

# Optionen und Maßnahmen



UniNETZ –  
Universitäten und Nachhaltige  
Entwicklungsziele

Österreichs Handlungsoptionen  
zur Umsetzung  
der UN-Agenda 2030  
für eine lebenswerte Zukunft.



# Ressourcenorientierte Sanitärversorgung

06\_01

Target 6.3

**Autor\_innen:**

Germann, Verena (*Universität für Bodenkultur Wien*); Regelsberger, Martin (*Technisches Büro Regelsberger*)

## Inhalt

3	Abbildungsverzeichnis
3	Tabellenverzeichnis
4	06_01.1 Ziele der Option
4	06_01.2 Hintergrund der Option
7	06_01.3 Optionenbeschreibung
7	06_01.3.1 Beschreibung der Option bzw. der zugehörigen Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen
10	06_01.3.2 Erwartete Wirkungsweise
12	06_01.3.3 Bisherige Erfahrung mit dieser Option oder ähnlichen Optionen
14	06_01.3.4 Zeithorizont der Wirksamkeit
15	06_01.3.5 Vergleich mit anderen Optionen, mit denen das Ziel erreicht werden kann
16	06_01.3.6 Interaktionen mit anderen SDGs
19	06_01.3.7 Offene Forschungsfragen
20	Literatur

## Abbildungsverzeichnis

- 6** **Abb. O\_6-01\_01:** Darstellung des Konzepts ressourcenorientierter Sanitärversorgung in Haushalten (eigene Darstellung).  
// **Fig. O\_6-01\_01:** Illustration of the concept of resource-oriented sanitation in households (own illustration).
- 19** **Abb. O\_6-01\_02:** Systembild zur Beschreibung der Option 6.1 und deren Interaktionen mit anderen SDGs. Quelle: eigene Darstellung in Vensim® PLE, 1998.  
// **Fig. O\_6-01\_02:** System image to describe Option 6.1 and its interactions with other SDGs. Source: Own illustration in Vensim® PLE, 1998.

## Tabellenverzeichnis

- 10** **Tab. O\_6-01\_01:** Beschreibung der Wirkung der Option 6.1 auf die Targets des SDG 6.  
// **Tab. O\_6-01\_01:** Description of the impacts of Option 6.1 on the Targets of SDG 6.
- 16** **Tab. O\_6-01\_02:** Interaktionen der Option 06\_01 mit anderen SDGs.  
// **Tab. O\_6-01\_02:** Interactions of Option 06\_01 with other SDGs.

## 06\_01.1 Ziele der Option

Diese Option zielt auf folgende Targets ab:

- **Target 6.3:** Ermöglichung der gezielten Behandlung von Problemstoffen und Rückgewinnung von Ressourcen (z. B.: Nährstoffe, Energie und Wasser) durch getrennte Sammlung;
- **Target 6.2:** Verfügbarkeit von verbesserter Sanitärinfrastruktur durch Bereitstellung von unterschiedlichen Systemen und damit die Möglichkeit zur Anpassung an lokale Gegebenheiten, zumal verbesserten Gewässer- und Klimaschutz sowie Ressourcenschonung;
- **Target 6.b:** Unterstützung und Stärkung von *Co-Creation*, *Co-Design* und Partizipation um lokal angepasste Lösungen, Akzeptanz, Bewusstseinsbildung und Sensibilisierung zu fördern;
- **Target 2.4:** Schließung von Nährstoffkreisläufen und damit Beitrag zu einer nachhaltigen Landwirtschaft und Ernährungssicherheit;
- **Target 9.1:** Erhöhung der Flexibilität und Resilienz der Sanitärinfrastruktur;
- **Target 12.2:** Erhöhung der Ressourceneffizienz und Unabhängigkeit von Importen beispielsweise durch Rückgewinnung von Phosphor und Wiederverwendung von Wasser.

Dies soll durch Denk- und Planungsansätze erfolgen, bei denen die Wiederverwendung aller Ressourcen als Teil der Aufgabe der Sanitärversorgung anerkannt wird. Das Angebot ressourcenschonender Ansätze, die Betrachtung aller Wasserquellen von Regen- bis hin zu Abwasser als mögliche Ressourcen, Kaskaden- oder Kreislaufführung sowie die Berücksichtigung von Energie und aller involvierten Stoffströme sind wichtige Grundpfeiler dafür.

