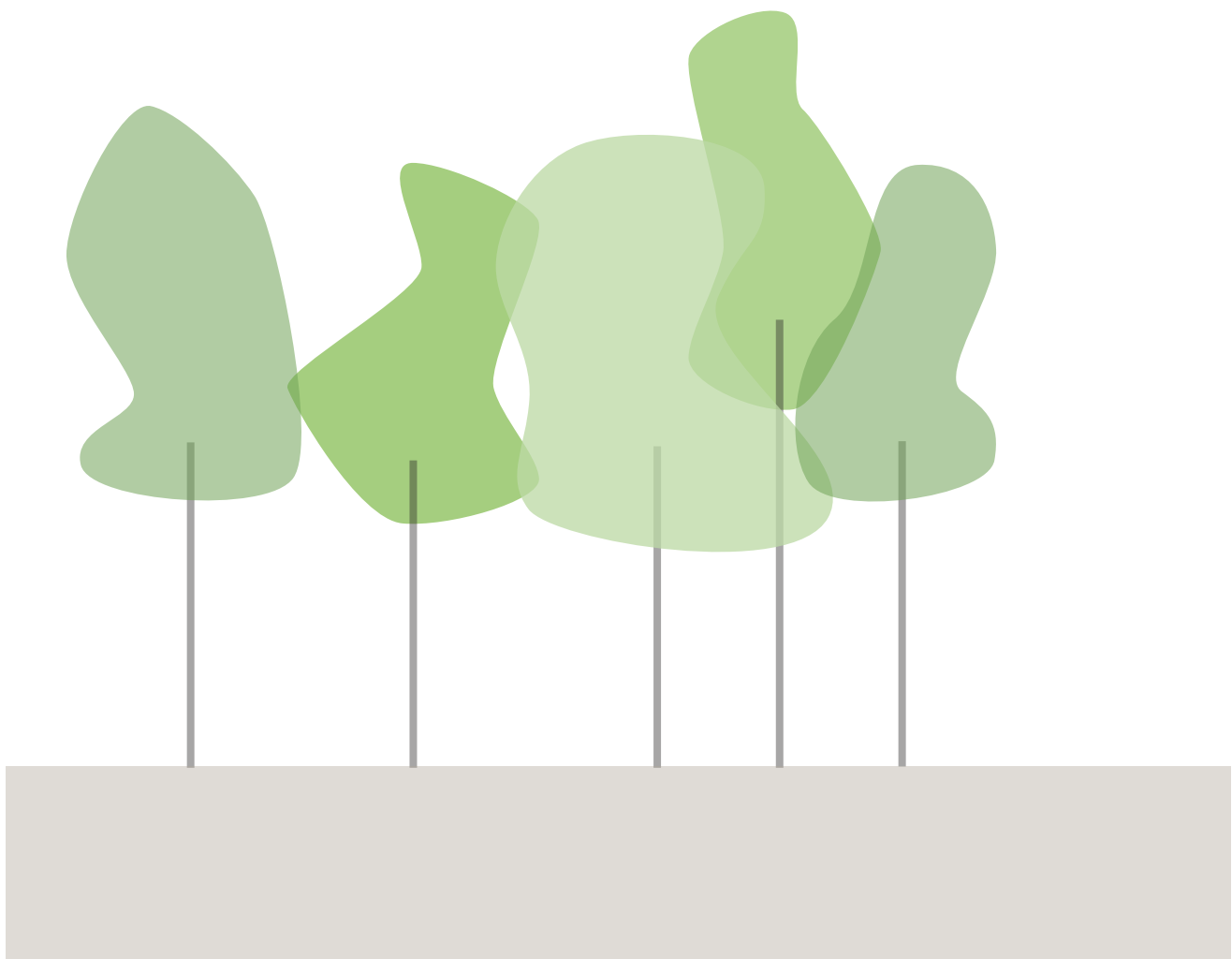
Es gibt verschiedene Anbieter, die fundierte Listen geeigneter Straßenbäume zusammengestellt haben. Die wohl bekannteste ist die GALK-Straßenbaumliste, die aktuell rund 178 Baumarten und -sorten umfasst. Die Bäume werden in drei Kategorien eingeteilt: „gut geeignet“, „geeignet mit Einschränkung“ und „nicht geeignet“. Bei der Bewertung werden unter anderem Kronenform, Wurzelentwicklung, Pflegeaufwand sowie die Anpassungsfähigkeit an urbane Bedingungen berücksichtigt. Die GALK-Liste ist als interaktive Online-Datenbank verfügbar und bietet detaillierte Steckbriefe, Fotos und Filterfunktionen, mit denen Baumarten gezielt nach Kriterien wie Wuchshöhe, Bodenansprüchen oder Klimafestigkeit ausgewählt werden können. Sie wird regelmäßig aktualisiert und bezieht aktuelle Forschungs-

ergebnisse sowie die Ergebnisse der Straßenbaumtests 1 und 2 mit ein.

