

Divergierende Ziele bei der Bewirtschaftung von Baumrigolen

N. Siering¹, H. Grüning¹,

¹ FH Münster, Stegerwaldstraße 39, 48565 Steinfurt, Deutschland

Kurzfassung: Baumrigolen wirken multifunktional. Neben der positiven Wirkung von Bäumen in innerstädtischen Räumen leisten Sie einen Beitrag zur Überflutungsvorsorge und ermöglichen die Bewässerung von Bäumen während niederschlagsarmer Zeiträume. Die Quantifizierung der Wirkung ist bislang noch nicht nachgewiesen. Bemessungsvorgaben fehlen. Am Beispiel eines Rigolensystems mit unterirdischen Speicherelementen an drei Standorten im Münsterland wurde nachgewiesen, in welchem Umfang die Abflüsse bei Starkregen zurückgehalten werden. Weiterhin wird das Bewässerungspotenzial von Baumrigolen quantifiziert.

Key-Words: Dezentraler Rückhalt, Bewässerung, Stadtklima, wasserbewusste Stadtentwicklung

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Zunahme ausgeprägter Trockenphasen mit Unterbrechung durch intensive Niederschläge während der Sommermonate stellt vor allem in hochverdichteten urbanen Räumen eine Herausforderung dar. Ein Element des Konzeptes der wasserbewussten Stadtentwicklung (häufig als „Schwammstadtkonzept“ bezeichnet) sind Baumrigolen. Das Speicher-Baum-System kombiniert dabei

- Bewässerung des Baumes mit gespeichertem Niederschlagswasser
- Kühlung durch Verschattung und Verdunstung
- Überflutungsvorsorge durch dezentrale Retentionsräume

Ergebnisse u.a. von Grey et al. (2018) zeigen, dass Baumrigolen das Wachstum von Bäumen deutlich erhöhen können, wenn Staunässe vermieden wird. Das auf den ersten Blick bestechend einfache Konzept erweist sich bei konkreter Umsetzung als komplex. Das zeigt bereits der Blick auf die beteiligten Bereiche und Institutionen im kommunalen Umfeld:

- Straße und Verkehr
- Grünflächen und Freiraumgestaltung
- Stadtentwässerung und Netzbetreiber
- Genehmigungsbehörden

Neben der baulichen Integration in den öffentlichen Verkehrsraum ist anschließend die dauerhafte Zuständigkeit inklusive der Finanzierungsfrage zu klären. Zudem fehlen bislang eindeutige Bemessungsvorgaben für Baumrigolen. Bei der Bemessung und Bewirtschaftung entsteht der grundlegende Nutzungskonflikt:

„freier Speicher (Überflutungsvorsorge) vs. voller Speicher (Baumversorgung)“.

Im Rahmen des Projektes „Entwicklung eines Bewässerungskonzeptes von urbanem Grün während klimatisch bedingter Trockenphasen (BeGrüKlim)“ wurden Möglichkeiten und Grenzen von Baumrigolen als Speicher- und Bewässerungssysteme untersucht. Darüber

hinaus sind zahlreiche Detailfragen zu berücksichtigen, die nicht zu klassischen Wasserwirtschaftsaufgaben zählen, wie beispielsweise die optimale Wasserzuführung in den Wurzelraum und die generellen Bedürfnisse des Baumes (Nährstoffe, Wasser und Luft). Dabei sind mögliche Probleme wie Staunässe oder der Eintrag von Schadstoffen, zu berücksichtigen.

2 Systeme und Standorte

Insgesamt wurden im Rahmen des Forschungsprojektes BeGrüKlim an drei Standorten in Nottuln (Münsterland) Rigolensysteme untersucht. Davon befindet sich eines auf dem Firmengelände der Humberg GmbH (Standort „Humberg“) und zwei im Nottulner Stadtteil Appelhülsen in der Straße Am Pastorskamp. Der Standort „Am Pastorskamp“ repräsentiert Bäume, die als Straßenbegleitgrün im öffentlichen Verkehrsraum angeordnet sind. Dabei ist an ein System die Dachfläche eines Wohnhauses angeschlossen (Standort „Pastorskamp Wohnhaus“) und in das andere entwässert eine Parkplatzfläche (Standort „Pastorskamp Parkplatz“). An jedem Standort wird sowohl ein Baum mit dem Baumrigolensystem als auch zum Vergleich ein Referenzbaum untersucht. Der Referenzbaum entspricht dem klassisch gepflanzten Stadtbaum. Systeminformationen zu den drei Standorten enthält Tabelle 1. Wesentlicher Unterschied sind die Art und Größe der angeschlossenen Fläche sowie die Baumarten. Das Rigolensystem am Standort Humberg unterscheidet sich auch in der Bauweise von den Systemen am Pastorskamp. Grund ist die unterschiedliche Lage der Anschlussleitung und der verfügbare Platz. In diesem Beitrag werden exemplarisch das System und Untersuchungsergebnisse am Standort der Firma Humberg dargestellt.