## 06\_01.2 Hintergrund der Option

### Problemstellung

Die Siedlungswasserwirtschaft ist neuen Herausforderungen gegenübergestellt, deren Bewältigung neue Systemansätze einschließlich angepasster Planungs- und Umsetzungsprozesse erfordert. Das derzeitige Sanitärsystem – Schwemmkanalisation und zentrale Kläranlage – ist unflexibel beispielsweise hinsichtlich der langlebigen, starren Bauwerke, gegenüber demographischem Wandel (wie z. B. starker Ab- oder Zuwanderung) und neu wahrgenommener Problemstoffe, die kontinuierliche Adaptierungen der Abwasserreinigungstechnologien erfordern (Kleidorfer et al., 2013; Mulder, 2019). Es ist nicht ressourceneffizient, da die Rückgewinnung von Ressourcen durch Durchmischung erschwert wird und ein hoher Wasserbedarf besteht. Darüber hinaus bedarf es hoher Investitions- und Betriebskosten und erfordert in den kommenden Jahrzehnten umfassende Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen (Assmann, Habenfellner-Veit, Laber, Lindtner & Tschiesche, 2019).

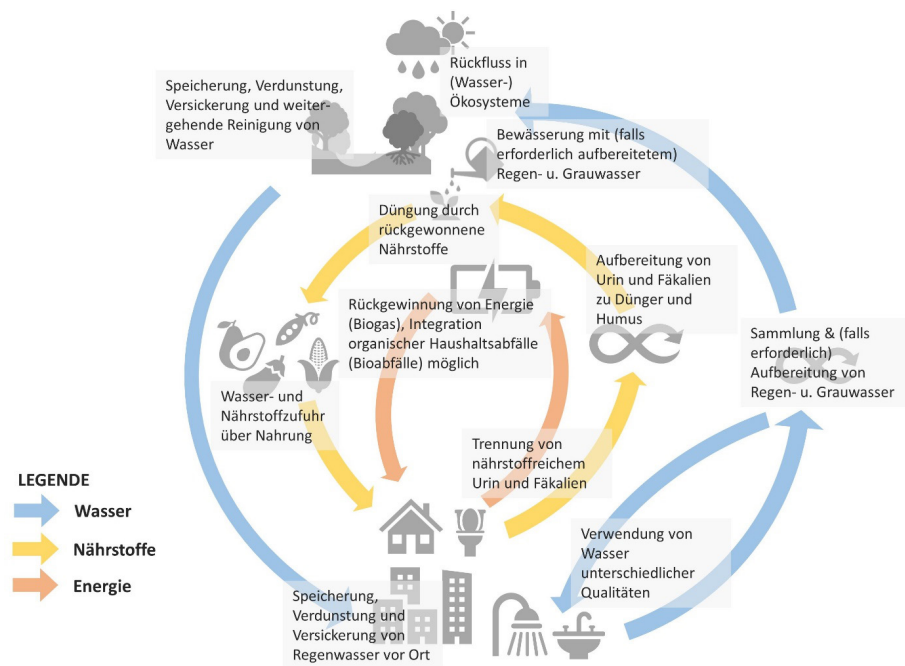
Diverse sich ändernde Rahmenbedingungen erhöhen die Herausforderungen und den Veränderungsdruck. Der Klimawandel ruft hydrologische Veränderungen hervor, wodurch sich Wasserdargebot und Abfluss verändern werden (Neunteufel, Schmidt & Perfler, 2017) und CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Produktion von Stickstoffdünger (Camargo, Ryan & Richard, 2013) und N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Kläranlagen an Bedeutung gewinnen (Desloover, Vlaeminck, Clauwaert, Verstraete & Boon, 2012). Demografische Entwicklungen wie die Abwanderung aus dem ländlichen Raum in die Stadt führen zu vermehrt über- bzw.

