

Graues Wasser für grüne Städte – Innovatives Reallabor in Weimar

Gloria Kohlhepp, Silvio Beier

Bauhaus-Universität Weimar, Bauhaus-Institut für zukunftsweisende
Infrastruktursysteme, Professur Siedlungswasserwirtschaft und Technologien
urbaner Stoffstromnutzungen, gloria.maria.kohlhepp@uni-weimar.de



- Entwicklung von multifunktionalen Fassadenbegrünungsmodulen zur Erweiterung von naturnahen Flächen in Städten
- Untersuchung der Umweltauswirkungen der Grünfassade
- Energieeinsparpotential
- Reinigung von Grauwasser innerhalb der Fassadenmodule und Bereitstellung zur Wiederverwendung
- Substitution der Materialien durch nachhaltigere Alternativen

Bauhaus-Universität Weimar
Professur Bauphysik

Bauhaus-Universität Weimar
Professur Siedlungswasserwirtschaft und
Technologien urbaner Stoffstromnutzungen



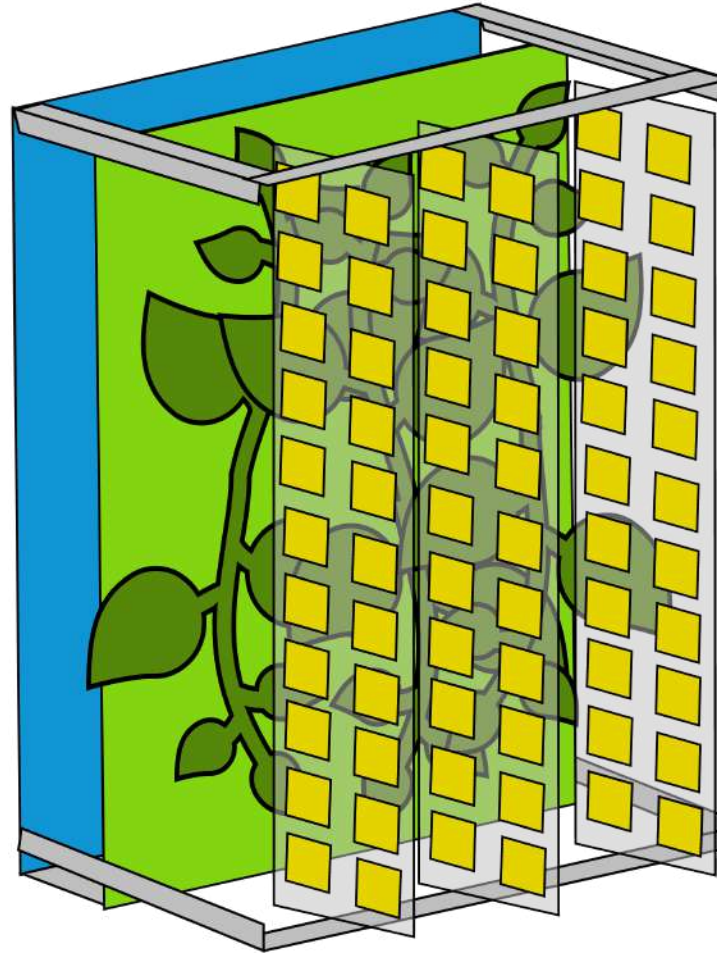
Funktionsprinzip der VertiKKA

Der Modulaufbau in drei Ebenen



Bewässerung der
Pflanzen mit Grauwasser
aus dem Haushalt und
Reinigung des Wassers
durch das Substrat

Fassadenbegrünungsmodul,
für eine immergrüne
Fassadenverkleidung

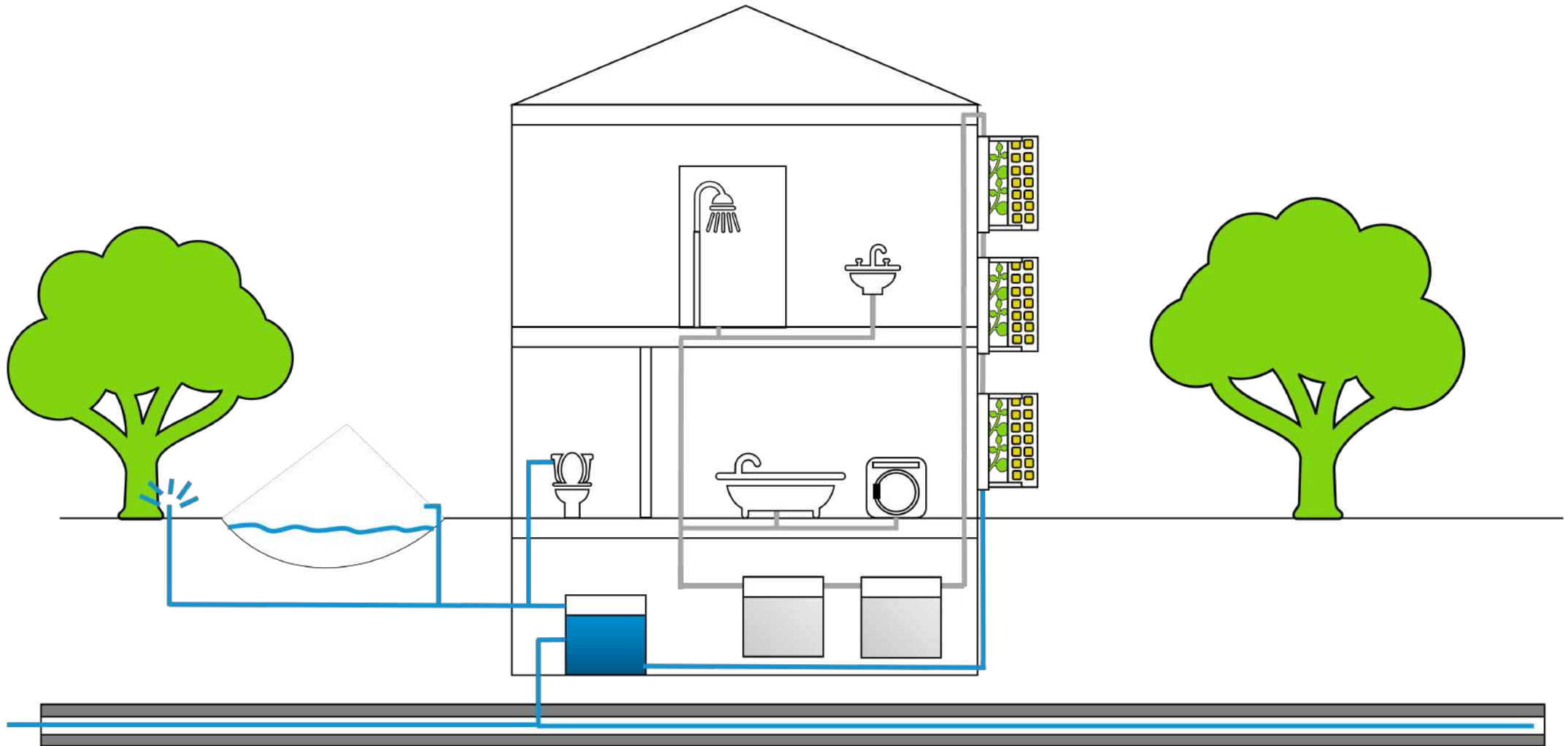


Erzeugung von
erneuerbarer Energie für
den Betrieb der VertiKKA

Grundprinzip der VertiKKA (BCE, 2020)