Tabelle 22: Systemspezifikationen und Bedingungen an den verschiedenen Standorten

Standortname	Humberg	Pastorskamp Wohnhaus	Pastorskamp Parkplatz
k _r -Wert	$4,37 \cdot 10^{-6}$ m/s	$8,33 \cdot 10^{-7}$ m/s	$8,33 \cdot 10^{-7}$ m/s
Geländehöhe	92 müNN	69 müNN	69 müNN
Grundwasserflurabstand	8,94 m	3,38 m	3,38 m
Baumart	Liquidamber styraciflua Amerikanischer Amberbaum	Acer cappadocium Rubrum Kolchischer Blut-Ahorn	Liquidamber styraciflua Amerikanischer Amberbaum
Datum der Einpflanzung	28.02.2020 05.03.2021*	14.04.2021 15.11.2021**	14.04.2021
Substrat	Vulcatree® L 0-32	Vulcatree® L 0-32	Vulcatree® L 0-32
Angeschlossene Fläche	300 m ² Dachfläche	245 m ² Dachfläche	425 m ² Parkplatz
* Der Systembaum am Standort Humberg wurde für die Optimierung des Bewässerungssystems im Zeitraum vom 28.02.2021 bis zum 05.03.2021 temporär entnommen			
** Der ursprüngliche System- und Referenzbaum am Standort Pastorskamp Wohnhaus wurden am 15.11.2021 durch neue Bäume ausgetauscht, da diese vermutlich aufgrund eines Frostschadens nicht angegangen sind			

In Abbildung 1 ist das Prinzip des Baumrigolensystems auf dem Gelände der Humberg GmbH dargestellt. Das Niederschlagswasser von der 300 m² großen Dachfläche wird in die beiden oberen Speicher mit einem Gesamtvolumen V_O von 0,52 m³ geleitet. Von dort gelangt das Wasser über Perlschläuche in den Wurzelraum (V_W) des Baumes oder aber ab einem gewissen Füllstand über den Überlauf in den unteren Speicher (V_U). Das Niederschlagswasser im unteren Speicher wird von dort in den Untergrund versickert und steht dem Baum daher nicht unmittelbar zur Verfügung. Optional kann das Wasser aber auch über eine kleine Pumpe

in den oberen Speicher zurück gepumpt werden. Bei starken Regenereignissen, die das ganze Speichervolumen des Systems füllen, entlastet das System über einen Notüberlauf in den Abwasserkanal. Das Rigolensystem (Typ ALVEUS) wurde in Abstimmung zwischen der FH Münster und dem Systemhersteller, der Firma Humberg, im Rahmen des Projektes immer wieder optimiert. Ein Vorteil des Systems ist die Flexibilität, die eine individuelle Anpassung an unterschiedliche Standorte und Platzverhältnisse ermöglicht.

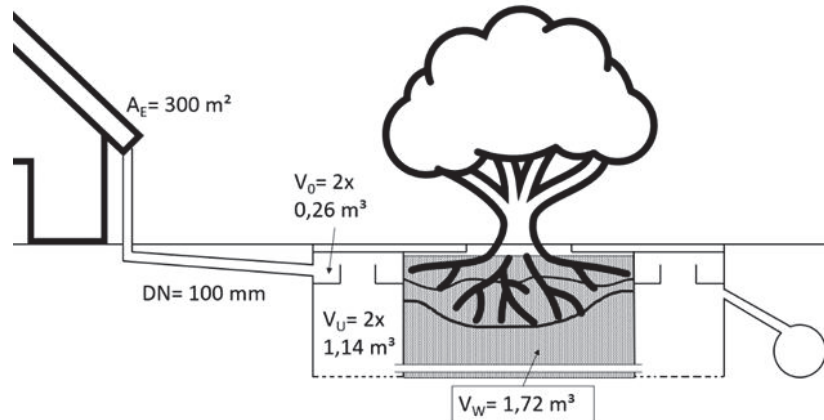


Abbildung 66: Prinzipskizze des ALVEUS-Systems auf dem Firmengelände der Fa. Humberg GmbH