unterdimensionierter Infrastruktur (Kleidorfer et al., 2013). Neu wahrgenommene Problemstoffe (Spurenstoffe, Mikroplastik etc.), die von konventioneller „End-of-pipe“-Abwasserreinigung oft nicht umfassend entfernt werden und so in die Umwelt gelangen, werden zunehmend als Umweltproblem erkannt (Eggen, Hollender, Joss, Schärer & Stamm, 2014; Lechner et al., 2014; Steffen et al., 2015). Steigende Rohstoffpreise und Ressourcenknappheit nicht-erneuerbarer Rohstoffe (z. B. „Peak-Phosphor“) (Beardsley, 2011; Cordell & White, 2011; Rhodes, 2013) erhöhen die Nachfrage nach Ressourceneffizienz und alternativen Rohstoffquellen, als welche Stoffströme aus der Sanitärversorgung zunehmend anerkannt werden (Kretschmer, Zingerle & Ertl, 2018). So wird beispielsweise der Phosphorgehalt im kommunalen Klärschlamm derzeit auf 40 % des durchschnittlich jährlich in Österreich verwendeten Phosphormineraldüngers geschätzt, was das große Potential an Phosphorrecycling aus Klärschlamm unterstreicht (Egle, Zoboli, Thaler, Rechberger & Zessner, 2014).

Darüber hinaus sind die derzeitigen Sanitärlösungen der Industrieländer zu teuer und zu komplex für viele andere Länder. Das hat zur Folge, dass geschätzt rund 80 % der Abwässer weltweit ungeklärt abgeleitet werden (United Nations World Water Assessment Programme (WWAP), 2017) und im Jahr 2015 2,4 Milliarden Menschen gar keine Toilette hatten (World Health Organization (WHO) & Kinderhilfswerk der Vereinten Nationen (UNICEF), 2015). Wassermangel in verschiedenen Regionen weltweit (Gassert, Reig, Luo & Maddocks, 2013) macht konventionelle, wasserabhängige Sanitärsysteme oft unbrauchbar und verstärkt die Nachfrage nach innovativen, flexiblen Lösungen. Dabei ist ein besonderes Augenmerk auf die Einfachheit der Technologie und die Nutzung sowie die Rückgewinnung der Wertstoffe (z. B. Nährstoffe) und damit mögliche finanzielle Vorteile (z. B. durch verbesserte Ernte, geringeren Bedarf an zugekauftem Dünger) zu legen (Rao & Otoo, 2017).

### **Was sind ressourcenorientierte Sanitärsysteme (ROS)?**

Das übergeordnete Ziel ressourcenorientierter Sanitärsysteme (ROS) ist die möglichst weitgehende Schließung der Stoff-, Energie- und Wasserkreisläufe mit möglichst geringem Einsatz nicht-erneuerbarer Energie, um Wertstoffe und Ressourcen wiederverwerten zu können (Abb. O\_6-01\_01). In Haushalten sind dabei die Nährstoffe Kohlenstoff (C), Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) besonders relevante Stoffe. Weitere Begriffe für diesen Ansatz sind *alternative Wassersysteme, ökologische Sanitärkonzepte, nachhaltige Sanitärsysteme oder neuartige Sanitärsysteme* („NASS“). Sie umfassen die Sanitäreinrichtungen sowie Elemente für die Sammlung, den Transport, die Behandlung und die Übergabe für die nächste Verwertung (Spuhler, Scheidegger & Maurer, 2021). Beispiele für Elemente dieser Systeme sind Vakuumtoiletten, Trockentoiletten, Trockentrenntoiletten, Spültrenntoiletten, Pflanzenkläranlagen oder Verfahren zur Struvit-Produktion (Spuhler & Roller, 2020). Bei konsequenter Anwendung des ROS-Ansatzes sind weitere neue technologische Entwicklungen zu erwarten (Egle et al., 2014).



**Abb. O\_6-01\_01:** Darstellung des Konzepts ressourcenorientierter Sanitärversorgung in Haushalten (eigene Darstellung).

**// Fig. O\_6-01\_01:** Illustration of the concept of resource-oriented sanitation in households (own illustration).

Die Vielzahl unterschiedlicher Konzepte ressourcenorientierter Sanitärsysteme ermöglicht flexible, lokal angepasste Lösungen verschiedener Größenordnungen (von klein- bis großräumig, als Ergänzung zur Sanierung oder Entlastung der bestehenden Infrastruktur oder bei Neuerschließungen). Je nach Umsetzung sollen neben der Hygiene als Grundaufgabe der Sanitärversorgung weitere Ziele verfolgt werden (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), 2014):

- Effizienzsteigerung in der Wassernutzung durch Reduktion des Trinkwasserverbrauchs und Wiederverwendung von Wasser (H<sub>2</sub>O) mit unterschiedlichen Qualitäten für geeignete Verwendungszwecke;
- Rückführung von Nährstoffen und organischer Substanz in die Landwirtschaft;
- Energierückgewinnung durch Biogas bzw. Nutzung von Abwärme;
- gezielte Elimination problematischer, hochkonzentrierter Spurenstoffe;
- Erfüllung steigender Gewässerqualitätsanforderungen.