Funktionsprinzip der VertiKKA



Funktionsprinzip der Grauwasserreinigung und Wiederverwendung mittels VertiKKA (BCE, 2020)



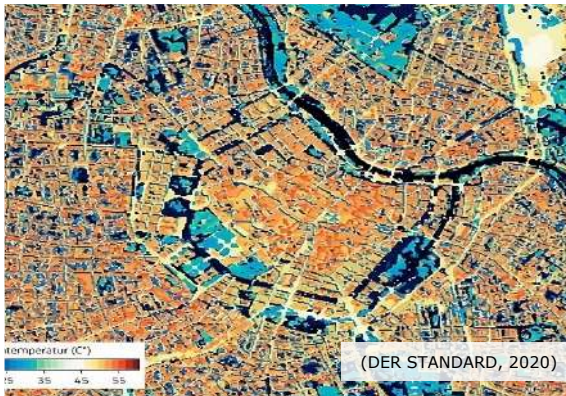
(MDR, 2024)

Wachsende Weltbevölkerung



(bdew, 2020)

Hoher Bedarf an frischem Wasser



(DER STANDARD, 2020)

Hitzeinseln in der Stadt

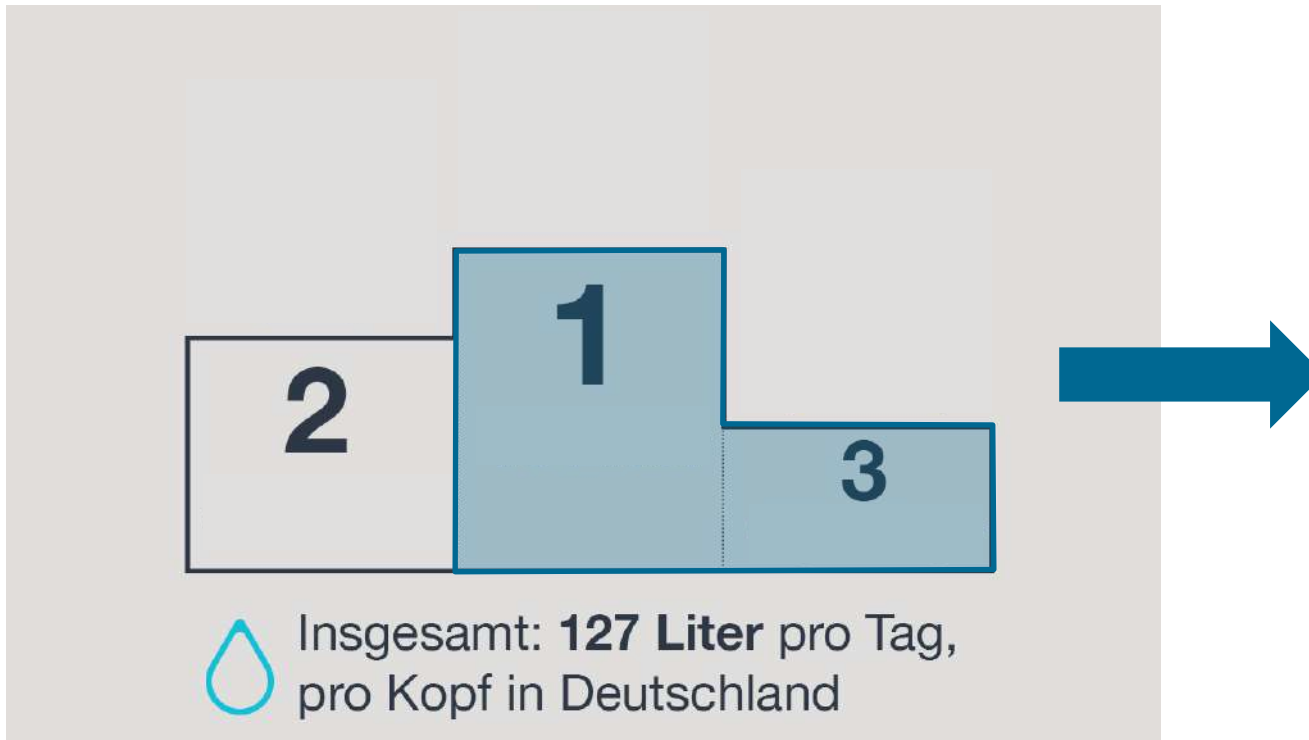


(WiWo, 2023)

Extremwetterereignisse mit Dürre

Wie viel Wasser verbrauchen wir?

Platzierung im Haushalt



zdf Heute nach bdew (2017)

Grauwasser

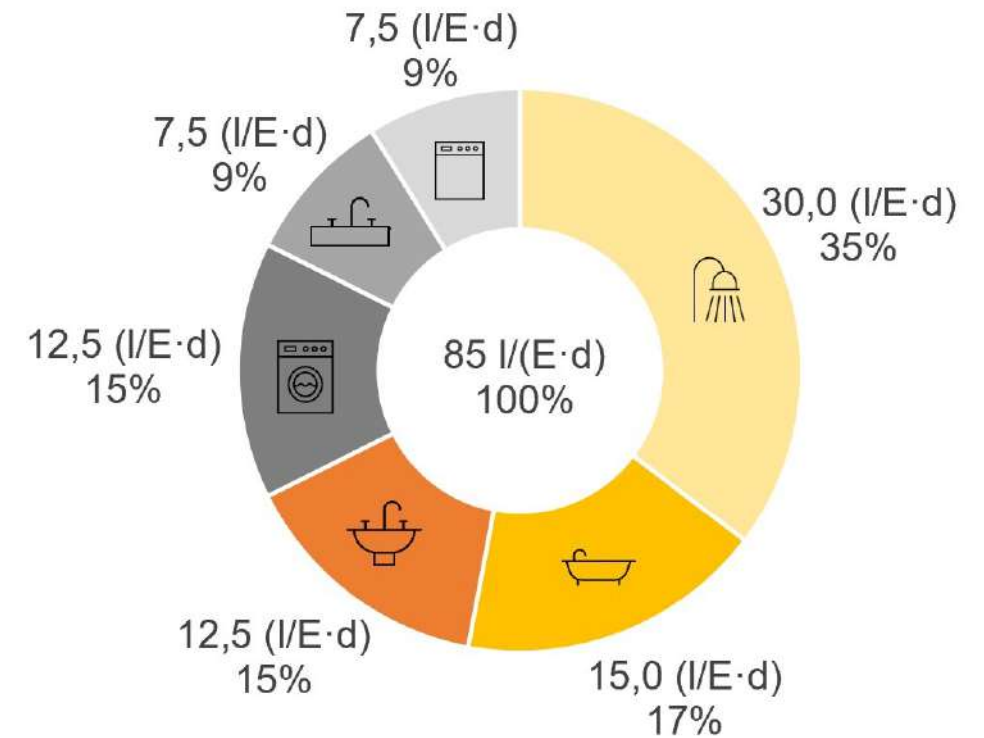
- Häusliches Abwasser ohne die Teilströme der Toiletten und Urinale
- Anteil von 50 bis 80% am gesamten häuslichen Abwasser

Grauwasser

Im Detail



Trinkwasser, Grauwasser, Abwasser (v. l. n. r.) im direkten Vergleich (BUW, G. Goldammer)



Grauwasseranfall nach Herkunftsort (Mittelwerte nach DWA-M 277, 2017)

Täglicher Grauwasseranfall

Wie viel sind 75 Liter?

