



Endbericht zum Forschungsvorhaben A/24/11 (Kurzprojekt)

Regenwassermanagement mit öffentlichen Grünflächen am Beispiel von multifunktionalen Baumrigolen im Wohnpark Stein

Evaluierung von Baumrigolen „GrünSpeichertBlau“

Projektlaufzeit:

01.10.24 bis 30.09.25

Endbericht zum Forschungsvorhaben A/24/11

Regenwassermanagement mit öffentlichen Grünflächen am Beispiel von multifunktionalen Baumrigolen im Wohnpark Stein

Evaluierung von Baumrigolen „GrünSpeichertBlau“

Projektlaufzeit: 01.10.24 bis 30.09.05

Projektleiter: Jürgen Eppel

Projektbearbeiter: Nikolai Kendzia



Gefördert durch

Bayerisches Staatsministerium für
Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus



Veitshöchheim, Dezember 2025

Zuwendungsempfänger:

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
Institut für Stadtgrün und Landschaftsbau (ISL)
An der Steige 15, 97209 Veitshöchheim
www.lwg.bayern.de, poststelle@lwg.bayern.de

Inhalt

1	Zusammenfassung	5
2	Problemstellung.....	6
3	Versuchsansatz	7
	3.1 Versuchsbeschreibung und Aufbau	7
4	Ergebnisse und Diskussion	11
	4.1 Wasserhaushalt und Wasseranalysen	11
	4.1.1 Bodenwasserhaushalt	12
	4.1.2 Wasseranalysen	16
	4.2 Steuerung der Bewässerung	18
	4.3 Auswurzelung und Pflanzenvitalität	20
5	Hinweise für die Praxis.....	21
6	Öffentlichkeitsarbeit	23
	6.1 Vorträge und Veröffentlichungen	23
	6.1.1 Vorträge	23
	6.1.2 Veröffentlichungen	23
7	Literatur.....	24
8	Ausblick	25
9	Anhang	26

1 Zusammenfassung

Das Kurzprojekt „Regenwassermanagement mit öffentlichen Grünflächen am Beispiel von multifunktionalen Baumrigolen im Wohnpark Stein – Evaluierung von Baumrigolen“ wurde vom Bayerischen Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus (StMELF) im Zeitraum vom 1. Oktober 2024 bis 30. September 2025 gefördert. Die Entwässerung der öffentlichen Erschließung des neuen Wohngebietes in der Stadt Stein bei Nürnberg erfolgt kaskadenartig über mehrere Versickerungsanlagen, in denen die Baumstandorte im Forschungsprojekt mit Messtechnik und Entnahmestellen für Wasserproben ausgestattet wurden. Dies diente der Evaluierung der vom Ingenieurbüro Siegle für die Projektentwicklung AG Schultheiß geplanten Baumrigolen. Die Ergebnisse weisen die Funktionsfähigkeit der Rigolen nach. Insbesondere die eingebaute Substratrinne D-Rainclean mit darunter liegendem Sickerkörper konnte ein 20-jähriges Regenereignis bewirtschaften, ohne dass eine Überleitung überschüssigen Niederschlagswassers in die angeschlossenen Baumstandorte erfolgte. Multifunktionale Versickerungsanlagen tragen zum Wasserrückhalt und Hochwasserschutz bei. Die Auswirkungen des temporären Wassereinstaus auf die Vitalität der gepflanzten Baumarten und die Reinigungsleistung des Rigolenkörpers können noch nicht abschließend beurteilt werden. Der Anwuchserfolg der Zukunftsbäume wurde durch die gezielte Bewässerung nach Bodenfeuchte-Monitoring durch eine Kontrolle der Auswurzelung der Bäume nachgewiesen. Die bedarfsgerechte und gezielte Bewässerung anhand von Wetter- und Bodenfeuchtedaten zeigt das Potential Wasser und Arbeitszeit einzusparen. Es konnten wichtige Hinweise für die Praxis zum Bau und Unterhalt der multifunktionalen Versickerungsanlagen für die bayerischen Bauhöfe und Gartenämter erarbeitet werden.

2 Problemstellung

Zunehmende Starkregenereignisse erfordern eine zielgerichtete Bewirtschaftung von Regenwasser, um Siedlungen vor Hochwasser zu schützen. Die Schäden durch Überschwemmungen Ende Mai/Anfang Juni 2024 in Bayern und Baden-Württemberg wurden vom Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft auf 2 Milliarden Euro geschätzt.

Die Arbeitsbereiche Landschaftswasserhaushalt sowie Urbane Entwicklung und Industrie des „Runden Tisch Wasser“ der bayerischen Staatsregierung sehen die wassersensible Siedlungsentwicklung („Schwammstadt/Schwammdorf“) als wichtiges Instrument und Präventionsmaßnahme hinsichtlich des Klimawandels. Investitionen in eine blau-grüne Infrastruktur sollen nachhaltig wirksam sein. Zurückgehaltenes Wasser entlastet die Kanalisation, Regenrückhaltebecken und Flutpolder. Das gespeicherte Wasser sorgt zusätzlich für eine ressourcenschonende Bewässerung von klimamäßigem Grün in Form von Bäumen.

Multifunktionale Baumrigolen sind baumbestandene Versickerungsanlagen, die im Substratkörper Regenwasser zurückhalten und versickern lassen. Gleichzeitig fördern die Bäume mit ihrer Verdunstung und Beschattung die Gesundheit der Bevölkerung in Hitzeperioden. Für den Bau und die Funktionsweise der Baumrigolen gibt es noch keine anerkannten Regeln der Technik.

Durch die quantitative und qualitative Evaluierung von Baumrigolen sollten in dem Projekt fundierte Handlungsempfehlungen für bayerische Kommunen hinsichtlich Bauweise und Pflege von blau-grüner Infrastruktur erarbeitet werden.

3 Versuchsansatz

Investitionen in eine blau-grüne Infrastruktur sollen nachhaltig wirksam sein. Ein Baustein sind Grünflächen im Siedlungsbereich, die in der Lage sind, Starkregenereignisse aufzunehmen und damit gleichzeitig Bäume mit dem gespeicherten Regenwasser zu versorgen. Es gibt erste Ansätze, Vegetationsflächen mit Entwässerungsanlagen in sogenannten Baumrigolen zu kombinieren. Deren Funktionsweise und Unterhalt sind noch nicht abschließend untersucht. In der Stadt Stein bot sich aktuell die Möglichkeit in einem Reallabor, die Leistungsfähigkeit multifunktionaler Grünflächen zu evaluieren.

Bevor die Stadtbäume im Herbst 2024 in die bereits vorhandenen Baumgruben gepflanzt wurden, bot sich die Möglichkeit die Kontrollschächte für Wasserproben zu setzen und die Instrumentierung mit Sensortechnik vorzunehmen, so dass sich die Vegetation später ungestört entwickeln kann und Messungen den tatsächlichen Ist-Zustand der Baumpflanzung und des Bodenwasserhaushalts widerspiegeln.

Im Grunde geht es darum, ob die Stadtbäume in den Versickerungsanlagen zu trocken oder zu nass stehen. Die Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e.V. fordert für neue Pflanzungen in Baumgruben: „Bei Baumpflanzungen wird grundsätzlich eine gute Wasserversorgung angestrebt“ (FLL 2010, S.19). Angesichts der zunehmenden Hitze und Trockenperioden wird eine Versorgung mit Wasser in den ersten sieben Standjahren nach der Pflanzung immer wichtiger. Stauendes Wasser hingegen kann Bodenumbildungsprozesse und Wachstumsstörungen bis hin zum Absterben der Bäume verursachen. So stellt der Arbeitskreis Stadtbäume der Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz (GALK) in seinem Positionspapier fest, dass Versickerungsanlagen keine Baumstandorte sind (Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz, 2024). Deshalb sollte in diesem Forschungsprojekt der Nachweis über die Funktionsweise der Kombination aus Versickerungsanlage und Baumstandort durch Dokumentation des Bodenwasserhaushaltes erbracht werden.

