

Siedlungswasserwirtschaft und Wasserrecycling für die peri-urbane und urbane Landwirtschaft

Ralf Minke, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft
(ISWA) der Universität Stuttgart

1

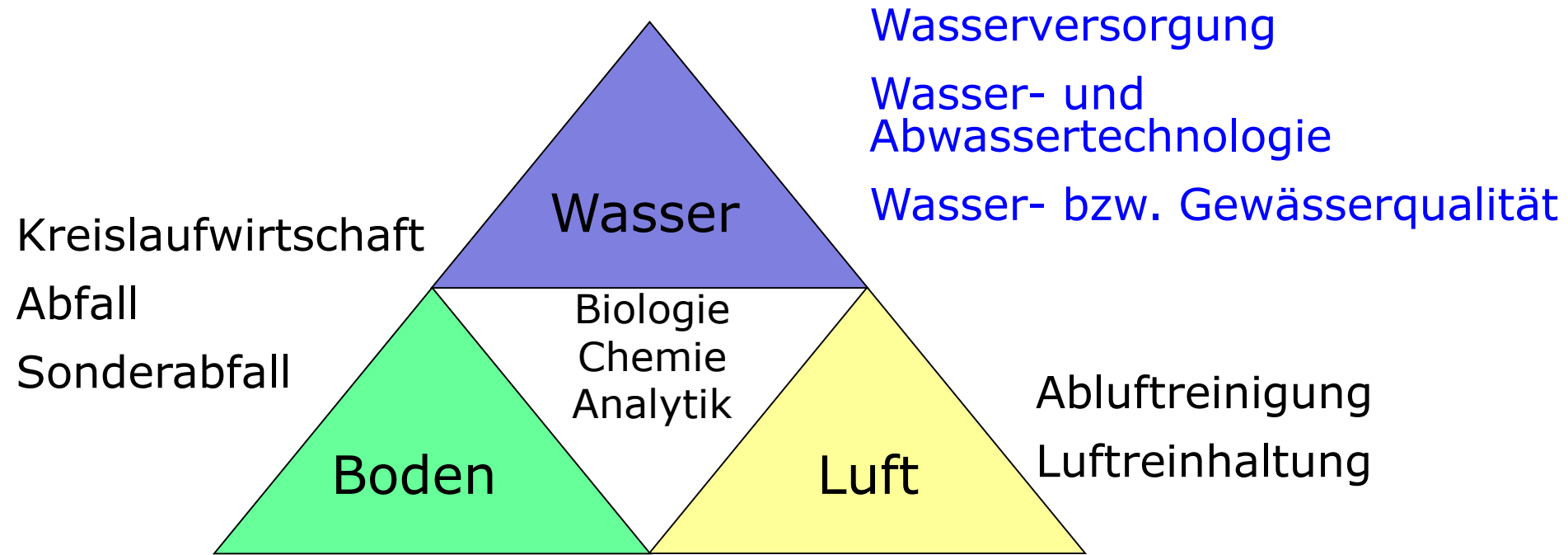
- Was macht die Siedlungswasserwirtschaft
- Herausforderungen für die Siedlungswasserwirtschaft
- Lösungsansätze und Beispiele
- Exkurs: Nährstoffe und Hilfsmittel aus Abwasser
- Zusammenfassung und Ausblick

- Seit 1966 Lehr- und Forschungsklärwerk (LFKW) mit 10.000 EW
- Trennung von Regel- und Forschungsbetrieb
- Mehrere Behandlungslinien inkl. Nährstoffelimination
- Erweiterungsplanung zur Spurenstoffelimination
- Seit 1975 zugehörige Institutsgebäude inkl. Labore
- Technikum und Versuchshallen für Versuche vom Labormaßstab bis zum großtechnischen Maßstab



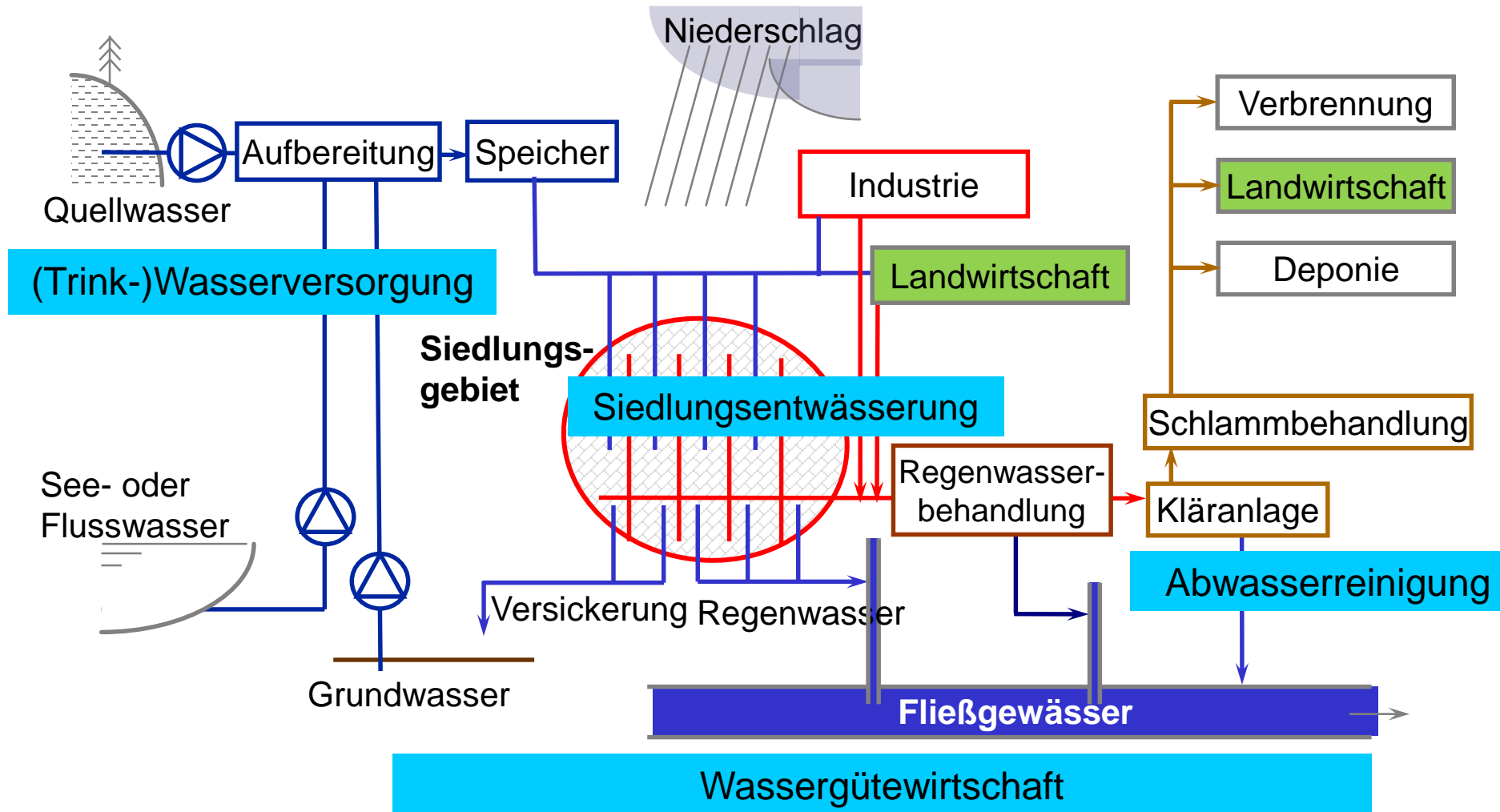
Institut mit Lehr- und Forschungsklärwerk

Quelle: ISWA, 2002



- Abteilung Multiskalige Umweltverfahrenstechnik
(ehem. „Lehrstühle Siedlungswasserwirtschaft und Wasserrecycling“ sowie „Abfallwirtschaft und Abluft“)
- Abteilung Umweltmikrobiologie
- Abteilung Technische Umweltchemie und Sensortechnik

Was macht die Siedlungswasserwirtschaft?