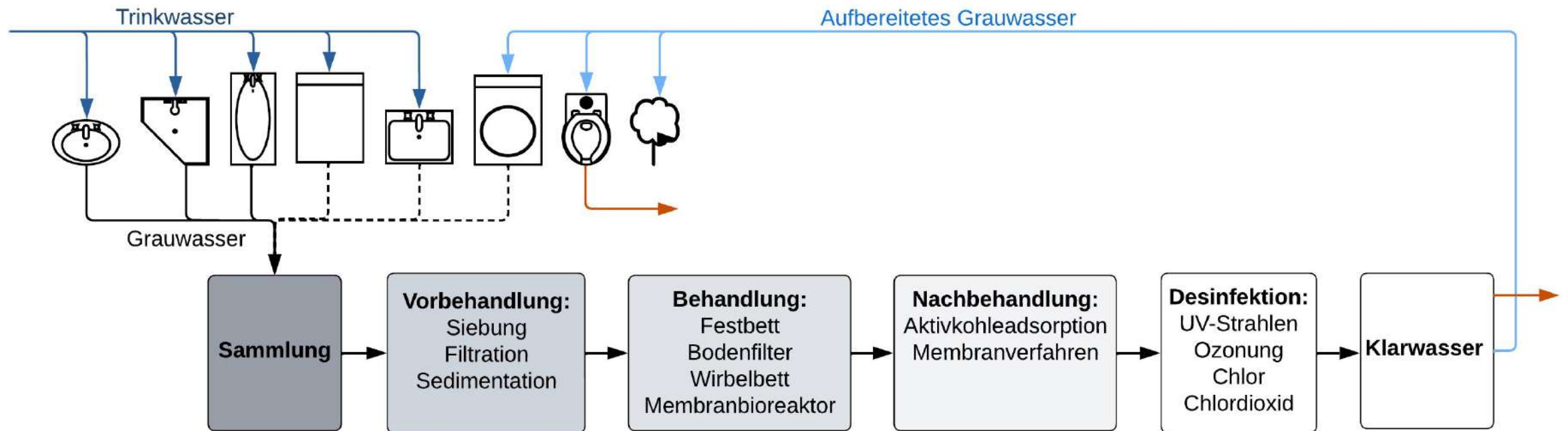
- 75 Liter → 7 bis 8 Putzeimer pro Person und Tag
→ So viel Wasser ist das doch gar nicht?
- Aber wir sind rund 83 Mio. Einwohner in Deutschland
→ **11.000 Weimarer Schwimmbecken Jeden Tag!**



Weimarer Hallenbad (Stadtwerke Weimar)

Grauwasserwiederverwendung

Schematische Darstellung



Übersicht der Verfahrensschritte vom Grauwasseranfall bis zur Wiedernutzung

Bewertung Potential

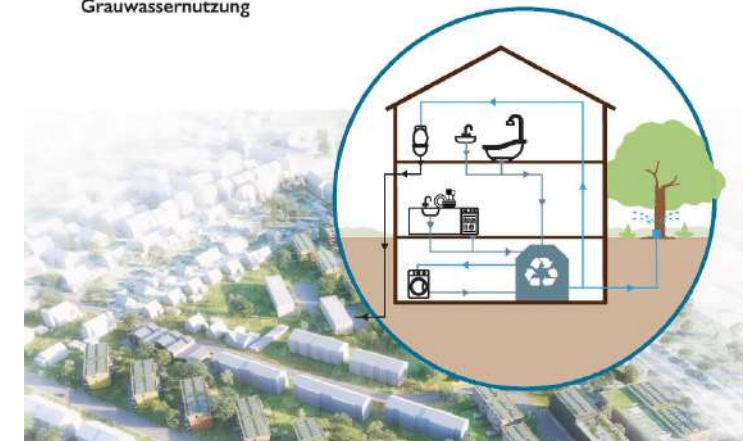
... einer Grauwasserwiederverwendung

2 Gebäude und Infrastruktur						Wichtung:	keine Eingabe
	Wichtung	1	2	3	4	5	Ergebnis
2.1 Bei dem betrachteten Gebäude/Quartier handelt es sich um...	33,33%						keine Bewertung
2.2 Vorhande Infrastruktur für Betriebswasser...	33,33%						keine Bewertung
2.3 Stehen Flächen zur Verfügung, auf die eine Grauwasseraufbereitung gestellt werden könnte? Grober Richtwert: 2m²/m³ Aufbereitungskapazität (ARIS)	33,33%						keine Bewertung
Summe	100%						Bitte alle Felder Bewerten

3 Grauwasserverfügbarkeit		Wichtung:					keine Eingabe	
		Wichtung	1	2	3	4	5	Ergebnis
3.1	Duschen/Badewannen	52%						keine Bewertung
3.2	Handwaschbecken							keine Bewertung
3.3	Küchenspülen	von	bis	Potentialabschätzung				keine Bewertung
		1,0	< 1,5	Das Potential für eine Grauwassernutzung ist nicht vorhanden				
		1,5	< 2,5	Das Potential für eine Grauwassernutzung ist gering				
3.4	Spülmaschinen	2,5	< 3,5	Das Potential für eine Grauwassernutzung ist mittelmäßig				keine Bewertung
		3,5	< 4,5	Das Potenzial für eine Grauwassernutzung ist hoch				
		4,5	5,0	Das Potential für eine Grauwassernutzung ist sehr hoch				
3.5	Waschmaschinen	15%						keine Bewertung
Summe		100%						Bitte alle Felder Bewerten

WASSERWENDE IM WOHNUNGSBAU

Praktischer Leitfaden zur Grauwassernutzung



DOI [10.5281/zenodo.15600951](https://doi.org/10.5281/zenodo.15600951)

Article

From Technical Feasibility to Governance Integration: Developing an Evaluation Matrix for Greywater Reuse in Urban Residential Areas