Eines der Grundprinzipien ist die getrennte Erfassung von Stoffströmen direkt bei der Entstehung. Je nach Ausgestaltung können folgende Produkte gewonnen und somit weitgehend im Kreislauf gehalten werden: Brauch-/Pflegetwasser, Betriebswasser, nährstoffreicher Dünger (Stickstoff, Phosphor, Kalium), Bodenverbesserer (nährstoffarmer Dünger), Biogas und thermische Energie (Abwärme) (DWA, 2014). Die getrennte Sammlung verschiedener Wasser (z. B. Regenwasser, Grauwasser, Schmutzwasser) begünstigt die Wiederverwen-

derung unterschiedlicher Wasserqualitäten vor Ort. Die Aufbereitung wird für die jeweilige Ausgangsqualität und den Verwendungszweck zugeschnitten. Die getrennte Sammlung von Urin, in dem der Großteil der vom Körper ausgeschiedenen Nährstoffe enthalten ist (Rose, Parker, Jefferson & Cartmell, 2015), erleichtert die Rückführung dieser in den natürlichen Stoffkreislauf. Dadurch können natürliche Ressourcen (z. B. Phosphor) geschont und Energie für die Herstellung von Dünger (insbesondere Stickstoff) eingespart werden. Die thermische Nutzung von Abwasser und die Erzeugung von Biogas aus Stoffteilströmen, Klärschlamm und/oder biogenen Abfällen ermöglicht die Rückgewinnung von Energie. Aus kohlenstoffreichen Teilströmen kann organische Substanz und Kompost gewonnen werden.

### 06\_01.3 Optionenbeschreibung

Voraussetzung für diese Option ist die Änderung der Zielsetzung der Sanitärversorgung von reiner Abwasserreinigung bzw. sicherer Entsorgung von Ausscheidungen hin zu einem ressourcenorientierten und gleichzeitig hygienisch sicheren Stoffstrommanagement. Alle Einrichtungen werden daraufhin überdacht und umgestaltet, sodass die Wertstoffe Wasser, Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor, Kalium und auch andere mögliche Beimengungen zum Wasser sowie die enthaltene Energie (in Industrie und Haushalten) nicht nur einmal verwendet und dann entsorgt, sondern möglichst lange in Kreisläufen oder Kaskaden geführt werden. Dabei wird die Trennung zwischen unterschiedlichen Aufgaben der urbanen Wasserwirtschaft aufgehoben, da jedes Wasser in Abhängigkeit seiner Beschaffenheit nach angepasster Behandlung einem weiteren Verwendungszweck zugeführt und also jede Senke auch wieder für jemanden oder etwas zur Quelle wird. Ressourcenorientiertheit wird im Sinne von *cradle to cradle* auch nicht erst am Ende langer Leitungen bedacht, sondern schon bei der Quelle und der weiteren Kaskade so gestaltet, dass nach jeder Nutzung eine nächste Nutzung optimal (also mit möglichst geringem Aufbereitungs- und Transportaufwand) realisierbar wird.

#### 06\_01.3.1 Beschreibung der Option bzw. der zugehörigen Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen

##### FINANZIELLE & RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

- Bereitstellung ausreichend **finanzieller Mittel** (auch vonseiten des Bundes) für den Erhalt der Dienstleistung sowie die Umgestaltung in Richtung Kreislauforientierung innerhalb einer festgesetzten Frist. Dies ist u. a. durch national festgelegte, rechtlich verbindliche Ziele zur Ressourcenrückgewinnung sicher zu stellen;
- Adaptierung der entsprechenden **Regelwerke** (z. B.: AAEV, AEVs, ÖVGW- und ÖWAV- Richtlinien, ÖNORM, Bauordnungen, IOB etc.) und **Förderrichtlinien** z. B. ordnungsrechtliche Festsetzung von Recyclingphosphorquoten für die Düngemittelindustrie (Egle, Amann, Rechberger & Zessner, 2016);
- **risikobasierte Zielvorgaben** für die Behandlung von Wasser, um die Wiederverwendung von Wasser unterschiedlicher Qualitäten je nach Anwendungsbereich zu optimieren (Reynaert et al., 2020; Sharville et al., 2017; WHO, 2015).