Quelle: Ergänzt nach Gujer, 1999

Herausforderungen für die Siedlungswasserwirtschaft

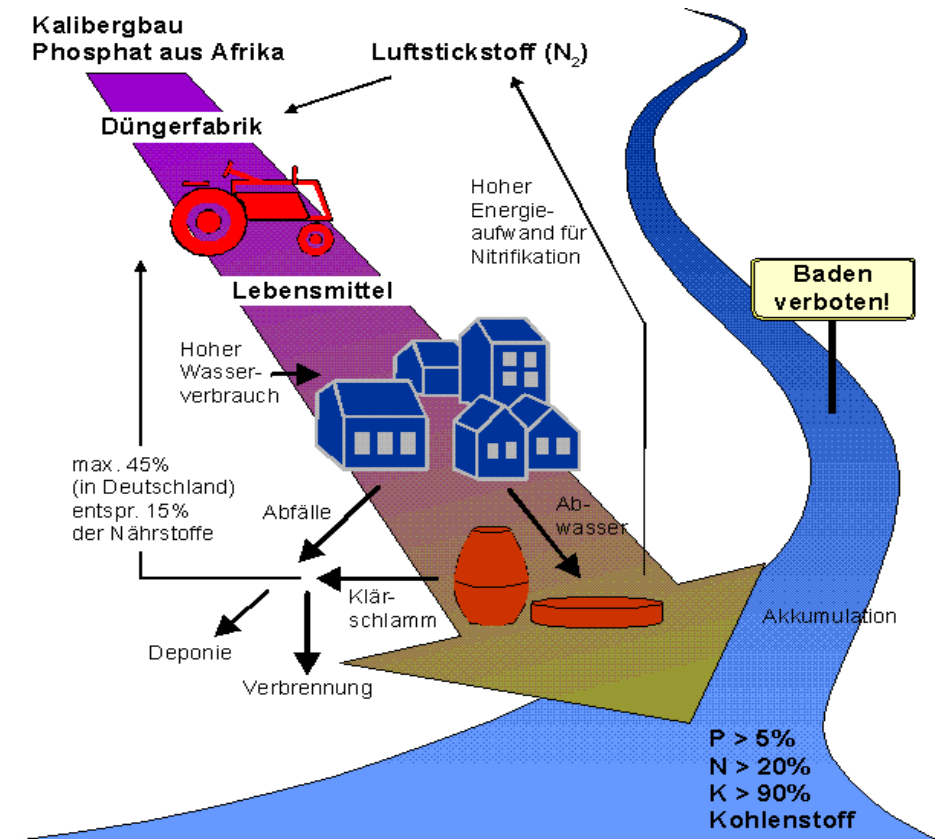
Aktueller Standard in Deutschland:

Lineares Infrastruktursystem über 150

Jahre gewachsen:

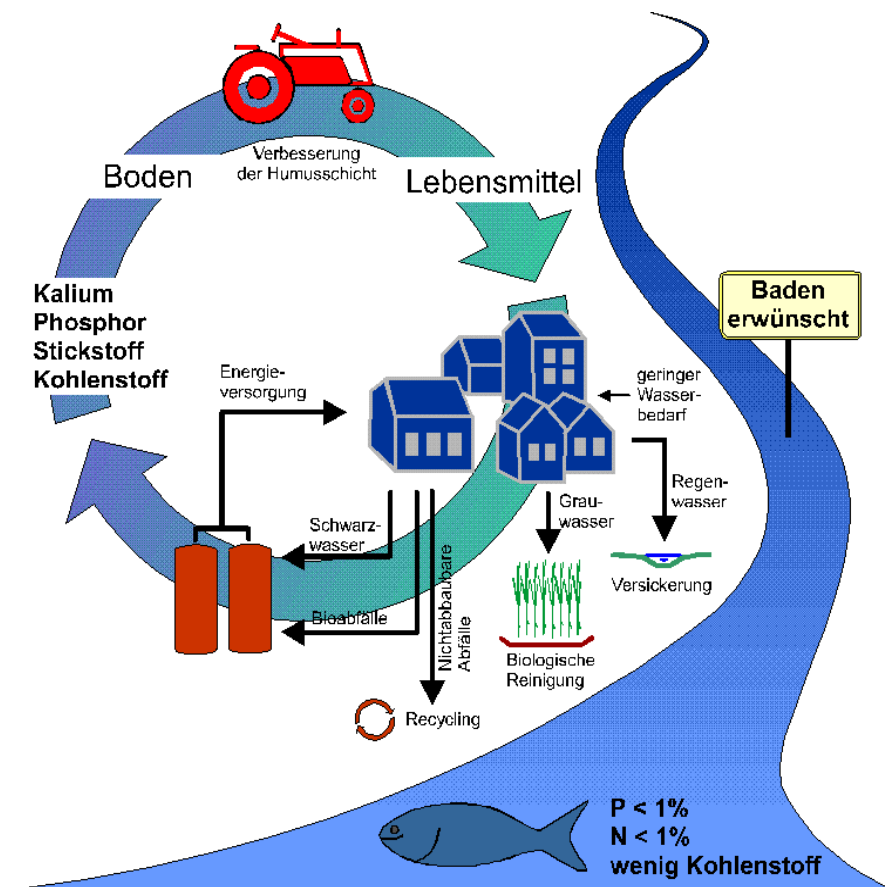
Trinkwasserversorgung → Siedlungsentwässerung