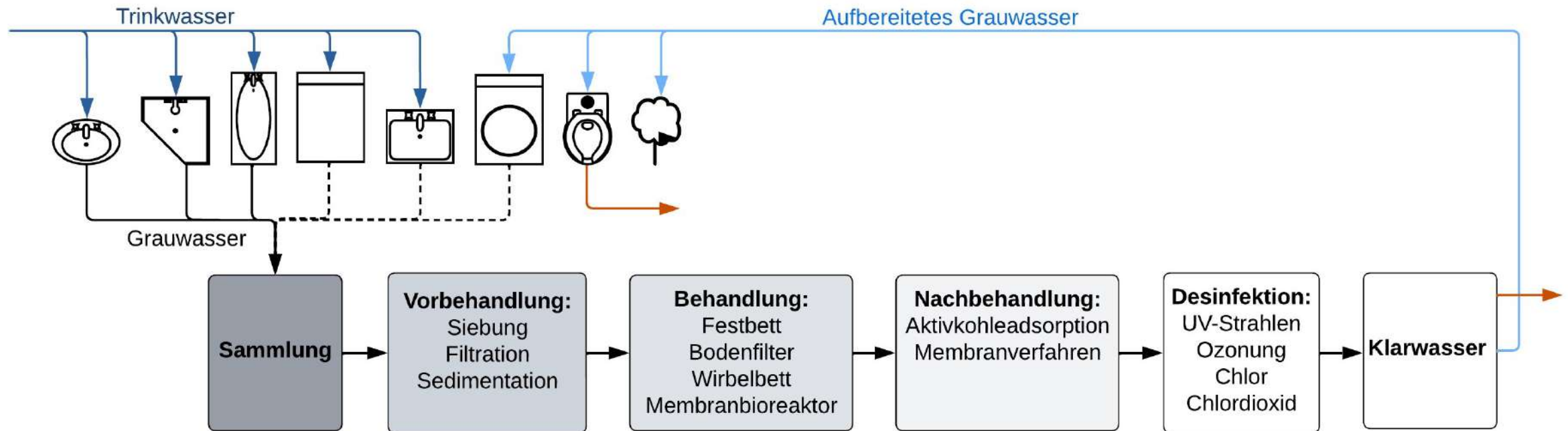
Kohlhepp Gloria Maria ^{1,*}, Lück Andrea ¹, Müller Gerald ² and Beier Silvio ¹

<https://doi.org/10.3390/w18020190>

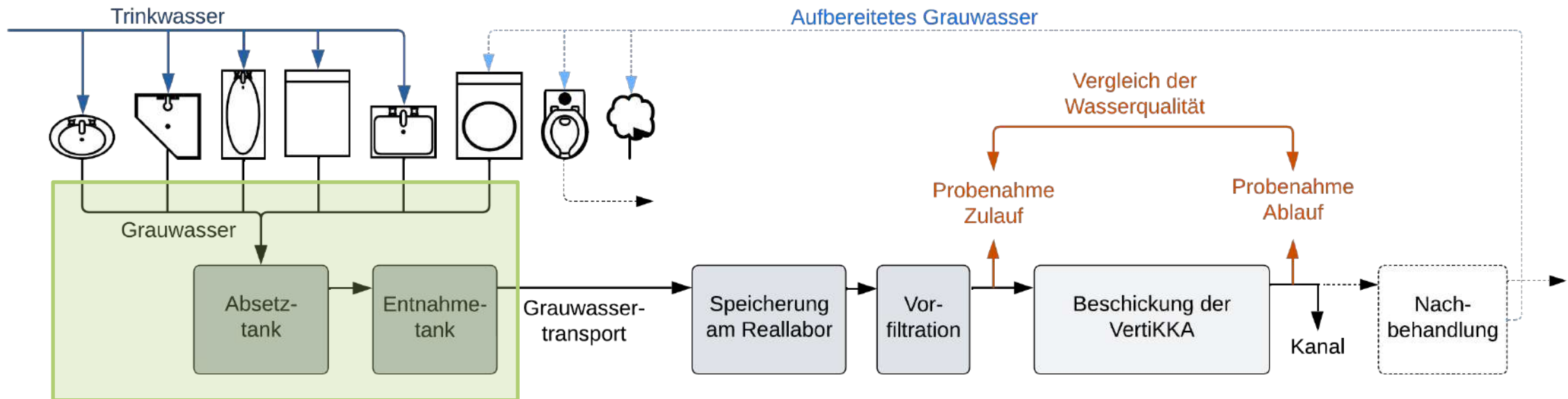
Auszug aus der Bewertungsmatrix zur Bewertung des Potentials einer Grauwasserwiederverwendung (Kohlhepp et al., 2024)

Grauwasserwiederverwendung

Schematische Darstellung



Übersicht der Verfahrensschritte vom Grauwasseranfall bis zur Wiedernutzung



Der Weg des Grauwassers am Reallabor VertiKKA in Weimar

Grauwassersammlung

Mehrfamilienhaus in Weimar

- Getrenntes Leitungssystem
- Zwei 1 m³ Tanks, in Reihe geschaltet
- Pumpe zur Entnahme des Grauwassers



Verbindung der beiden Sammel tanks



Grauwassersammeltanks im Keller eines Mehrfamilienhauses in Weimar

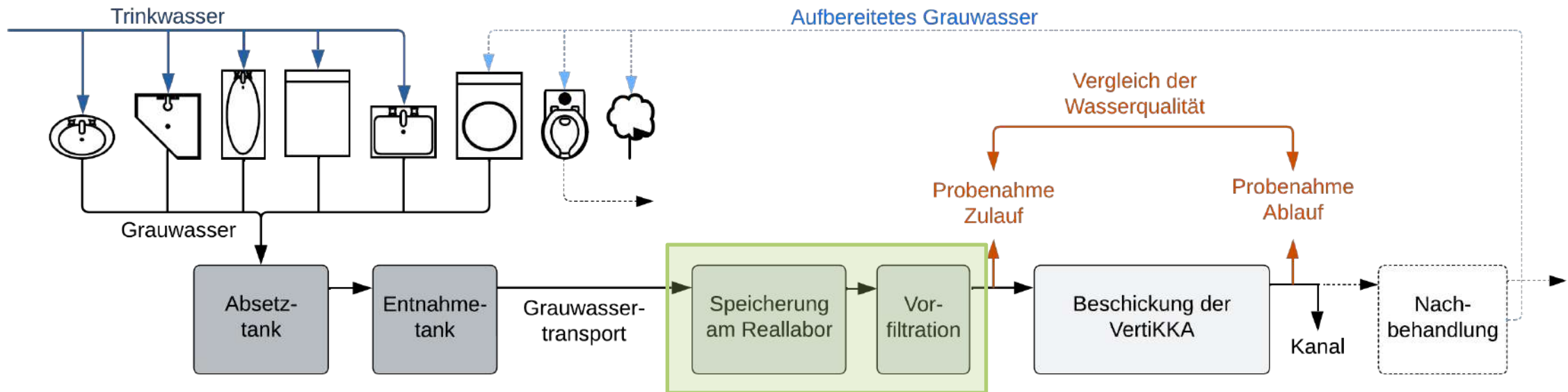
Grauwassersammlung

Anschluss im Außenbereich

- Anschlüsse für C-Kupplung und Schalter der Pumpe
- Pumpe kann von außen per Fernbedienung gesteuert werden



