


b.is water

Bauhaus-Universität Weimar

Jörg Londong,  
Bauhaus-Universität Weimar

**Lösungen zur  
Wasserwiederverwendung  
im urbanen Kontext**

„Klimawandel: Herausforderungen und Lösungsansätze“ Luxemburg 19.10.2021 1




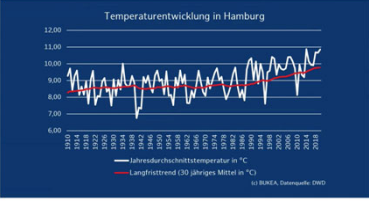

Die 5 wichtigsten Botschaften zuerst

- 📍 **Dürre und Starkregen** stellen die urbane Siedlungswasserwirtschaft vor große Herausforderungen.
- 📍 **Antibiotikaresistenzen** sind eines der größten Zukunftsprobleme mit immenser volkswirtschaftlicher Bedeutung.
- 📍 Die Prinzipien der derzeitigen Siedlungswasserwirtschaft (Mischen, Verdünnen, schnelles Ableiten, Entsorgen) behindern die Wasserwiederverwendung und fördern Antibiotikaresistenzen.
- 📍 Abwassersysteme lassen sich so umbauen, dass sie die Entwicklung zur Schwammstadt fördern.
- 📍 Ein solcher Umbau verlangt langfristige Investitionen.

b.is water

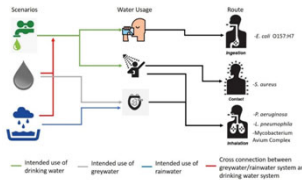
„Klimawandel: Herausforderungen und Lösungsansätze“ Luxemburg 19.10.2021 2

## Herausforderungen zu viel oder zu wenig Wasser

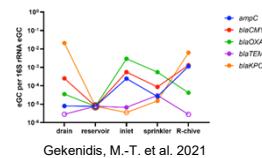
http://bc02.rp-online.de/polopoly\_fs/feinwohner-stadteilsera-untermhaus-thueringen-03062013-1\_3440298\_13702638771/httpImage/1143473879.jpg

Bild: Stadt Oldenburg




Kusumawardhana, A. et al. 2021

### Hygiene



Gekenidis, M.-T. et al. 2021

## Antibiotikaresistenzen



„Klimawandel: Herausforderungen und Lösungsansätze“ Luxemburg 19.10.2021

3

## Herausforderungen für Stadtgrün wird Wasser benötigt





green wall Essen, 2018

Milano, Italy vertical forest

Malmö, Sweden, 2021



„Klimawandel: Herausforderungen und Lösungsansätze“ Luxemburg 19.10.2021

4

**Lösungen**

## Bewässerungsstrategien mit Trinkwasser (LKW, Regenwasser, Grauwasser)





Leipzig

Helsingborg  
mit Feuchtesensoren wird über Wifi hotspots  
aus den Laternen die Bewässerung angefordert



**b.is**water „Klimawandel: Herausforderungen und Lösungsansätze“ Luxemburg 19.10.2021 5

**Lösungen**

## Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung (sammeln, speichern, nutzen)

Beispiel Malmö








2021 2021 2021 2001 2013

**b.is**water „Klimawandel: Herausforderungen und Lösungsansätze“ Luxemburg 19.10.2021 6



**Lösungen**


## Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung (sammeln, speichern, nutzen)

**Hamburg**  
wassersensible  
Straßenraumgestaltung

Freie und Hansestadt Hamburg  
Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation  
Hamburger Regelwerke für Planung und Entwurf von Stadtstraßen  
[ReStra]

Wissensdokument  
Hinweise für eine wassersensible  
Straßenraumgestaltung  
**2015**


<https://www.hamburg.de/contentblob/4458538/2d89ee55b6269e28ade344430a08bc9/data/wassersensible-strassenraumgestaltung.pdf>



Entwässerung über Versickerungsmulde im Mittelstreifen      Entwässerung über Tiefbeete

**Leipzig**  
Leipziger BlauGrün

Multifunktionale Innenentwicklung



Stadtplanung  
Wohnen, Gewerbe, Bildung


Infrastrukturplanung  
Wasser, Energie

Landschaftsplanung  
Freizeit, Erholung, Ökologie



Baumrigole      © K. Bernhard, UFZ

Das Projekt 2019–2022 zielt auf eine **signifikante Entlastung des zentralen Abwassersystems**, eine Verbesserung der Energieeffizienz und des Mikroklimas sowie auf ein resilientes Starkregenmanagement ab.



<https://www.ufz.de/leipzigerblaugruen/>

**b.is**water

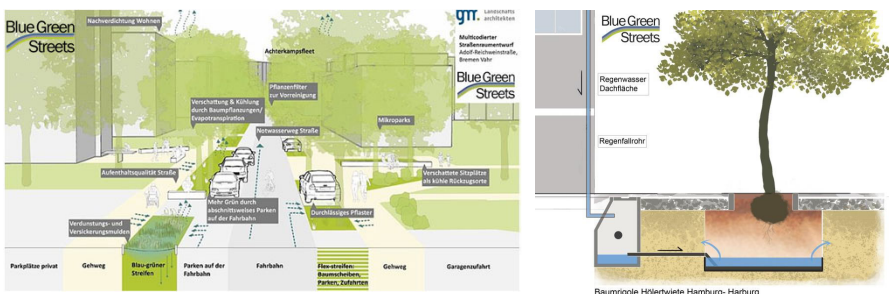
„Klimawandel: Herausforderungen und Lösungsansätze“ Luxemburg 19.10.2021

7

**Lösungen**

## Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung (sammeln, speichern, nutzen)

<https://www.fu-hamburg.de/research/forschungsgruppen/resp/resp-projekte/blugreenstreets/>



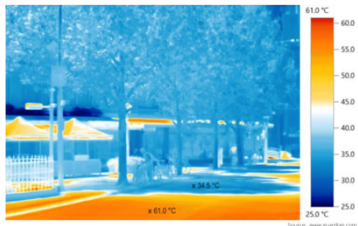
Blue Green Streets

Regenwasser Dachfläche

Regenfallrohr

Baumrigole Hölertwiete Hamburg- Harburg

**BLUE GREEN COOL**



61.0 °C

60.0

55.0

50.0

45.0

40.0

35.0

30.0

25.0

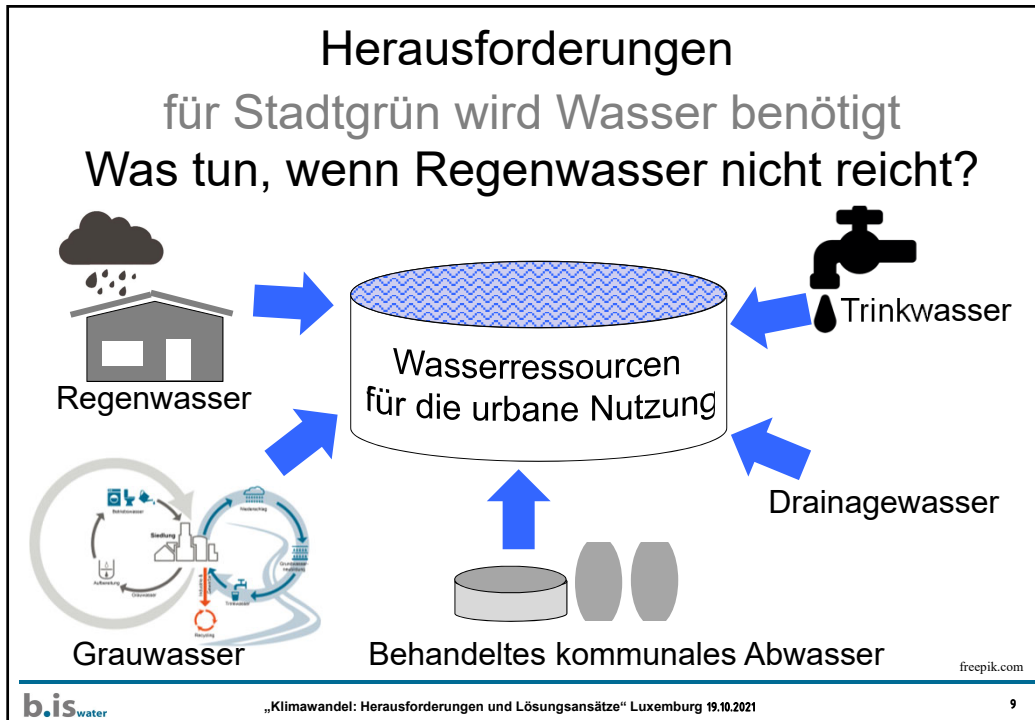
25.0 °C

38.5 °C

**b.is**water

„Klimawandel: Herausforderungen und Lösungsansätze“ Luxemburg 19.10.2021

8



DWA-Themen  
Aufbereitungsstufen für die Wasserwiederverwendung  
Mai 2008  
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.  
DWA

**Zweck:**  
Bewertung von Verfahren zur geplanten, absichtlichen Verwendung von **aufbereitetem kommunalem Abwasser**.

Für die Nutzungsbereiche

- Bewässerung in der Landwirtschaft,
- Brauchwasser in Gebäuden (z.B. für die Toilettenspülung),
- innerstädtische Nutzungen (z. B. zur Bewässerung von Grünflächen, für die Straßenreinigung oder als Löschwasser).

b.is water „Klimawandel: Herausforderungen und Lösungsansätze“ Luxemburg 19.10.2021 10

**Lösungen**

## Dezentrale Grauwasserbewirtschaftung (getrennt erfassen, reinigen, speichern, nutzen)

**Block 6 Berlin, roof water farm**

**Grauwasserbehandlung**

**Alle Fotos Londong April 2016**

**Erwin Nolde**

**Hydroponik**

**b.is**water

„Klimawandel: Herausforderungen und Lösungsansätze“ Luxemburg 19.10.2021

<http://www.roofwaterfarm.com> 11

**Lösungen**

## Dezentrale Grauwasserbewirtschaftung (im Bestand getrennt erfassen, reinigen, speichern, nutzen)

**AWAS**  
 Mechanische Trennung im Doppelschacht

Häusliches Abwasser

Schwarzwasser

Grauwasser

**EVaSENS**  
 Doppelinliner im bestehenden Ableitungssystem

Grauwasser

Schwarzwasser

Altrehr  
 BRAWOLINER® HT, DN 100

Epoxidharz, BRAWO®

Kalibrierschlauch

Hohlstelle  
 BRAWOLINER® HT, DN 50

Veser, S. (2015)  
 Doppel-Inliner-Verfahren zur getrennten Erfassung von Schwarz- und Grauwasser im Gebäudebestand, Dissertation, Verlag epubli GmbH, 2015, 104 Seiten, ISBN: 9783737578950

**b.is**water

„Klimawandel: Herausforderungen und Lösungsansätze“ Luxemburg 19.10.2021

12

**Lösungen**

## Dezentrale Grauwasserbewirtschaftung

(getrennt erfassen, reinigen, speichern, nutzen)



Greywater  
Settlement tank  
Collecting Tank  
LWS-Module  
Vertical green  
Hyglensation  
Pre-treatment

b.is<sub>water</sub>



**Vertikale KlimaKlärAnlage an der Fassade** zur Steigerung der Ressourceneffizienz und Lebensqualität in urbanen Räumen (VertiKKA)

<https://vertikka.de>

b.is<sub>water</sub> „Klimawandel: Herausforderungen und Lösungsansätze“ Luxemburg 19.10.2021 13

**Lösungen**

## Semi-Dezentrale Regen- und Grauwasserbewirtschaftung

(getrennt erfassen, getrennt reinigen, speichern, nutzen)

**Coers-Fläche Lünen**



Quelle: Fraunhofer ISI  
<https://www.integrierte-wasser-energie-transition.de/iWET-Konzept/index.php>

Jutta Niederste-Hollenberg Vortrag bei der digitalen Konferenz »Wasser in der Morgenstadt – Water in the City of the Future«, am 1. Oktober 2021

**integriertes WasserEnergieTransitionskonzept**

- kombinierte Wiederverwertung von Regen- und behandeltem Grauwasser mit Wärmerückgewinnung
- ermöglicht die sukzessive Einführung auch im Bestand unter anfänglicher Beibehaltung des vorhandenen Systems
- Verbindung von Ressourcenrückgewinnung, Energieeffizienz und Retention
- zusätzliche Ökosystemdienstleistungen
- „grüne“ Stadt: Sichtbarkeit, Lebensgefühl, Qualität des Wohnumfelds
- erhöhte Flexibilität
- Transitionsfähigkeit durch sukzessive Fortentwicklung



Baustelle im September 2021

**Fraunhofer ISI**

<https://www.integrierte-wasser-energie-transition.de/iWET-Konzept/content/coers-flaeche-luenen.php>

b.is<sub>water</sub> „Klimawandel: Herausforderungen und Lösungsansätze“ Luxemburg 19.10.2021 14



## Herausforderungen

Grauwasser wird für Stadtgrün verwendet  
 Was tun, wenn Schwarzwasser übrig bleibt?

Source: Bauhaus-Institut für zukunftsweisende Infrastruktursysteme (2014)

**b.is**water „Klimawandel: Herausforderungen und Lösungsansätze“ Luxemburg 19.10.2021 15

## Schwarzwasserbewirtschaftung

(getrennt erfassen, reinigen, hygienisieren,  
 Nährstoffe und Energie nutzen)

Lösungen

Angeschlossener Stadtteil

Getrennte Erfassung

Vakuumpumpen

Grauwasserbehandlung

Alle Fotos Londong  
September 2021

Schwarzwasser-UASB  
und Hygienisierung


Ammoniakstripper

**b.is**water „Klimawandel: Herausforderungen und Lösungsansätze“ Luxemburg 19.10.2021 16

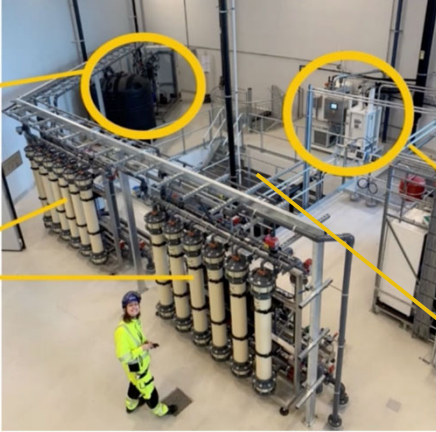


Lösungen

## 80% water recovery (Potable water quality)



Beispiel Helsingborg



Pre-filter (20 um) + chemical cleaning rack

Nanofiltration membrane racks (MWC 400 Da)

Ozonation unit for treatment of concentrate

Biological greywater treatment

- **Water recovery** (80% as potable water)
- **Nutrients** (95% P and 80% N)
- **Energy** (120 kWh<sub>biogas</sub> and 800 kWh<sub>heat</sub> / capita/year)
- **Organic material** (as fertilizer pellet)
- **Removal of organic micro pollutants**

Dr. Hamse Kjerstadius, NSVA (Nordvästra Skånes Vatten och Avlopp)  
Vortrag bei der digitalen Konferenz  
»Wasser in der Morgenstadt – Water in the City of the Future«,  
am 30. September 2021

b.is

„Klimawandel: Herausforderungen und Lösungsansätze“ Luxemburg 19.10.2021

17

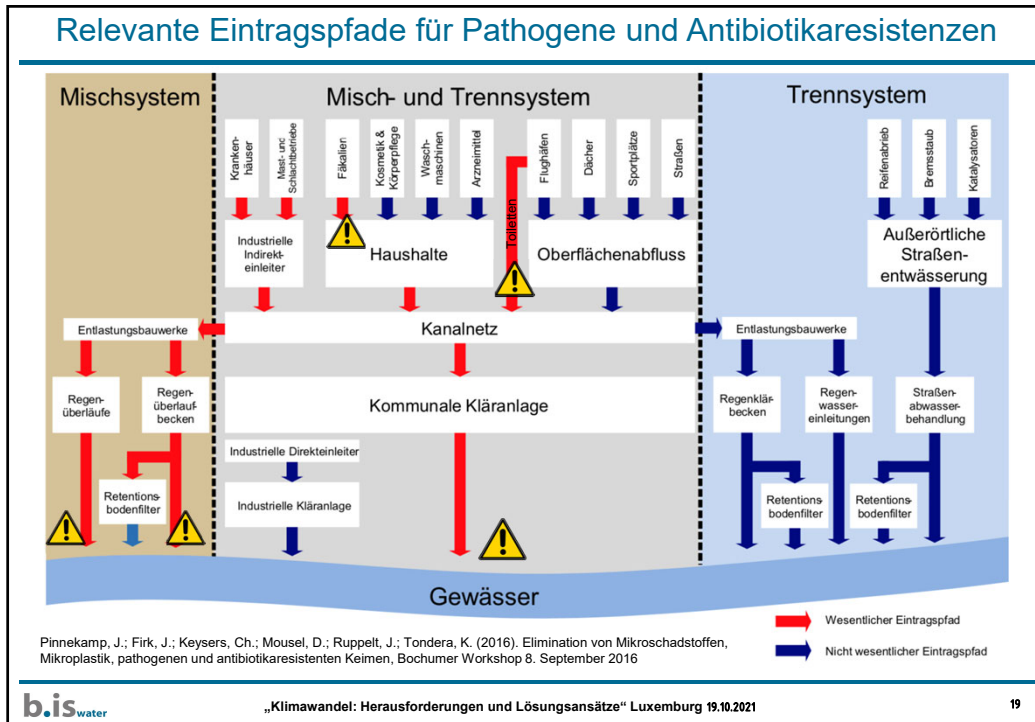
# Systembetrachtungen

## (Hygiene, Antibiotikaresistenzen)

b.is

„Klimawandel: Herausforderungen und Lösungsansätze“ Luxemburg 19.10.2021

18



## Antibiotikaresistenz

### Feuerpfeil et al. 1999 Bundesgesundheitsblatt – Antibiotikaresistente Bakterien und Antibiotika in der Umwelt

**Antibiotikaresistente Bakterien und Antibiotika in der Umwelt**

*(Text from the article is partially obscured by a yellow banner)*

- Antibiotikaresistenzen werden in die Umwelt eingetragen
- Antibiotikaresistenzen werden über Abwasser in die Umwelt eingetragen
- Antibiotikaresistenzen werden über Kläranlagen gesammelt und von dort über das geklärte Abwasser in die Umwelt
- deutlicher Anstieg antibiotikaresistenter Bakterien in der Umwelt in den letzten zehn Jahren

Antibiotikaresistenz, die Gefahr ist lange bekannt  
Das Wissen über Antibiotikaresistenzen in Gewässern  
und bei der Wiederverwendung im urbanen Kontext ist  
immer noch sehr begrenzt.

Exner, Martin; Schmithausen, Ricarda (2019) Verbundvorhaben HyReKA: Hintergrund, Zielsetzung, Methoden, Abschlussveranstaltung des BMBF-Forschungsvorhabens zu Antibiotikaresistenzen im Wasserkreislauf (HyReKA), April 2019  
([http://www.hyreka.net/uploads/2019\\_5\\_Praesentationen%20HyReKA-Abschluss\\_Homepage.zip](http://www.hyreka.net/uploads/2019_5_Praesentationen%20HyReKA-Abschluss_Homepage.zip))

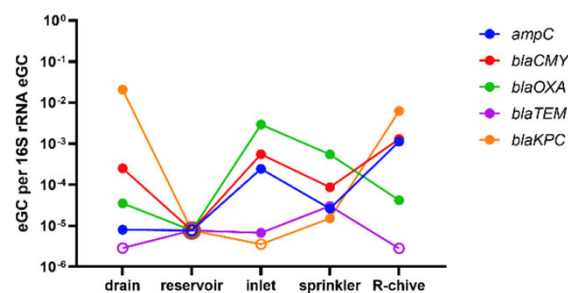
## Antibiotikaresistenz

Anders als Spurenstoffe und andere  
chemische Kontaminanten besitzen  
Mikroorganismen ein  
**Vermehrungspotential.**

Resistenzgene werden in Gewässern,  
Böden und Pflanzen **angereichert.**

Thomas U. Berendonk (2019). Bedeutung von Flugverkehr und Regenüberlaufbecken, Abschlussveranstaltung des BMBF-Forschungsvorhabens zu Antibiotikaresistenzen im Wasserkreislauf (HyReKA), April 2019  
([http://www.hyreka.net/uploads/2019\\_5\\_Präsentationen%20HyReKA-Abschluss\\_Homepage.zip](http://www.hyreka.net/uploads/2019_5_Präsentationen%20HyReKA-Abschluss_Homepage.zip))

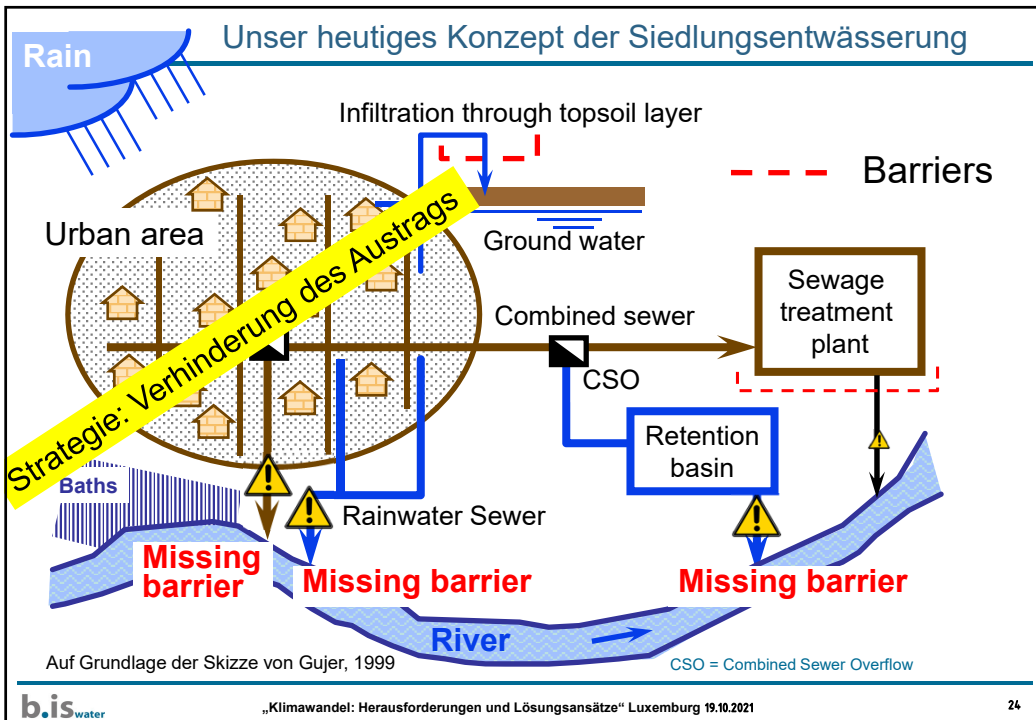
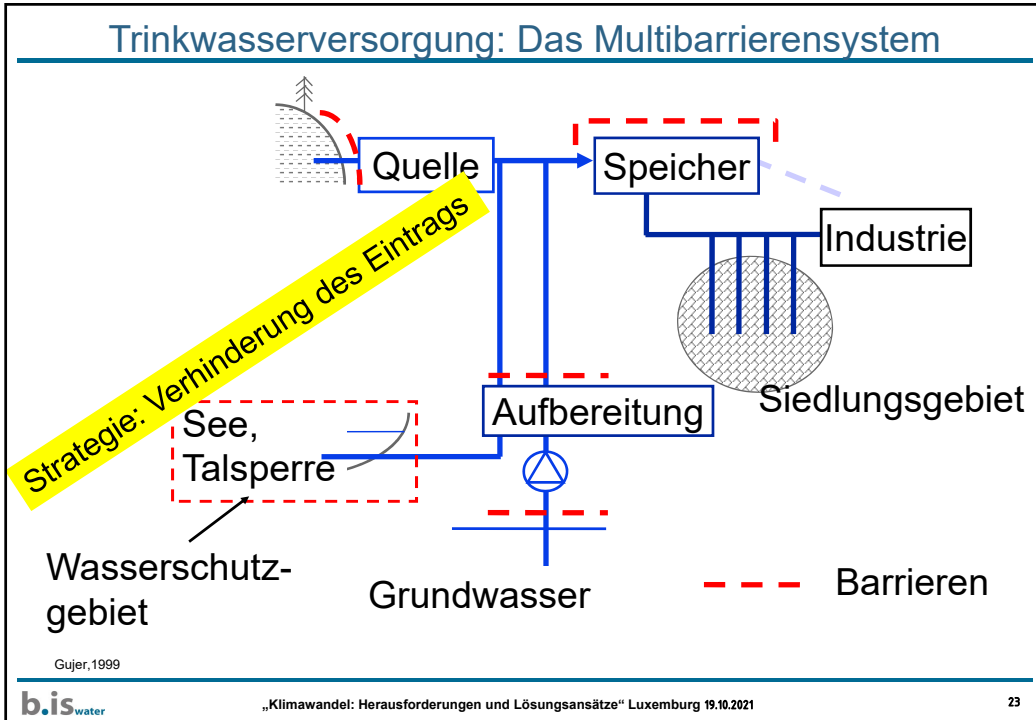
## Antibiotikaresistenz





Resistenzgene können in Pflanzen (hier Schnittlauch)  
angereichert werden, wenn sie mit  
Oberflächenwasser bewässert werden.

Gekenidis, M.-T.; Walsh, F.; Drissner, D. (2021) Tracing Antibiotic Resistance Genes along the Irrigation Water Chain to Chive: Does Tap or Surface Water Make a Difference? *Antibiotics* 2021, 10, 1100. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10091100>






### Zwischenfazit

-  Das System hat Leckagen  
(fehlende Barrieren!)
-  Das System kann nicht ohne  
Änderungen genutzt werden,  
wenn Wasser sicher in der Stadt  
wiederverwendet werden soll

**b.is**water „Klimawandel: Herausforderungen und Lösungsansätze“ Luxemburg 19.10.2021 25



TUHH  
Technische Universität Hamburg-Harburg

Volumenstrom	Grauwasser 25,000 – 100,000 l/(E*a)	Urin ~ 500 l/(E*a)	Faeces ~ 50 l/(E*a)
N	~ 3 %	~ 87 %	~ 12 %
P	~ 15 %	~ 50 %	~ 35 %
K	~ 34 %	~ 3 %	~ 12 %
CSB	~ 41 %	~ 2 %	~ 47 %

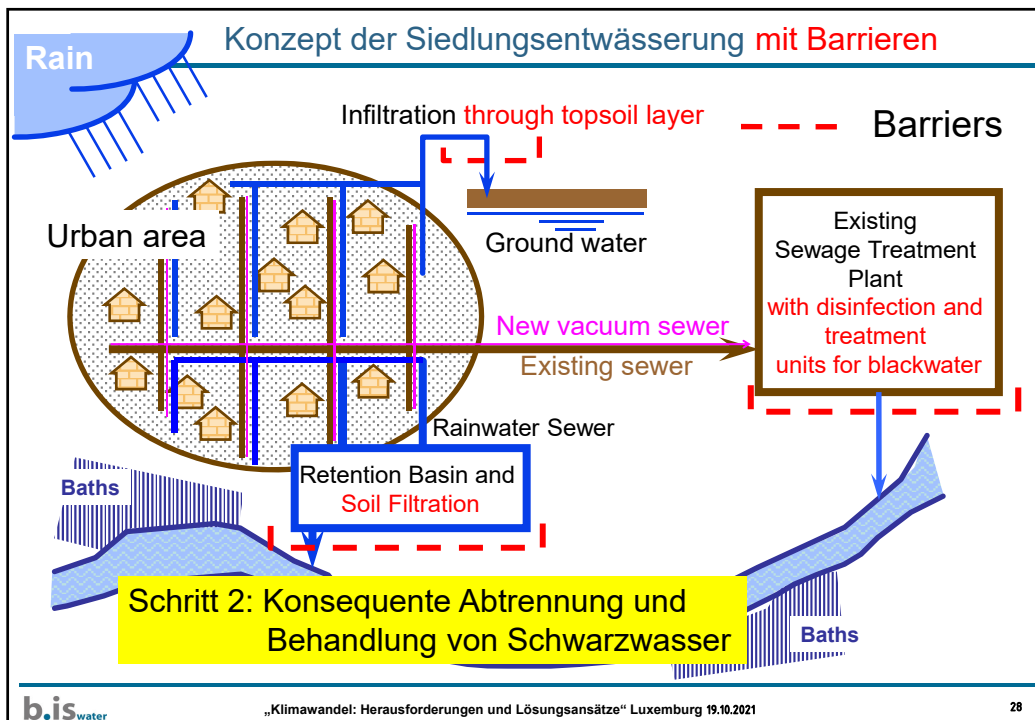
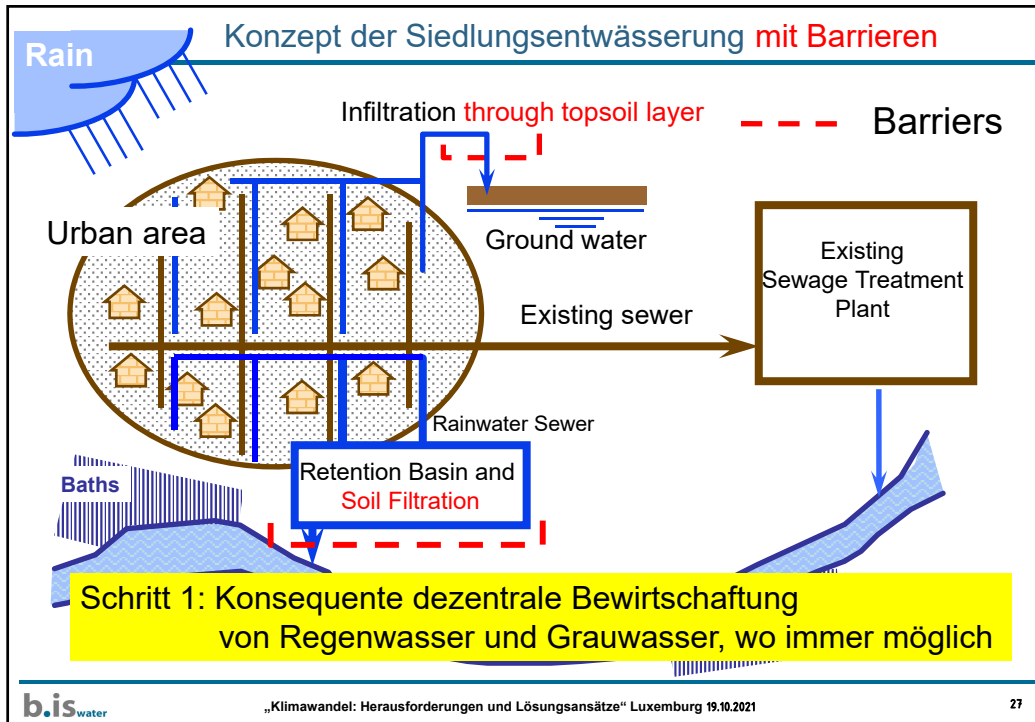
Wasser

Nährstoffe

Pathogene  
Resistenzen

Basierend auf:  
Niederste-Hollenberg, J., Otterpohl, R. (2000). Innovative Entwässerungskonzepte, wwt wasserwirtschaft wassertechnik, S.23, Heft 2

**b.is**water „Klimawandel: Herausforderungen und Lösungsansätze“ Luxemburg 19.10.2021 26





**Schlussfolgerungen**



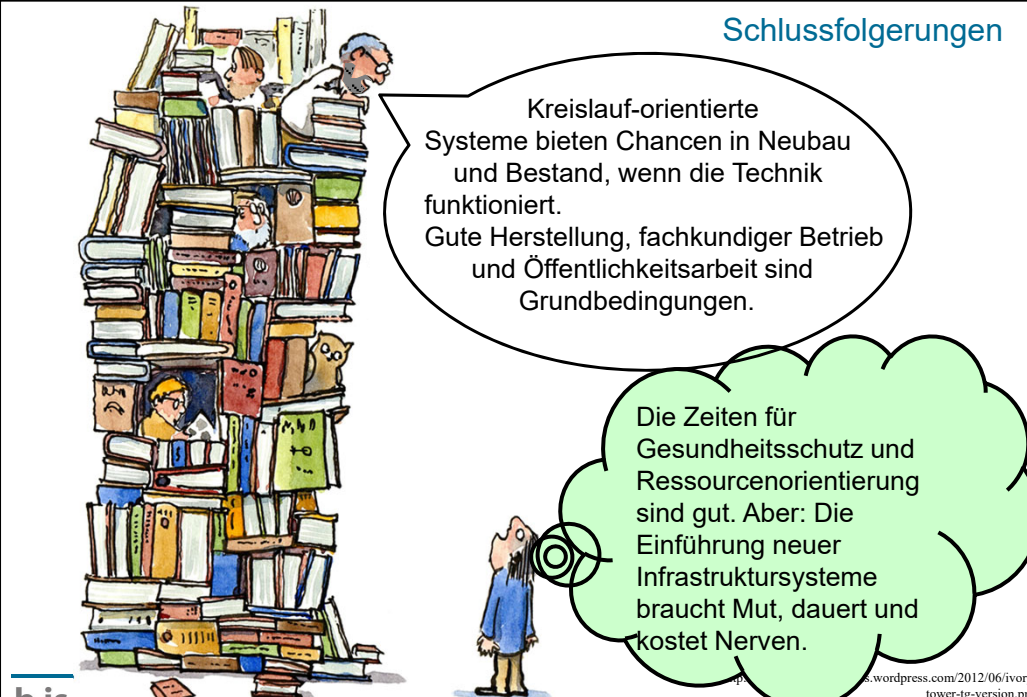
Die urbane Wiederverwendung wird erleichtert, wenn Stoffströme nicht mehr vermischt werden und geeignete (dezentrale) Behandlungsmethoden eingesetzt werden.

Da jetzt großer Sanierungsbedarf beim Kanalisationsystem besteht, ist nun die richtige Zeit mit einem Systemwechsel zu beginnen.

<http://allthingslearning.files.wordpress.com/2012/06/ivory-tower-tg-version.png>

b.is. Free drawing to download and use, by Fritz Mohrhardt 1.2021 29

**Schlussfolgerungen**



Kreislauf-orientierte Systeme bieten Chancen in Neubau und Bestand, wenn die Technik funktioniert. Gute Herstellung, fachkundiger Betrieb und Öffentlichkeitsarbeit sind Grundbedingungen.

Die Zeiten für Gesundheitsschutz und Ressourcenorientierung sind gut. Aber: Die Einführung neuer Infrastruktursysteme braucht Mut, dauert und kostet Nerven.

<http://allthingslearning.files.wordpress.com/2012/06/ivory-tower-tg-version.png>

b.is. Free drawing to download and use, by Fritz Mohrhardt 1.2021 29