3 Messtechnik

An jedem Standort wurden der Niederschlag, die Bodenfeuchte und Bodentemperatur sowie die Füllstände der Füllstand im Speicher in einem fünfminütigen Messintervall kontinuierlich erfasst sowie die Niederschlagshöhe zur Ermittlung des Zuflusses in das System aufgezeichnet. Zur Niederschlagserfassung wurden ein Niederschlagsschreiber der Firma Campbell scientific Ltd. des Modells Kalyx-RG und ein Niederschlagsmessgerät der Firma NIVUS verwendet. Zum Nachweis der Bewässerungsleistung wurden in den Substratkörpern der Pflanzgruben der untersuchten Projektbäume jeweils fünf bis zehn Sonden der Firma TRUEBNER des Typs SMT 100 eingesetzt. Neben der Bodenfeuchte messen diese Sonden auch die Bodentemperatur in unterschiedlicher Lage innerhalb der Pflanzgrube. Über Time-Domain-Reflectometry (TDR) wurde die Dielektrizitätszahl des Bodens aus der Signallaufzeit ermittelt und wie bei der Frequency-Domain-Reflectometry (FDR) in eine Frequenz umgewandelt. Die Füllstandserfassung der Systemspeicher erfolgte mittels NTB-Brunnensonde der Firma KOBOLD Messring GmbH.

4 Bilanzierung des Bewässerungs- und Entlastungsverhaltens

4.1 Messdaten

Die gemessenen Füllstände, Niederschlag (Tagessummen) und Bodenwassergehalte (unterschiedliche Positionen) sind in Abbildung 67 für das erste und in Abbildung 68 für das zweite Messjahr dargestellt. Die Bodenwassergehalte sind dabei in %-REW (relative extractable water bzw. pflanzenverfügbarer Wassergehalt) angegeben.

Im Verlauf der Untersuchungen ist über die Bestimmung der in situ Feldkapazitäten nach einem Flutungsversuch, bei dem die Porenräume des Substrats im Wurzelbereich über 2 Stunden geflutet werden, festgestellt worden, dass die Einbausituation der Bodenwassergehaltssonden auf Grund der grobkörnigen Struktur des verwendeten

Substrates nicht einheitlich war. Grund dafür war ein ungleicher Kontakt der Messsonden zum umliegenden Substrat. Der Vergleich der gesamten Messwerte führte zu eingeschränkt interpretierbaren Werten. So lag über längere Zeiträume der Bodenwassergehalte unterhalb des Totwassergehaltes, allerdings ohne nachweisbare Vegetationsschäden an den Bäumen. Daraufhin wurde eine Sondenselektion durchgeführt, um nur Sonden mit vergleichbarer Einbausituation zu vergleichen.