3.1 Versuchsbeschreibung und Aufbau

Der Projektentwickler Schultheiß AG hat zusammen mit dem Ingenieurbüro Siegle in einem Neubaugebiet Blumenstraße-Lilienstraße ein neues Entwässerungskonzept geplant und umgesetzt. Das Oberflächenwasser von Straßen und Wegen wird vorgereinigt und unterirdisch in ein Rigolensystem eingeleitet das multifunktionale Baumstandorte enthält. Diese wurden auf Empfehlungen der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG, Projekt Stadtgrün 2021+) mit Zukunftsbäumen bepflanzt. Starkregenereignisse werden in den kaskadenförmig angeordneten Baumrigolen zurückgehalten und versickert (Tab. 1, Abb. 1). Seitens der Stadt Stein und deren Stadtgärtnerei (Leiter: Jörg Jaroszewski) wurde der Wunsch zu einer wissenschaftlichen Begleitung der neuen Bauweise durch die LWG erbeten, da die Kombination von Versickerungsanlage und Baumstandort in der Praxis unterschiedlich beurteilt wird (Gartenamtsleiter, Wasserwirtschaft, DWA, FLL). Die bei der Stadt Stein umgesetzte Bauweise ist einmalig und kann zu einem temporären Einstau von Niederschlagswasser im Speichersubstrat führen. Dieser ist zur besseren Versorgung der Bäume und Stärkung der Verdunstungsleistung in Hitze- und Trockenperioden gewünscht, könnte aber auch durch Luftmangel im Substrat zu Schädigungen der Wurzeln führen

Tabelle 1: Steckbrief Versuchsanlage

Ort	Lilien-, Blumen-, Nelkenstraße 90547 Stein
Baumpflanzung, 19 Bäume im Versuch, StU 25-30	ab 21. November 2024 in Vulcatree 0/32
Baumarten	6 (+1 Ersatz Acer campestre 'Elsrijk')
Effektive undurchlässige Anschlussfläche	4285 m ²
Fläche an Sicherheits-Straßenabläufe AQUAFOEL (Aqua clean GmbH), 19 Stück (9+10)	3537 m ²
Fläche an D-Rainclean (Funke Gruppe) angeschlossen, Rinnenlänge 56 m	748 m ²
Durchlässigkeitsbeiwert k_f , Bodenuntersuchung Baugebiet	1×10^{-5} bis 5×10^{-5} m/s, Grundwasser 10 m tief
Dimensionierung im Jahr 2018, maßgebende Regenspende	29 l/s/ha, 200 min, alle 5 Jahre; KOSTRA-DWD 2010R
Sensoren Firma Arbor revival	20 x Watermark, 30 x SMT 100
Sensoren Firma Agvolution	7 x CLIMAVI City, 7 x CLIMAVI Soil
Straßeneinlauf-Rinne (Fa. Funke)	D-Rainclean Rinne
Straßenabläufe (Fa. Aqua Clean GmbH)	AquaFOEL Sicherheits-Straßenabläufe
Baumsustrat	Vulcatree R 0/32 (Fa. Vulcatec)
Wasserverteilender Ring in Baumgrube	Lava 16/32

Die Wohnstraßen, Gehwege und Parkplätze, die das neue Wohngebiet erschließen, werden in einzelne, dezentrale Versickerungsanlagen entwässert. Nach der Niederschlagswasserfreistellungsverordnung (NWFreiV) in Verbindung mit den Technische Regeln zum schadlosen Einleiten von gesammeltem Niederschlagswasser in das Grundwasser (TRENGW) ist die Entwässerung erlaubnisfrei und benötigt eine Vorreinigung je nach Einleitungsart und Belastung. Bei der unterirdischen Einleitung ist eine technische Aufbereitung erforderlich, die durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) zugelassen ist.

Bei der eingesetzten D-Rainclean Rinne der Firma Funke Kunststoffe ist durch das eingefüllte Substrat eine Reinigungsleistung wie bei einer 30 cm Oberbodenpassage bescheinigt. Die AquaFOEL Sicherheits-Straßenabläufe der Firma Aqua Clean GmbH halten Leichtflüssigkeiten zurück und scheiden Sedimente, Schlamm und Schwermetalle ab. Das Niederschlagswasser gelangt über Rinnen bzw. Abläufe in einer Tiefe von ca. 90 cm direkt in eine Sicker- und Verteilschicht aus Lava 16/32, die ringförmig um den Kern aus Vulcatree R 0-32 Baumrigolensustrat liegt (Abbildung 2: Schnitt Versuchsaufbau).

Tabelle 2: Kosten der Sensortechnik

Produkt	Kosten in Euro (netto)
Watermark Sensor, 1 Messtiefe, Saugspannung	58,00
SMT 100 Sensor, 1 Messtiefe, Feuchte vol.%	165,00
Schutzdose für Sensoren und Übertragungseinheit	39,00
Zentrale Funkeinheit NB-IoT mit SIM-Karte, Datenübertragung zum Web-Modul/Dashboard, pro Stück	420,00
Regenmesser mit Funkeinheit	1.090,00
Bereitstellung Datenübertragung und Web-Modul/Dashboard für 1 Jahr	1.600,00
climavi City, 3 Messtiefen, Feuchte vol.%, inkl. Datenübertragung und Web-Modul	1.265,00
climavi Soil, 1 Messtiefe, Feuchte vol.%, inkl. Web-Modul/Dashboard	390,00
climavi underground LTE, Datenübertragung f. climavi soil	345,00

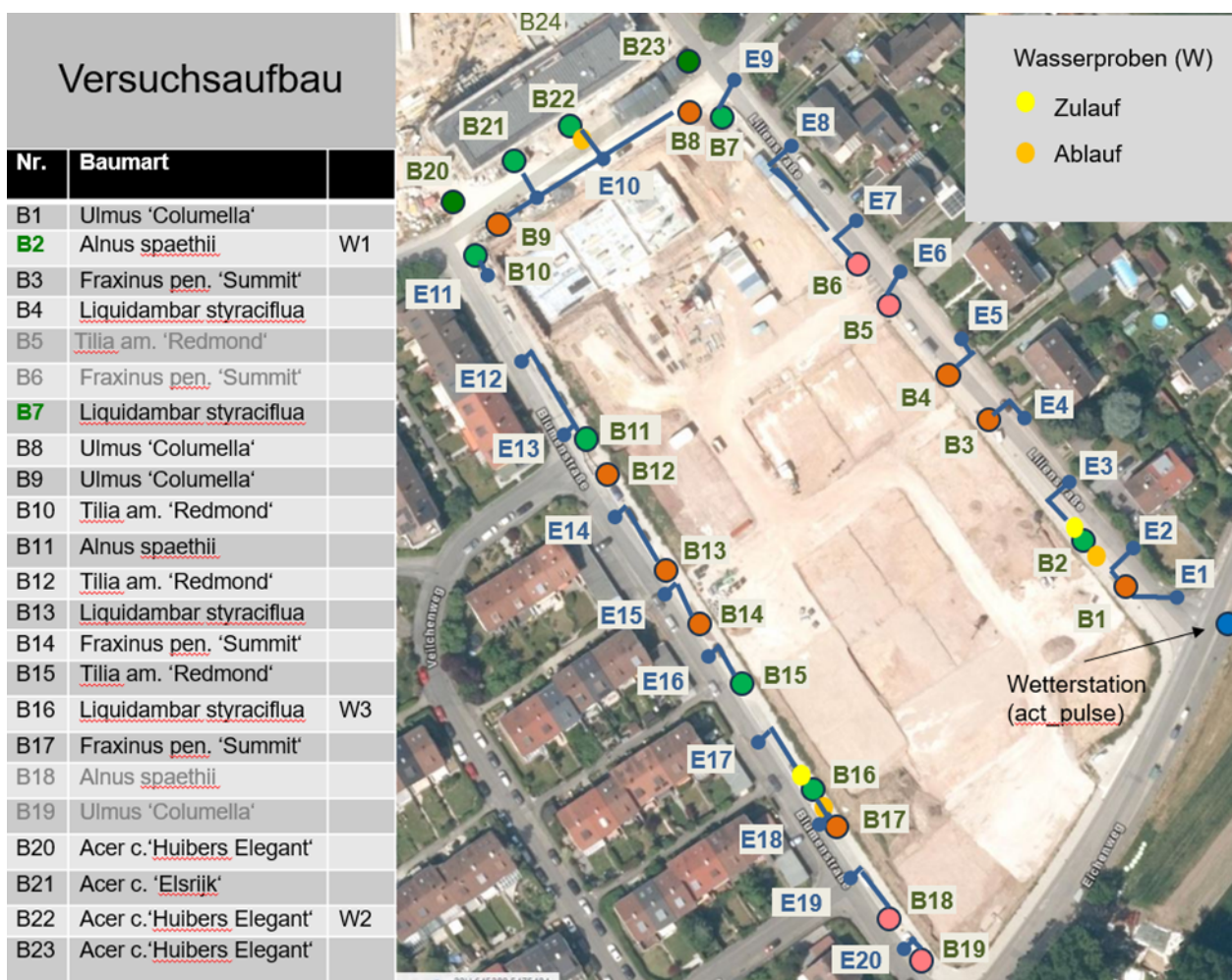


Abbildung 1: Versuchsaufbau im Projekt GrünSpeichertBlau mit Baumarten und Nummerierung der Einzelbäume sowie Zuordnung der Straßenabläufe und Wasserentnahmestellen.

