

Mehr Raum für Regenwasser und Baumwurzeln im Straßenraum – Das Boden-Rohr-System zur Anpassung von Städten an den Klimawandel

Henrike Walther¹, Christoph Bennerscheidt², Markus Quirnbach¹,
Dirk Jan Boudeling³ und Markus Streckenbach⁴

¹ Hochschule Ruhr-West, Mülheim an der Ruhr, Deutschland

² Fachgemeinschaft Guss-Rohrsysteme e. V., Herten, Deutschland

³ Rockwool Rainwater Systems, JH Roermond, Niederlande

⁴ Sachverständigenbüro für urbane Vegetation, Bochum, Deutschland

Kurzfassung:

Das vom BMBF geförderte und von den Industriepartnern EADIPS®/FGR® e. V. und ROCKWOOL Rainwater Systems unterstützte Forschungsprojekt BoRSiS befasst sich in mehrfacher Hinsicht mit Anpassungsstrategien an den Klimawandel. Das Boden-Rohr-System bietet ausreichend Speicherplatz für Niederschlagswasser bei (Stark-)Regen, es erweitert die Bauweise den Wurzelraum der Stadtbäume und es macht ihnen das gespeicherte Regenwasser zeitversetzt zugänglich. Die Nutzung des ansonsten ungenutzten Raumes im Leitungsgaben von Abwasserleitungen (duktile Guss-Rohrsysteme) bietet dabei die Chancen zur Ausbildung eines erweiterten Wurzelraums (>> 36 m³) und die Schaffung eines ähnlich großen Speichers für das Niederschlagswasser. Dies gilt sowohl für Bäume im Bestand als auch für Neupflanzungen und bietet Chancen für vitale Bäume in Zeiten des Klimawandels. Der zur Bewässerung oberhalb des Wurzelraums angeordnete Niederschlagswasserspeicher sichert zudem auch während längerer Trockenperioden die Wasserversorgung.

Key-Words: Klimaangepasste Stadtentwässerung, Schwammstadt, Stadtbäume, Wurzelraum, Leitungsgaben, Boden-Rohr-System

1 Der begrenzte Raum für Schwammstadt-Maßnahmen

Die innerstädtische Umsetzung des Schwammstadt-Prinzips stellt einen Paradigmenwechsel im Umgang mit Wasser, insbesondere dem Niederschlagswasser in der Stadt dar, und ist eng verknüpft mit einer Verbesserung von urbanen Ökosystemen. Anstatt Niederschlagswasser rasch abzuleiten, sollen Schwammstädte dieses Wasser lokal zurückhalten, versickern oder verdunsten, der Wiedernutzung zuführen oder gedrosselt und gereinigt ableiten. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht sind Schwammstädte eng

mit einem veränderten Wassermanagement verbunden. Aus baumfachlicher Sicht ist die Umsetzung des Schwammstadt-Prinzips mit einer maßgeblichen Verbesserung der Wachstumsbedingungen, insbesondere von Stadtbäumen verbunden. In beiden Fällen spielt ein Faktor eine wesentliche Rolle bei der Lösungsfindung: die in innerstädtischen Bereichen begrenzt zur Verfügung stehenden Räume. Die Schaffung von mehr Raum für Regenwasser und mehr Raum für die Wurzeln von Stadtbäumen stellen Städte und Gemeinden daher vor große Herausforderungen.

Im Rahmen der hier dargestellten Ergebnisse des F+E-Projekts „Boden-Rohr-System als innovatives Element der klimaangepassten Stadtentwässerung“ [1] haben Forschende der Hochschule Ruhr-West in Mülheim an der Ruhr und der Hochschule Bochum, zusammen mit zwei Industriepartnern das Boden-Rohr-System modular entwickelt, um den Forderungen nach mehr Raum für Regenwasser und Baumwurzeln auch in beengten und stark unterirdisch genutzten Straßenräumen gerecht zu werden.