→ Abwasserreinigung → Einleitung in Gewässer



Quelle: nach Otterpohl, 2004

Ziel: Kreislaufwirtschaft

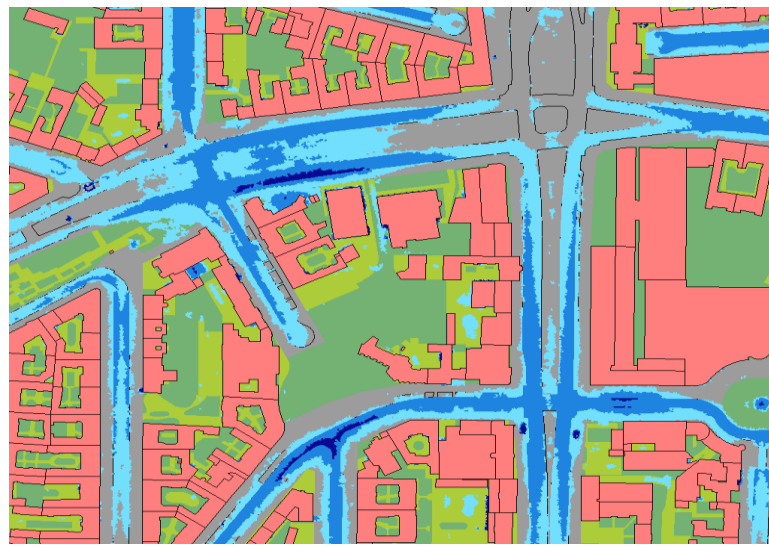


Herausforderungen für die Siedlungswasserwirtschaft

Klimawandel mit Zunahme von Häufigkeit & Intensität der Wetterextreme Starkregen & Dürre
Besonders kritisch: Lokale Starkregenereignisse, die zu sog. urbanen Sturzfluten führen










Ausschnitt aus Untersuchungsgebiet



Untersuchungsgebiet mit maximalen Wasserständen

Legende:

- Straße 
- Dachflächen 
- Hof- & Wege 
- Grünflächen 
- Wasserstand [m]
 - 0,1 - 0,3 m 
 - 0,3 - 0,6 m 
 - > 0,6 m 

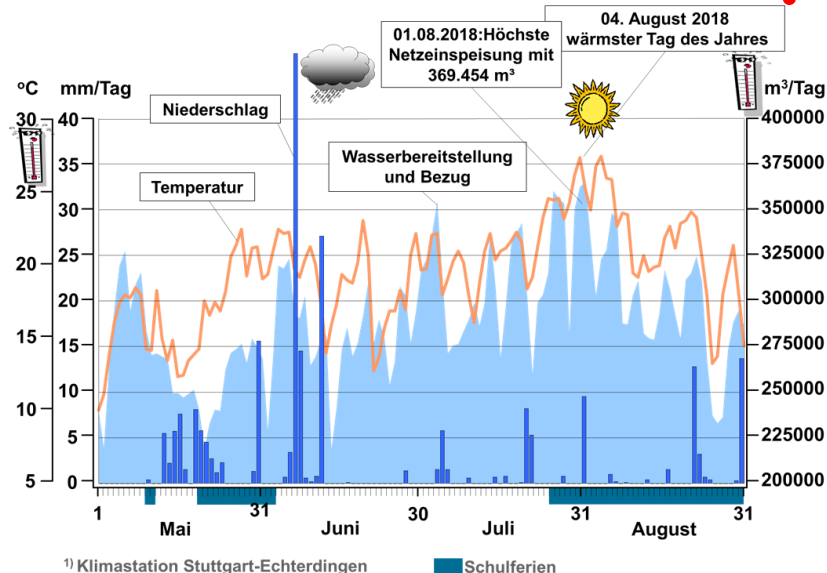
Quelle:

TU Kaiserslautern,
AMAREX, 2022

Herausforderungen für die Siedlungswasserwirtschaft

Klimawandel mit Zunahme von Häufigkeit & Intensität der Wetterextreme Starkregen & Dürre
Besonders kritisch: Lange Hitze-/Dürre-Phasen

- Hohe Temperaturen
- Wassermangel/Trockenheit
- Schlechte innerstädtische Durchlüftung
- Starker Anstieg des (Trink)wasserbedarfs
- Schäden an der städtischen Vegetation (Grünflächen, Bäume, Fassadenbegrünung,...)
- Trockenfallen/Umkippen von kleinen städtischen Fließgewässern/Seen
- Hitzeinseln (in hoch versiegelten Innenstadtbereichen)
- Extrembelastung der (Trink)wasserversorgung

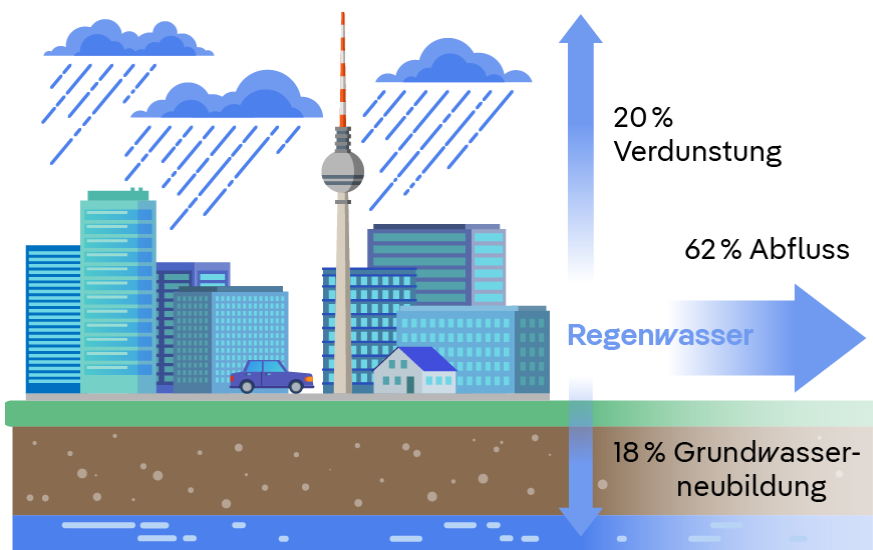


Niederschlag, Temperatur und Wasserabgabe des Zweckverbands Landeswasserversorgung in m³ pro Tag in der Hochverbrauchszeit 2018

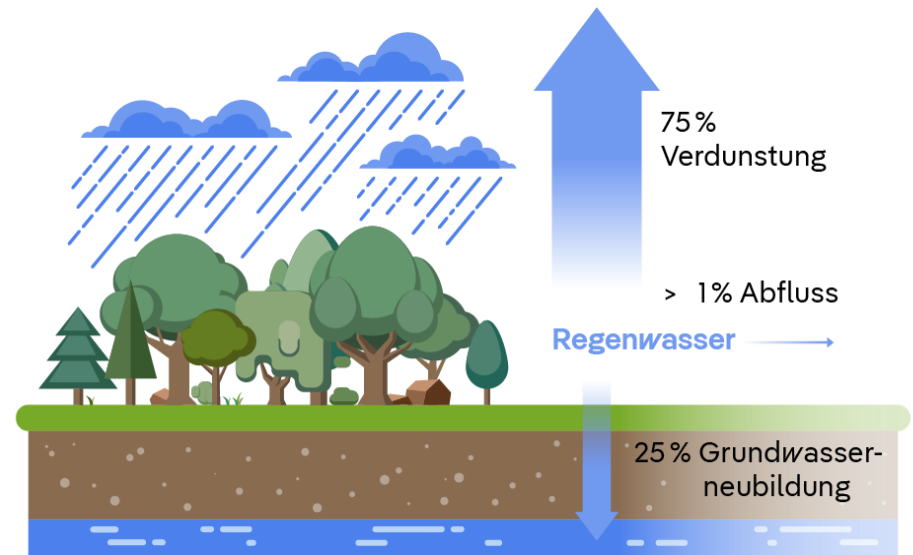
Quelle: Haakh, 2020

Herausforderungen für die Siedlungswasserwirtschaft

Besondere Herausforderungen im urbanen Raum: Langfristige Veränderung des Wasserhaushalts