In 10 der 19 neuen Baumstandorte wurden jeweils 5 Bodenfeuchtesensoren eingebaut. Ein Saugspannungssensor sitzt direkt im Ballen und einer dient in der Auswurzelungszone als Referenz in 30 cm Tiefe. Die SMT 100 Bodenfeuchtefühler für den volumetrischen Wassergehalt wurden in die drei Tiefen 30 cm, 60 cm und 90 cm verbaut. Zwei

Referenzstandorte ohne Baumrigole werden ebenfalls überwacht. Über Funkeinheiten (NB IoT) werden die Sensordaten an ein Web-Modul der Firma Arbor revival ("ARBOR monitor") übertragen und ausgewertet. Dieser Zugang ist offen für die Stadtgärtnerei und die LWG, so dass - kombiniert mit einem digitalen Regenmesser - Bewässerungsempfehlungen für die Fertigstellungspflege in den nächsten drei bis fünf Jahren gegeben werden können. Im Laufe des Versuchs wurden weitere Baumstandorte instrumentiert, um einen Systemvergleich mit den Bodenfeuchtefühlern CLIMAVI City und Soil der Firma Agvolution (FDR-Messtechnik) anzustellen und auch die Messwerte vergleichen zu können.

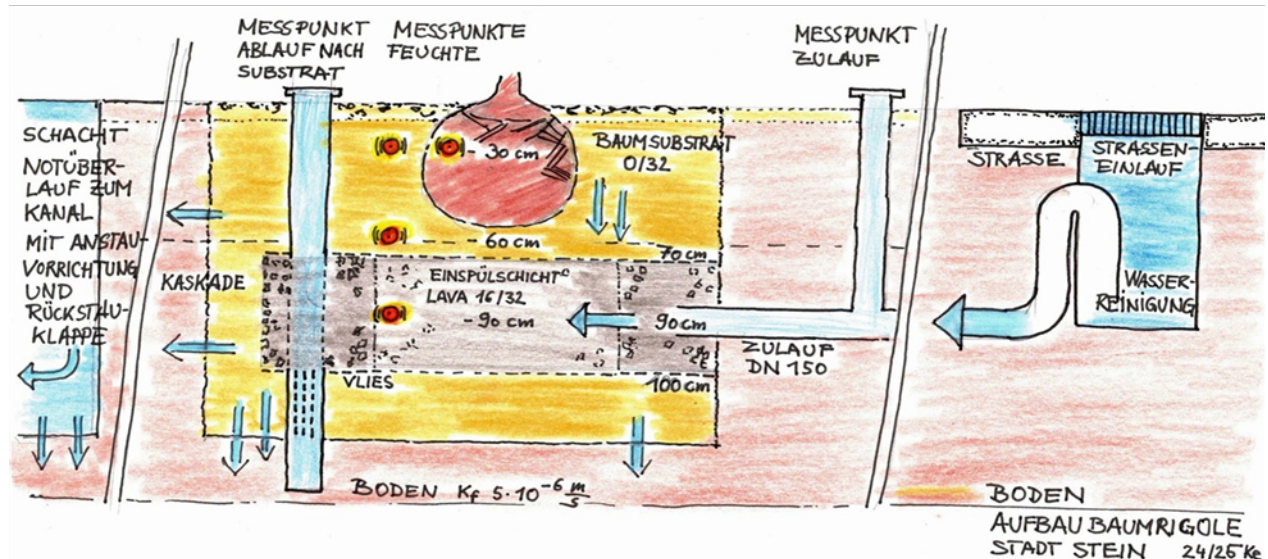


Abbildung 2: Schnittschema durch eine Baumrigole. Aufbau der Baumgrube, Einleitungs- und Überleitungsbauwerke, Einbauhöhen der Sensortechnik der Firma Arbor revival.

Die Datenübertragung auf die Web-Anwendungen der Firmen ermöglichen ein Echtzeitmonitoring des Wasserhaushalts im Speichersubstrat auf einem Dashboard. Als Messintervall wurde 1 Stunde eingerichtet. Die Messung des natürlichen Niederschlags und der Bodenfeuchte in unterschiedlichen Tiefen des Speichersubstrates erlaubt eine Evaluierung des Ent- und Bewässerungsmanagements durch die Nachverfolgung der zeitlichen Durchfeuchtung in der baumbestandenens Versickerungsanlage.

Es wurden 5 Messstellen zur Beprobung des eingeleiteten bzw. des Wassers nach der Substratpassage eingebaut und ausgewertet. Die eingesetzten Sickerrohre DN 160 bis in 2,5 m Tiefe erlauben eine Beprobung des Sickerwassers nach Passage durch die Baumrigole hinsichtlich grundwasser- und vegetationsgefährdender Stoffe (z. B. Salze) und Feststellung des Einstaupegels.

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Wasserhaushalt und Wasseranalysen

Im Jahr 2025 gab es nur Anfang Juni nennenswerte Niederschläge mit 14,6 mm am 02.06.2025 und am 21.07.2025 mit 15,2 mm. Um eine gesicherte Probenahme des Oberflächenabflusses zu bewerkstelligen, wurde für den 05.08.2025 die Firma Arauner Facility Services, die auch mit der Bewässerung der Bäume beauftragt war, zur Simulation eines Regenereignisses bestellt. Die Bemessung erfolgte nach den neuen KOSTRA-Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWA) für die Stadt Stein. Für ein 5-jähriges Regenereignis sollten demnach 16,4 Liter/m² in 15 Minuten ausgebracht werden. Vor den Straßenabläufen wurden 100 m² abgesteckt, die mit 1640 Litern gespült wurden (Bild 2 und 3).



Bild 1: Zur Gewinnung der Wasserproben wurde ein fünfjähriges Regenereignis durch die Firma Arauner auf 100 m² der Wohnstraße simuliert.



Bild 2: Beprobung des Zulaufes zur Baumrigole B2 mit Tauchpumpe durch die LWG und Stadtgärtnerei Stein (Leiter Jörg Jaroszewski, r.).

Es wurden bei Baum 2 und Baum 16 jeweils im Zulauf und Ablauf eine repräsentative Misch-Wasserprobe von 2 Litern über einen Zeitraum von 15 Minuten abgepumpt.

Der Wasserpegel im Sickerrohr stieg während der Regensimulation bei Baum 2 von - 170,5 cm auf - 152,5 cm unter Oberkante Rohröffnung. Bei Baum 16 war ein Wasserstand von – 153 cm vor der Messung abgelesen worden, der nach Auspumpen des Sickerrohres bei der Regensimulation innerhalb von 15 Minuten auf - 101 cm anstieg.

4.1.1 Bodenwasserhaushalt

Am 22.09.2025 wurde das 10-jährige natürliche Regenereignis mit 52,2 Liter/m² für eine weitere Probennahme im Ablauf von Baum 2 und 16 genutzt. Bei diesem Starkregen sprang auch der Notüberlauf am Ende der Rigolen-Kaskade an. Insgesamt zeigte es sich, dass das Regenwasser sehr schnell die Schotterpackungen und Substrate durchdrungen hatte und auf Höhe der Einleitung bei ca. 90 cm zu einem deutlichen Anstieg der Bodenfeuchte, teilweise bis zur Sättigung führte. Bis auf eine Baumrigole (Baum 16) sank der Wasserstand aber schon tags darauf ab, so dass keine Staunässe entstand. Lediglich bei der genannten Baumrigole, bei der schon bei der Pflanzung eine Sperrschicht zu erkennen war, nahm die Bodenfeuchte in den tieferen Schichten erst nach 4 Tagen ab. In den Baumstandorten zeigten sich unterschiedliche Abflussverhalten und Wasserspeichervermögen.

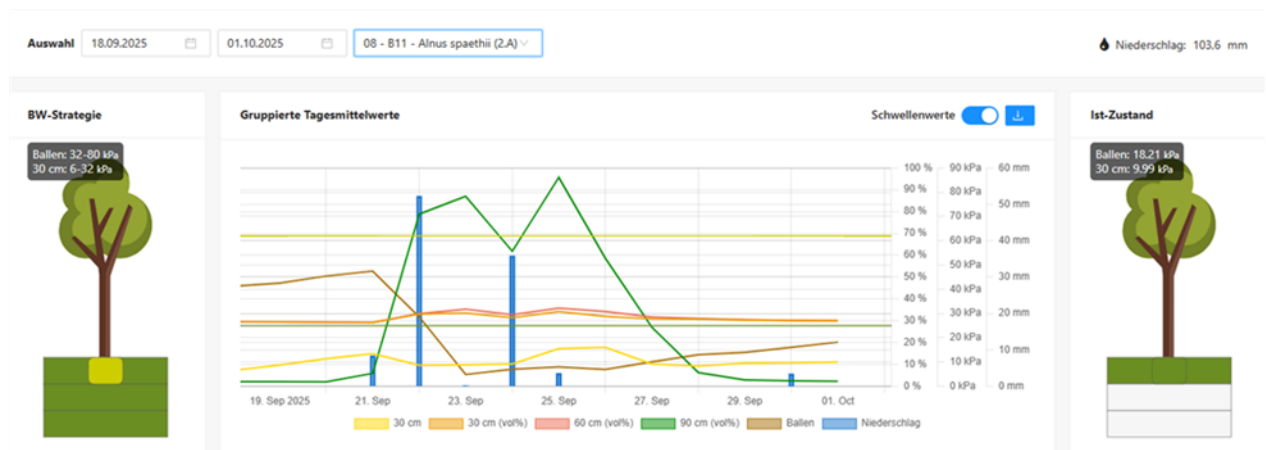


Abbildung 3: Starkregenereignis am 22.9.2025 und Auswirkungen auf den Bodenwasserhaushalt bei Baum 11. Visualisiert mit der Web-Anwendung Arbor monitor. Deutlicher Anstieg des Wassergehaltes in 90 cm Tiefe. Angeschlossen sind zwei Straßenabläufe mit größerer Straßenfläche.