Drei wesentliche Regelwerke in Deutschland (siehe auch Abbildung 1), die sich mit der Aufteilung des Straßenraums sowie mit dem Nebeneinander von Bäumen und unterirdischer Infrastruktur auseinandersetzen, sind:

- DIN 1998 [2] – Unterbringung von Leitungen und Anlagen in öffentlichen Verkehrsflächen – Richtlinie für die Planung
- DWA-M 162 [3] – Baumstandorte, Kanäle und Leitungen
- FLL-Empfehlungen für Baumpflanzungen, Teil 2 [4]: Standortvorbereitungen für Neupflanzungen; Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate

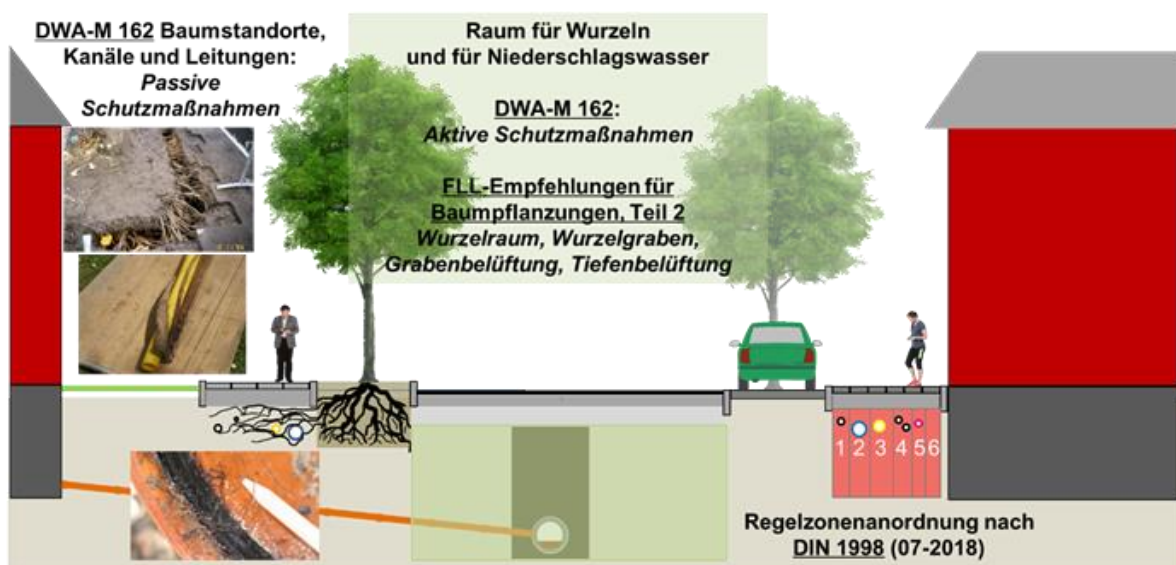


Abbildung 1: Innerstädtischer Straßenraum: Regelwerke und Beispiele von Interaktionen zwischen unterirdischer Infrastruktur und Baumwurzeln, inkl. Zoneneinteilung nach DIN 1998 [2] für den Gehwegsbereich:
1 – SI-Zone (Signalanlagen)

- 2 – W-Zone (Wasser)
- 3 – G-Zone (Gas)
- 4 – E-Zone (Elektrizität)
- 5 – TK-Zone (Telekommunikation)
- 6 – LF-Zone (Leitungsfreie Zone).

Die in Abbildung 1 dargestellten Regelzonen nach DIN 1998 für den Gehwegsbereich veranschaulichen deutlich den dort beengten zur Verfügung stehenden Raum. Schwammstadt-Maßnahmen in der Nähe dieser Zonen, die im Sinne von DWA-M 162 [3] als aktive Schutzmaßnahmen angesehen werden, erfordern dann verstärkte passive Schutzmaßnahmen nach DWA-M 162 [3].

Aktive Schutzmaßnahmen nach DWA-M 162 [3] sind solche, die im unmittelbaren Bereich des Baums bzw. der Pflanzgrube stattfinden. Ein Beispiel für eine aktive Schutzmaßnahme ist die Anlage von Wurzelgräben.