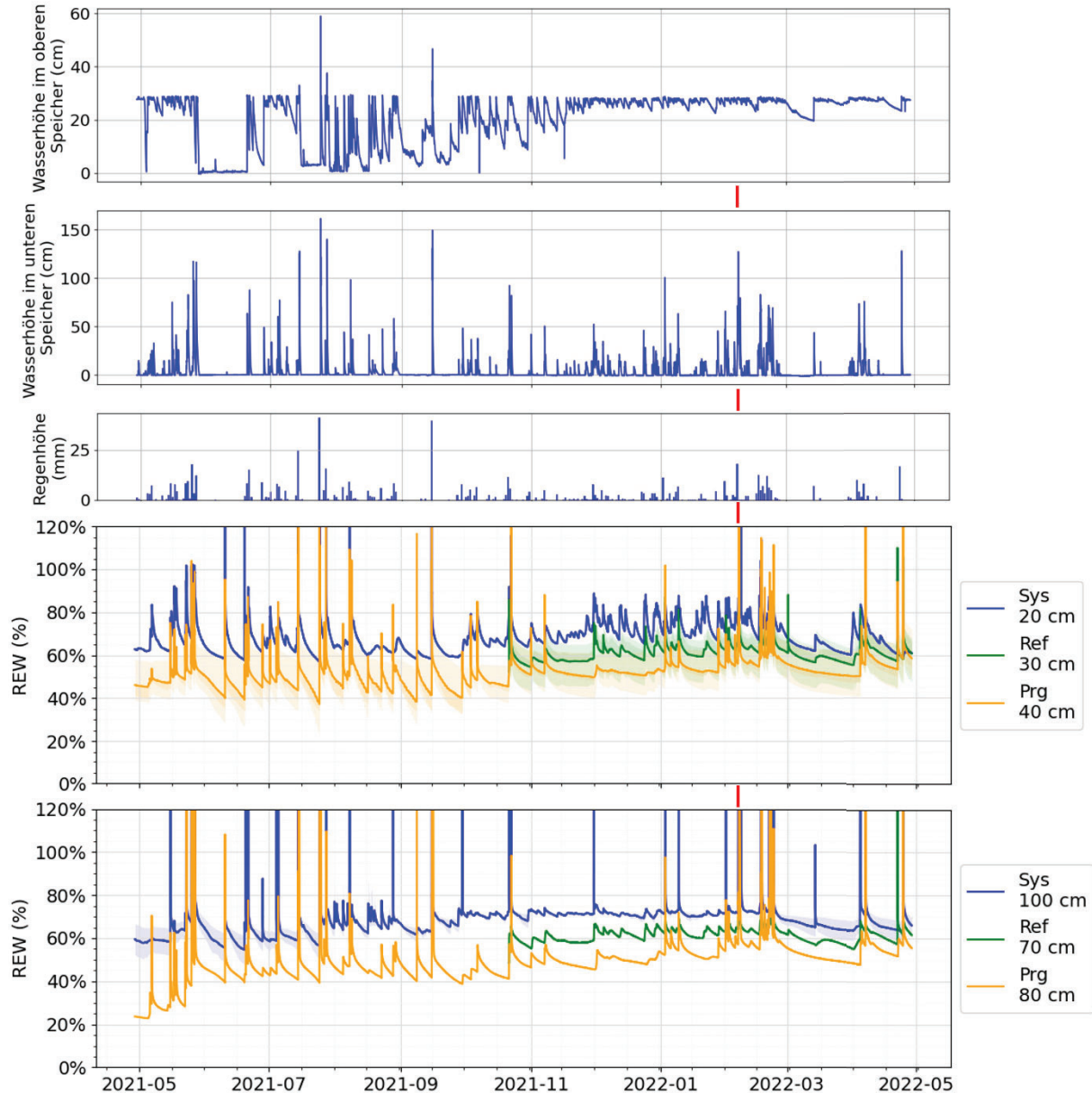


Abbildung 67: Füllstände und Niederschläge (Tagessummen) sowie Bodenwassergehalte im ersten Messjahr (29.4.2021 – 28.04.2022) - schattierte Bereiche zeigen die Spannweite der Einzelmessungen (REW: relative extractable water bzw. pflanzenverfügbarer Wassergehalt; Sys: Systembaum; Ref: Referenzbaum; Prg: Referenzbaum mit Schutzrostsystem) (Äußere Einflüsse: rot - Flutungsversuch)

Im Untersuchungszeitraum wurden 13 Regenereignisse erfasst, die zu einer Entlastung des Systems in den angeschlossenen Regenwasserkanal geführt haben (Füllstand im unteren

Speicher oberhalb von 105 cm). Davon führten sechs Ereignisse zu einem Einstau des Systems oberhalb der Überlaufkante des oberen Speichers (29 cm). Es zeigte sich, dass sich für den oberen Speicher deutlich höhere Auslaufgeschwindigkeiten über die Perlschläuche in der Vegetationsperiode, die etwa zwischen Mai bis September liegt (Schütt et al., 2022) einstellen, als außerhalb der Vegetationsperiode. Dementsprechend wurden auch keine Zeiträume eines leeren oberen Speichers außerhalb der Vegetationsperiode festgestellt. Innerhalb der Vegetationsperiode wiesen die Ausflussgeschwindigkeiten ebenfalls eine hohe Variabilität auf. Ursache hierfür kann eine Verstopfung der Perlschläuche durch feine Partikel sein, die eine Reduktion der Auslaufgeschwindigkeit im zeitlichen Verlauf bewirken. Ebenfalls kann eine selbstregulierende Wirkung basierend auf den Saugspannungen im Substratgefüge hierfür eine Erklärung sein. Auf Grund der Problematik einer repräsentativen Bodenfeuchtemessung kann hierüber jedoch noch keine gesicherte Aussage getroffen werden.