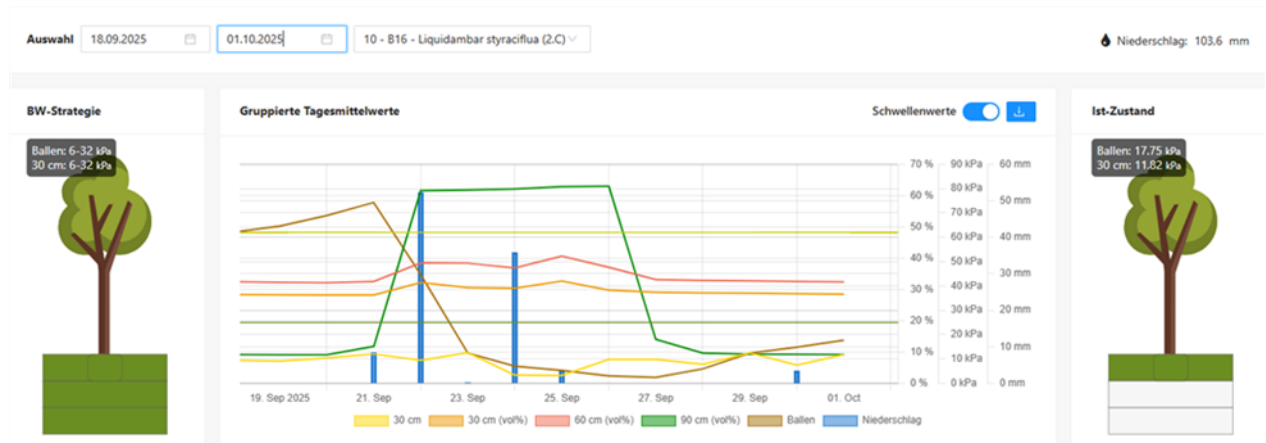


Abbildung 4: Auswirkung des Starkregenereignisses in Baumrigole 16. Hoher Wassergehalt über fast 4 Tage.

Obenstehende Abbildung zeigen exemplarisch das unterschiedliche Versickerungsverhalten. Im Folgenden sind weitere Screenshots aus der Visualisierungsapp ARBOR monitor

(Dashboard) zum Starkregenereignis vom 22. September 2025 eingefügt. Es zeigte sich, insbesondere bei dem simulierten Regenereignis, dass die unterirdische Einleitung des Niederschlagswassers keinen Anstieg der Bodenfeuchte in der Substratschicht bis 30 cm Tiefe bewirkte. Die Kapillarkräfte sind hierfür in dem grobkörnigen Baums substrat nicht ausreichend.

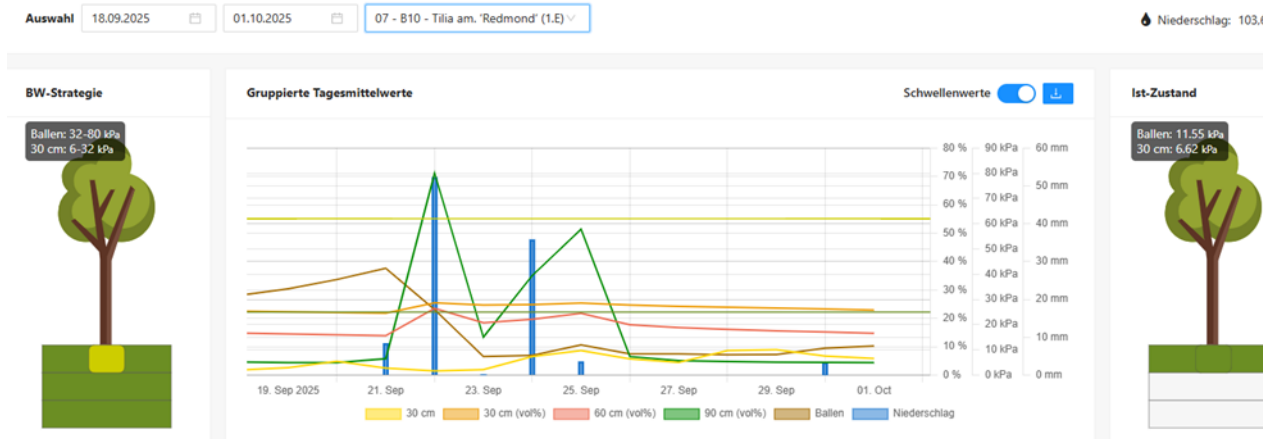


Abbildung 5: Auswirkung des Starkregenereignisses in Baumrigole 10. Anschluss an einen Straßenablauf. Die Substratschicht in 90 cm Tiefe entwässert stark. Vermutet wird ein Zusammenhang mit der Lava 16/32 Schicht, die ausschließlich aus Grobporen besteht.

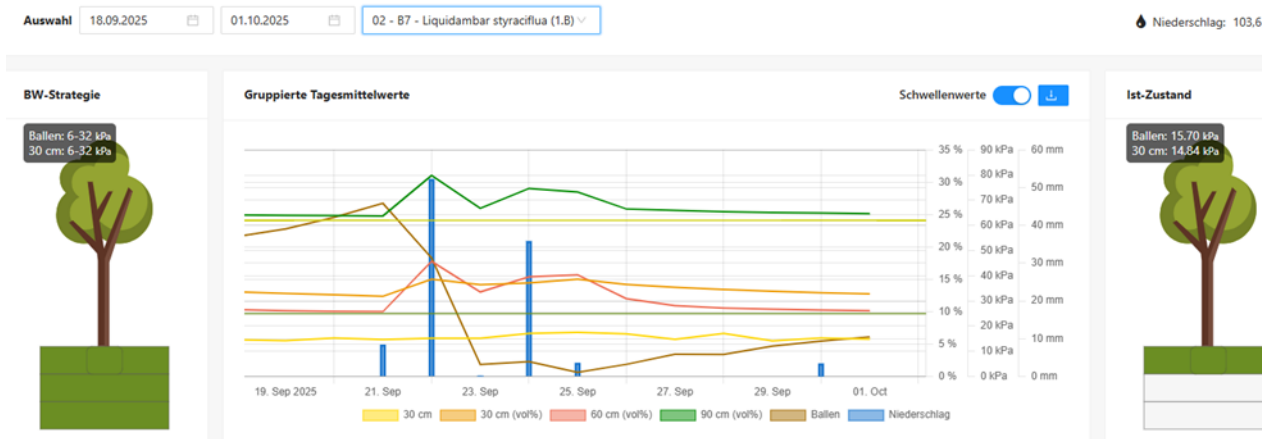


Abbildung 6: Starkregenereignis in Baumrigole 7. Anschluss an einen Straßenablauf. Das Regenereignis führt zu einem leichten Anstieg in den Substratschichten in 60 cm und 90 cm Tiefe. Allerdings sinkt das Niveau rasch auf einen niedrigen volumetrischen Wassergehalt ab.

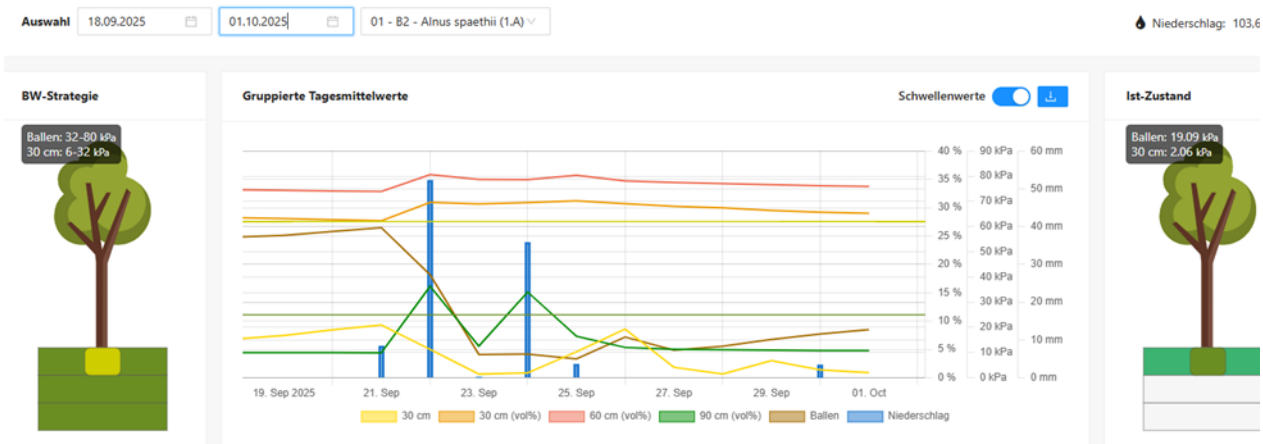


Abbildung 7: Auswirkung des Starkregenereignisses in Baumrigole 2. Auch hier entwässert der Untergrund in 90 cm das eingeleitete Niederschlagswasser rasch und der Ballen wird durch den Regen von oben gut durchfeuchtet. Angeschlossen ist nur ein Straßenablauf.