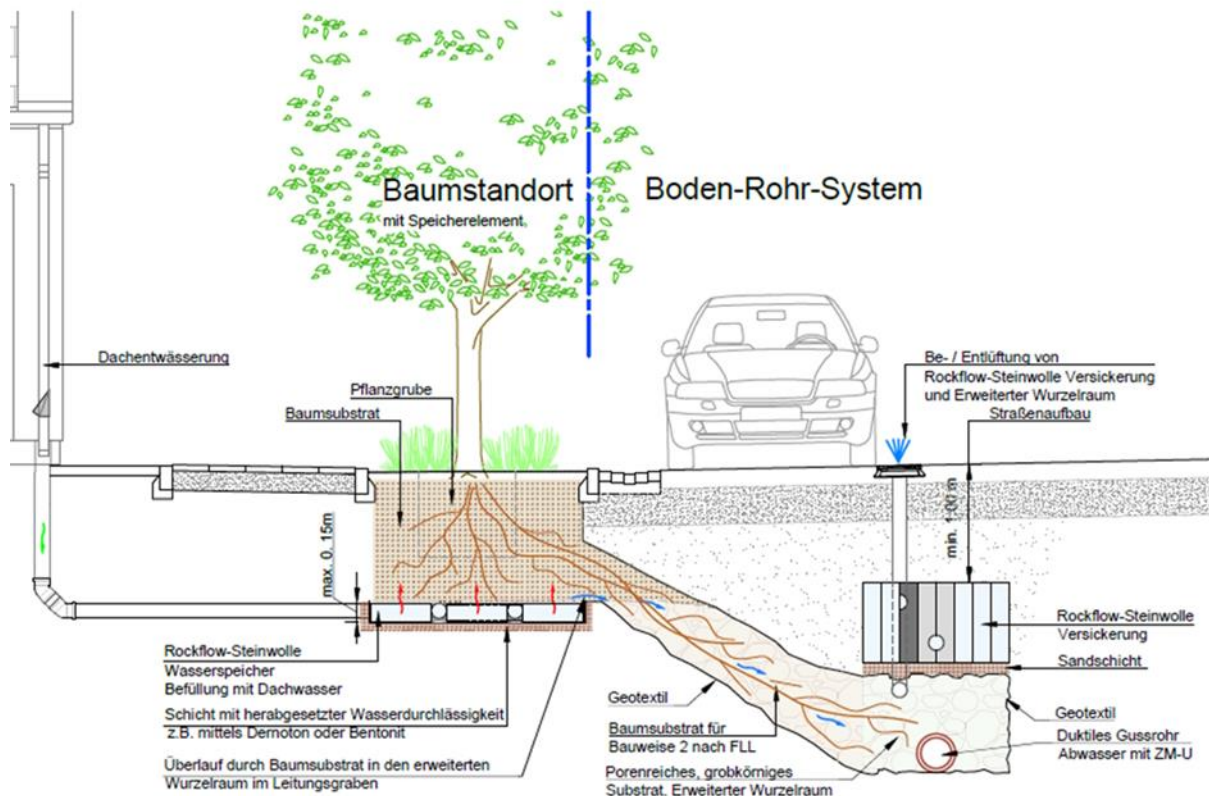
Passive Schutzmaßnahmen nach DWA-M 162 [3] sind solche, die im direkten Bereich von unterirdischen Leitungen bzw. Leitungsgräben ergriffen werden. Ein Beispiel für eine passive Schutzmaßnahme ist der Einsatz von porenarmen Verfüllstoffen.

In Abbildung 1 gut erkennbar ist der Bereich im Straßenraum, für den das Boden-Rohr-System maßgeblich konzipiert worden ist: Der grün gekennzeichnete Bereich unterhalb der Straße, in dem die Abwasserkanäle in dem Bauwerk „Leitungsgraben“ eingebaut bzw. gebettet sind. Die bauliche Gestaltung und die Dimensionierung dieses Leitungsgrabens und der Anschluss der Regenwasserentwässerung sowie der Anschluss von Wurzelräumen bestehender und neu gepflanzter Stadtbäume, u. a. unter Beachtung von „blauen“ und „grünen“ Regelwerken, wurden im Projekt bearbeitet.