Darüber hinaus können auch kommunale Straßenbaumlisten, wie etwa die Stadtbaumliste der Stadt Offenburg von Interesse sein. Diese sind häufig kompakter und übersichtlicher gestaltet und enthalten oft präzisere Angaben zu lokalen Bodenverhältnissen und klimatischen Bedingungen, in Baden-Württemberg.

### WICHTIGE QUELLEN

- > GALK Straßenbaumliste: <https://strassenbaumliste.galk.de/>
- > empfohlene Gehölzliste der Stadt Offenburg: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.offenburg.de/media/download/variant/76139/gehoezliste-zur-bauleitplanung-stand-10-2021.pdf&ved=2ahUKewiYjq61hrOQAxWxRPEdHvrtFE4QFnoECCQQAQ&usg=AOvVaw0mqpaZKxcHbF1VXHvhiUkk>



## 7 BEISPIELE FÜR DIE PRAXIS

Im folgenden Kapitel werden Vorschläge und Gestaltungsansätze für konkrete Standorte in Herrenberg dargestellt und herausgearbeitet.

### 7.1 Detailansichten Bauweise 1

Folgende Detailpläne zeigen den Neubau einer Baumscheibe der Bauweise 1 für Herrenberg, die in vielen Situationen zum Einsatz kommen kann. Sie umfasst ein Gesamtvolumen von 30m<sup>3</sup>.