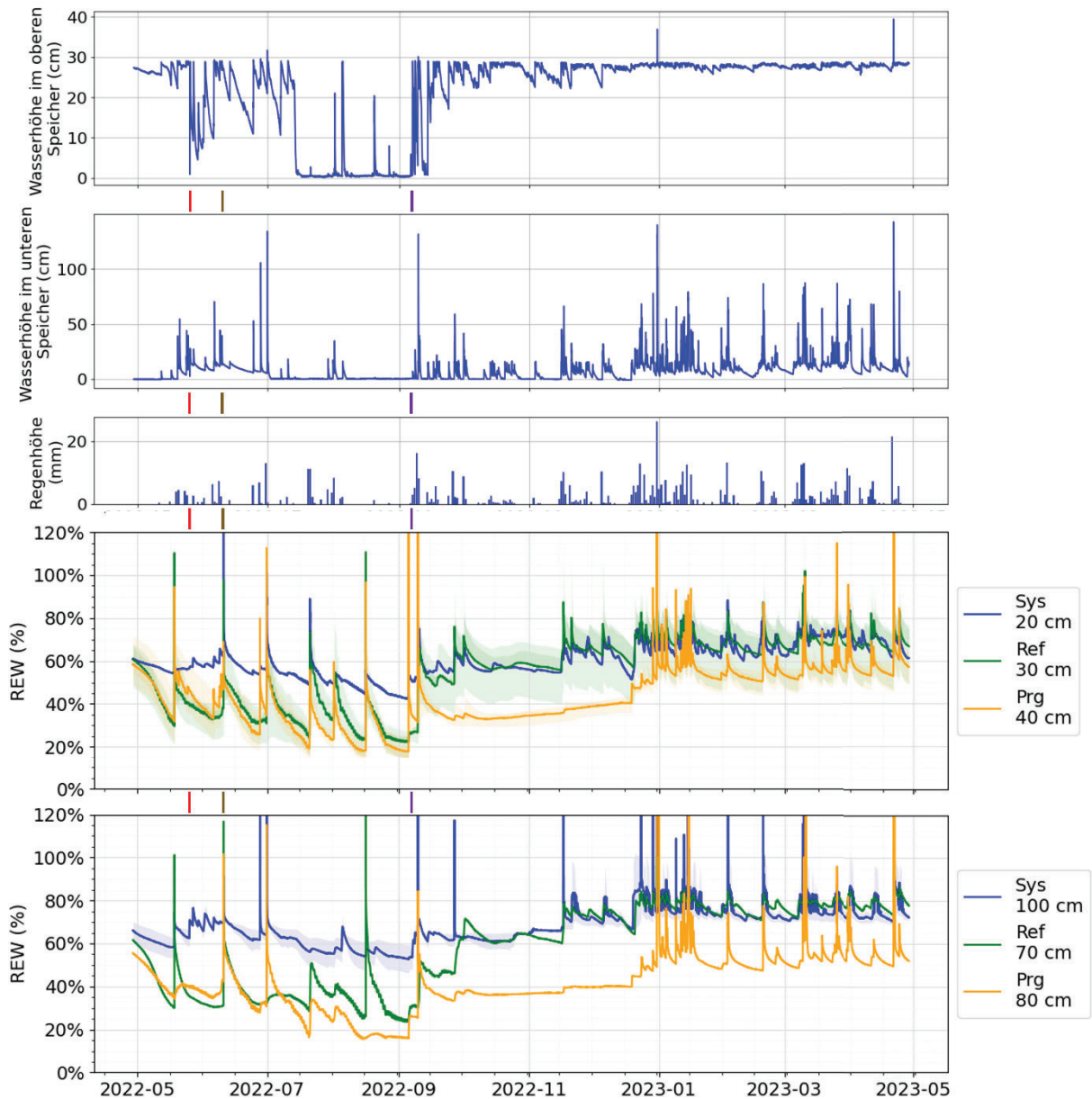


Abbildung 68: Füllstände, Niederschläge (Tagessummen) und Bodenwassergehalte im zweiten Messjahr (29.4.2022 – 28.04.2023) - schattierte Bereiche zeigen die Spannweite der Einzelmessungen (REW: relative extractable water bzw. pflanzenverfügbarer Wassergehalt; Sys: Systembaum; Ref: Referenzbaum; Prg: Referenzbaum mit Schutzrostsystem) (Äußere Einflüsse: rot - Reinigung der Perlschläuche; braun – temporäre Abdichtung der Zuläufe für Versuchszwecke; lila – externe Bewässerung der Bäume)

Die Messergebnisse der selektieren Bodenfeuchtesonden zeigen vor allem in den Vegetationsperioden einen höheren Bodenwassergehalt für den Systembaum. Dies lässt zunächst darauf schließen, dass durch die Rigole eine bessere Wasserversorgung erreicht wird, als an den Referenzstandorten. Der Systembaum musste jedoch für eine Anpassung des Systems ein Jahr nach Erstpflanzung temporär versetzt werden, wodurch die Wurzel ausbreitung des Systembaums weniger ausgeprägt ist als bei den Referenzbäumen

(vgl. Tab. 1). Die Werte der Referenzbäume zeigen einen deutlichen Einfluss der Vegetationsperiode erst im zweiten Messjahr. Demnach kann davon ausgegangen werden, dass die Wurzelsysteme der Referenzbäume den Einflussbereich der Messsonden erst dann erreicht haben. Dies bedeutet, dass belastbare Aussagen über den Einfluss der Bewässerung auf den Bodenwasserhaushalt des Systembaums erst mit den Daten des dritten Messjahres möglich sind.