Urbaner Wasserhaushalt



"Natürlicher" Wasserhaushalt

Quelle:
KWB, AMAREX,
2022

Besondere Herausforderungen im urbanen Raum:

Lokal (extrem) hoher Gesamtwasserverbrauch >> lokales Wasserdargebot

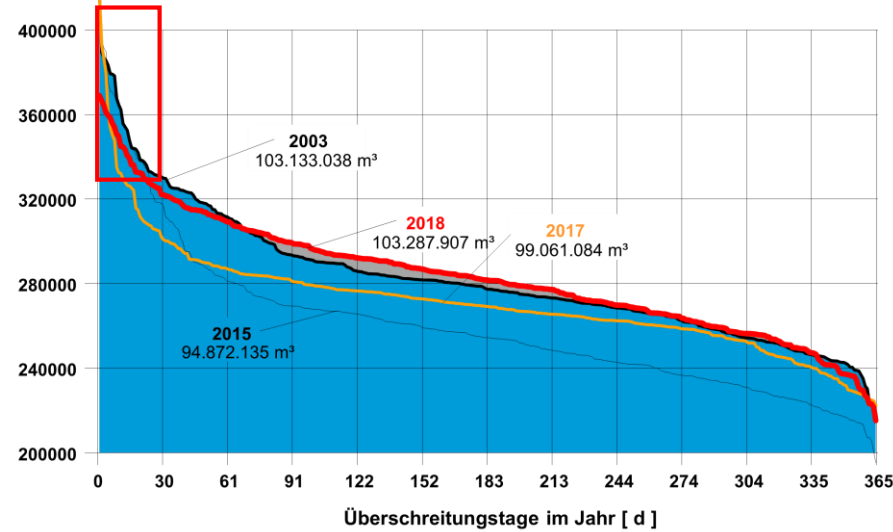
System der
Fernwasserversorgungen
in der Bundesrepublik
Deutschland

Quelle:
Mehlhorn, H. u. Weiß, M.:
Fernwasserversorgung und Verbundsysteme in der
Wasserversorgung,
GWJ Jubiläumsausgabe 2009, 150. Jahrgang



Besondere Herausforderungen im urbanen Raum: Große Nutzerkonkurrenz insbesondere in Hitze-/Dürreperioden

Tageswerte Netzeinspeisung [m³/d]

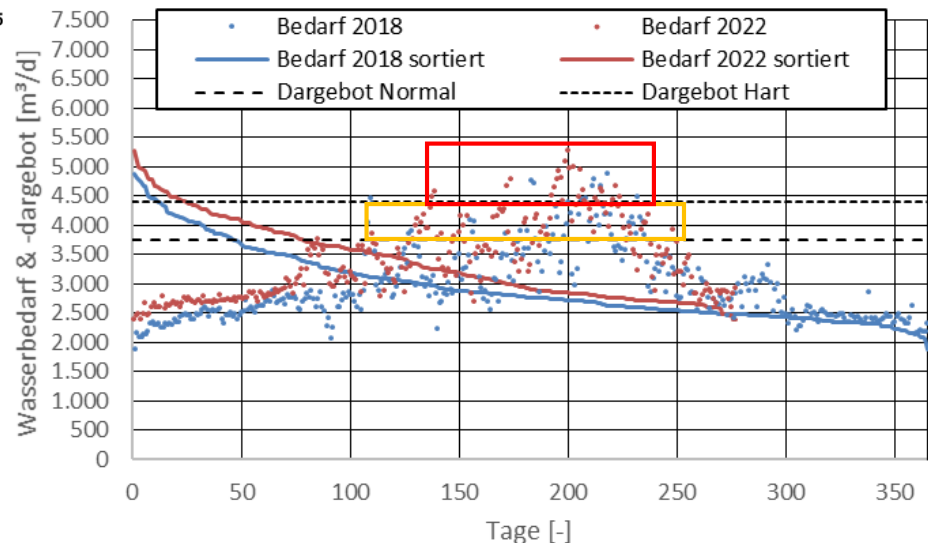


Wasserabgabe in m³ pro Tag des Zweckverbands Landeswasserversorgung im Vergleich mehrerer Jahre, dargestellt als Jahresdauerlinien

Quelle: Haakh, 2020

Wasserabgabe in m³ pro Tag des Zweckverbands Schozachwasserversorgungsgruppe im Vergleich 2018 und 2022, dargestellt als Jahresdauerlinien und im zeitlichen Verlauf

Quelle: Schreiner, 2022



Dezentrale Nutzung lokal verfügbarer alternativer Ressourcen im urbanen Raum

Alternative Ressource	Verfügbarkeit / Menge	Verfügbarkeit/ Lage	Qualität / Aufbereitungsaufwand	Synergie zu Starkregenüberflutungsvorsorge	Nötige Absprachen
Regenwasser - Dachflächenabläufe	Diskontinuierl., abh. von Niederschlag & Versiegelungsgrad	Flächendeckend, vorwiegend Privatgebäude	Sehr gut / minimal	hoch	unaufwendig bis komplex
Regenwasser – Verkehrsflächenabläufe	Diskontinuierl., abh. von Niederschlag & Versiegelungsgrad	Flächendeckend, vorwiegend öffentliche Flächen	Gut - mäßig / je nach Verkehrsbelastung hoch	hoch	unaufwendig bis komplex
Ungenutzte ehem. Ressourcen der (Trink-) wasserversorgung	Kontinuierl., Einzelfallbetrachtung	Lokal, Einzelfallbetrachtung	Meist sehr gut – gut / minimal	nein	Einzelabsprache: bilateral
Aufbereitetes Grauwasser	Kontinuierlich, ~ 25-50 L/E*d	Flächendeckend, vorwiegend Privatgebäude	Mäßig – schlecht / hoch	minimal	unaufwendig bis komplex
Kläranlagenablauf	Kontinuierlich, ~ 120-150 L/E*d	Lokal, öffentl. Anlagen	Gut / Hygienisierung erforderlich	nein	Einzelabsprache: bilateral
Grundwasserhaltungen	Kontinuierl., Einzelfallbetrachtung	Lokal, Einzelfallbetrachtung	Meist sehr gut – gut / minimal	minimal	Einzelabsprache: bilateral
Abläufe von Grundwassersanierungen	Kontinuierl., Einzelfallbetrachtung	Lokal, Einzelfallbetrachtung	Meist sehr gut / minimal	minimal	Einzelabsprache: bilateral
Abläufe von Wasserspielen	Kontinuierl., Einzelfallbetrachtung	Lokal, Einzelfallbetrachtung	Meist sehr gut / minimal	minimal	Einzelabsprache: bilateral
.....					