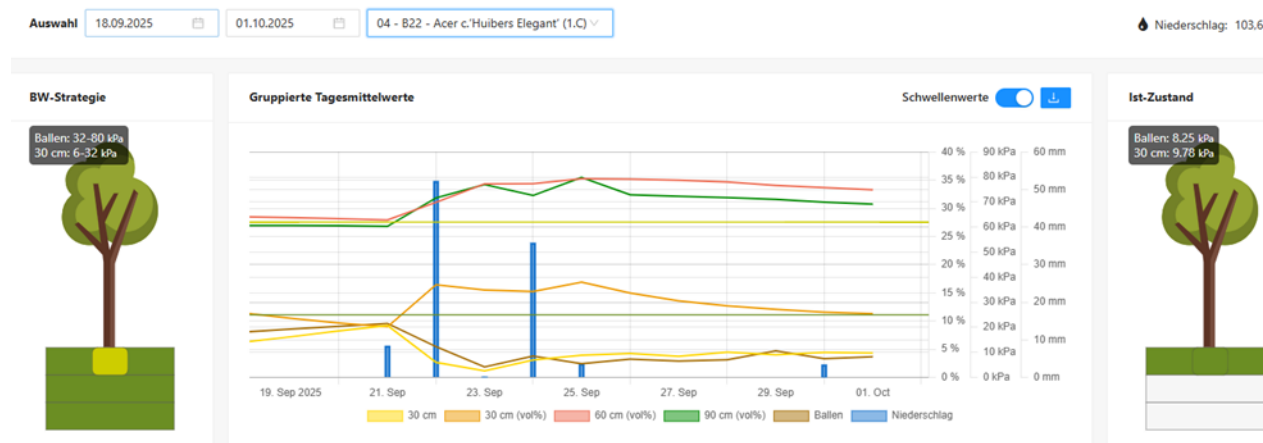


Abbildung 8: Auswirkung des Starkregenereignisses in Baumrigole 22 mit Anschluss an die Substratrinne. Im Gegensatz zu den vorigen Abbildungen ist hier nur ein leichter und verzögerter Anstieg der Bodenfeuchte in den unteren Schichten durch von oben infiltriertes Niederschlagswasser zu erkennen.

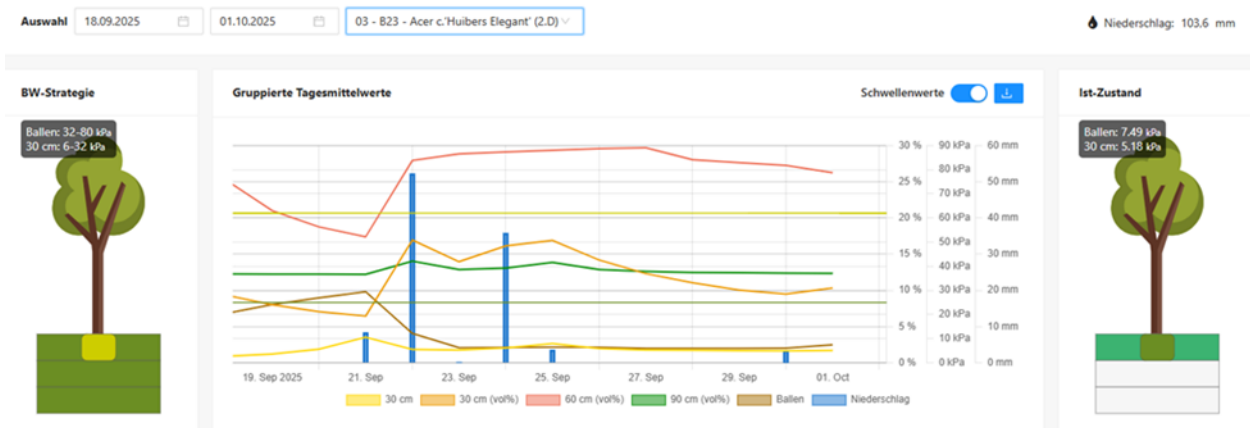


Abbildung 9: Auswirkungen des Starkregenereignisses in Baumrigole 23. Diese ist weder an Rinne noch an Straßenabläufe angeschlossen und dient als Referenz, vergleichbar mit B22. Bei beiden Standorten ist von einer Durchdringung mit Niederschlagswasser von oben auszugehen.

Die Firma Agvolution wertet die volumetrischen Bodenfeuchtegehalte mit dem Dashboard Climavi aus. Zu beachten ist, dass die angezeigten, standardisierten Messtiefen von -10 cm, -30 cm, und -45 cm, nicht mit der tatsächlichen Einbautiefe des Sensors übereinstimmen. Die Werte entsprechen den Messtiefen 30 cm, 50 cm und 65 cm. Eine Kalibrierung auf das Substrat ist nötig. Die Niederschlagsdaten stammen von der DWD-Wetterstation Flughafen Nürnberg. Der Einbauort befindet sich in der Baumscheibe gegenüber den Sensoren von Arbor revival. Unterschiedliche Bodenverdichtung und Substratzusammensetzung in den jeweiligen Bereichen führen zu Abweichung der Messergebnisse.

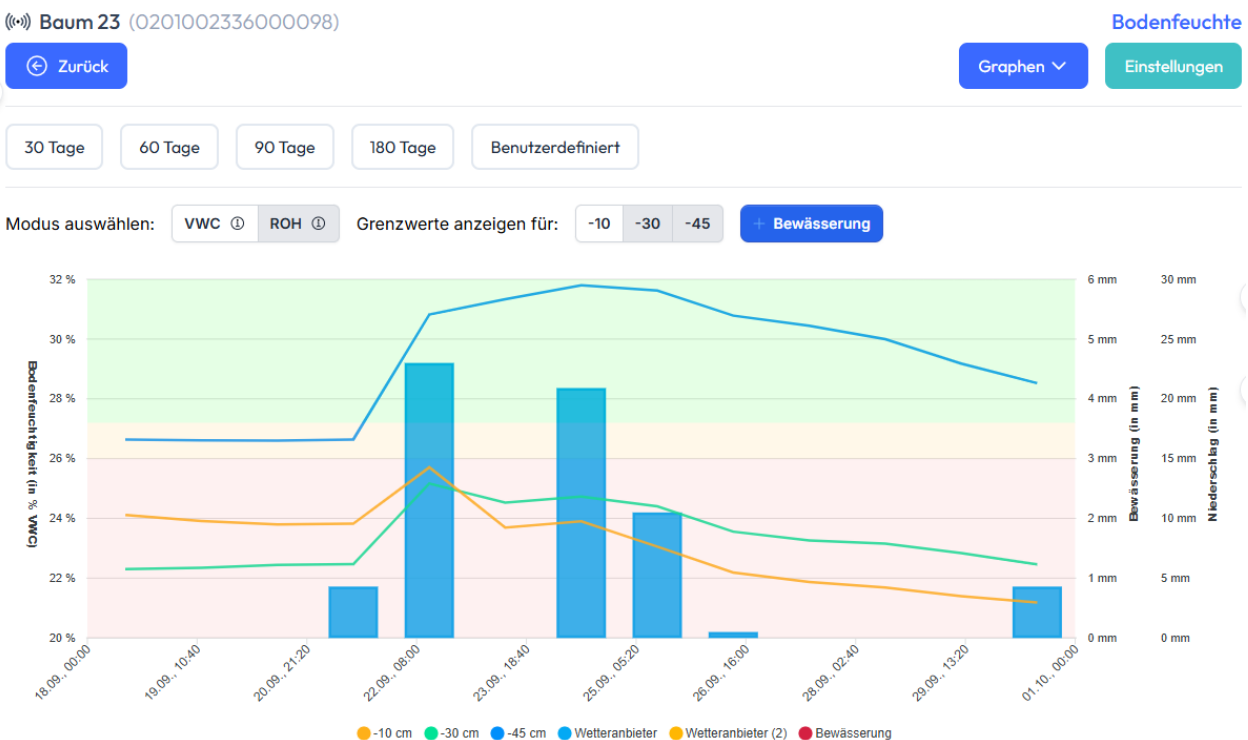


Abbildung 10: Auswirkungen des Starkregenereignisses in Baumrigole 23, gemessen mit dem Climavi City Sensor. Die Messtiefen sind anzupassen: -10 cm -> 30 cm, -30 cm -> 50 cm und -45 cm -> 65 cm. Niederschlag DWD Wetterstaton Nürnberg Flughafen.