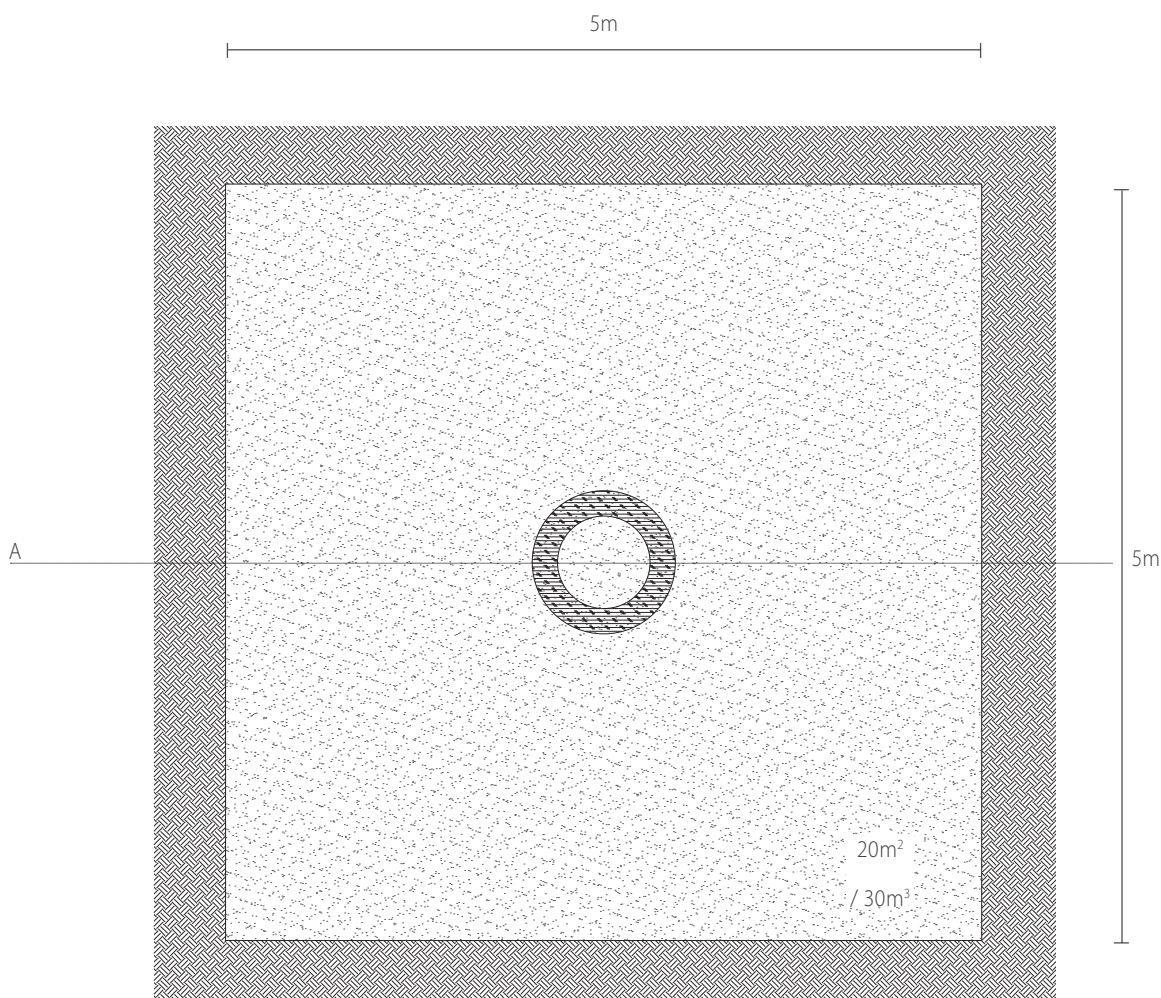


Abb. 24: Detailansicht Bauweise 1: Draufsicht

SCHNITT A

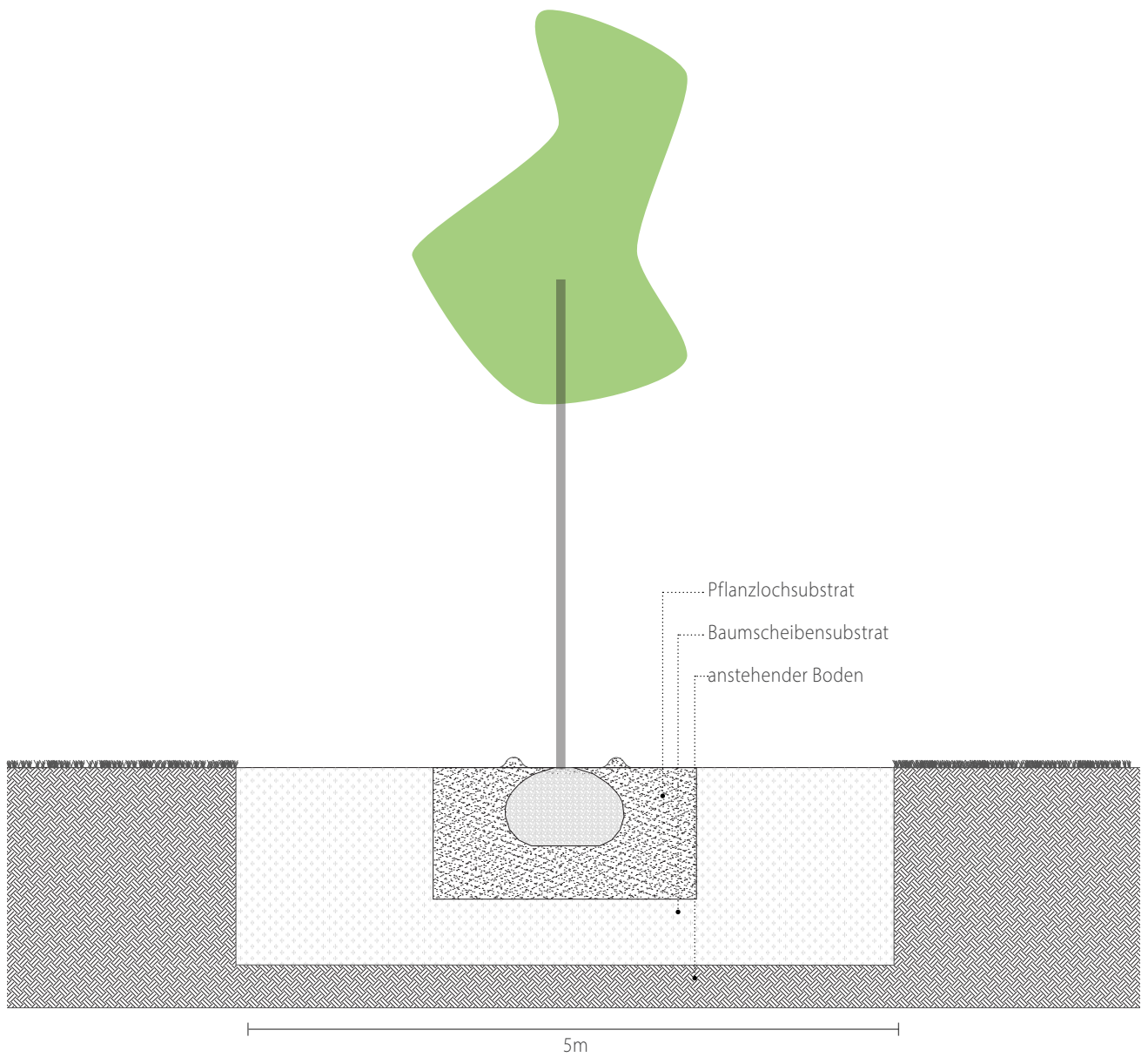


Abb. 25: Detailsicht Bauweise 1: Schnittansicht

## 7.2 Detailansichten Bauweise 2

Folgende Detailpläne zeigen den Neubau einer Baumscheibe der Bauweise 2 für Herrenberg, die in vielen Situationen zum Einsatz kommen kann. Sie umfasst ein Gesamtvolumen von 30m<sup>3</sup>. Beispielhaft für die überbaute Bauweise sind hier Rasenliner als Stellfläche für PKWs eingebaut, einen gepflasterten Geh-, oder Radweg sowie eine angrenzende asphaltierte Straße.