2 Funktionsweise und Zielsetzung des Boden-Rohr-Systems

Das Projekt hat das Ziel, Baumstandorte mit in jeder Straße existierenden Leitungsgräben und Regenwasser-Speicherelementen zu vereinen. Die Leitungsgräben stellen als Wasserspeicher und Wurzelraum eine für Bäume bisher ungenutzte Ressource dar, ohne dass ein zusätzlicher Platzbedarf auf der Oberfläche entsteht. So ist es möglich, den Wurzelraum an den Baumstandorten maßgeblich zu vergrößern und den Bäumen damit die Möglichkeit zu geben, sich dort auch langfristig weitestgehend ungestört auszubreiten (Abbildung 2). Trotz der Vorgaben zur Planung und Pflanzung von Bäumen, die ein Pflanzgrubenvolumen von mindestens 12 m³ vorsehen [4], [5], sind Pflanzgruben um etwa 4 m³ [6] vielerorts noch heute Standard. Das Boden-Rohr-System bietet eine Möglichkeit, diesen hauptsächlich unter dem Eindruck von Raumknappheit und Platzkonkurrenz entstehenden Missstand zu beheben. Durch die verzögerte Abgabe des Wassers aus dem Speicher können die Bäume zudem länger mit Wasser versorgt werden. Diese Faktoren können die Vitalität von Bäumen erhöhen und deren Lebenserwartung an Stadt- und Straßenstandorten, mit ihren für Bäume

oftmals extremen Bedingungen, heraufsetzen. Vitale und große Bäume haben wiederum einen erhöht positiven Effekt auf das Stadtklima, indem sie durch die Verdunstung von Wasser und das Spenden von Schatten helfen, urbane Hitzeinseln zu minimieren. Zudem gewinnen die Städte durch die Begrünung an Lebensqualität [7].



Systemquerschnitt

Querschnitt B-B

MST 1:50

Abbildung 2: Querschnitt durch das Boden-Rohr-System.

3 Stabilität und Wurzelfestigkeit von Rohrsystemen

Kernelemente des Boden-Rohr-Systems sind duktile Guss-Rohrsysteme zur Abwasserableitung und Steinwolle-Elemente zur Speicherung von Niederschlagswasser. Beide Elemente sind zirkulär, sie werden aus Sekundärrohstoffen hergestellt. Insbesondere die robusten mechanischen Eigenschaften der duktilen Gussrohre sorgen im Zusammenspiel mit wurzelfesten Rohrverbindungen für einen sicheren Betrieb – auch unter den oben beschriebenen veränderten Einwirkungen.

Den grundsätzlichen Aufbau des Boden-Rohr-Systems im Straßenraum mit Querschnitt, Aufsicht und Längsschnitt veranschaulicht Abbildung 3. Die Abbildung dient auch als Diskussionsgrundlage für den Bau von Pilotmaßnahmen beim Projektpartner Stadt Detmold sowie in den Städten Köln und Leichlingen.