Bild 3: Setzen der Telemetrie-Einheit durch Alexander Borgmann gen. Brüser und Susann Wagner von der Firma Arbor revital.



Bild 4: Eingeschlagener Climavi City Bodenfeuchtesensor in der Auswurzelungszone. Thomas Maier von der Firma Agvolution präsentiert die Übertragungseinheit.

4.1.2 Wasseranalysen

Die Ergebnisse der Wasserproben beruhen auf zwei Stichproben, die noch keine Verallgemeinerung zulassen. Aus Kostengründen wurden nicht alle Parameter untersucht, zu denen es Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS-Werte) nach der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) gibt. Die GFS-Werte dienen dem Schutz des Grundwassers im Bereich der Vor- und der Nachsorge. Anwendungsbereiche sind punktuelle Schadstoffeinträge bzw. Grundwasserbelastungen aus Punktquellen. Zu den Anwendungsbereichen im Wasserrecht zählen vor allem Gewässerbenutzungen wie die Direkteinleitung und das Einbringen von festen Stoffen in das Grundwasser. Sie sind also als höchster Standard nach dem Prinzip der Vorsorge anzusehen.

Bei dezentralen Behandlungsanlagen ist nach dem DWA-A 138-1 Merkblatt ein Wirkungsgrad für abfiltrierbare Stoffe AFS63 (Korngrößen 0,45 bis 63 Mikrometer) und gelöste Stoffe festgelegt. Für Wohngebiete ist die Belastungskategorie I ausschlaggebend. Eine Reduzierung um 40 % AFS63 und Rückhalt von 50 % der gelösten Stoffe wird gefordert. Abrieb von Reifen, Bremsbelägen, Fahrbahn sowie Abwasser von Fassaden und angrenzenden Oberflächen können das zu versickernde Niederschlagswasser verunreinigen. Gerade an feinen Feststoffpartikeln können Spurenstoffe und Schwermetalle in hohen Konzentrationen gebunden sein. Exemplarisch wurden die Proben im Projekt GrünSpeichertBlau auf die

abfiltrierbaren Stoffe, Zink, Kupfer, Salzgehalt, Kohlenwasserstoffe (Öle) und das Biozid Mecoprop (MCP) untersucht. Letzteres ist ein Mittel, das manchen Bitumenbahnen zugemischt wird, um die Durchwurzelung zu verhindern. Es kann sehr schlecht in Retentionsbodenfiltern zurückgehalten werden. Die Wasseranalysen wurden durch das Chemische Labor Dr. Graser KG (CLG, Schonungen) vorgenommen.

Bei der Substratrinne D-Rainclean ist die Wirksamkeit nach dem deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) nachgewiesen. Die Sicherheits-Straßenabläufe haben diese Reinigungsleistung nicht und besitzen lediglich einen Verschluss für auslaufende Öle. Mittlerweile gibt es auf dem Markt auch Punktabläufe, die eine Vorreinigung mit Substraten beinhalten.

Der Schwerpunkt der Entnahme der Wasserproben lag also bei den Straßenabläufen, zumal aus der Substratrinne selbst bei einem simulierten 10-jährigen Niederschlagsereignis kein Überlauf in den Baumstandort B 22 und zeitversetzt auch kein Sickerwasser im Probennahme-Rohr festzustellen war.



Bild 5: Vergeblich warten die Versuchsansteller auf den Zulauf des fünfjährigen Regenereignisses aus der D-Rainclean Rinne (links außerhalb des Bildes) in die Baumrigole des Acer campestre 'Huibers elegant'.



Bild 6: Regensimulation auf dem Straßenabschnitt vor Baumrigole 16 durch die Firma Arauner Facility Services.

Die Probennahme wurde unter Praxisbedingungen durchgeführt. Sowohl bei der Wasserentnahme des bereits in den Sickerrohren stehenden Wassers als auch bei den späteren Probenahmen, wurde zum Teil abgesetztes Sediment angesaugt, das noch aus der Bauphase des Wohngebiets stammte.

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Laboruntersuchungen an zwei Bäumen zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Dabei steht „Z“ für den Zulauf in die Versickerungsanlage und „A“ für die Beprobung des Sickerwassers nach Durchquerung des Lava 0/32 bzw. Baumsubstrates. Der einmalig erhöhte Wert für Kohlenwasserstoffe ist vermutlich auf eine vorhergehende Verunreinigung mit Schmieröl zurückzuführen. Die Werte für Zink und Kupfer sind unbedenklich. Der Gehalt an abfiltrierbaren Feinanteilen ist weiterhin zu beobachten und die Technik der Probeentnahme ist zu überprüfen.

Tabelle 2: Analyseergebnis der Wasserproben durch das CLG Chemisches Labor Dr. Graser KG, Schonungen. Die Bezeichnung „Z“ in der Probenbezeichnung steht für „Zulauf“, „A“ bedeutet „Ablauf“ nach Passage durch das Baums substrat. Die Ergebnisse sind aufgrund der Art der Probenahme und Anzahl der Stichproben vorsichtig zu interpretieren.

Parameter	Baum 2A, 5.8.25 vor	Baum 2Z, 5.8.25	Baum 2A, 5.8.25	Baum 16A, 5.8.25 vor	Baum 16Z, 5.8.25	Baum 16A, 5.8.25	Baum 2A, 22.9.25	Baum 16A, 22.9.25	GFS-Wert
Abfiltrierbare Stoffe (AFS63) mg/l	31	720	620	6	39	78	30	40	
kein Wirkungsgrad für Belastungskategorie I; Proben zur Reduktion werden mit 100 mg/l durchgeführt									
Färbung (visuell)	schwach gelb	braun	schwach braun	farblos	farblos	schwach grau	schwach braun	schwach braun	
Trübung (visuell)	schwach getrübt	undurchsichtig	undurchsichtig	fast klar	fast klar	getrübt	getrübt	getrübt	
Geruch - schwach erdig	ohne Befund	mineralisch	erdig	erdig	ohne Befund	ohne Befund	schwach erdig	schwach erdig	
Bodensatz	wenig sandartig	sandartig, viel	sandartig, sehr viel	ohne	wenig	wenig	sehr wenig	wenig	
pH-Wert (Labor)	7,35	7,84	7,56	7,64	8,1	7,85	7,46	7,42	
Temperatur bei pH-Wert-Messung °C	13,6	13,3	13,8	14,3	14,7	14,7	19,7	16,3	
Elektrische Leitfähigkeit, 25°C (Labor) µS/cm	426	281	332	209	446	407	125	268	
Grenzwert 2790 µS/cm für Trinkwasser									
Kupfer (Cu) filtrierte mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,0054
Zink (Zn), filtrierte mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,06
Kohlenwasserstoffe (C10-C40) µg/l	320	140	110	< 100	140	< 100	< 100	< 100	100
Mecoprop (MCP) mg/l	0,00066	kleiner 0,00002	0,00016	kleiner 0,00002	kleiner 0,00002	kleiner 0,00002	kleiner 0,00002	kleiner 0,00002	0,0001

4.2 Steuerung der Bewässerung

Neben der Überwachung der Versickerungsleistung diene die eingebaute Sensortechnik dazu, den Versorgungsgrad der Bäume mit Wasser zu dokumentieren. Ausschlaggebend ist das pflanzenverfügbare Wasser. Die Wasserretentionskurve (pF-Kurve) dient dabei als zentrale Kenngröße, da sie den Zusammenhang zwischen Wassergehalt und Saugspannung beschreibt und Aussagen zum pflanzenverfügbaren Wasser, der Luftkapazität und dem Totwasser ermöglicht. Direkt können nur die im Ballen und in 30 cm Tiefe eingesetzten Watermark-Sensoren die Saugspannung im Bereich von 0 bis 200 Kilopascal bestimmen. Die SMT 100 Sensoren von Truebner sind robuster und so deutlich langlebiger (> 10 Jahre),

arbeiten nach dem Prinzip der time domain reflectometry (TDR) und können die Boden-feuchte in Volumenprozent erfassen.

Die in den Abbildungen gezeigten Messwerte sind noch nicht kalibriert, da die Auswertung der Bodenanalyse erst zu Projektende vorlag. Tendenziell wird bei der volumetrischen Messung ein etwas zu hoher Wassergehalt des Bodens (Baumsubstrat Vulcatree 0/32 R) angezeigt.