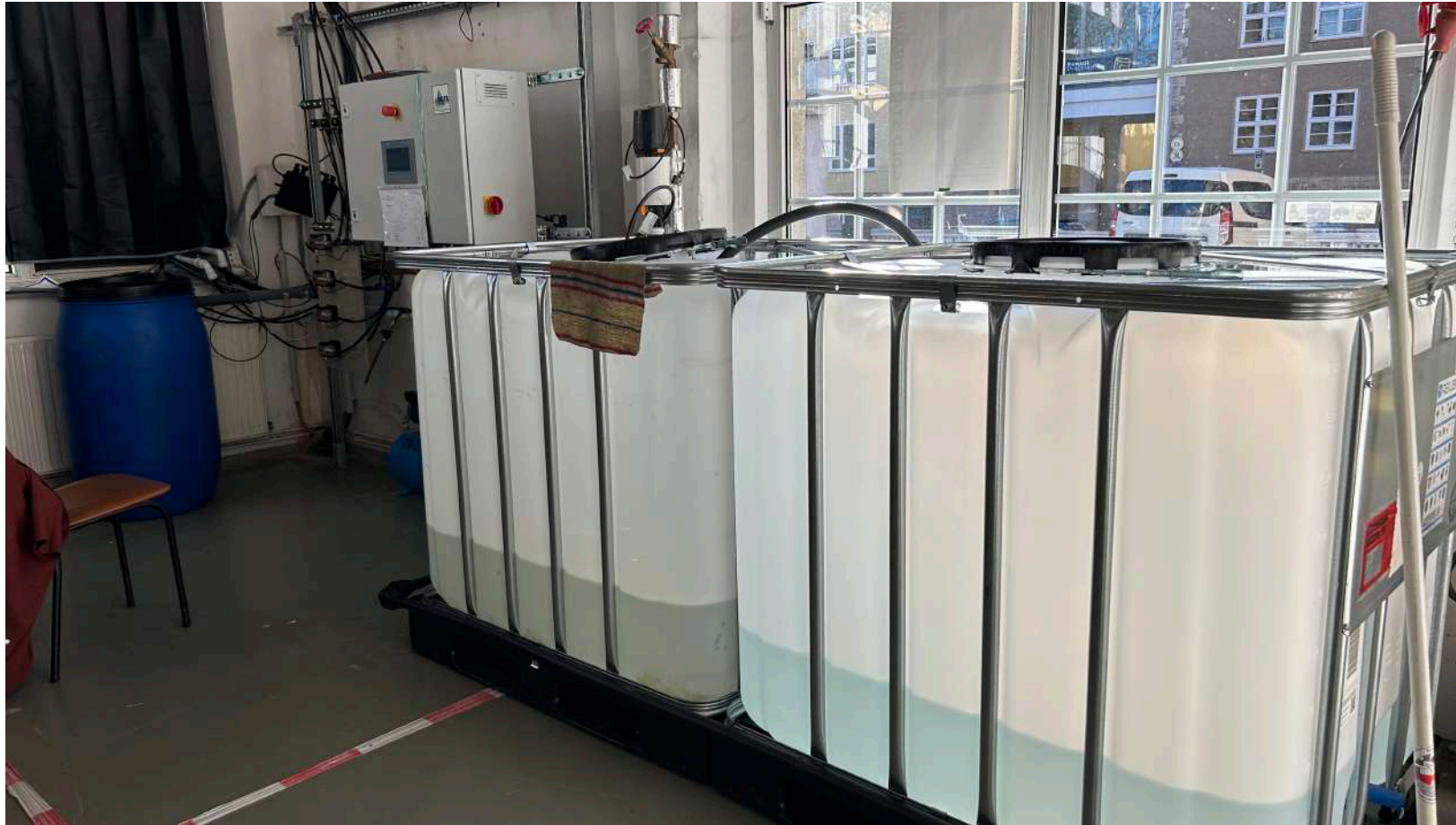
Anschluss im Außenbereich für den Grauwassertransport



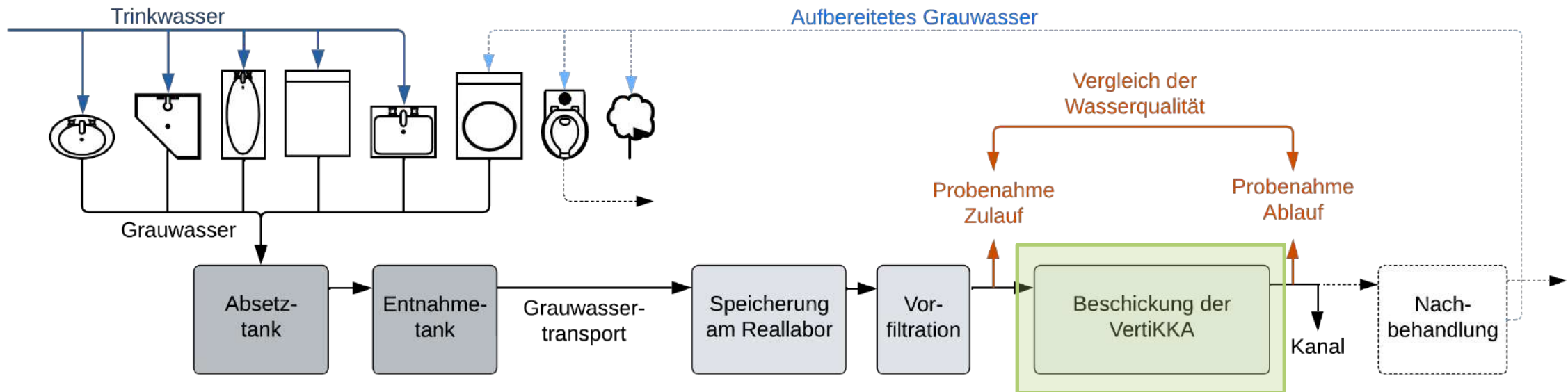
Der Weg des Grauwassers am Reallabor VertiKKA in Weimar

Reallabor in Weimar

Der Weg des Grauwassers



Speichertanks im Innenraum des Reallabors



Der Weg des Grauwassers am Reallabor VertiKKA in Weimar

Das Reallabor GrayToGreen

an der Bauhaus-Universität Weimar



Das Reallabor am Technikum der Bauhaus-Universität Weimar

Reallabor in Weimar

Die drei Ebenen der VertiKKA



Reinigungsebene



Pflanzenebene (BUW, D. Höftmann)