Quelle: Gekürzt aus INTERESS-I, 2021

Wenn Entlastung der Trinkwasserversorgung, Nutzung alternativer Ressourcen und Starkregenüberflutungsvorsorge optimal kombiniert werden soll/muss:
Regenwassernutzung mittels Betriebswasserspeichern

Das **obere Rückhaltevolumen** dient der Kappung von Abflussspitzen und wird während und nach einem Regenereignis über die Abflussdrossel mit einem definierten maximalen Abfluss entleert

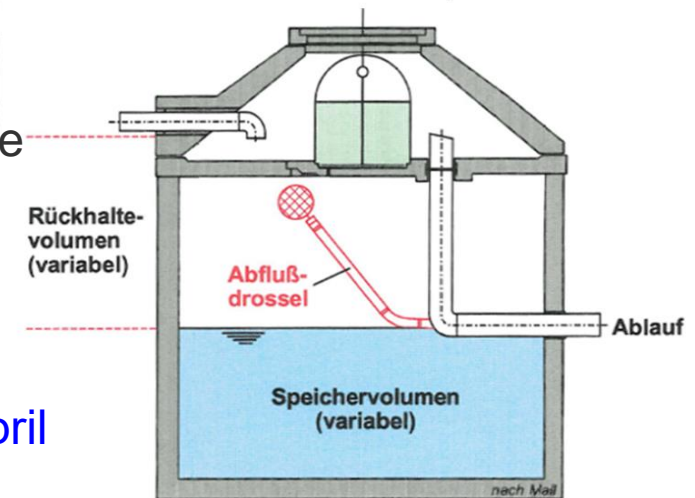
→ Auslegung aufgrund der Entwässerungssituation

Das **untere Speichervolumen** steht immer voll für die Nutzung zur Verfügung

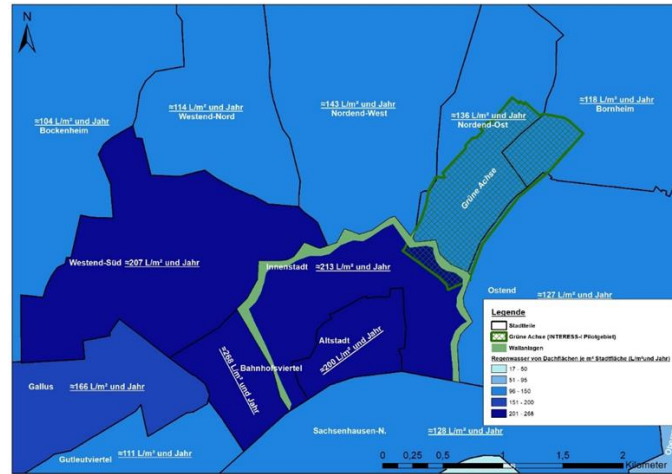
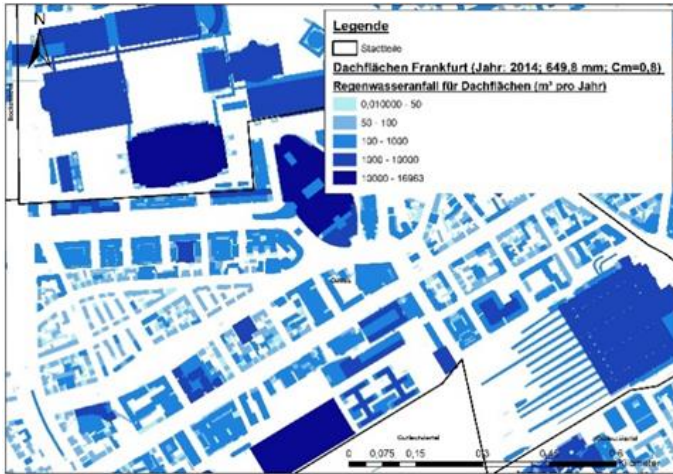
→ Auslegung aufgrund der geplanten Nutzung

Problem: zur Bereitstellung von Betriebswasser während der gesamten „Bewässerungsphase“ von April bis Oktober sind bewirtschaftbare Speichervolumina erforderlich

Retentionszisterne oder Betriebswasserspeicher



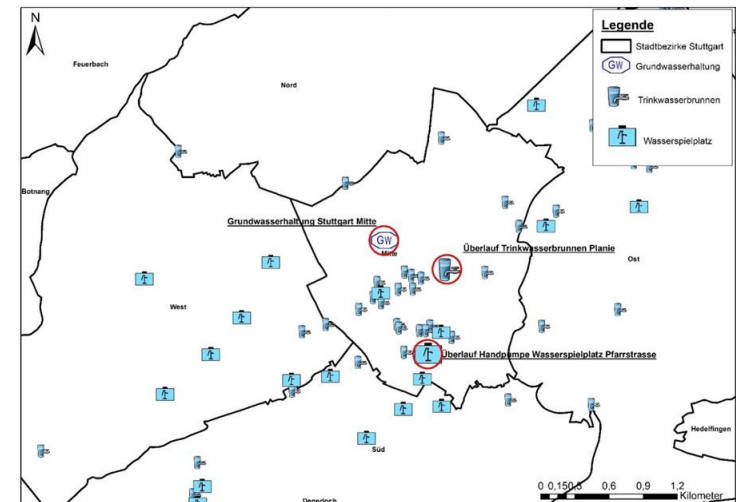
Wenn Entlastung der Trinkwasserversorgung, Nutzung alternativer Ressourcen und Starkregenüberflutungsvorsorge optimal kombiniert werden soll/muss: Regenwassernutzung mittels Betriebswasserspeichern



Oben: Blaue Potenzialkarten für die Innenstadt von Frankfurt/Main und zentrumsnahe Stadtteile

Rechts unten: Verschiedene punktförmige alternative Wasserressourcen in zentrumsnahen Stadtbezirken von Stuttgart