4.2 Simulation des Systems

4.2.1 Aufbau des Modells und Kalibrierungszeiträume

Um fundiertere Aussagen über die Funktionalität des Systems als langfristiges quasinatürliches Bewässerungselement und als Element der Überflutungsvorsorge treffen zu können, wurden die Speicher des Systems (Systemauslegung am Standort Humberg) mit ihren Übergangsverläufen in den Untergrund und den Wurzelraum modelliert. Wie in Kapitel 4.1 beschrieben, wurde ein erhöhter Ablauf über die Perlschläuche in der Vegetationsperiode festgestellt. Dies wird bei der Modellierung durch Anpassung des Ablaufs über eine angenommene Vegetationsperiode von Anfang Mai bis Ende September berücksichtigt. Als dynamische Eingangsgröße verwendet das Modell lediglich die Niederschlagshöhe. Durch die hohe Variabilität der Ausflussgeschwindigkeiten und äußeren Einflüssen der Systemoptimierung wurde der Zeitraum vom 29.04.2021 bis zum 30.11.2022 als Kalibrierungszeitraum gewählt. Dadurch bedingt konnte keine Validierung der Modellgüte für die Vegetationsperiode erstellt werden. Für die ersten beiden Messjahre wurde ein mittlerer quadratischer Fehler von 9,19 cm und 6,14 cm für den oberen bzw. unteren Speicher sowie ein mittlerer absoluter Fehler von 5,69 cm und 2,89 cm durch Modellanpassung erreicht. Einen Vergleich der gemessenen und der simulierten Füllstände für das erste Messjahr zeigt Abbildung 69.

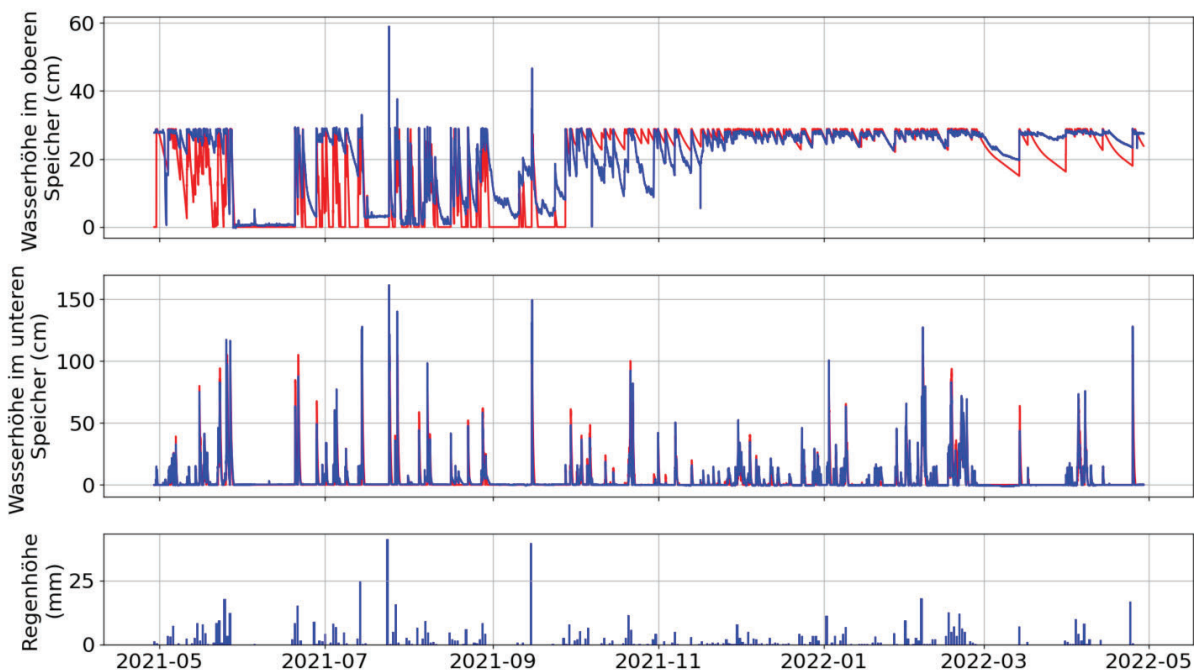


Abbildung 69: Gemessene (blau) und simulierte (rot) Füllstände im ersten Messjahr für das System am Standort Humberg

4.2.2 Speicher- und Bewässerungsverhalten

Mit dem in Kapitel 4.2.1 beschriebenen Modell wurde die Volumenverteilung im System unter Verwendung von Niederschlagswerten der Wetterstation Flughafen Münster/Osnabrück (Distanz zum Standort Humburg: 32 km) in einer Messauflösung von 5 Minuten für die Jahre 1998 bis 2021 (Ausschluss von 2008 auf Grund von Formatierungsfehlern) berechnet (DWD 2021). Für die Bestimmung der Volumenverteilung wurden die negativen Differenzen der simulierten Füllstände (Berechnungsintervall: 5 min) im Zeitverlauf verwendet. Hierdurch ergibt sich ein Volumenverlust während Regenereignissen, der jedoch lediglich einen Anteil von 0,56 bis 1,43 % des Zuflussvolumens ausmacht. Die Ergebnisse dieser Bilanzierung sind als Jahressummen in Tabelle 6 dargestellt. Beispielhaft ist eine zeitliche Verteilung der jeweiligen Volumina im System für das Jahr 2015 in Abbildung 70 dargestellt.