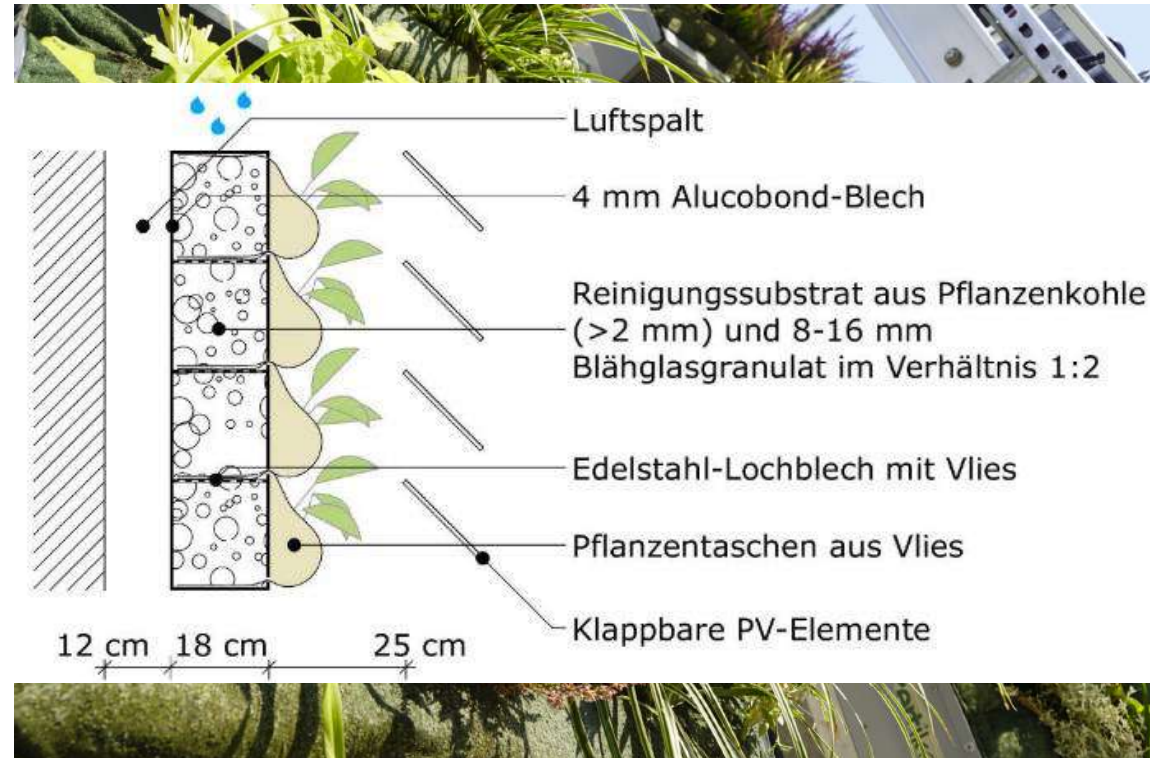
PV-Ebene

Reallabor in Weimar

Die drei Ebenen der VertiKKA



Reinigungsebene



Pflanzenebene (BUW, D. Höftmann)



PV-Ebene

Reallabor in Weimar

Die drei Ebenen der VertiKKA



Reinigungseben



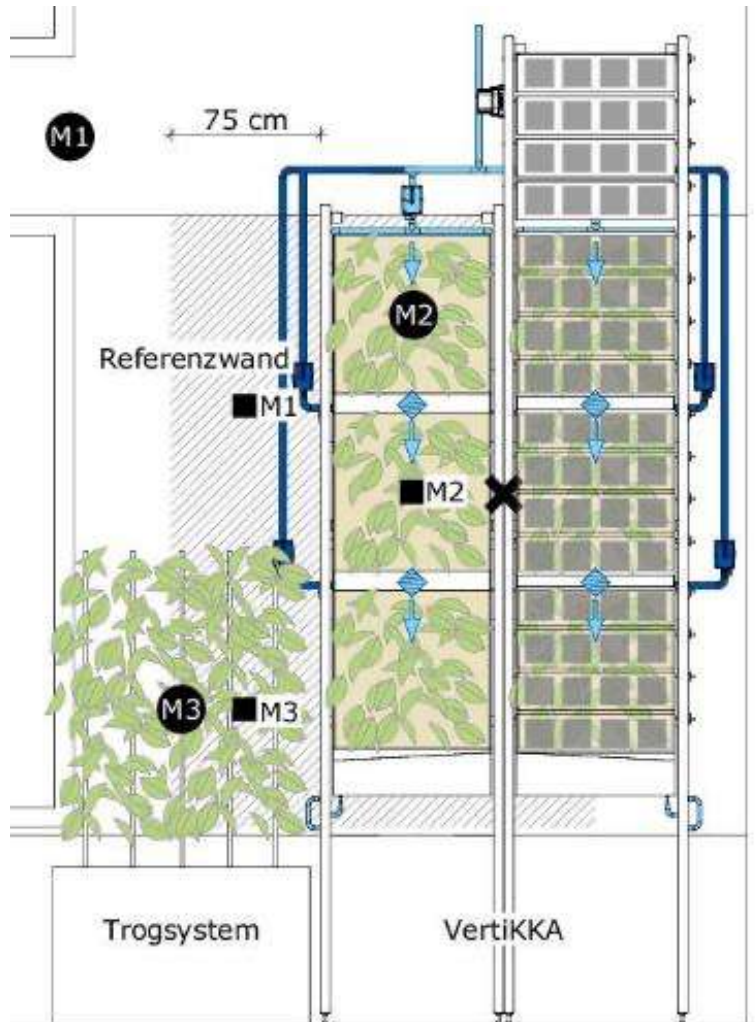
Pflanzenebene (BUW, D. Höftmann)



PV-Ebene

Reallabor in Weimar

Beschickung der Versuchsanlage

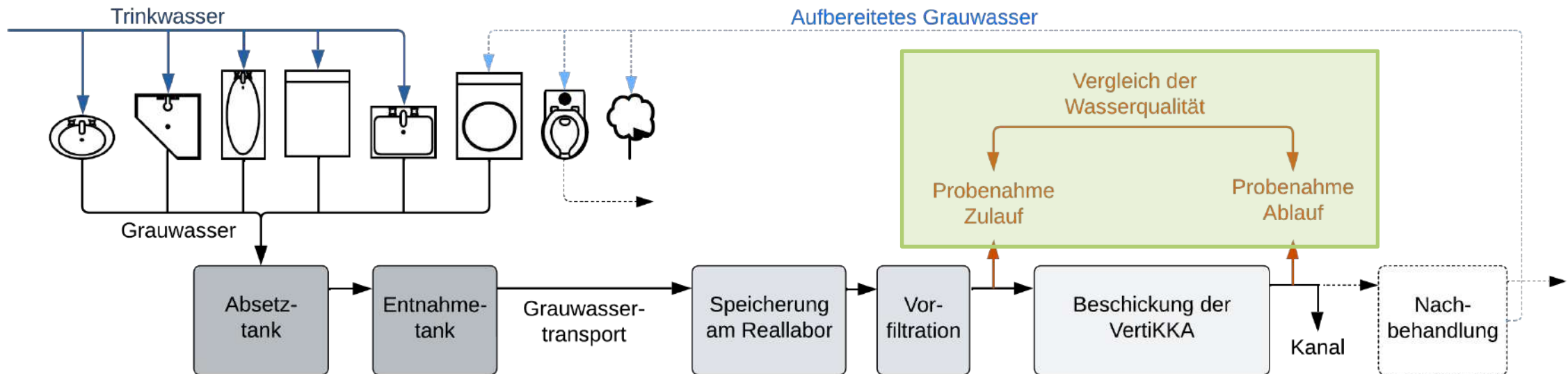


Ausschnitt aus der Planung des Reallabors (Hartmann et al., 2023)