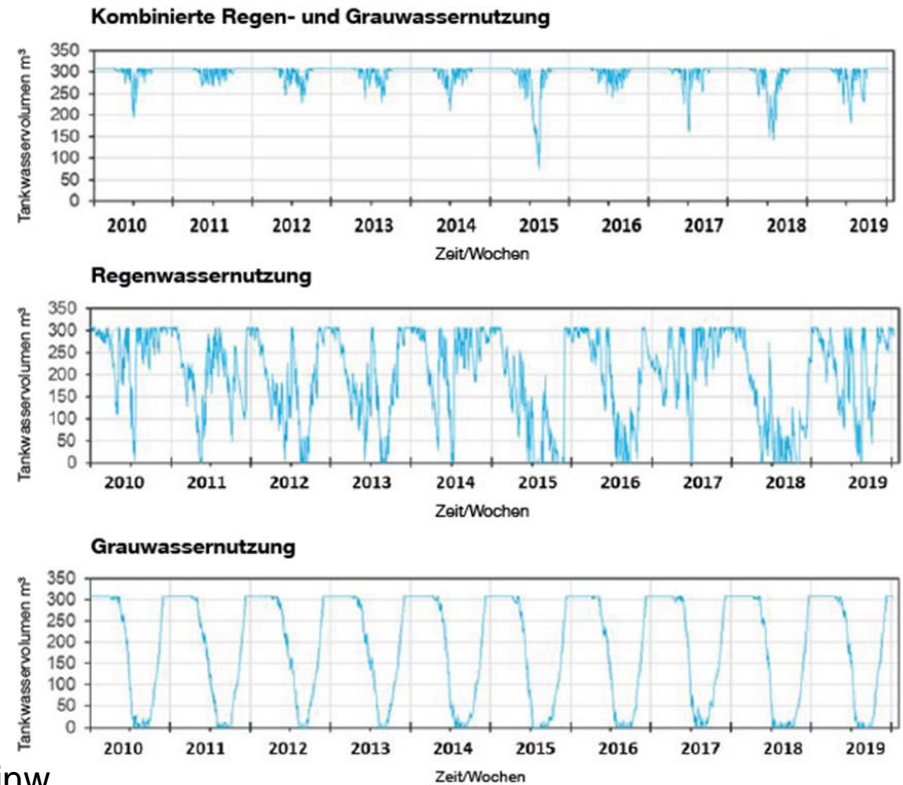
Quelle: INTERESS-I, 2021



Wenn Entlastung der Trinkwasserversorgung, Nutzung alternativer Ressourcen und Starkregenüberflutungsvorsorge optimal kombiniert werden soll/muss:
Regen- (und Grau-)wassernutzung mittels Betriebswasserspeichern:
→ Objektbezogene Ermittlung des erforderlichen Speichervolumens & -betriebs mit dem Erfassungs-, Speicherungs- & Bereitstellungsmodell:



Fallbeispiel Diakonissenplatz Stuttgart
3.300 m² Parkfläche
Vorhandener Speicher mit 300 m³
Anschliessbare Dachflächen im Umfeld: ~ 8.500 m²
Anschliessbare Grauwasserquellen im Umfeld: ~ 150 Einw.,
640 Lehrende & Schüler/innen sowie ca. 100 Büroangestellte
Betrachtungszeitraum 2010-2019



Quelle: INTERESS-I, 2021

Wasserrecycling im urbanen Raum bedeutet auch die Nutzung von gereinigtem häuslichem Abwasser:

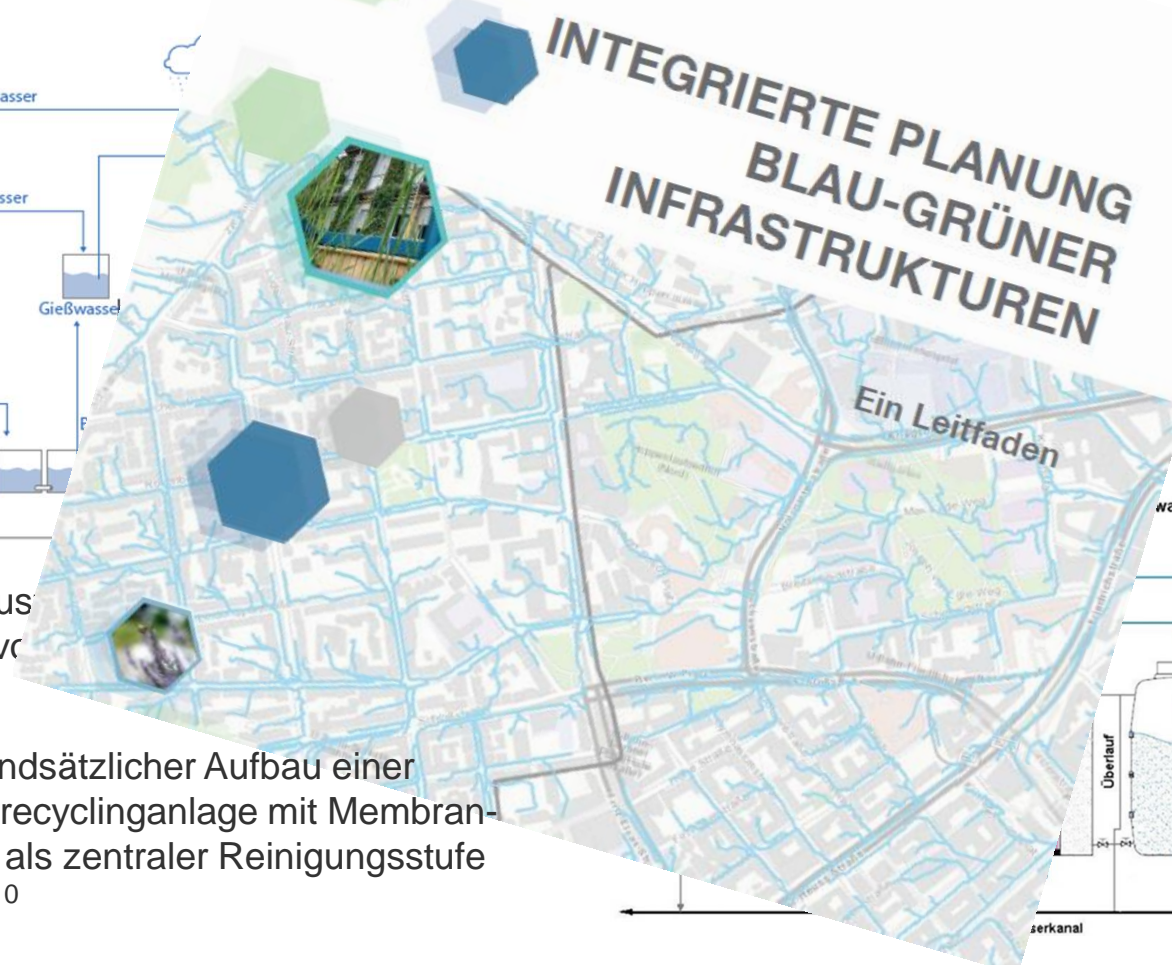
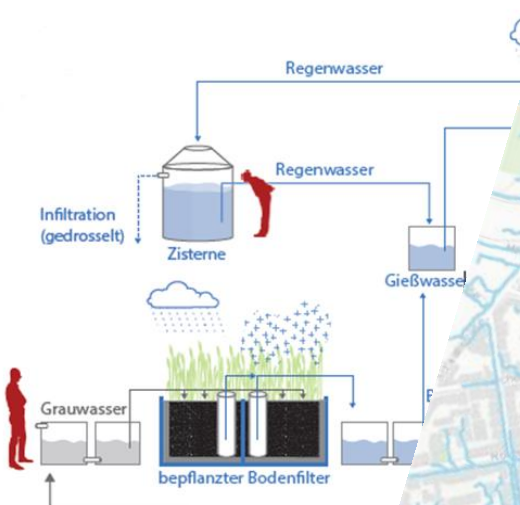
→ Was ist Schwarzwasser, Gelbwasser, Grauwasser?