Tabelle 2: Bilanzierung der simulierten Volumenverteilung im System für den Zeitraum 1998 bis 2021

Jahr	Volumina (m ³)				
	System-zufluss	Versickerungsvolumen	Wurzelraumzufluss	Entlastungsvolumen	Differenz
1998	297,6	240,7	32,7	22,5	1,7
1999	230,5	187,7	23,7	17,6	1,5
2000	237,7	183,6	30,7	22,1	1,3
2001	239,1	198,8	29,7	9,3	1,3
2002	255,6	202,1	28,2	23,4	1,9
2003	180,1	141,0	21,2	16,9	1
2004	234,2	190,6	29,3	12,9	1,4
2005	226,0	176,6	28,2	19,4	1,8
2006	169,1	142,2	23,4	2,3	1,2
2007	267,5	205,4	33,9	26,7	1,5
2009	210,8	165,7	26,9	16,8	1,4
2010	209,6	143,7	26,3	38,4	1,2
2011	156,9	123,5	27,5	4,8	1,1
2012	173,1	141,4	25,6	4,9	1,2
2013	166,4	129,5	24,2	11,7	1
2014	199,0	154,1	28,9	14,6	1,4
2015	225,4	165,0	31,2	27,7	1,5
2016	207,7	156,9	26,2	23,2	1,4
2017	202,9	163,7	28,3	8,0	2,9
2018	146,8	120,1	18,0	7,6	1,1
2019	192,8	162,9	20,8	7,8	1,3
2020	176,5	146,0	22,5	6,7	1,3
2021	179,6	140,3	26,5	11,5	1,3
Durchschnitt	208,0	164,4	26,7	15,5	1,4

Insgesamt wird der in die Kanalisation oder in ein Oberflächengewässer eingeleitete Anteil des abflusswirksamen Niederschlags durchschnittlich auf etwa 8 % reduziert. Damit liegt der Rückhalt des abflusswirksamen Niederschlags von über 90 % höher als bei vergleichbaren Retentionssystemen, die einen Rückhalt von 50 bis 70 % erreichen (Hunt et al. 2006, Li et al. 2009). Dem Wurzelraum werden dabei durchschnittlich 10 % des Zuflussvolumens (26,7 m³) zugeführt, womit ein Baum mit einer Höhe von 10 bis 18 m mit Wasser versorgt werden kann (Dickhaut et al. 2019). Der Wurzelraumzufluss erfolgt auf Grund der selbstregulierenden

Wirkung der Perlschläuche größtenteils in der Vegetationsperiode. Der restliche Volumenanteil von durchschnittlich 82 % wird in den Untergrund versickert.

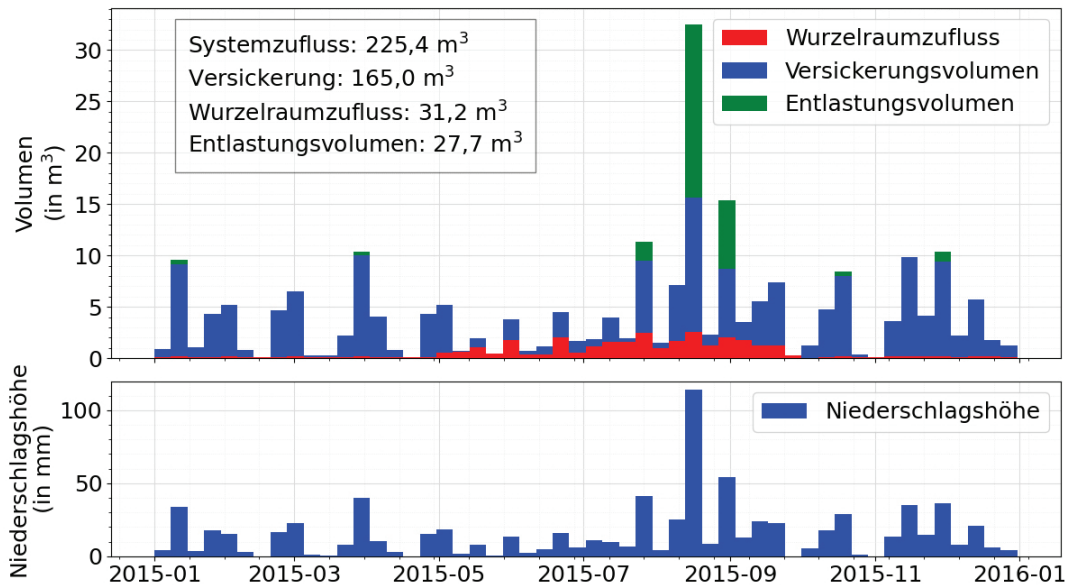


Abbildung 70: Jahresverlauf der simulierten Volumenverteilung und des Niederschlags des Jahres 2015 als Wochensummen