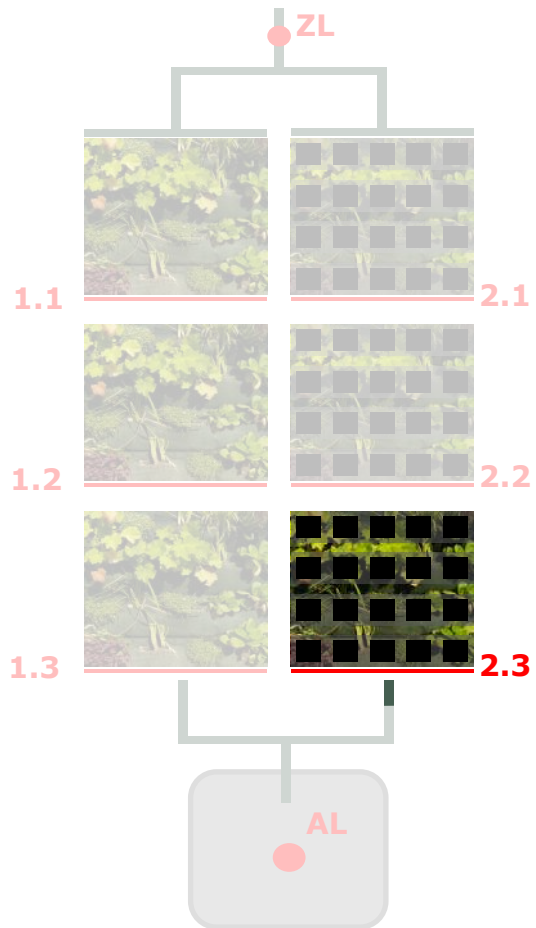


Speicherung des Grauwassers und Steuerung der Versuchsanlage

- Messkette Mikroklima
- Messkette Wärmestrom
- ✕ Anemometer-Messung
- Hauptbeschickungsweg
- Zweiter Beschickungsweg
- ◆ Wasserprobenahmepunkte



Der Weg des Grauwassers am Reallabor VertiKKA in Weimar



Schematische Darstellung der Module



Stark belastetes Grauwasser



Grauwasser nach der Reinigung durch ein VertiKKA-Modul



Direkter Vergleich Zulauf (re) und Ablauf (li)

- CSB
- BSB
- Nährstoffe
- Tenside
- Mikrobiologische Parameter
- Sauerstoffsättigung
- pH-Wert
- elektrische Leitfähigkeit
- Trübung
- Substrattemperatur an drei Modulen

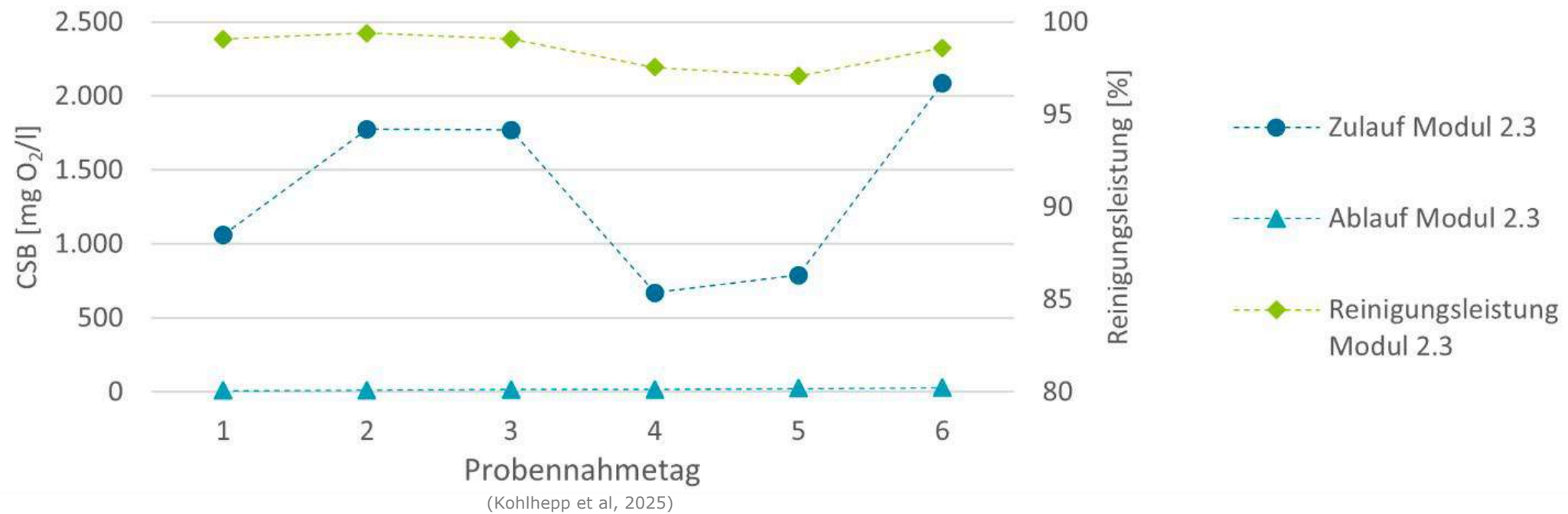


Analyse von gesamtcoliformen Bakterien und E-Coli im Rohgrauwasser mittels IDEXX-Verfahren

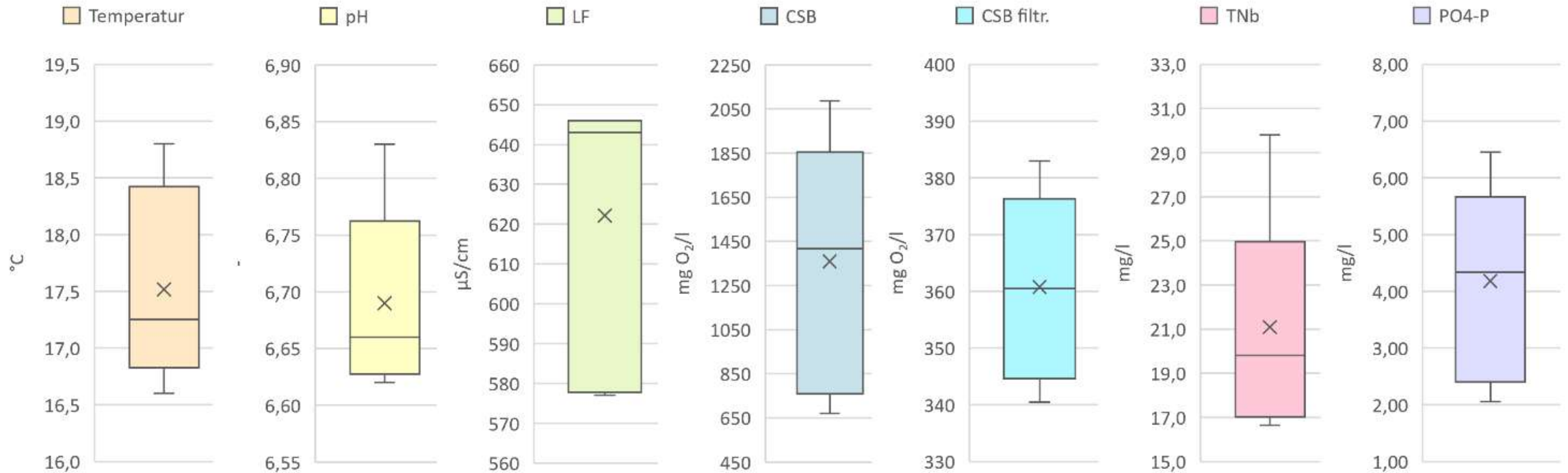


Analyse der Parameter CSB, Nitrit, Wasserhärte und Nitrat (v. l. n. r.) im Labor mittels Küvettentests