	Volumenstrom	Grauwasser 25 - 50 L/(E*d)	Urin ~ 1 L/(E*d) & Spülwasser: Gelbwasser	Fäzes ~ 0,15 l/(E*a) & Spülwasser: Braunwasser
			Schwarzwasser	
N	~ 10-12 g/(E*d)	~ 3 %	~ 87 %	~ 10 %
P	~ 2 g/(E*d)	~ 10 %	~ 50 %	~ 40 %
K	~ 5 g/(E*d)	~ 34 %	~ 54 %	~ 12 %
CSB	~ 120 g/(E*d)	~ 41 %	~ 12 %	~ 47 %

Lösungsansätze und Beispiele

Wenn Entlastung der Trinkwasser-
 Grauwasser & Starkregenüberlastung
 Regenwassernutzung & Grauwasser-
 Bodenfilter oder technische

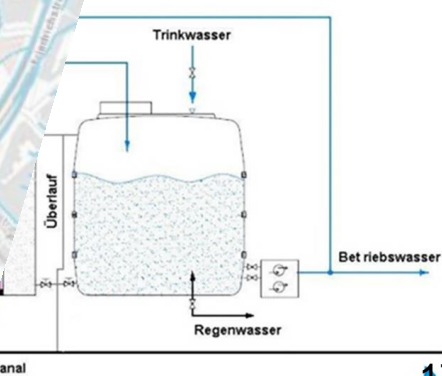
erzeugung, Nutzung der alternativen Ressource
 optimal kombiniert werden soll/muss:
 Aufbereitung mittels bepflanztem
 Bodenfilter:



**INTEGRIERTE PLANUNG
 BLAU-GRÜNER
 INFRASTRUKTUREN**



Wasserz!!
 wassertank Druckerhö-
 anlage



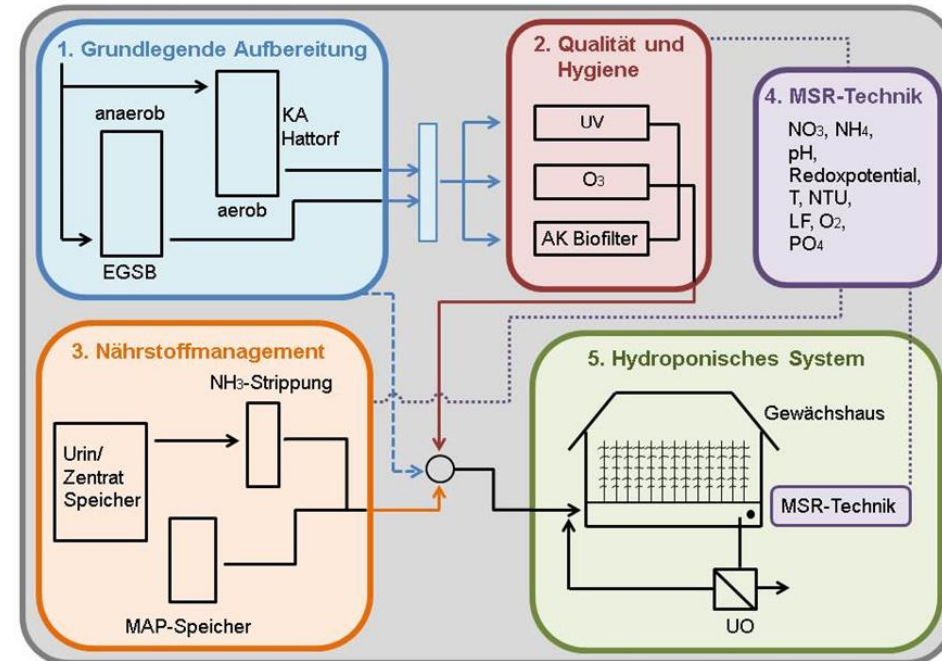
Oben: Konzept und Aus-
 Stuttgart im Rahmen v
 Quelle: INTERESS-I, 2021

Rechts: Grundsätzlicher Aufbau einer
 Grauwasserrecyclinganlage mit Membran-
 Bio-Reaktor als zentraler Reinigungsstufe
 Quelle: GEP, 2010

Lösungsansätze und Beispiele

Wenn Entlastung der Trinkwasserversorgung und Nutzung der alternativen Ressource gereinigtes Abwasser optimal kombiniert werden soll:

Nutzung von gereinigtem Abwasser nach weitergehender Aufbereitung/Hygenisierung in einem hydroponischen System:



Konzept der Aufbereitung und Nutzung von gereinigtem Abwasser in einem hydroponischen System auf der Kläranlage Hattorf bei Wolfsburg im Rahmen des BMBF-Vorhabens HYPOWAVE

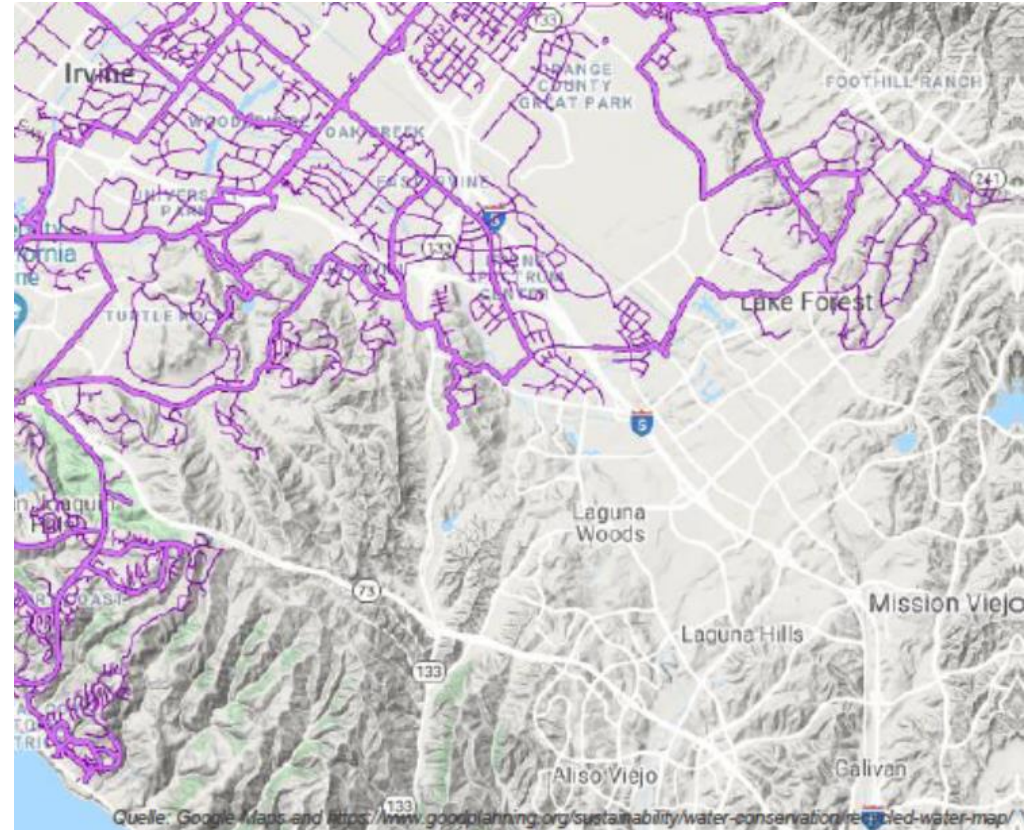
Quelle: Rohrbach, 2022

Wenn Entlastung der Trinkwasserversorgung und Nutzung der alternativen Ressource gereinigtes Abwasser optimal kombiniert werden soll:

Flächendeckende Nutzung von gereinigtem Abwasser nach weitergehender Aufbereitung/Hygenisierung in Irvine, Kalifornien:



- Flächendeckendes Verteilungssystem
- 91 % des Wassers für Grünflächenbewässerung ist recyceltes Abwasser
- Nutzung auch als Betriebswasser in Einkaufszentren, Bürogebäuden, Haushalten
- Geplant in den 1960-er Jahren
- **Intensive Aufklärungsarbeit & Wasserspartechnologien**

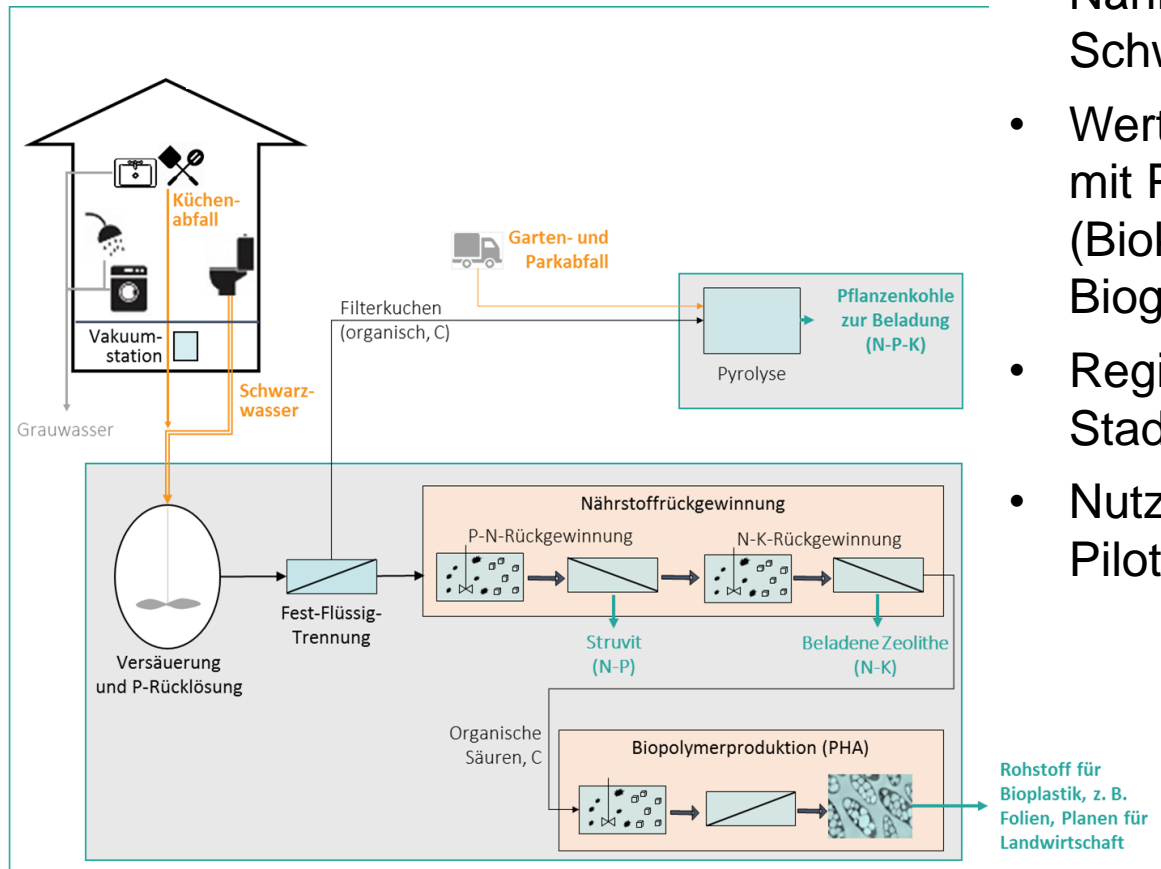


Quelle: Auer, 2022

Kleiner Exkurs: Nährstoffpartnerschaften

Wenn Abwasser nicht nur als alternative Ressource zur Bewässerung, sondern als Nährstoffressource genutzt werden soll:

Das BMBF-Vorhaben RUN: Rural Urban Nutrient Partnership



- Nährstoffreiches Substrat: Schwarzwasser & Küchenabfälle
- Werthaltige Produkte: Designdünger, mit PHA angereicherte Biomasse (Biokunststoffe), Pflanzenkohle, Biogas
- Regionale Kreisläufe schließen: Stadtnahe Landwirtschaft
- Nutzerperspektiven Reallabor: Pilotanlage & Erfahrungsraum

Quelle: RUN, 2022

- Grundsätzlich besteht in Deutschland kein Wassermangel, Regionen mit unzureichenden Wasservorkommen werden durch Fernwasserversorgung versorgt
- Die Teilsysteme der Siedlungswasserwirtschaft sind seit 150 Jahren gewachsen und weisen eine lineare Struktur auf
- **Zunehmende Wetterextreme belasten die vorhandenen Systeme temporär über ihre Leistungsgrenze hinaus**
- Höhere Anforderungen an Gewässer- und Ressourcenschutz führen zur Entwicklung von Kreislaufsystemen für Wasser und Nährstoffe
- Die erforderlichen Technologien sind größtenteils vorhanden
- **Die großtechnische Umsetzung in Deutschland erfolgt bisher noch nicht/kaum: → mangelndes Problembewusstsein, rechtliche und organisatorische Hindernisse sowie fehlende Akzeptanz**
- **Erforderlich sind anschauliche und erfolgreiche Pilotprojekte plus intensive Aufklärungsarbeit**

Ich freue mich auf Ihre Fragen und Anregungen!!

Wir danken dem BMBF für die Förderung der Vorhaben INTERESS-I, RUN & AMAREX

Dipl.-Ing. Ralf Minke
Leiter des Arbeitsbereichs Wasserversorgung und Wassergütwirtschaft
Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft
Universität Stuttgart
Bandtäle 2
70569 Stuttgart
+49 711 68565423
ralf.minke@iswa.uni-stuttgart.de

Ludwig, F.; Well, F.; Moseler, E.-M.; Eisenberg, B.; Deffner, J.; Drautz, S.; Elnagdy, M.; Friedrich, R.; Jaworski, T.; Meyer, S.; Minke, R.; Morandi, C.; Müller, Hans; Narvaéz Vallejo, A.; Richter, P.; Schwarz-von Raumer, H.-G.; Steger, L.; Steinmetz, H.; Wasielewski, S.; Winker, M. 2021: **Integrierte Planung blau-grüner Infrastrukturen. Ein Leitfaden.** München.
DOI-Link: doi:10.14459/2021md1638459 oder Download über: <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1638459/1638459.pdf>

22