5 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde das Speicherverhalten des Rigolensystems ALVEUS beschrieben. Es zeigte sich, dass diese Art der Rigolen mit Speicherelementen als dezentrale Rückhalteräume wirken und das Zuflüsse in die Kanalisation deutlich reduzieren werden können. Die Verfügbarkeit des Niederschlagswassers zur Baumbewässerung hängt maßgeblich von der Einleitung der Oberflächenabflüsse in den Wurzelraum ab. Klassisch erfolgen die Zuflüsse von oben über die Baumscheibe. Das Wasser ist dann allerdings nur befristet für den Baum verfügbar. Ideal sind Speicherelemente, die eine längerfristige Baumbewässerung ermöglichen. Dazu muss das Wasser entweder oberhalb des Wurzelraumes gespeichert werden oder ggf. aus einem unteren Speicher in den Wurzelraum gelangen. Möglichkeiten der Speicherbewirtschaftung durch kleine Pumpen werden derzeit untersucht. Bei der direkten Wurzelraumbewässerung aus der oberen Speicherebene mit Perlschläuchen besteht die Gefahr der Verstopfung. Zugleich bieten Sie aber potenziell auch eine Möglichkeit der bedarfsangepassten Bewässerung, sollten sich die Vermutungen der selbstregulierenden Wirkung der passiven Perlschlauchbewässerung bestätigen. Systemoptimierungen sind Gegenstand aktueller Untersuchungen. In Grüning et al. (2021) sind weitere Informationen zu den Systemuntersuchungen in Nottuln enthalten. Neben den hier dargestellten Baumrigolen mit Speicherelement, sind weitere Varianten verfügbar. Einen Überblick über die verschiedenen Bauarten von Baumrigolen geben Pallasch et al. (2022) und Dickhaut et al. (2019).

6 Literatur

Dickhaut W., Doobe G., Eschenbach A., Fellmer M., Gerstner J., Gröngröft A., Jensen K., Lauer J., Reisdorff C., Sandner A., Titel S., Wagner A. und Winkelmann A. (2019) Entwicklungskonzept Stadtbäume - Anpassungsstrategien an sich verändernde urbane und klimatische Rahmenbedingungen. Abschlussbericht des Projektes Stadtbäume im Klimawandel (SiK), HafenCity Universität Hamburg

DWD Climate Data Center (CDC): Historische stündliche Stationsmessungen der Niederschlagshöhe für Deutschland, Version v21.3, 2021.

Grey V., Livesley S.J.; Fletcher T.D. und Szota C. (2018): Establishing street trees in stormwater control measures can double tree growth when extended waterlogging is avoided. *Landscape and Urban Planning* 178, 122–129, DOI: 10.1016/j.landurbplan.2018.06.002.

Grüning H, Schulte A. und Siering N. (2021): Möglichkeiten der Be- und Entwässerung durch Baumrigolen. In: *gwf-Wasser und Abwasser* 162(6), 69-77, ISSN 0016-3651

Hunt W.F., Jarrett A.R., Smith J.T. und Sharkey L.J (2006): Evaluating bioretention hydrology and nutrient removal at three field sites in North Carolina. *J IRRIG DRAIN ENG* 132, 600-608. DOI:10.1061/(ASCE)0733-9437(2006)132:6(600)

Li H., Sharkey L.J., Hunt W.F., Davis A.P (2009): Mitigation of impervious surface hydrology using bioretention in North Carolina and Maryland. *J. Hydrol. Eng.* 14, 407-415. DOI:10.1061/(ASCE)1084-0699(2009)14:4(407)

Pallasch M., Geisler D. und Kluge B. (2022): Straßenbäume und dezentrale Versickerung als Beitrag wassersensibler Stadtentwicklung. *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall* (69), Br. 9, S. 747-759

Schütt, A., J. N. Becker, A. Gröngröft, S. Schaaf-Titel und A. Eschenbach (2022): Soil Water Stress at Young Urban Street-tree Sites in Response to Meteorology and Site Parameters. *Urban Forestry & Urban Greening* 75, 127692, ISSN: 16188667, DOI: 10.1016/j.ufug.2022.127692.

Korrespondenz:

Nils Siering (Hauptautor)
Stegerwaldstraße 39, 48565 Steinfurt
02551 962 501
nilssiering@fh-muenster.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit
und Verbraucherschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages