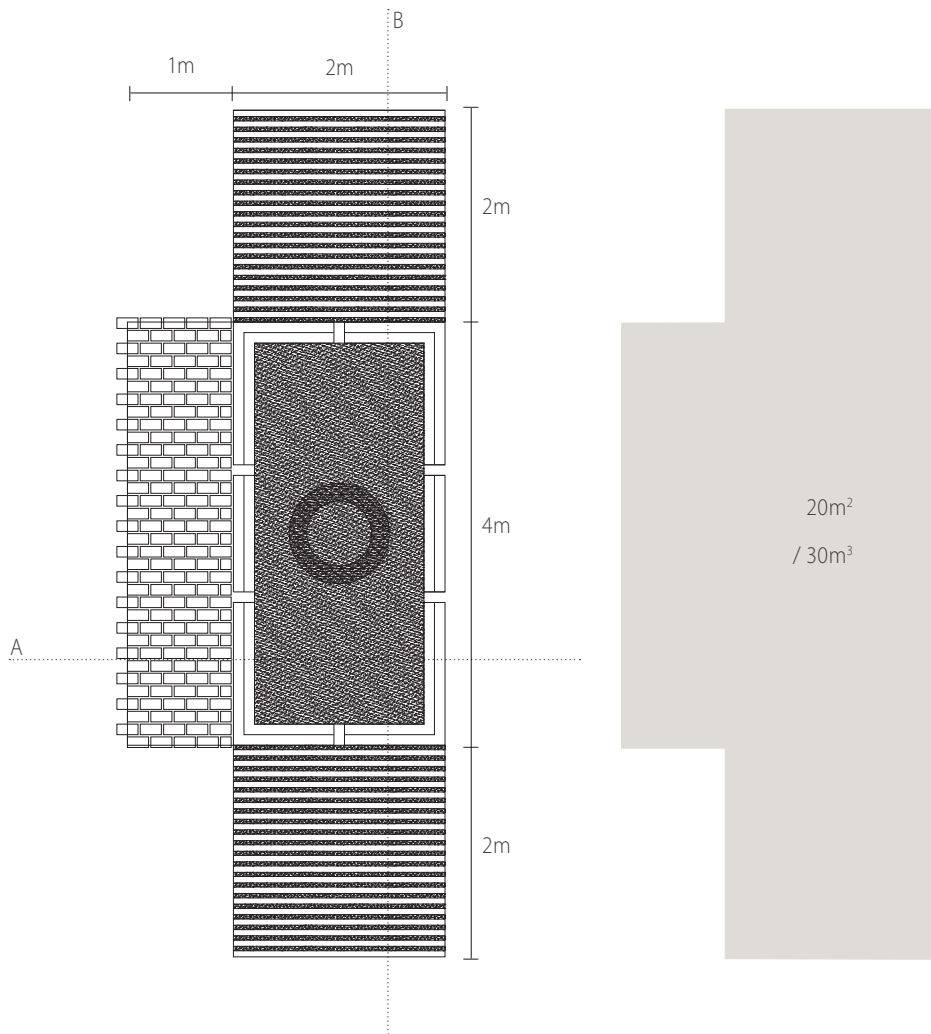


Abb. 26: Detailansicht Bauweise 2: Draufsicht

SCHNITT A

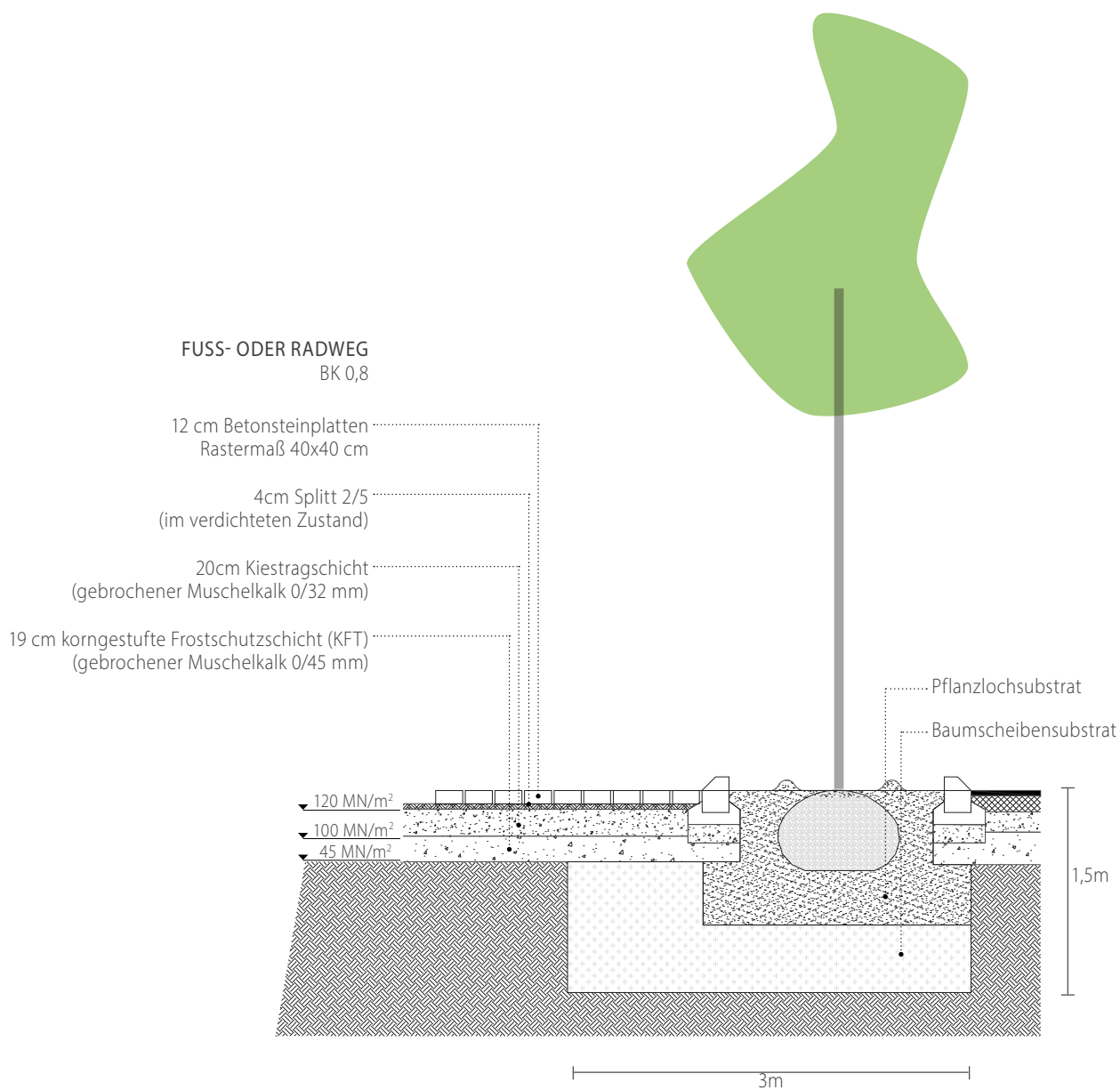


Abb. 27: Detailsicht Bauweise 2: Schnittansicht A

SCHNITT B

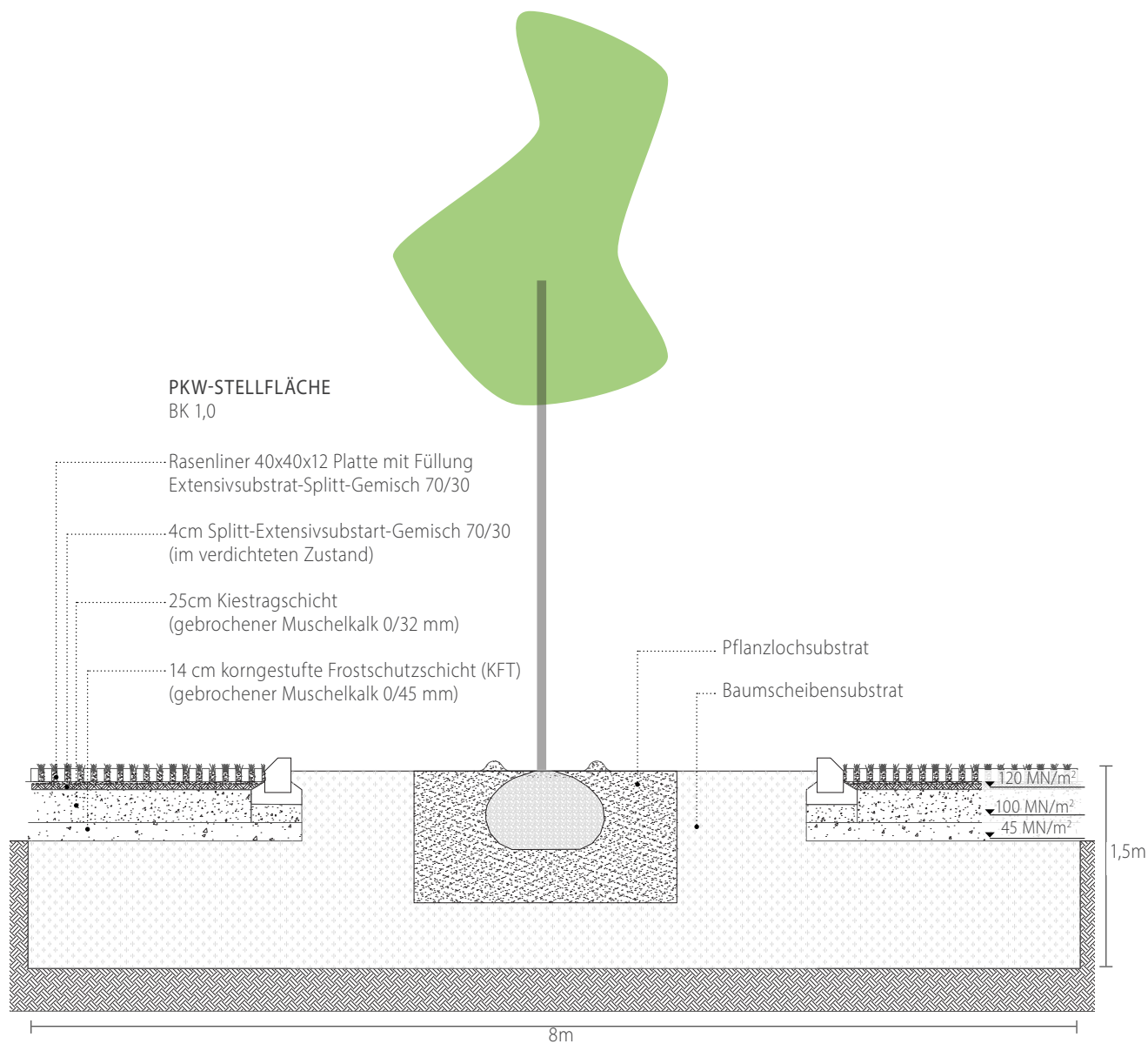


Abb. 28: Detailsicht Bauweise 2: Schnittansicht B