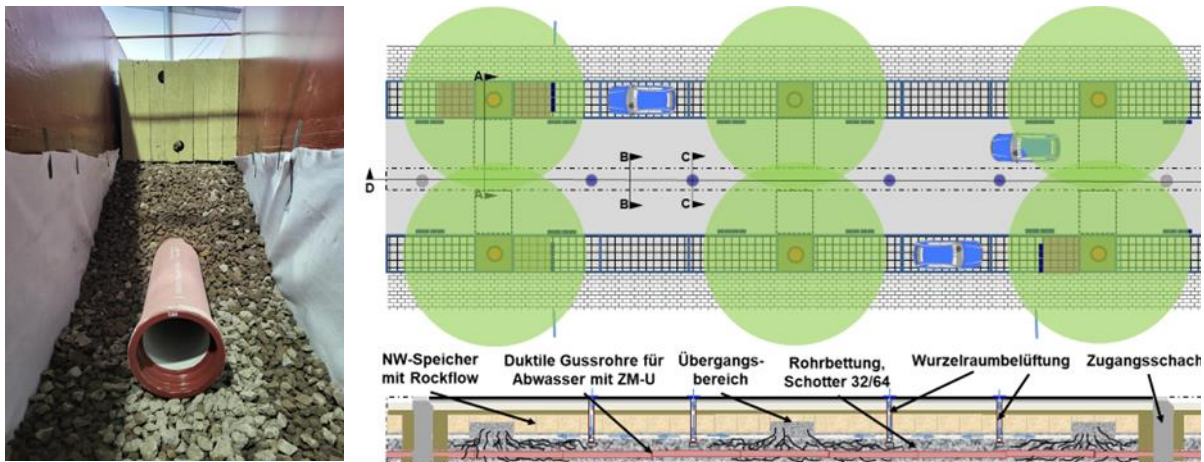


Abbildung 3: Das Boden-Rohr-System im Straßenraum.

Links: Aufbau des Leitungsgrabens von oben nach unten mit Steinwolle-Elementen, grobkörnigem, gut belüftbarem Substrat und duktilem Gussrohr.

Rechts: Draufsicht und Längsschnitt des Boden-Rohr-Systems.

3.1 Duktile Guss-Rohrsysteme

Rohrsysteme aus duktilem Gusseisen werden im europäischen Normungs-Komitee CEN / TC 203 *Cast iron pipes, fittings and their joints* genormt. Bereits frühzeitig haben die Mitglieder des Komitees damit begonnen, die Regelwerke in Richtung von Schwammstadt-Anwendungen weiterzuentwickeln. Dies geschah auch vor dem Hintergrund einer europaweiten Umsetzung der im Rahmen des BoRSiS-Projekts zu entwickelnder Bauweise mit duktilen Gussrohren. Aktuell befindet sich die

- EN 15542 [8] für die Zementmörtel-Umhüllung von duktilen Gussrohren in der Überarbeitung,
- die DIN EN 17970:2024-08 [9], soeben erschienen, beschreibt erstmals ein Prüfverfahren zum Nachweis der Wurzelfestigkeit von gesteckten und diffusionsdichten Rohrverbindungen.

In das Arbeitsprogramm des TC 203 wurde die Entwicklung eines technischen Regelwerks für Schwammstadt-Anwendungen aufgenommen. Die Ergebnisse des hier beschriebenen Projekts fließen direkt in das zu erarbeitende Regelwerk ein.

3.2 Steinwolle

Rockflow ist ein von ROCKWOOL aus vollständig zirkulärer Steinwolle hergestelltes Produkt und repräsentiert ein innovatives, unterirdisches Entwässerungssystem zur Speicherung und Versickerung von Regenwasserabflüssen oder zur Speicherung und Einleitung in Oberflächengewässer. Das Produkt Rockflow besteht aus tragfähigen

Steinwollelementen mit einem freien Wasserspeichervolumen von bis zu 95 %. Ein Steinwollelement hat die Abmessungen Breite = 0,15 m, Länge = 1,2 m und wahlweise Bauhöhen von 1,0 m, 0,66 m oder 0,5 m [10].

4 Dimensionierung des Wurzelraums

Eine besondere Herausforderung besteht in der Dimensionierung des Wurzelraums. Während für die Dimensionierung von Speicherräumen für Niederschlagswasser Regelwerke existieren (vgl. DWA-A 138 [11]), werden potenzielle Wurzelräume aktuell nicht dimensioniert. Die folgenden Ausführungen stellen einen Ansatz dar, diese Lücke zu füllen.

Die Größe des den Bäumen zur Verfügung stehenden Wurzelraums, dessen Qualität und Erschließbarkeit entscheiden maßgeblich über das für alle sichtbare Wuchsverhalten ihrer oberirdischen Teile. Anschaulich ist dies in Abbildung 4, links am Beispiel des Vergleichs von zwei gleich alten Platanen, die zur selben Zeit gepflanzt wurden, erkennbar.