Das Versuchsjahr stellt die Etablierungsphase der gepflanzten Jungbäume dar. Für die Bewässerungsempfehlungen wurde mit der Saugspannung des Watermark-Sensors unmittelbar im Ballen gearbeitet (Abb. 5: Braune Linie).

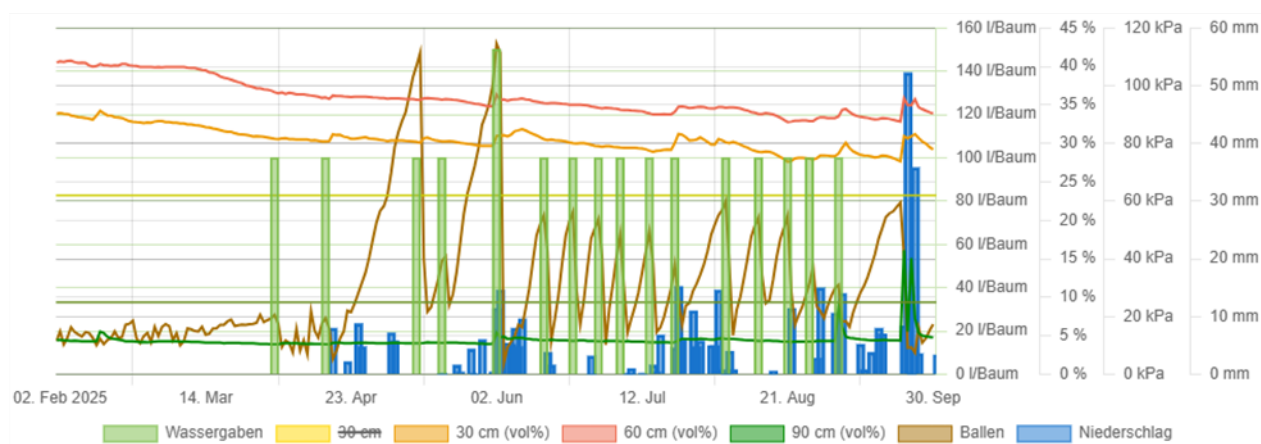


Abbildung 11: Messdaten des Baumstandortes B2, *Alnus spaethii* im Zeitraum vom 1.2 bis 30.09.2025.

Als Schwellenwert für das Auslösen der Bewässerung wurde 25 kPa eingestellt. Ein pF-Wert von 1,8 (100 % nutzbare Feldkapazität) entspricht im Baumsubstrat etwa 6 kPa. Bis 32 kPa Saugspannung im Ballen steht dem Baum ausreichend Wasser zur Verfügung, was dem pF-Wert von 1,8 bis 2,5, also dem Bereich der engen Grobporen entspricht.

Anfangs wurden 100 Liter pro Baum in einer einmaligen Bewässerungsgabe mit Gießbrause in den Gießring appliziert. Die Abbildung 5 zeigt, dass damit die gewünschte Durchfeuchtung des Ballens nicht erreicht wurde, da ein beachtlicher Teil des Wassers an den von der Baumschule gelieferten Ballen direkt in das Baumsubstrat abläuft, ohne die Wurzelmasse im Ballen ausreichend zu durchfeuchten. Somit wurde ab 15. Mai 2025 die Wassergabe in 2 x 50 Liter pro Baum aufgeteilt, was für den Bewässerungsdienstleister einen erhöhten Arbeitsaufwand darstellte. Insgesamt wurden 15 Bewässerungsgänge mit 100 Litern und ein Bewässerungsgang mit 150 Litern Anfang Juni durchgeführt (= 1650 Liter pro Baum).

Die Bewässerungsgaben hatten auch keine Auswirkungen auf die Bodenfeuchte in 30 und 60 cm Tiefe außerhalb des Gießringes. Am Baumstandort 2 lag der Sensor in 90 cm Tiefe vermutlich unmittelbar in oder bei der ringförmigen Lava 16/32 Packung. So lässt sich der niedrige Wassergehalt erklären, der nur bei länger anhaltendem Regen anstieg.

4.3 Auswurzelung und Pflanzenvitalität

Im Oktober des ersten Standjahres wurde die Auswurzelung der Jungbäume durch vorsichtiges Abgraben untersucht. Dies ist Bestandteil des systematischen Ansatzes der Firma Arbor revital. Gewinner waren *Tilia americana* 'Redmond' und *Alnus x spaethii* mit über 70 cm Wurzelzuwachs gemessen ab Stamm. Alle anderen Bäume lagen zwischen 30-60 cm und nur die zwei *Liquidambar styraciflua* blieben mit etwa 30 cm hinter den Erwartungen zurück.

Im zweiten Standjahr kann der Bewässerungsradius aufgrund der Auswurzelung bei den meisten Baumarten bis auf etwa 1,0 m erweitert werden. Ab dem 3. Jahr sollten Bewässerungsgaben in Höhe von 200 bis 300 Liter pro Baum angestrebt werden, deren Zeitpunkt am Bodenfeuchtemonitoring festgemacht wird.



Bild 7: Auswurzelung Baum B2, *Alnus x spaethii* bis zu 90 cm, bei sehr guter Vitalität des Baumes.



Bild 8: Auswurzelung Baum 7, *Liquidambar styraciflua* bis 30 cm, bei ausreichend guter Vitalität des Baumes.

Die Beurteilung der Vitalität der Bäume lag zwischen ausreichend gut bis sehr gut. Lediglich ein *Acer campestre* 'Huibers elegant' (Baum 22) wies eine ausreichend gute Vitalität und der *Liqui-dambar styraciflua* (Baum 16) eine schwache Vitalität auf, zu erkennen am frühzeitigen Laubfall im Herbst und abgestorbenen Feinästen.

5 Hinweise für die Praxis

- Auch wenn einheitliche Pläne und Schnittzeichnungen vorliegen, gibt es Unterschiede im Aufbau der Baumrigolen. Diese reichen von der Lage und Einbauhöhe der eingebauten Lavaschicht bis zu unterschiedlich verdichtetem Baumsustrat. Die Ausführung durch viele Baubeteiligte mit abweichendem, vegetationstechnischen Verständnis, erschwert später eine exakte Versuchsdurchführung.
- Im Zuge der Planung angestellte Bodenuntersuchungen (Schürfe) im Baugebiet lassen keine flächendeckenden Schlüsse über den Aufbau des Baugrundes zu. Verdichtete Schichten können auch während des Bauablaufes auf späteren Vegetationsflächen durch unsachgemäße Bodenarbeiten entstehen.
- Eine Vorfiltration durch Substrat bzw. 30 cm bewachsenen Oberboden ist bei dezentralen Versickerungsanlagen unverzichtbar und hält insbesondere auch Feinanteile zurück.
- Im Forschungsprojekt GrünSpeichertBlau funktionierte der Rückhalt und die Versickerung unterhalb der D-Rainclean Filterrinne so gut, dass kein Überschusswasser in die angeschlossenen Baumstandorte übergeleitet wurde. Aus diesem Grunde bieten einige Hersteller nun schon Rinnen an, die gleichzeitig Wasser filtern, auffangen und transportieren.
- Der nachträgliche Einbau von Sensoren in Baumsustrate mit großen Korngrößen (FLL Substrat Typ 2, Vegtra Mü Typ B, Rigolensustrate) ist schwierig. Es sollten Platzhalter, wie z. B. senkrechte KG-Rohre in die Baumgruben eingebaut werden, von denen dann eine horizontale und vor allem bodenschlüssige Instrumentierung vorgenommen wird.
- Im Projekt wichen die angezeigten Sensorwerte zum Teil stark voneinander ab. Die Bodenverhältnisse am jeweiligen Einbauort können sehr unterschiedlich sein. Gerade in technischen Baumsustraten mit hohem Anteil an Grobkorn kann die Wasserverteilung stark variieren. Daher sollten stets mehrere Baumstandorte zur Ermittlung des Bewässerungsbedarfs ausgewertet werden.
- Die Überwachung der Wasserversorgung der Baumstandorte mittels Sensortechnik kann Wasser, Fahrtkosten und Arbeitszeit sparen. Ein leistungsfähiger Dienstleister kann mit den Informationen über die Wasserversorgung die Gießrouten flexibel planen und mittels eines GIS-Systems zuverlässig dokumentieren.
- Die Messwerte des volumetrischen Wassergehaltes, im Projekt mit SMT 100 Sensoren ermittelt, müssen auf das vorliegende Substrat bzw. den Boden kalibriert werden. So können realistische Aussagen über den tatsächlichen Wassergehalt und auch das pflanzenverfügbare Wasser gemacht werden.
- Lokale Niederschläge können stark von den Messwerten der Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und anderen frei verfügbaren Anbietern von Wetterdaten abweichen. Es ist anzuraten eine eigene Wetterstation in das Messnetz zur Bewässerungssteuerung einzubinden.
- Baumstandorte sind während der Bauzeit zu schützen und sollten zumindest an Durchfahrten erst nach Abschluss aller Bauarbeiten bepflanzt werden.
- Es muss sichergestellt werden, dass auf den Straßen und Wegen, von denen das Regenwasser in die Pflanzflächen gelangen kann, kein Streusalz eingesetzt wird.

- Bewässerungsgaben mit ca. 100 Liter pro Baum (StU 25-30) im ersten Standjahr haben sich bewährt. Aufgrund des möglichen Kapillarbruches zwischen bindigem Pflanzballen und umliegenden grobkörnigem Substrat, sollte die Bewässerung in zwei aufeinanderfolgenden Gaben von 50 Litern ausschließlich auf den Ballen erfolgen.
- Im zweiten Standjahr kann der Bewässerungsradius aufgrund der Auswurzelung bei den meisten Baumarten erweitert werden.
- In der Stadt Stein hat sich die Kombination aus Versickerungsanlage und Baumstandorten im ersten Versuchsjahr bewährt. Bei der Dimensionierung auf ein fünfjähriges Niederschlagsereignis wird das Oberflächenwasser zurückgehalten und versickert in den Rigolenkörpern. Alle Bäume sind durch das Bewässerungsmanagement angewachsen.



Bild 9: Ausgleichspflanzung eines Hochstammes im Wohngelände Anfang August. Zuständigkeit liegt nicht bei der Stadtgärtnerei Stein.



Bild 10: Amberbaum am Standort B16 nach einem Bewässerungsvorgang Anfang August zum Vergleich.

6 Öffentlichkeitsarbeit

Vorträge zum jeweiligen Forschungsstand wurden insbesondere für den Teilnehmerkreis bayerische Kommunen gehalten. Auf den Landespflegetagen am 24. Februar 2026 werden vom Projektbearbeiter die Ergebnisse des Kurzprojektes den Teilnehmern aus Garten- und Landschaftsbaubetrieben, Landschaftsarchitekten, Kreisfachberatern und Mitarbeitern der Kommunen/Bauhöfe präsentiert. Hierzu gibt es eine Veröffentlichung im Tagungsband. Der Abschlussbericht wird auf der Homepage veröffentlicht.

Weitere Veröffentlichungen in den Fachzeitschriften DEGA und Neue Landschaft sind im Jahr 2026 im Nachgang zu den Landespflegetagen 2026 geplant.

6.1 Vorträge und Veröffentlichungen

6.1.1 Vorträge

- Kendzia, N. Schwammdörfer und – städte, Boden als Teil der Blau-Grünen-Infrastruktur Tag des Bodens, Gartenakademie, LWG 05.12.2024
- Kendzia, N. Kommunales Grün der Zukunft - Klimarasen, Klimagewinner, Nutzwasser. Jahrestagung AK Stadtgrün des Bayerischen Städtetages, Gartenamtsleiter. Bad Reichenhall 15.07.2025.
- Kendzia, N. GrünSpeichertBlau - Baumrigolen in Stein Kommunale Baumpflegegruppe Franken, Bauhöfe und Gartenämter, ca. 80 TN. Stadt Stein 28.10.2025

6.1.2 Veröffentlichungen

- Kendzia, N. (2026) GrünSpeichertBlau – Baumrigolen verkabelt, Veitshöchheimer Berichte 205. Erscheinungsdatum 24.02.2026. Ein PDF der Veröffentlichung liegt dem Abschlussbericht bei.
- Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V. (ALB) (2024): Beratungsblatt Bewässerung urbaner Grünflächen – Anforderungen an Baumstandorte

7 Literatur

- Technische Regeln zum schadlosen Einleiten von gesammeltem Niederschlagswasser in das Grundwasser (TRENGW) - 17. Dezember 2008 (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit)
- Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser - Aktualisierte und überarbeitete Fassung 2016 (Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, LAWA)
- Verordnung über die erlaubnisfreie schadlose Versickerung von gesammeltem Niederschlagswasser (Niederschlagswasserfreistellungsverordnung – NWFreiV) - 01. Januar 2000 (Freistaat Bayern)
- Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz, GALK, Arbeitskreis Stadtbäume (2024): Positionspapier Wassersensible Straßenraumgestaltung, Versickerungsanlagen sind keine Baumstandorte
- Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser – Teil 1: Planung, Bau, Betrieb. DWA-A 138-1 2020 (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., DWA)
- Grundsätze zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser – 2011 (Deutsches Institut für Bautechnik, DIBt)
- Empfehlungen für Baumpflanzungen Teil 2: Standortvorbereitung für Neupflanzungen; Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate - 2010 (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V., FLL)
- Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts, Wasserhaushaltsgesetz (WHG) – 12. August 2025 (Bundesrepublik Deutschland)
- Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung - 16. Juli 2021 (Bundesrepublik Deutschland)
- DIN 18920 „Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Schutz von Bäumen, Pflanzenbeständen und Vegetationsflächen bei Baumaßnahmen“ – Juli 2014 (Beuth Verlag)
- Richtlinien zum Schutz von Bäumen und Vegetationsbeständen bei Baumaßnahmen“ (R SBB) - 2023 (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV))
- Leitfaden „Multifunktionale Versickerungsmulden“ – 2024 (Landesamt für Umwelt (LfU))
- Richter, Michael; Dickhaut, Wolfgang (2023): Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung an Baumstandorten. Jahrbuch der Baumpflege (S. 99-118), Augsburg 2023.
- Melanie Dening (2025): Interview Smarte Praxis: Kommunales Bewässerungsmanagement „Es beginnt mit intelligenter Routenführung“. Taspo Nr.48, S. 12.
- Operationelle Gruppe NuTree (2025): Nutzerhandbuch. www.nutree-eip.de
- Umweltbundesamt (2024): TEXTE133/2024 Für Mensch & Umwelt: Anlage D, Entwicklung eines Laborprüfverfahrens zum Rückhalt von partikulären Stoffen in dezentralen Niederschlagsbehandlungsanlagen bei Einleitung in Oberflächengewässer, Ausformuliertes Prüfverfahren von: Martina Dierschke, Christian Hähnlein, Frankfurt University of Applied Sciences. Frankfurt am Main.
- Alexander Borgmann genannt Brüser, Christoph Sternberg (2023): Systematische sensorgestützte Baumbewässerung. Pro Baum 02/2023, S. 7-13.

Links:

<https://www.hcu-hamburg.de/research/forschungsgruppen/reap/reap-projekte/bluegreenstreets>

8 Ausblick

Nach dem abgeschlossenen Kurzprojekt werden die Bäume in der Stadt Stein in reduziertem Umfang vom Institut Stadtgrün und Landschaftsbau weiter betreut. Es ist ein systematisches Monitoring bezüglich Baumvitalität vorgesehen. Forschungsbedarf besteht weiterhin, um bei der Zwischenspeicherung von Wasser für die Bäume in Trockenzeiten Langzeiterfahrungen zu sammeln.

Grundsätzlich sollte die Standardisierung der Bauweisen für Versickerungsanlagen in Kombination mit-Baumstandorten vorangebracht werden.

Eine Vision ist die Weiterentwicklung der Stadtgrünpflege mit künstlicher Intelligenz, vergleichbar dem erst gestarteten Projekt BlueGreenCity-KI in Hannover. Dort soll anhand von Geodaten aus dem Umweltbereich, Sensordaten und dem Baumpflegekataster eine Pflege- und Bewässerungsplanung entwickelt werden. Neben der Ermittlung von erforderlichen Bewässerungsmengen soll auch eine intelligente Gießroutenplanung erfolgen. Die Bausteine für ein solches Pflegemanagement wurden mit dem Projekt GrünSpeichertBlau bereits in der Stadt Stein gelegt.

9 Anhang

Anhänge nicht zur Veröffentlichung bestimmt:

- Anhang 1: Wasseranalysen durch Labor CLG vom 05.08.2025
- Anhang 2: Wasseranalysen durch Labor CLG vom 22.09.2025
- Anhang 3: Bodenanalyse zur Feuchtekorrektur von Arbor revival
- Anhang 4: Protokoll der Auswurzelung und Vitalität der Bäume von Arbor revival
- Anhang 5: Vortrag „GrünSpeichertBlau“ vor Baumpflegegruppe, ca. 80 TN vom 28.10.2025
- Anhang 6: Veröffentlichung „GrünSpeichertBlau – Baumrigolen verkabelt“ in Veitshöchheimer Berichten 205, freigegeben ab 24.02.2026

Bildnachweis: © LWG Veitshöchheim

IMPRESSUM

Herausgeber

Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG)
An der Steige 15, 97209 Veitshöchheim,
Telefon +49 931 9801-0, www.lwg.bayern.de

Redaktion und Gestaltung

Institut für Stadtgrün- und Landschaftsbau (ISL), isl@lwg.bayern.de

© LWG Veitshöchheim, Nachdruck und Veröffentlichung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers.