

# Kreislaufwirtschaft im urbanen Wassermanagement

**KTWW heute**  
16. Juni 2026

**Günter Langergraber**  
Institut für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft  
und Gewässerschutz



**Chong Nonsi canal park**

<https://www.ei.org/>

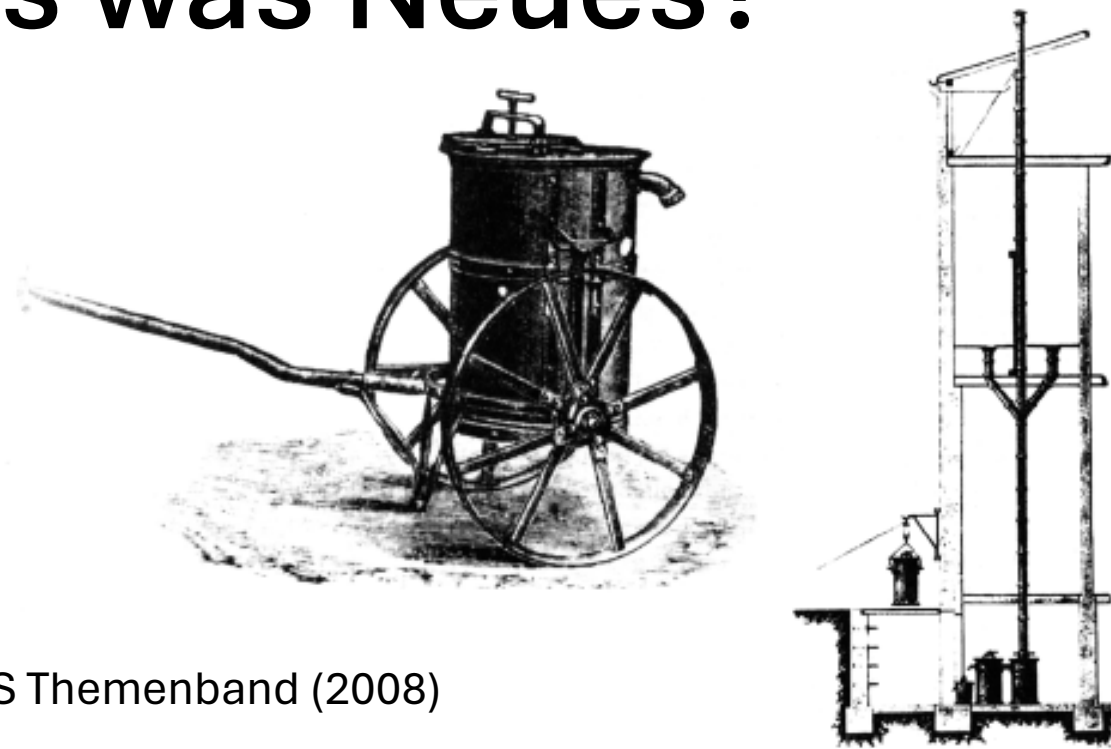


# Ressourcen-orientierte Sanitärsysteme

## Definition:

- stoffstromorientierte und ressourcenökonomisch ausgerichtete Systeme, die über die Siedlungswasserwirtschaft hinausgehen
  - **Abwasser als Quelle potenziell nutzbarer Ressourcen:  
Kohlenstoff, Nährstoffe, Energie, Wasser**
- Konzepte aus unterschiedlichen Komponenten zur Erfassung, Ableitung und gezielten Aufbereitung von Abwasserteilströmen, z.T. unter Nutzung von Synergien mit anderen Infrastrukturbereichen
- in unterschiedlichen Skalierungen realisierbar, bislang jedoch sehr häufig als (semi-)dezentrale Konzepte umgesetzt → Ziel: höhere Flexibilität
- zahlreiche Forschungs- und Demonstrationsprojekte in Deutschland und international
- In D früher: NASS = NeuArtige SanitärSysteme = New Alternative Sanitation Systems

# Ist das was Neues?



DWA NASS Themenband (2008)

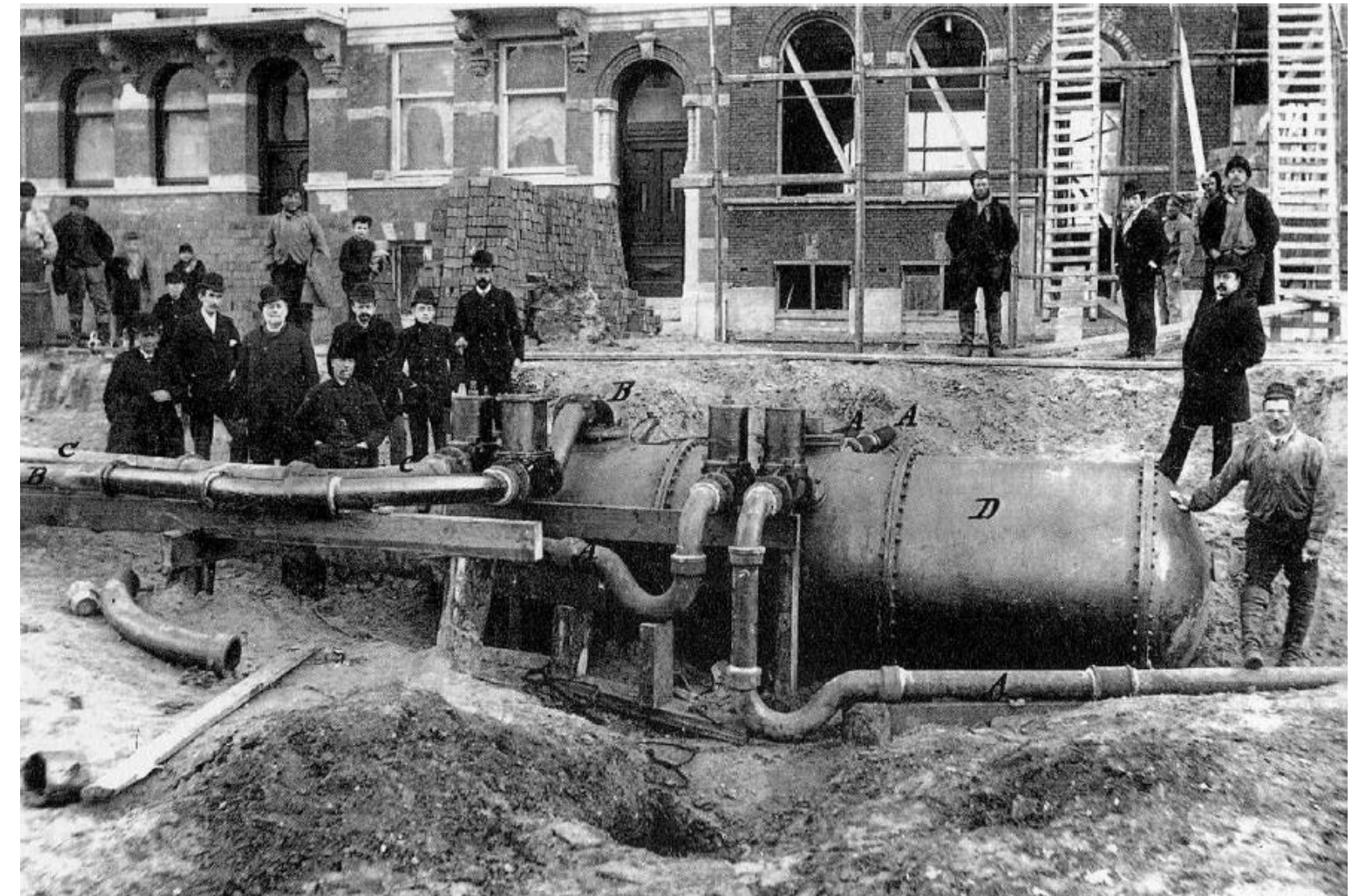
Abb. 2.1: Heidelberger Tonnensystem sowie der zugehörige Transportwagen [Bischofsberger, 1987]

- 19. Jahrhundert: Einführung der Spültoiletten → Konflikt Hygiene in Städten vs. Fäkalien als Dünger für die Landwirtschaft
- Liebig postulierte 1863, dass bei Einleitung der Abwässer in die Gewässer eine vollständige Verarmung der Ackerbau betreibenden Länder und in der Folge Völkerkriege wegen Hungersnot eintreten würden. [Strell, 1913]

[Strell, 1913] *Die Abwasserreinigungsfrage in ihrer geschichtlichen Entwicklung von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart*. Verlag von F. Leineweber. Leipzig.

## Das “Liernur’sche System”

*Entfernung und Verwerthung von Abortsstoffen, ehe dieselben in Gährung übergegangen sind, zur Beförderung der öffentlichen Gesundheit, der Land- und Volkswirthschaft (Patent 1869)*



Implementierung des Liernur’schen Systems in Amsterdam (ca. 1870), Im Jahr 1874 waren > 450 Gebäude in Amsterdam an das System angeschlossen. War aber unzuverlässig, da v.a. Pumpstationen noch nicht ausgereift waren.



# DWA Regelwerk

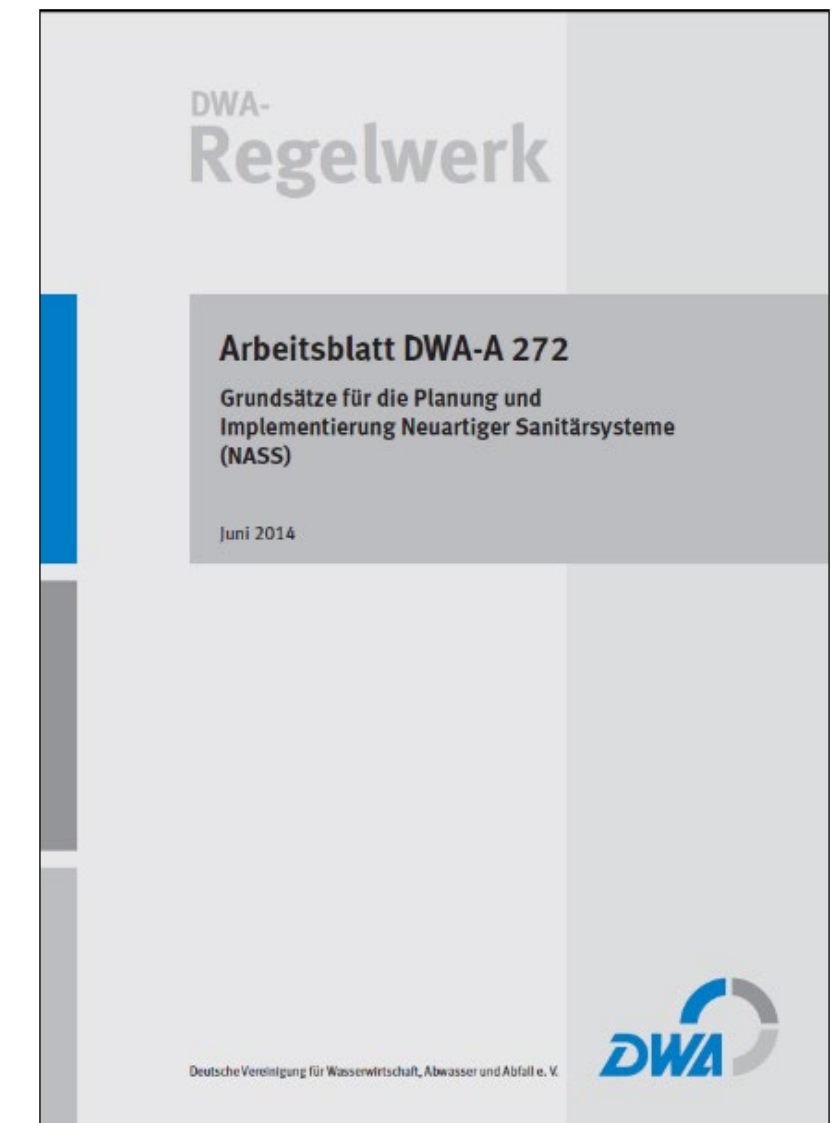
- **DWA-Fachausschusses KA-1 „NASS – Ressourcenorientierte Sanitärsysteme“**
- DWA-Themenband „Neuartige Sanitärsysteme“ (2008; 2016: auch auf Englisch)
- **Arbeitsblatt DWA-A 272: Grundsätze für die Planung und Implementierung Neuartiger Sanitärsysteme** (Juni 2014; als DWA-A 272E auch auf Englisch erhältlich)
- Merkblatt DWA-M 143-18: Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 18: Sanierung durch Systemumstellung auf Druck- oder Unterdruckentwässerung (April 2015)
- Merkblatt DWA-M 277: Grundsätze für die Planung und Implementierung von Grauwasserbehandlungs-/nutzungsanlagen (2017, in Zusammenarbeit von BDZ, fbr und DWA; auch auf Englisch erhältlich)





# Arbeitsblatt DWA-A 272 „Grundsätze für die Planung und Implementierung Neuartiger Sanitärsysteme“

- Ziel: Herausarbeitung der Besonderheiten von Ressourcen-orientierte Sanitärsystemen gegenüber konventionellen Systemen
- Zielgruppe:
  - Planer, Hersteller, Bauherren
  - Ver- und Entsorger, Behörden, Stadtplaner
- Wesentliche Inhalte:
  - Grundprinzipien der Systeme (große Vielfalt an Konzepten – Behandlungsverfahren – Produkten)
  - Anwendungsempfehlungen
  - Hinweise für ihre Bemessung
  - Bewertung
  - Besonderheiten im Planungsprozess





# Arbeitsblatt DWA-A 272

## Qualität und Quantität

Einwohnerspezifischen Volumenströme und Frachten der Abwasserteilströme

| Parameter        | Einheit | Urin <sup>1)</sup> |                 | Schwarzwasser <sup>1)</sup> |        | Grauwasser <sup>1)</sup> |                 | Rohabwasser (A 198) <sup>2)</sup> |
|------------------|---------|--------------------|-----------------|-----------------------------|--------|--------------------------|-----------------|-----------------------------------|
|                  |         | Fracht             | Anteil          | Fracht                      | Anteil | Fracht                   | Anteil          |                                   |
| Volumen          | l/(E*d) | 1,5                | - <sup>3)</sup> | 8 – 50 <sup>4)</sup>        | -      | 75                       | - <sup>3)</sup> | 150                               |
| BSB <sub>5</sub> | g/(E*d) | 5                  | 9 %             | 37                          | 67 %   | 18                       | 33 %            | 60                                |
| CSB              | g/(E*d) | 10                 | 10 %            | 50                          | 52 %   | 47                       | 48 %            | 120                               |
| TS               | g/(E*d) | -                  | -               | 61                          | 82 %   | 13                       | 18 %            | 70                                |
| N                | g/(E*d) | 11                 | 85 %            | 12                          | 92 %   | 1                        | 8 %             | 11                                |
| P                | g/(E*d) | 1,0                | 50 %            | 1,5                         | 75 %   | 0,5                      | 25 %            | 1,8                               |

1) Medianwerte

2) 85-Perzentile

3) Die Prozentangaben ergeben sich je nach verwendeter Toilettentechnik.

– z.B. bei Trockentoiletten kein Spülwasser, 100 % des Abwassers ist Grauwasser

– durchschnittlicher Spülwasserbedarf bei 33 l/(E d).

4) großer Schwankungsbereich in Abhängigkeit von der eingesetzten Sanitärtechnik

(nach DWA-A 272, 2014)



# Arbeitsblatt DWA-A 272

## Produkte und Ausgangsstoffströme

| Produkte                                 | Ausgangsstoffstrom |               |
|------------------------------------------|--------------------|---------------|
| nährstoffreicher Dünger (NPK)            | Gelbwasser / Urin  | Schwarzwasser |
|                                          | Fäkalien           | Schmutzwasser |
| Bodenverbesserer (nährstoffarmer Dünger) | Fäzes              | Gemisch BW+GW |
|                                          | Braunwasser        |               |
| Biogas                                   | Braunwasser        | Fäkalien      |
|                                          | Schwarzwasser      | Fäzes         |
|                                          | Gemisch BW+GW      | Schmutzwasser |
| thermische Energie (Abwärme)             | Grauwasser         | Gemisch BW+GW |
|                                          | Schmutzwasser      |               |
| Brauch/Pflegewasser                      | Regenwasser        | Grauwasser    |
| Betriebswasser                           | Regenwasser        | Schwarzwasser |
|                                          | Grauwasser         | Gemisch BW+GW |
|                                          | Braunwasser        | Schmutzwasser |
| gereinigtes Abwasser                     | Schmutzwasser      | Gemisch BW+GW |
|                                          | Schwarzwasser      | Grauwasser    |
|                                          | Braunwasser        |               |

(nach DWA-A 272, 2014)

# Arbeitsblatt DWA-A 272

## Behandlung von Teilströmen

Aspekte bei der Bemessung der jeweiligen Behandlungs-/Recyclingverfahren für die einzelnen Abwasserteilströme:

- hohe Konzentrationen einzelner Stoffe (insbesondere Stickstoff im Schwarz- und Gelbwasser) können hemmend beim biologischen Abbau wirken;
- gegenüber häuslichem Abwasser evtl. veränderte C:N:P - Verhältnisse;
- evtl. unzureichende Säurekapazität im Abwasserteilstrom (z.B. für Nitrifikation im Schwarzwasser);
- hoher inert-CSB-Anteil im Schwarz- und Gelbwasser;
- hohe Leitfähigkeit (Salzkonzentrationen),
- mögliche Anreicherung von Stoffkomponenten bei Kreislaufführungen;
- höheres Temperaturniveau bei ortsnaher Behandlung (insbesondere bei Grauwasser).

(nach DWA-A 272, 2014)



## Implementing nature based solution creating a resourceful circular city

### Duration

22 Oct 2018 – 21 Apr 2023

Chair: Günter Langergraber, BOKU University Vienna

Co-Chair: Nataša Atanasova, University of Ljubljana



# Herausforderungen



Circular City  
circular-city.eu



- Städte auf der ganzen Welt sind mit einer Reihe von Herausforderungen konfrontiert, darunter die **Erschöpfung der Ressourcen, der Klimawandel und die Verschlechterung der Ökosysteme**.
- Wenn die Städte ihre **derzeitige Infrastruktur und ihr Ressourcenmanagement** nicht **anpassen**, werden sie nicht in der Lage sein, diese Herausforderungen zu bewältigen.
- **Natur-basierte Lösungen (NbS, Nature-based Solutions)** sind ein Element, das dazu beitragen kann, diesen Übergang zu erreichen.



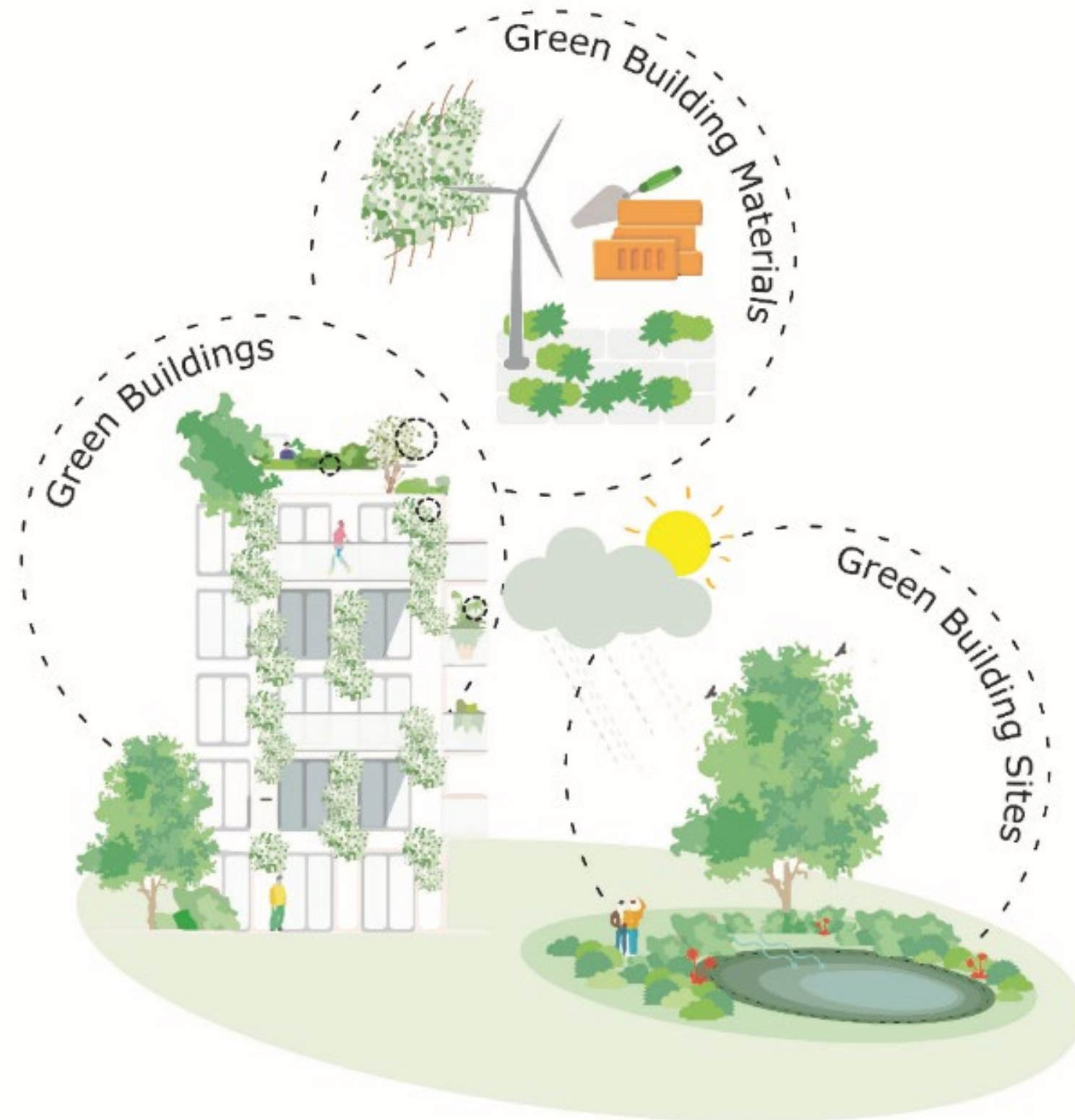


# Skalen für die Umsetzung der NbS in der bebauten Umwelt



Circular City  
circular-city.eu

cost  
EUROPEAN COOPERATION  
IN SCIENCE AND TECHNOLOGY



Die drei Skalen für die Umsetzung der NBS in der bebauten Umwelt: grüne Baumaterialien (Green Building Materials), Systeme für die Begrünung von Gebäuden (Green Buildings) und grüne städtische Gebiete (Green Building Sites)

(Illustration: Dimitra Theochari; aus Pearlmutter et al.; 2020)





# COST Action Circular City

Video: <https://www.youtube.com/watch?v=R3NXLb-W1pg>





# Was ist eine COST Action?



Circular City  
circular-city.eu



- COST ist das am längsten bestehende europäische Rahmenprogramm zur Förderung der länderübergreifenden Zusammenarbeit zwischen Forschern, Ingenieuren und Wissenschaftlern in ganz Europa (seit 1971) .
- COST fördert europaweite Bottom-up-Netzwerke in allen Bereichen der Wissenschaft und Technologie.
- COST finanziert selbst keine Forschung.
- COST unterstützt Netzwerkaktivitäten wie Tagungen, Workshops, Konferenzen, Fortbildungskurse, kurze wissenschaftliche Missionen (short-term scientific missions, STSMs) und Maßnahmen zur Verbreitung von Forschungsergebnissen.





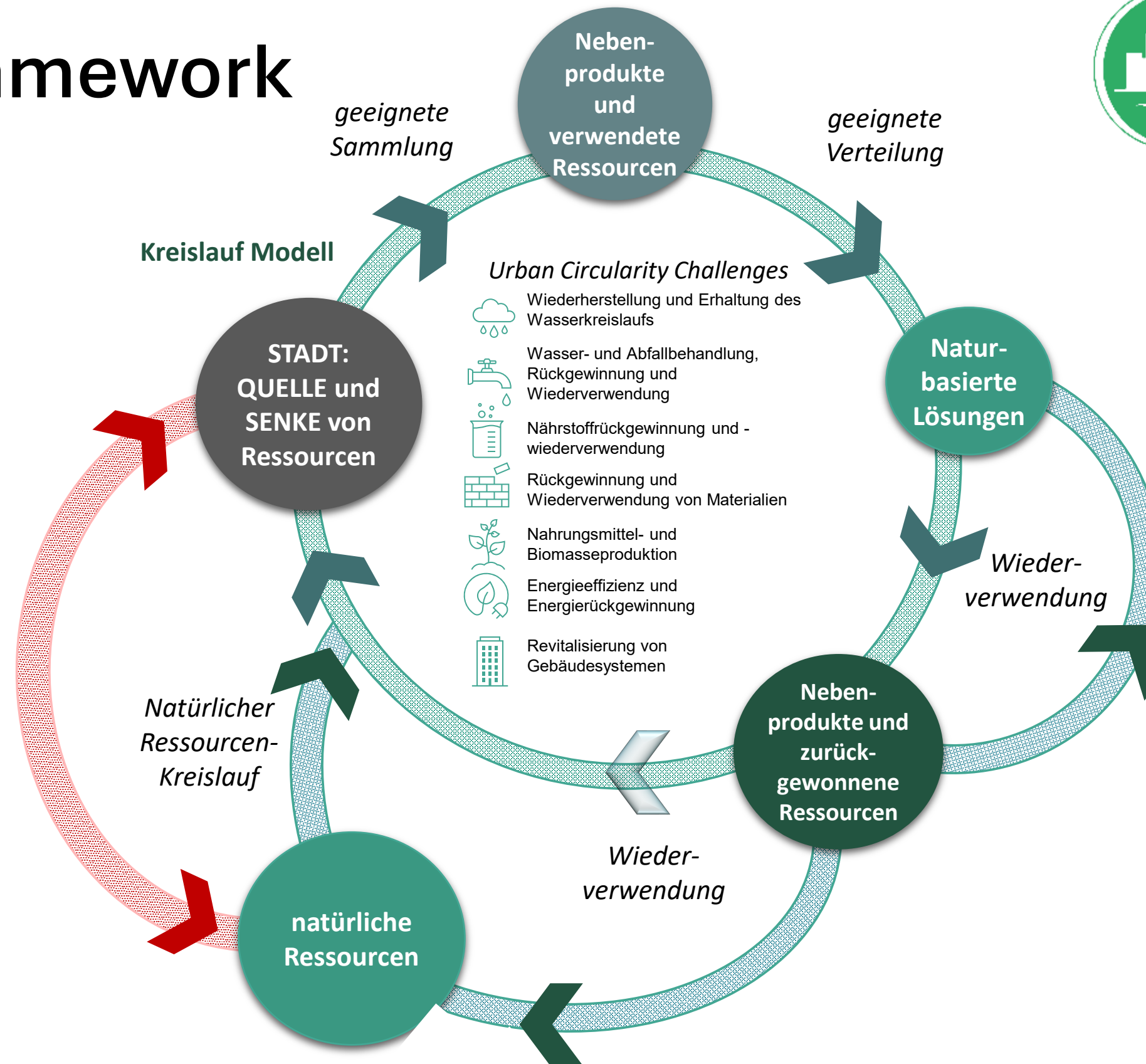
# Circular City framework



Circular City  
circular-city.eu

**cost**  
EUROPEAN COOPERATION  
IN SCIENCE AND TECHNOLOGY

**Lineares Modell**  
Entnahme natürlicher Ressourcen  
Entsorgung von verbrauchten  
Ressourcen und Abfällen

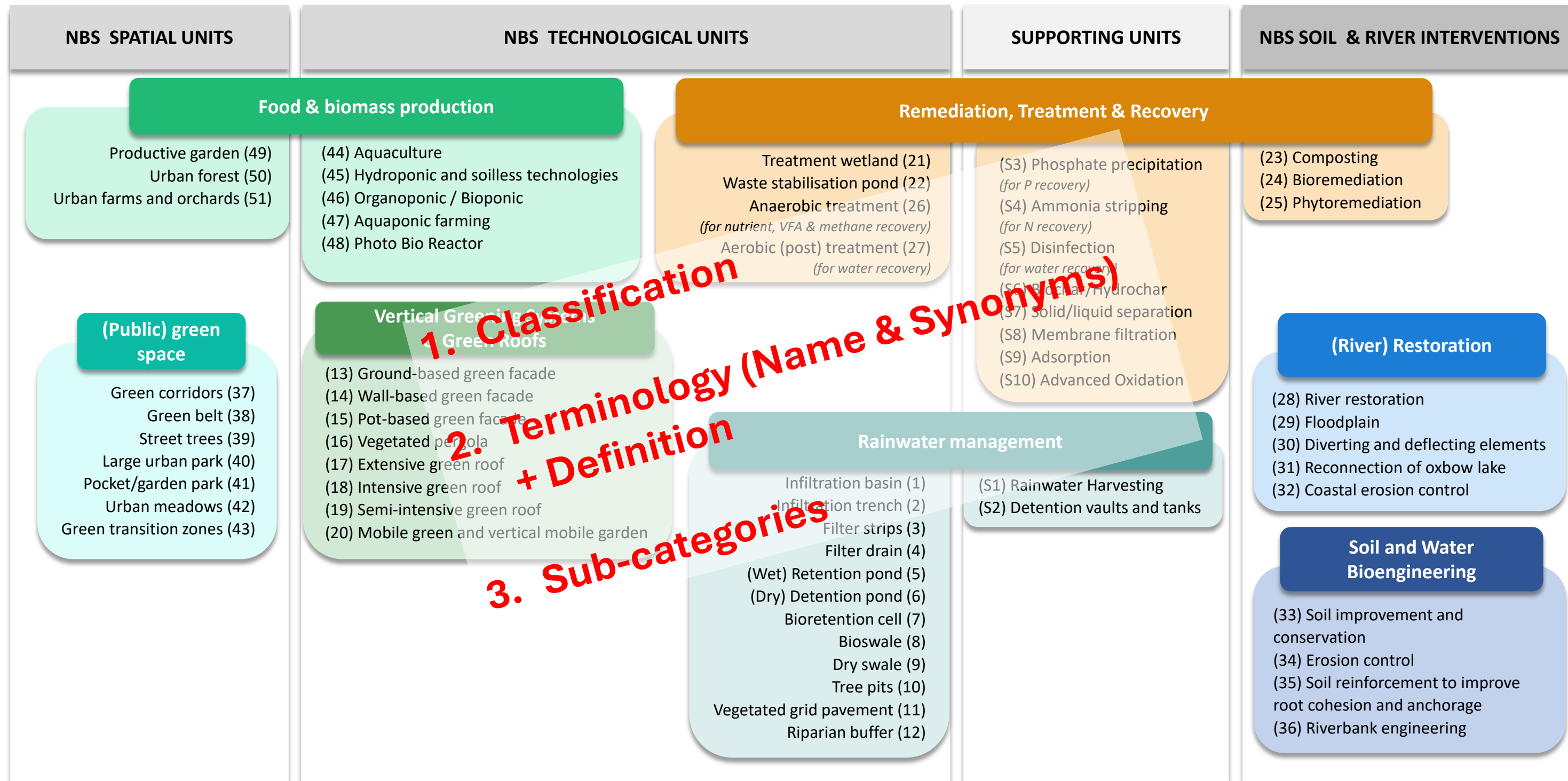


Herausforderungen der städtischen Kreislaufwirtschaft ("Urban Circularity Challenges"), die durch NbS in Kreislaufsystemen adressiert werden können (nach Langergraber et al., 2021)





# Catalogue of NbS



1. Classification  
2. Terminology (Name & Synonyms)  
3. Sub-categories  
+ Definition

NbS-Einheiten (NBS\_u), NbS-Interventionen (NBS\_i) und unterstützenden Einheiten (S\_u) eingeteilt in Gruppen (dunkelgraue Quadrate) und Kategorien (farbige Quadrate) (Langergraber et al., 2021).



# Ressourcenströme



**Circular City**  
circular-city.eu

**cost**  
EUROPEAN COOPERATION  
IN SCIENCE AND TECHNOLOGY



Wichtigste Ressourcenströme und Unterkategorien von Inputs, die für den Betrieb und die Instandhaltung von NBS\_u/i erforderlich sind, sowie Outputs, die potenziell von NBS\_u/i erzeugt werden (nach Langergraber et al., 2021).

Langergraber et al. (2023): Beitrag naturbasierter Lösungen zur Kreislaufwirtschaft in Städten – Die COST Action Circular City. *ÖWAW* 75 (11-12/2023), 603–614; <https://doi.org/10.1007/s00506-023-00988-4>.



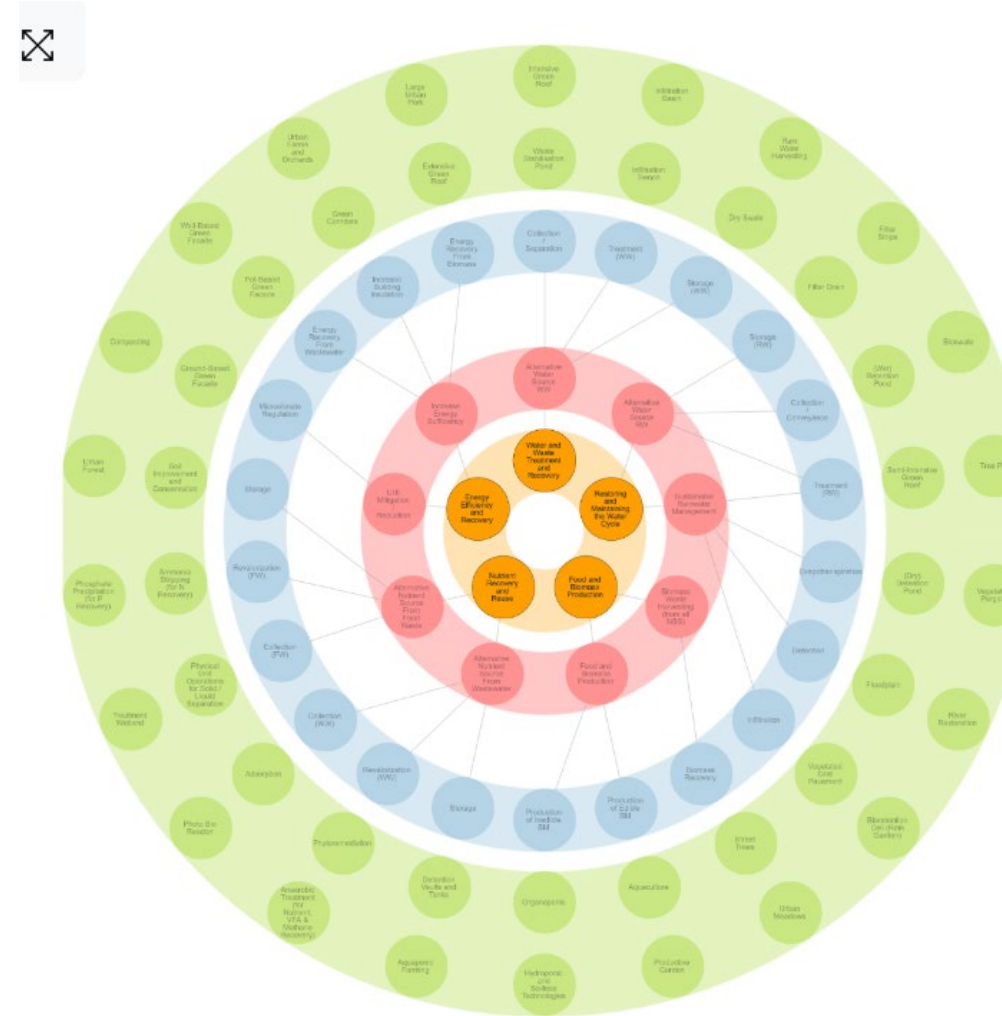
# Ergebnisse <https://circular-city.eu/>



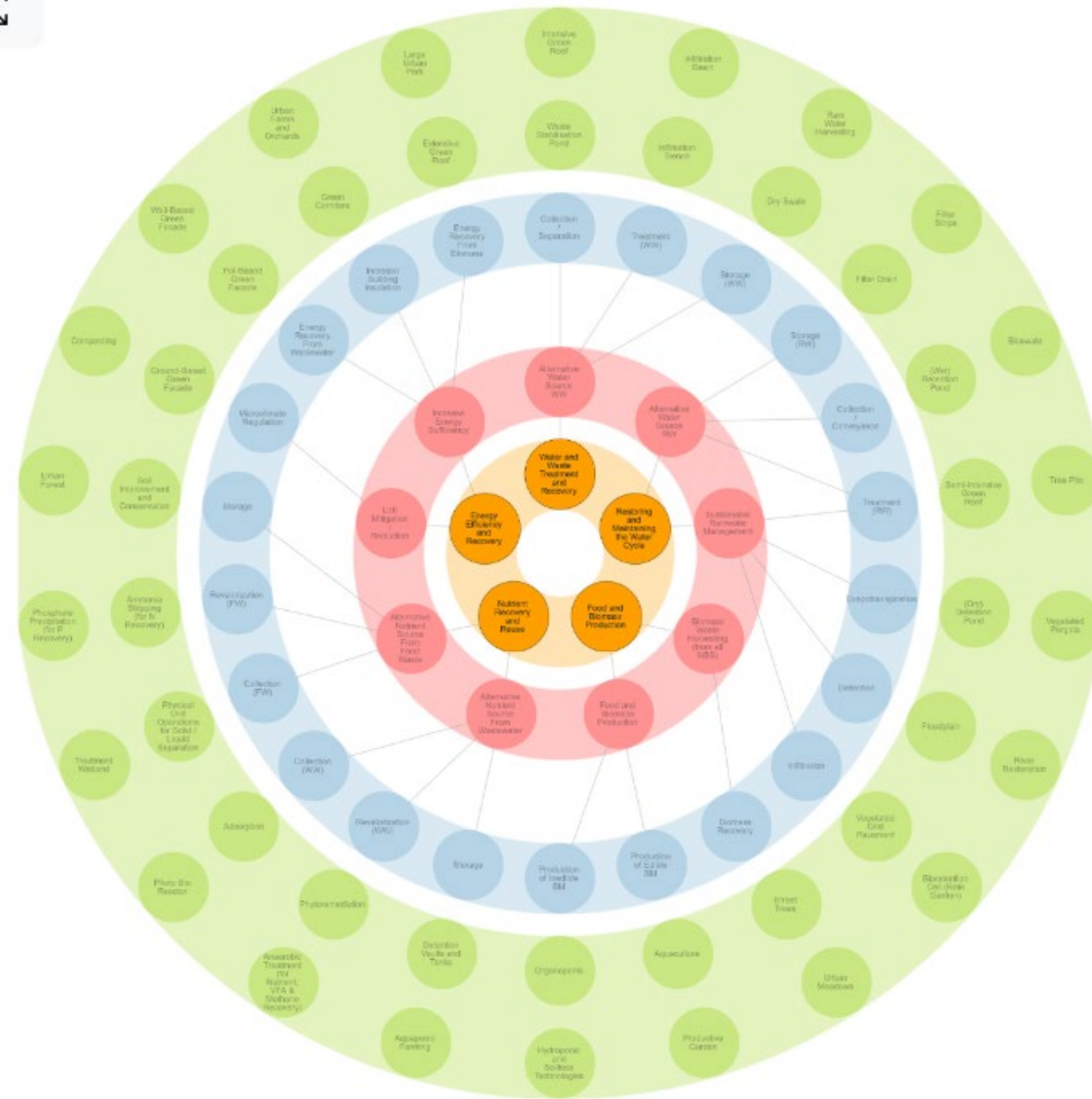
**Circular City**  
circular-city.eu



- **Publikationen**
- **Toolbox** <https://toolbox.circular-city.eu/>
- **On-line Kurs**
- **Video**
- **Kinderbuch** (in 31 Sprachen übersetzt)







1. Der innere Kreis (**oranger Kreis**) steht für fünf **Herausforderungen der urbanen Kreislaufwirtschaft** ("Urban Circularity Challenges"):
  - Wiederherstellung und Erhaltung des Wasserkreislaufs
  - Wasser- und Abfallbehandlung und -rückgewinnung
  - Nährstoffrückgewinnung und Wiederverwendung
  - Energieeffizienz und Energierückgewinnung
  - Lebensmittel- und Biomasseproduktion.
2. **Anforderungen** ("Demands") (**roter Kreis**), die speziell auf eine städtische Kreislaufwirtschaft ausgerichtet sind.
  - z.B. alternative Wasserressource, Biomasseproduktion, Nährstoffe aus Abwasser, etc.
3. Eine Vielzahl von **Dienstleistungen** ("Services") (**blauer Kreis**) ist erforderlich, um eine bestimmte Anforderung zu erfüllen.
  - z.B. Sammlung, Behandlung, Speicherung, etc.
4. Diese Dienstleistungen können von verschiedenen **NbS-Einheiten** ("NbS-Units") (**grüner Kreis**) erbracht werden.

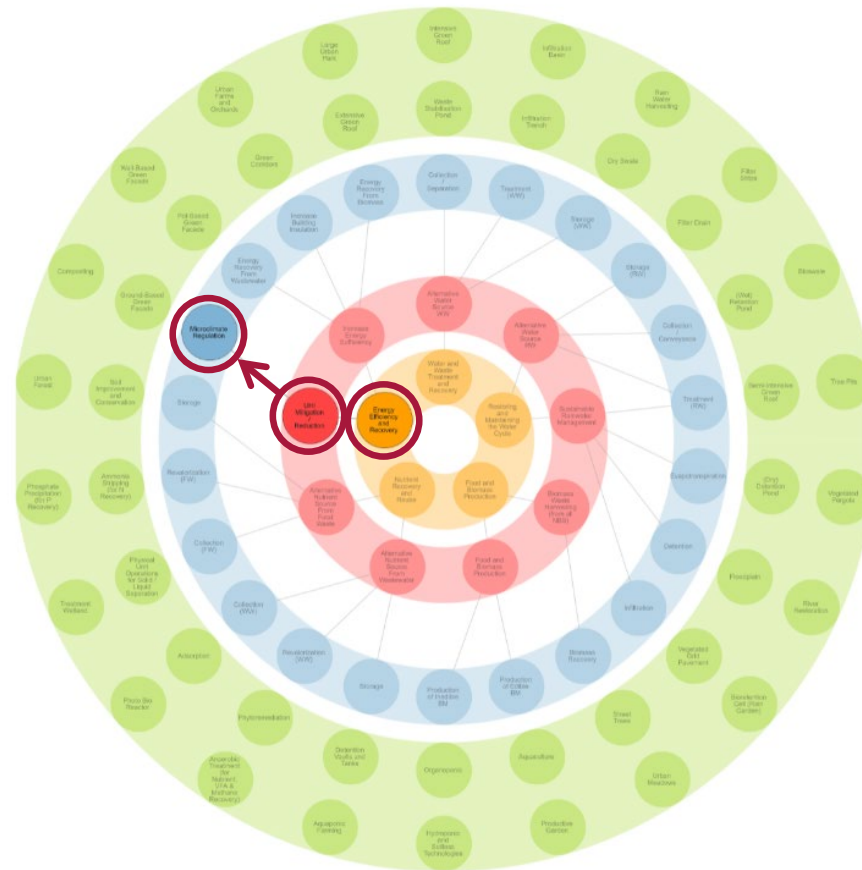


# Toolbox <https://toolbox.circular-city.eu/>

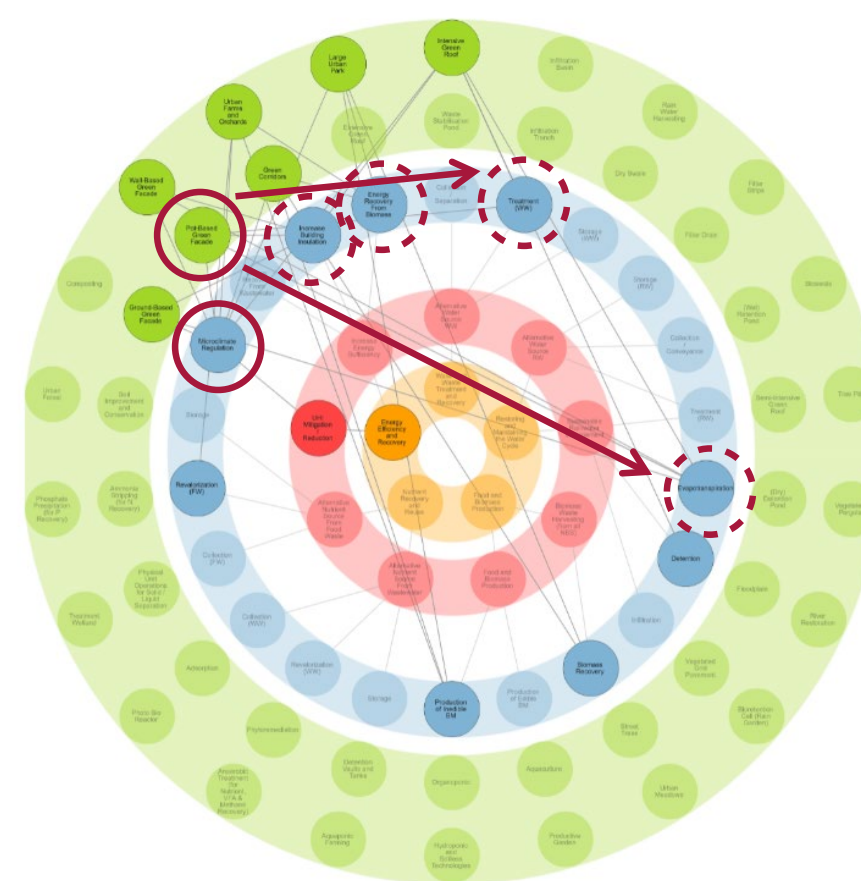


Circular City  
circular-city.eu

**COST**  
EUROPEAN COOPERATION  
IN SCIENCE AND TECHNOLOGY



Anforderung die *urbanen Hitzeinseln* zu *reduzieren* (rot eingekreister roter Kreis)  
→ Dienstleistung (dunkler blauer Kreis) ist die *Regulierung des Mikroklimas*



Zur Regulierung des Mikroklimas können sieben NbS-Einheiten verwendet werden (dunklere grüne Kreise).  
Wählt man eine NbS-Einheit aus (rot eingekreister grüner Kreis), erkennt man, dass diese noch vier zusätzliche Dienstleistungen bietet (blaue Kreise, die mit gestrichelter Linie rot eingekreist sind).

Langergraber et al. (2023): Beitrag naturbasierter Lösungen zur Kreislaufwirtschaft in Städten – Die COST Action Circular City. *ÖWAW*75 (11-12/2023), 603–614; <https://doi.org/10.1007/s00506-023-00988-4>.

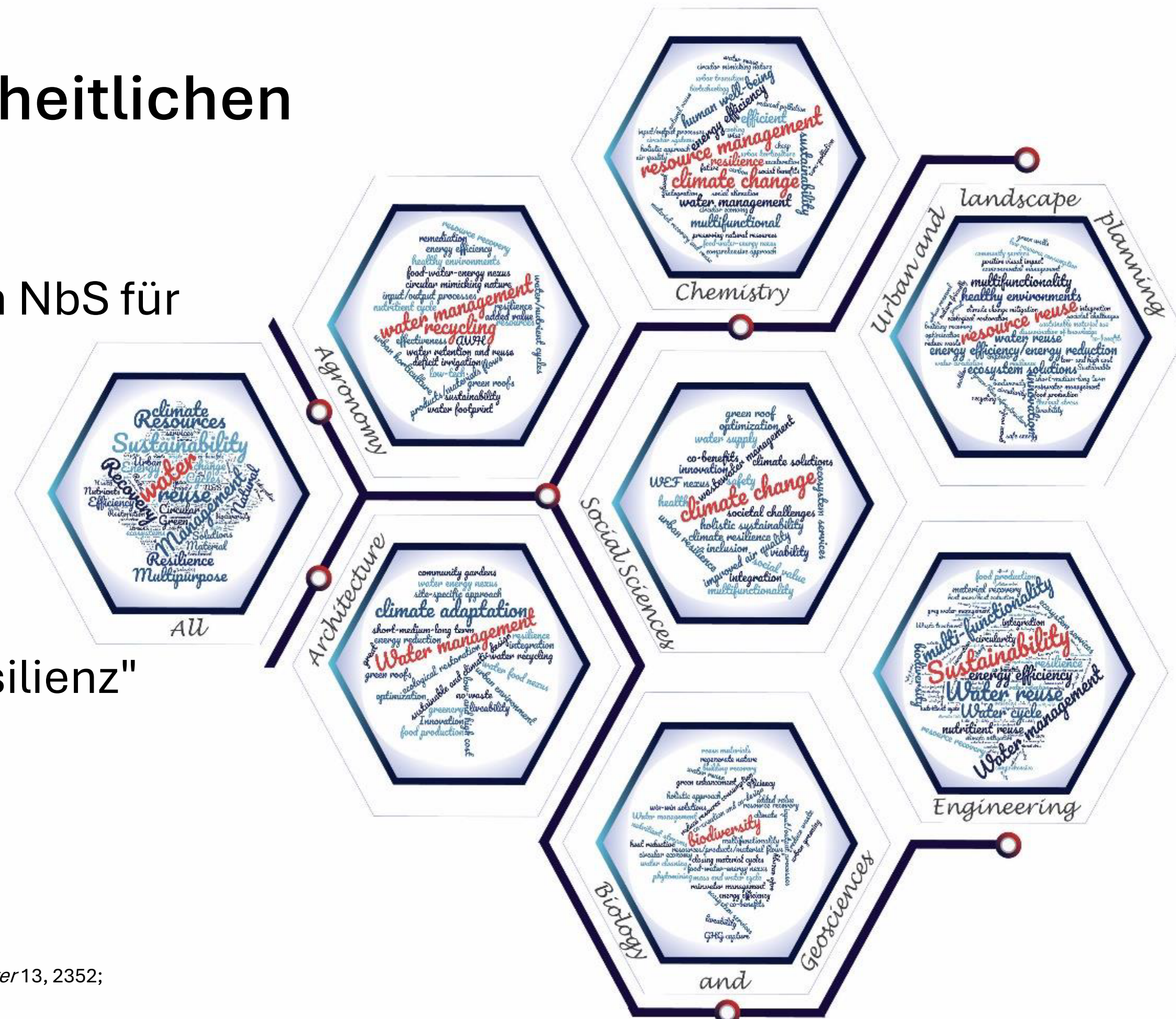




# Notwendigkeit einer ganzheitlichen Betrachtung

Schlüsselwörter zum Potenzial von NbS für die Kreislaufwirtschaft in Städten

- "Wasser" (alle Antworten)
- "Biodiversität" (Biologie und Geowissenschaften).
- "Ressourcenmanagement", „Resilienz“ und "Klimawandel" (Chemie und Biotechnologie),
- „Nachhaltigkeit" (Ingenieure)



Langergraber et al., 2021, Towards a Cross-Sectoral View ..., *Water* 13, 2352;  
<https://doi.org/10.3390/w13172352>.



# Beispiel

## Technische Lösungen im Bestand



### Rohr-in-Rohr-System

ENASENS-System – nachträglicher  
Einzug eines Inliners

## Abwasserweiche

Akustische Detektion des  
Herkunftsorts des Abwassers

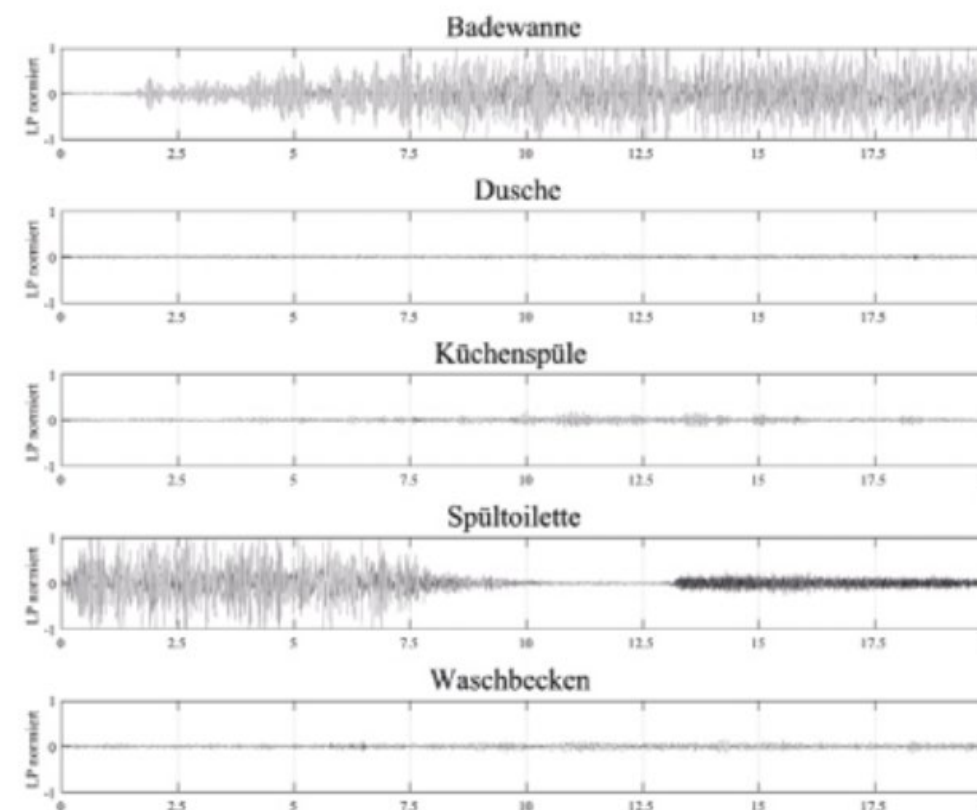
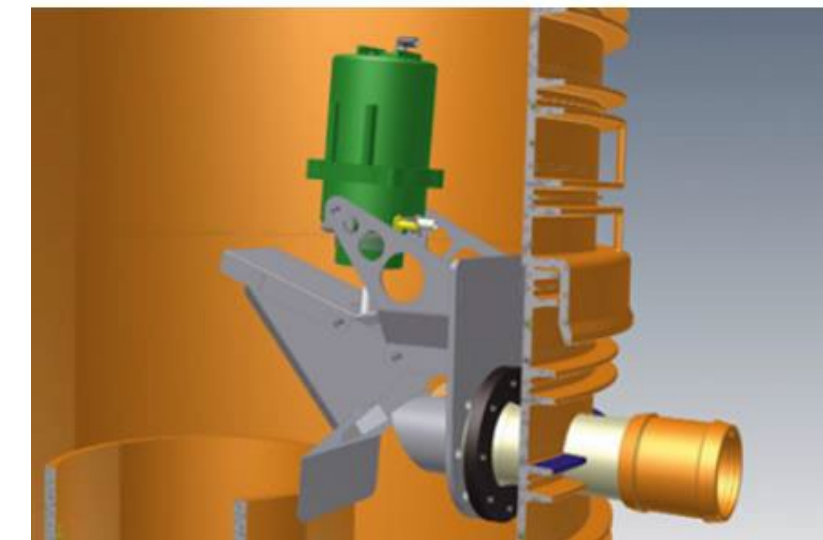


Abbildung 7.1 (oben) und 7.2 (unten): Konstruktion der Variante Kippschütte  
Modell: Schäfer, Synantik GmbH - Industrielle Mess- und Regelungstechnik



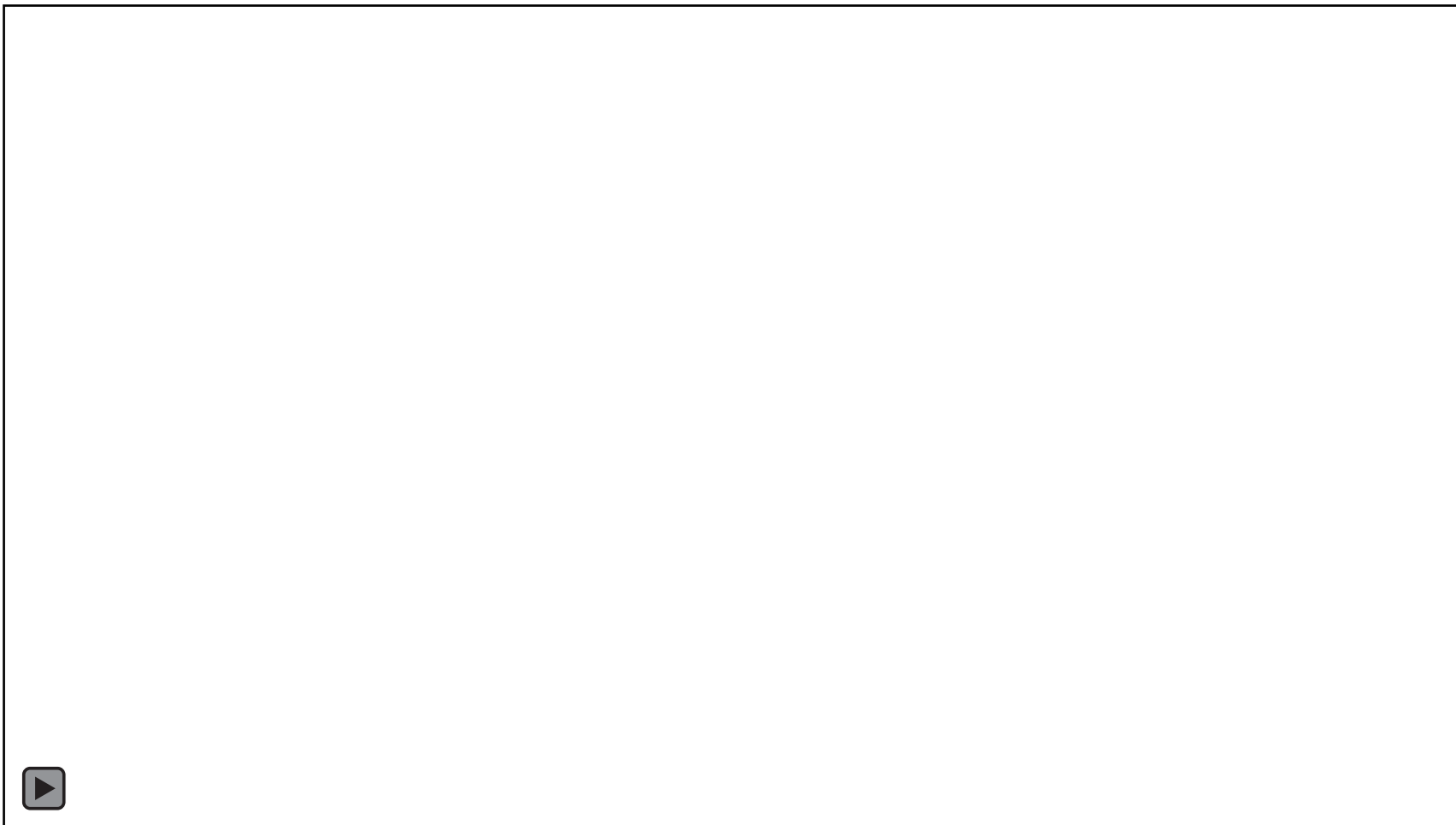
Hörnlein et al. (2022) Technische Lösungen im Bestand. *fbr-wasserspiegel* 2/22, 27-33;  
<https://www.fbr.de/verlag/fbr-wasserspiegel/index.html> (e-paper).



# Beispiel

## User interface

- Spültrenntoiletten
- Trockentrenntoiletten
- Urinale



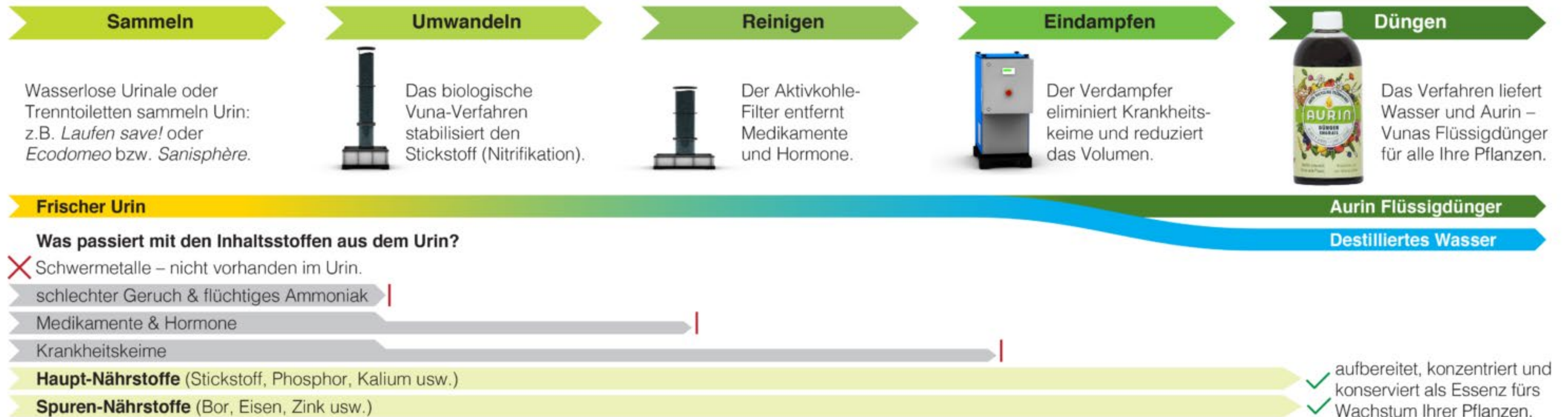
Laufen Safe! - entwickelt von EOOS next, Wien



# Beispiel

## Urin Aufbereitung

### Mit dem Vuna-Verfahren zum effizienten und sicheren Nährstoff-Kreislauf.



<https://vuna.ch/urin-recycling-technologie/>

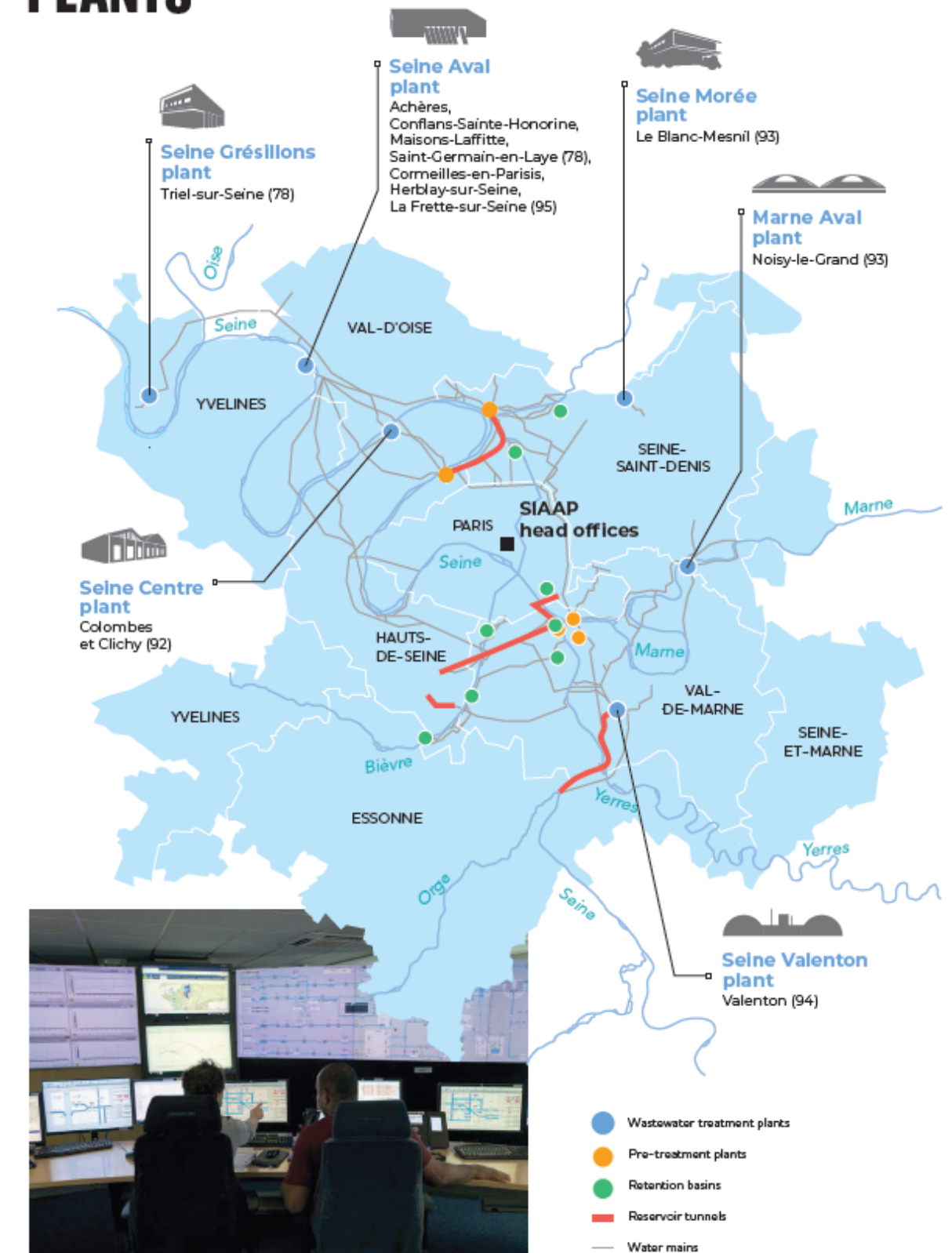


# Beispiel

## Saint-Vincent-de-Paul, Paris (Teil des OCAPI Programms)

- 6 große Kläranlagen in Paris
  - Alle nahe der Kapazitätsgrenze ausgelastet
  - Kein Platz für Erweiterung
- N-Entfernung benötigt das meiste Volumen in Kläranlagen
  - Zusätzliche Wohngebiete nur möglich, wenn N nicht zur Kläranlage geleitet wird → Urin getrennt sammeln (... und verwerten)

## 6 HIGH-PERFORMANCE PLANTS



<https://www.siaap.fr>



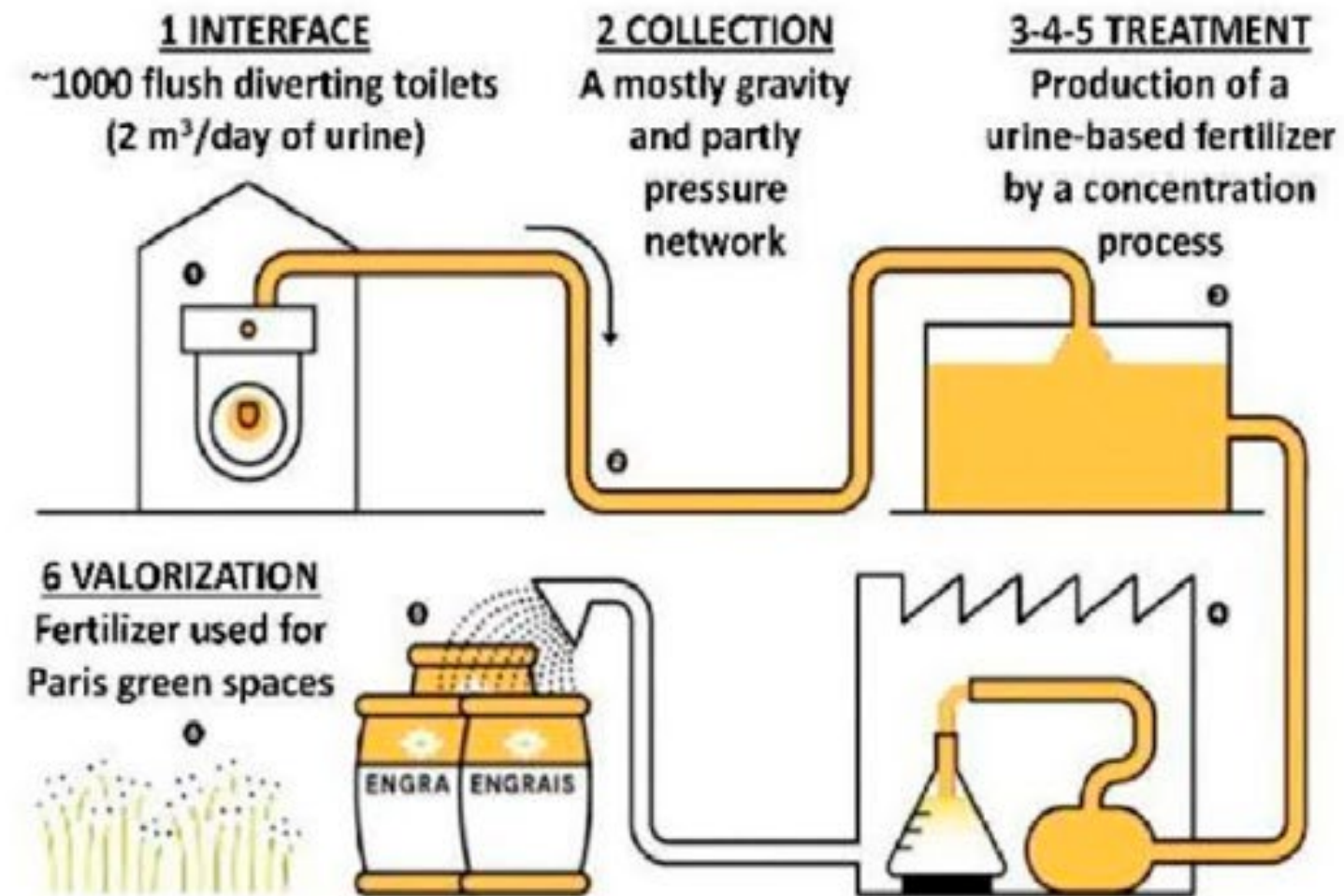
# Beispiel

## Saint-Vincent-de-Paul, Paris



**E** *The future eco-neighbourhood.*

Credits (E): S. Grazia – A. Beltrando, *My Lucky Pixel*, 2020 and (F): Paris & Métropole Aménagement, 2021.



**F** *The urine collection and valorization*

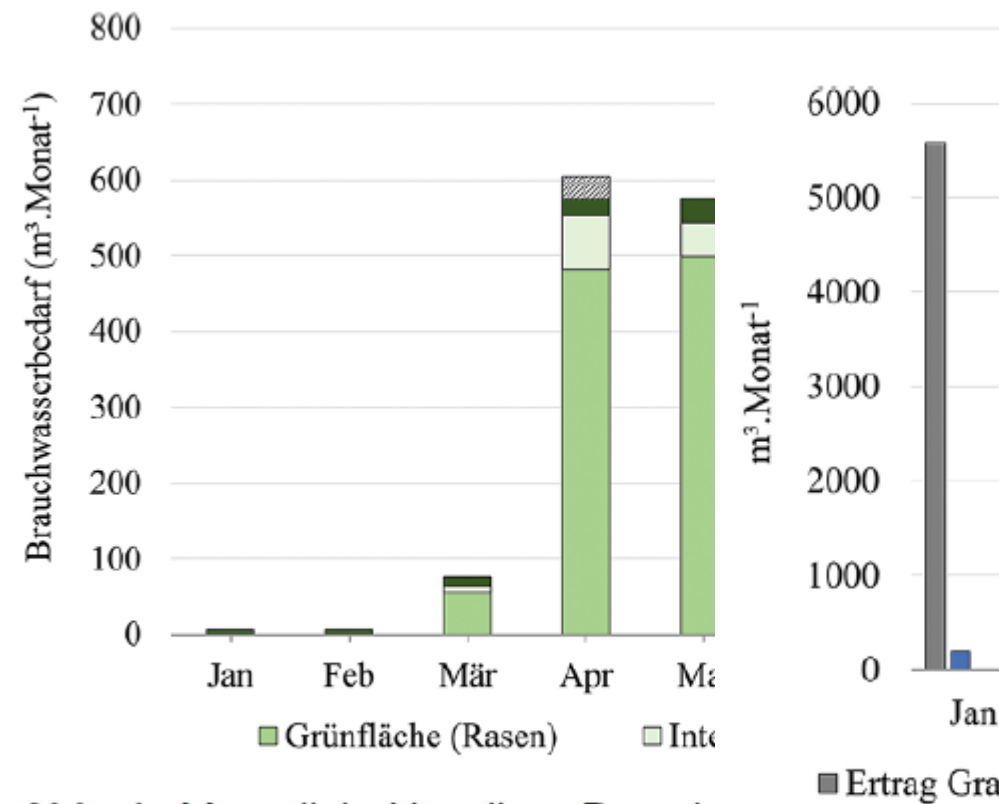
Joveniaux et al., 2022, Towards the development of source separation and valorization of human excreta? Emerging dynamics and prospects in France. *Front. Environ. Sci.* 10:976624; doi: 10.3389/fenvs.2022.976624



# Beispiel

## Neubau Quartier, Wien

### Wasser und Energie



**Abb. 1** Monatliche Verteilung Brauchter Berücksichtigung natürlicher Niederschlags (1112 (2010))

**Abb. 2** Gegenüberstellung Wasserbedarf



**Abb. 3** Grafische Darstellung der Ergebnisse – Diskrepanz zwischen Vision (Rahmenbedingungen) und Wirklichkeit (Praxis)

Prenner et al., 2023, Nutzungsorientierte Verwendung urbaner Wasserressourcen – Visionen, Potenziale und Herausforderungen. *Österr Wasser- und Abfallw* **75**, 178–188; <https://doi.org/10.1007/s00506-023-00932-6>.



Heute 22.Mai 2017

Don't waste your piss.  
Danish farmers can  
turn it into beer again.

What goes in must come out. But what comes out of you after a couple of beers isn't just water. In fact, it is a highly potent fertilizer. So this year, the farmers of Denmark are taking the piss out of Roskilde Festival – quite literally. And who knows, next year you might have a beer from crops fertilized by yourself.



Foto: Sabine Hertel

## Echt jetzt? Dänen brauen Urin-Bier

Pisner statt Pilsner – kein Scherz: Die dänische Brauerei Nørrebro Bryghus in Hedehusene produziert ein Bier, das zumindest indirekt von 54.000 Litern Urin profitiert. Das Stoffwechsel-Endprodukt stammt von den Besuchern des Roskilde-Fes-

tivals und wurde als Dünger auf den Braugerstenfeldern ausgebracht. Insgesamt werden 60.000 Flaschen Pisner hergestellt und auf dem diesjährigen Roskilde-Festival verkauft – Beercycling auf Dänisch eben.



Fotos: Nørrebro Bryghus

Beispiel – Roskilde Musikfestival, Dänemark

pis (Dänisch) = crap/damn (Englisch)  
= merde (Französisch)



# Woran mangelt es bei der Umsetzung?

Ergebnisse des DWA-Expertengespräch am 26. Februar 2019 in Kassel

## Hemmende / fördernde Bedingungen bei und Empfehlungen für

### 1. kommunale Akteure:

- Leitbilder/ Visionen und Innovation zu übergeordneten Themen (z.B. „Lebenswerte Kommune“) entwickeln
- NASS/ROS als ToolBox ausarbeiten (Beitrag zu Problemlösung auch für andere Sektoren)
- Anreizsysteme für NASS-Umsetzung schaffen

### 2. Planer und Consultants:

- Fehlende Beispielprojekte
- Fehlende Treiber auf kommunaler Ebene (Auftraggeber), bzw. fehlende Anforderungen (Wasserverbände, ...)
- Weiterbildungsmöglichkeiten



# Woran mangelt es bei der Umsetzung?

Ergebnisse des DWA-Expertengespräch am 26. Februar 2019 in Kassel

## 3. Regelwerk erstellende Verbände

- NASS/ROS Regelwerk in der kommunal verbindlichen Checkliste „integrierte Stadtquartiersentwicklung“ verankert werden
- Konkrete Anforderungen an das Regelwerk, z.B. Regelwerk für Stadtplaner

## 4. Rechtliche Rahmenbedingungen

- Kompetenzaufbau in den Genehmigungsbehörden
- Zulassung Düngemittel nicht für Verfahren, nur für spezifische Produkte
- NASS/ROS nicht als Selbstzweck, sondern als Lösung für
  - Wassersensible Stadt
  - Circular Economy
  - Klimaanpassung
  - Lebensqualität
  - Blau-grüne Infrastrukturen



# SiWaWi im Curriculum Bachelor UIW neu

## 4. Semester

### ***Modul 1 - Kreislaufwirtschaft und aquatische Umwelt*** (6 ECTS)

1. **Kreislaufforientierte Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft** (4 ECTS) → auch für UBRM
2. Gewässerökologie (2 ECTS)

## 5. Semester

### ***Modul 2 - Technologien in der Kreislaufwirtschaft*** (6 ECTS)

1. **Technologien und Prozesse in der Siedlungswasserwirtschaft** (4 ECTS)
2. Kreislaufforientierte Abfalltechnik (2 ECTS)

**UIW = Umweltingenieurwissenschaften**



# Kreislaufwirtschaft im urbanen Wassermanagement

## Zusammenfassung

- Kreislaufwirtschaft im urbanen Wassermanagement ist nichts Neues
- **Abwasser als Quelle potenziell nutzbarer Ressourcen: Kohlenstoff, Nährstoffe, Energie + Wasser!**
- Technologien zur getrennten Sammlung der Abwasserteilströme bzw. zur Aufbereitung der Ressourcen sind vorhanden
- Umsetzung scheitert oft an der mangelnden Einbindung der Akteure → inter-/transdisziplinäre Teams bei der Planung und Umsetzung erforderlich
- Durch die Übernahme des Konzepts der Kreislaufwirtschaft kann der Nutzen der NbS für städtische Gebiete erhöht werden.
- Wasser ist ein Schlüsselelement beim Einsatz von NbS in der städtischen Umwelt.
- Multifunktionalität wird oft diskutiert, aber selten vollständig umgesetzt. Daher wird das Potenzial der NbS zur Förderung der Multifunktionalität in der Regel nicht voll ausgeschöpft.

**[ C'est LAWI ]**



**[Merci BOKU]**

**Günter Langergraber**, Priv.-Doz. DI Dr.  
Institutsleiter

Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz  
Department für Landschaft, Wasser und Infrastruktur  
Muthgasse 18, 1190 Vienna, Austria

T +43 1 47654-811 11  
E: [guenter.langergraber@boku.ac.at](mailto:guenter.langergraber@boku.ac.at)  
W: <https://boku.ac.at/lawi/isig>