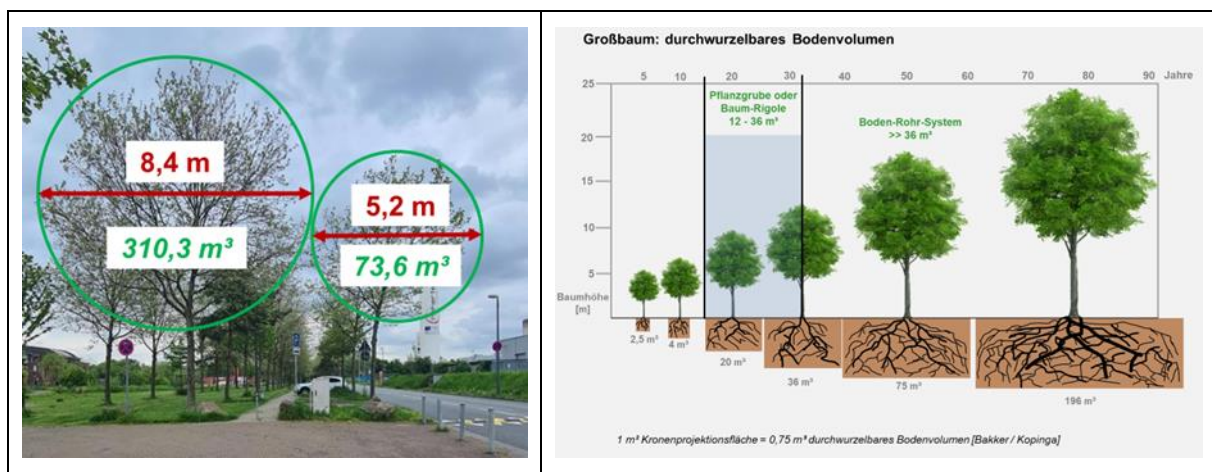


Abbildung 4: **Links:** Unterschiedliche Entwicklung von gleich alten Platanen, die zur selben Zeit in unterschiedlich dimensionierten Wurzelräumen gepflanzt wurden.

Rechts: Zusammenhang zwischen Baumgröße und durchwurzelbarem Bodenvolumen auf Grundlage der Formel von [12].

Bereits Ende der 1980-er Jahre haben Bakker und Kopinga einen Zusammenhang zwischen der Kroneprojektionsfläche und dem durchwurzelbaren Bodenvolumen für Stadtbäume in Form einer Faustformel hergestellt.

$$V_{dB} \approx (0,3 \text{ bis } 0,75) \times A_{Kp}$$

mit:

V_{dB} = durchwurzelbares Bodenvolumen [m³]

A_{Kp} = Kronenprojektionsfläche

Erkennbar ist eine vergleichsweise große Schwankungsbreite von 0,3 bis 0,75-mal der Kronenprojektionsfläche. Dieser Umstand nimmt unter anderem auf die Eigenarten und Ansprüche unterschiedlicher Baumarten sowie auf unterschiedliche Bodeneigenschaften Rücksicht – Faktoren also, die maßgeblichen Einfluss auf das einem Baum zur Verfügung stehende, durchwurzelbare Bodenvolumen haben.

Werden dabei die Extreme außer Acht gelassen, so beispielsweise Böden mit einem hohen Skelettanteil, der nicht durchwurzelbar ist, oder vergleichsweise verschwenderisch mit Wasser umgehenden Baumarten, wie z. B. Pappeln, erscheint als Ziel- und damit Planungsgröße für ein durchwurzelbares Bodenvolumen V_{dB} in Höhe von

$$V_{dB} \approx 0,75 \times A_{Kp}$$

im Rahmen des BoRSiS-Projekts als erstrebenswert.

5 Entscheidungshilfe für Netzbetreiber

Die Einordnung der Maßnahme im Gesamtkontext von blau - grüner Infrastruktur erfolgt durch eine Bewertungsmatrix. Die Matrix basiert auf einer Literaturrecherche und umfasst über 15 verschiedene Anpassungsmaßnahmen von Städten an den Klimawandel [13]. Zudem wurde im Rahmen einer Masterarbeit an der Hochschule Ruhr West ein VBA-basiertes Entscheidungsunterstützungssystem entwickelt [14]. Auf der Grundlage von Rahmenbedingungen und Anforderungen durch den Nutzer gibt das Programm eine Bewertung und Priorisierung möglicher Maßnahmen aus.