Datenausschnitt für CSB für das Modul 2.3

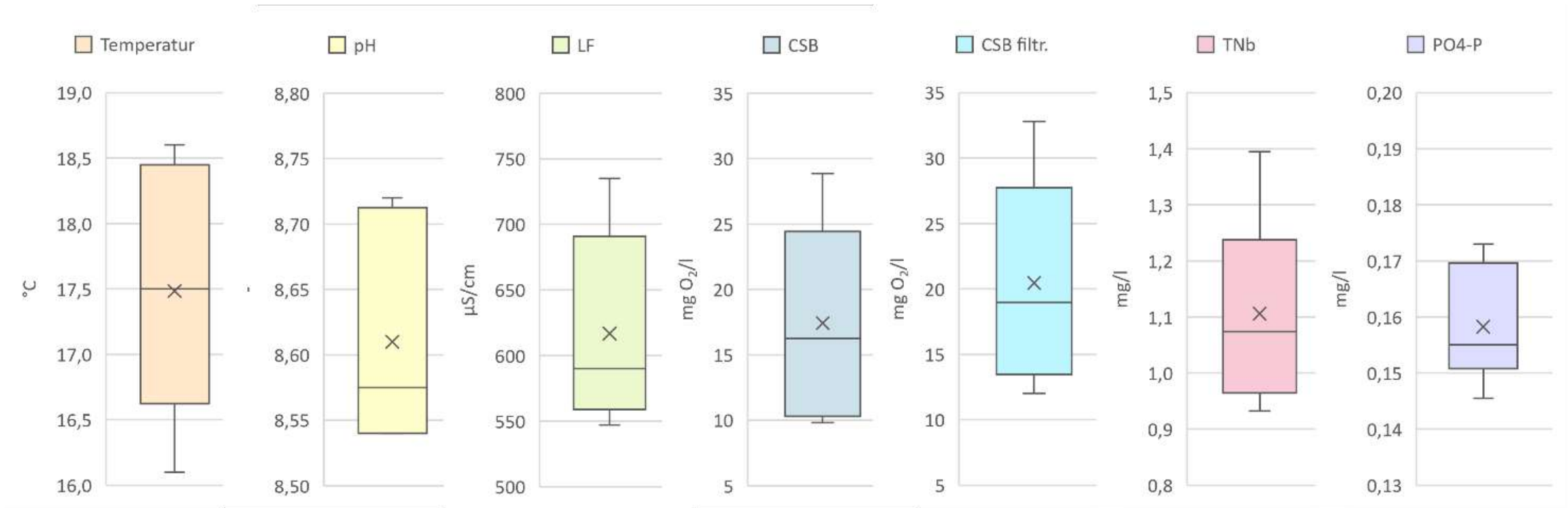


Datenausschnitt für das Modul 2.3 im **Zulauf**



(Kohlhepp et al, 2025)

Datenausschnitt für das Modul 2.3 im **Ablauf**

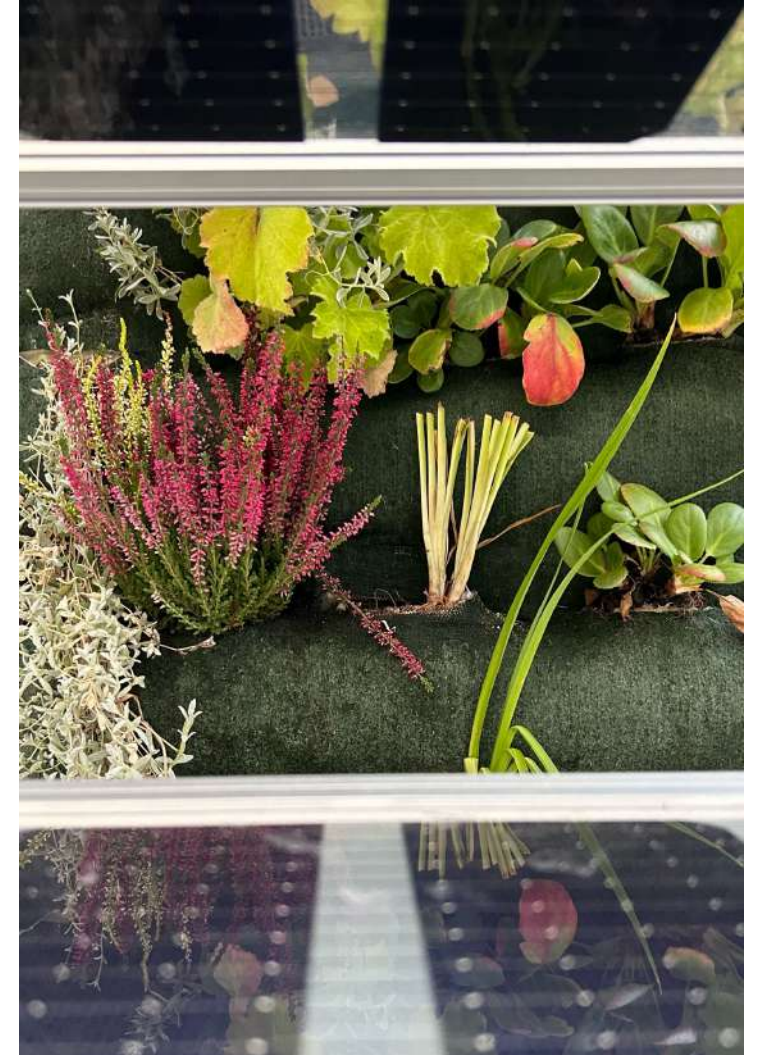


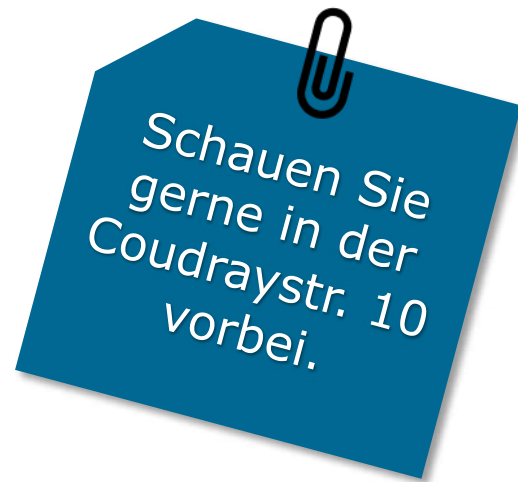
(Kohlhepp et al, 2025)

Fazit und Ausblick

Zum Reallabor in Weimar

- Grauwasser ist eine wertvolle Ressource die genutzt werden sollte
 - Eine Reinigung mit der VertiKKA ist vielversprechend
- Langzeituntersuchungen sind notwendig
- Reinigungsleistung dauerhaft
 - Ab wann Substratwechsel notwendig
 - Temperaturabhängigkeit





Vielen Dank!

Insbesondere an alle Projektpartner
und die Förderung durch den
Freistaat Thüringen, kofinanziert
von der Europäischen Union