Die Maßnahmen werden nach den in der Tabelle 1 gezeigten Kriterien bewertet. Dabei steht die Speicherkapazität für das Wasserspeichervolumen, das pro Element aufgenommen werden kann. Das Bewässerungspotenzial ist das Wasservolumen, das aus dem Speicher für die Bewässerung nutzbar gemacht werden kann. Die Langzeitverfügbarkeit gibt an, wie lange das Wasser im Speicher verweilt. Die Versickerung wird durch den Versickerungskoeffizienten k_f angegeben. Die Verdunstung ist die Abgabe von Wasser in gasförmiger Form (zur Kühlung). Der Wurzelraum bezeichnet den Bereich, in dem sich die Wurzeln einer Pflanze, insbesondere eines Baumes, ausreichend versorgen und wachsen können. Die Beschattung konzentriert sich vor allem auf Bäume. Die Überflutungsvorsorge durch die Maßnahmen zielt darauf ab, die Belastung der Kanalisation zu reduzieren und zeigt die Fläche an, die von der Kanalisation entkoppelt werden kann. Synergien zeigen zusätzliche positive Effekte der Maßnahmen auf. Die Anzahl der Beteiligten reflektiert den Umsetzungsaufwand; je mehr verschiedene Behörden beteiligt sind, desto aufwendiger wird die Umsetzung vermutlich sein. Der Platzbedarf könnte auf potenzielle Konflikte um begrenzte Flächen hinweisen. Das Kriterium Kosten sollte immer dem Nutzen aus den Maßnahmen gegenübergestellt und monetarisiert werden.

Tabelle 1: Kriterien der Bewertungsmatrix (Quelle: Walther et al., 2024 [14]).

Bewertungskriterien	●	●	●	●	●	Einheiten
Speicherkapazität	0 – 150	151 – 300	301 – 450	451 – 600	601 <	Liter/ m ³ / Element
Bewässerungspotential	0 – 15,0	15,1 – 40,0	40,1 – 60,0	60,1 – 80,0	80,1 <	Liter/ m ³ / Element
Langzeitverfügbarkeit	< wenige Stunden	1 Tag	3 Tage	1 Woche	1 Woche <	Zeitdauer
Versickerung	< 10 ⁻⁸	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁸	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁶	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁵	10 ⁻⁴ - 10 ⁻³	k _f -Wert in m/s
Verdunstung	0	2	5	11	20 <	Liter/ m ² / Tag
Wurzelraum	< 12		12		12 <	m ²
Beschattung	Sehr gering	Gering	Mittel	Hoch	Sehr Hoch	Genauere Bewertung ist unmöglich
Überflutungsvorsorge	0 – 5	6 – 10	11 – 15	15 – 20	21 <	Anschließbare Fläche m ² / je m ² Elementfläche
Synergien	Keine	Eine andere Maßnahme	Zwei andere Maßnahmen	Drei andere Maßnahmen	Vier oder mehr andere Maßnahmen	Anzahl
Beteiligte	5 <	4	3	2	1	Anzahl
Platzbedarf	Oberirdisch				Unterirdisch	
Kosten	> 501	301 – 500	131 – 300	91 – 130	0 – 90	€/ m ²
Anderes						

6 Ausblick

Die Umsetzung des Boden-Rohr-Systems steht noch aus, so dass eine umfassende Bewertung noch nicht möglich ist. Weitere Analysen und Tests werden jedoch wertvolle Erkenntnisse liefern und einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der blau-grünen Infrastruktur durch das Boden- Rohr-System leisten. Zusätzlich ist die Installation von Messtechnik auf den Pilotanlagen geplant, um die Funktionsweise des Systems besser erfassen zu können. In einem Folgeprojekt ist ein Monitoring des Boden-Rohr-Systems vorgesehen, das auf den Erkenntnissen aus diesen Messungen aufbaut.

7 Danksagung

Wesentliche Ergebnisse dieses Beitrags basieren auf den Forschungsarbeiten im Projekt BoRSiS. Das Projekt wurde zwischen 2021 – 2024 über drei Jahre vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Förderrichtlinie Forschung an Fachhochschulen in Kooperation mit Unternehmen (FH-Kooperativ) gefördert (Förderkennzeichen 13FH002KA0).

8 Literatur

- [1] BoRSiS (2021). Boden-Rohr-System als innovatives Element der klimaangepassten Stadtentwässerung (BoRSiS). 10/2021 – 09/2024 (36 Monate). Fördermittelgeber: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Förderrichtlinie: „Förderung von Forschung an Fachhochschulen in Kooperation mit Unternehmen (FH-Kooperativ)“. Förderkennzeichen: 13FH002KAO.
- [2] DIN 1998. Unterbringung von Leitungen und Anlagen in öffentlichen Verkehrsflächen – Richtlinie für die Planung; Juli 2018. DIN – Deutsches Institut für Normung e. V.
- [3] DWA-M 162. Bäume, unterirdische Leitungen und Kanäle, Merkblatt; Februar 2013. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- [4] Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (FLL) 2010. Empfehlungen für Baumpflanzungen, Teil 2: Standortvorbereitungen für Neupflanzungen; Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate. 2. Ausgabe 2010, DIN A4 Broschüre, 64 Seiten.
- [5] Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (FLL) 2015. Empfehlungen für Baumpflanzungen, Teil 1: Planung, Pflanzarbeiten, Pflege. 2. Ausgabe 2015, DIN A4 Broschüre, 64 Seiten + GALK-Straßenbaumliste.
- [6] Schönfeld, P. (2006). Baumpflanzung in der Stadt nach den Regelwerken der FLL und ZTV-Vegtra-Mü. Veitshöchheimer Berichte aus der Landespflege. Heft 94; S. 11-20.
- [7] Kruse, E., Biber, C. und Dickhaut, W. (2019). Straßenbäume als Komponente der Überflutungs- und Hitzevorsorge in Städten. In: ProBaum 67 (1).
- [8] EN 15542. Ductile iron pipes, fittings and accessories - External cement mortar coating for pipes - Requirements and test methods; German and English version prEN 15542:2021.
- [9] DIN EN 17970:2024-08. Rohre aus duktilem Gusseisen - Steckmuffen-Verbindungen für Rohrsysteme aus duktilem Gusseisen - Widerstandsfähigkeit gegen Wurzeleinwuchs - Anforderungen und Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 17970:2024.
- [10] Boudeling, D.J. und May, C. (2023). Rockflow Steinwolle – Ein innovatives Entwässerungssystem zur Filtration, Speicherung und Versickerung. aquaurbanica Garching 2023, 6 S.
- [11] DWA-A 138 (2005). Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser - April 2005; Stand: korrigierte Fassung März 2006.

- [12] Kopinga, J. (1989). Der Wasserverbrauch von Stadtbäumen. Beitrag für die 7. Osnabrücker Baumpflegetage, Tagungsband S. 1-11.
- [13] Walther, H., Quirnbach, M., Bennerscheidt, Ch. und Streckenbach, M. (2024). Die Schwammstadt im Straßenraum – Das Boden-Rohr-System zur Niederschlagswasser-Speicherung und Bewässerung von Stadtbäumen. 3R Ausgabe 04-05, S. 66-69.
- [14] Harnisch, T. (2024). Umsetzung einer bestehenden Bewertungsmatrix zu Maßnahmen der Blau-grünen Infrastruktur in Form eines Excel-basierten Entscheidungsunterstützungssystems, Masterarbeit am Lehr- und Forschungsgebiet Siedlungswasserwirtschaft, Hydrologie und Wasserbau der Hochschule Ruhr West, Mülheim a.d.R., Deutschland.

Korrespondenz an:

Name Christoph Bennerscheidt
Adresse Doncaster-Platz 5, D-45699 Herten, Deutschland
Tel +49 (0)23 66/99 43 905
E-Mail c.bennerscheidt@eadips.org