## FORSCHUNG & LEHRE

- Förderung von **Forschung** mit Fokus auf Sanitärversorgung hinsichtlich **multifunktionaler Aspekte** wie Ressourcenschonung, -rückgewinnung und -wiederverwendung (Masi, Rizzo & Regelsberger, 2018);
- Aufnahme dieses Ansatzes in **universitäre Curricula** und Durchführung von berufsbegleitenden **Fortbildungen** für Planung und Umsetzung mit entsprechender Zertifizierung;
- Entwicklung und **Vermittlung von Formaten für Co-Design, Co-Creation** (Option 6.11) und Vernetzung aller relevanten Stakeholder\_innen (McConville, Kvarnström, Jönsson, Kärrman & Johansson, 2017b; P/a Netherlands Water Partnership, 2018), auch um die Entwicklung von Strukturen zur Schaffung regionaler Stoff- und Energiekreisläufe zu ermöglichen.

## PLANUNG & UMSETZUNG

- Umsetzung von **Pilotprojekten** verschiedener Formen ressourcenorientierter Sanitärsysteme mit entsprechend partizipativer Planung und Monitoring, im Besonderen in Einrichtungen der öffentlichen Hand (Option 6.7);
- **Anwendung multi-kriterieller Bewertungsmethoden** bei der Planung der Sanitärversorgungsinfrastruktur, um den multiplen Nutzen bei der Planung zu berücksichtigen (DWA, 2014; Egle, Rechberger, Krampe & Zessner, 2016; Sartorius, Hillenbrand & Niederste-Hollenberg, 2019; Schütze et al., 2019; Sustainable Sanitation Alliance (SuSanA), 2008);
- Etablierung des Ansatzes der **Kreislauforientierung** bei Neubauten und -erschließungen und Sanierungen, dazu durchgehend gemeinsame, planerische Betrachtung von Ver- und Entsorgung, Transformation der Entsorgung zu Weiterverwendung;
- **Optimierung der (urbanen) Kreisläufe** durch – neben dem Ziel der (Ab-) Wasseraufbereitung - explizite Zielsetzung auf Nährstoffrückgewinnung, Bereitstellung von Wasser für Grünflächen und Bereitstellung von Grünflächen für die Wasserspeicherung (siehe dazu auch Option 6.2), Förderung von Biodiversität und Kühlung (Masi et al., 2018);
- Einführung bzw. Verstärkung **urbaner und peri-urbaner Lebensmittelproduktion** zur zumindest teilweisen lokalen Aufnahme von Dünger und Humus, der Verwertung von Regenwasser und der Schaffung regionaler Stoffkreisläufe, siehe dazu auch die Idee der „essbaren Stadt“ (Edible City Network (EdiCitNet), 2019).

## Beschreibung von potenziellen Konflikten und Systemwiderständen sowie Barrieren

- kurzfristig: Ökonomische Konkurrenzfähigkeit mit dem derzeitigen System ist unter gewissen Umständen schwierig, langfristig und unter Einbeziehung sozialer und ökologischer Kriterien sind diese Systeme allerdings durchaus konkurrenzfähig (Andersson, Otoo & Nolasco, 2018; Kisser et al., 2020; Xu, Zhu, Zhang, Wang & Fan, 2019). Daher ist eine Verbesserung der regionalen Stoffkreisläufe von Bund bzw. Bundesland einzufordern (und/oder zu fördern);
- in der Übergangsphase können bestehende Systeme gegen die nötige Umstellung aufgrund der Befürchtung wirtschaftlicher Schwierigkeiten Widerstand leisten, wenn dies nicht besonders berücksichtigt wird;
- „*Sunk-cost-fallacy*“ bzw. Verlustaversion (Blanken, Verweij & Mulder, 2019), besonders bei erst kurzfristig getätigten Investitionen in Kläranlagen und

Kanalsystem. Durch langfristige Kostenschätzung und schrittweise Umstellung kann dem begegnet werden;

- wenig Erfahrung und Expertise, daher sind entsprechende Ausbildungsprogramme notwendig (s.o.);
- detaillierte, fachübergreifende Planung ist notwendig, für die erst die Voraussetzungen auf der Ebene der Fähigkeiten und auch der Verwaltung zu schaffen sind (s.o.);
- das derzeitige System funktioniert scheinbar generell, wenn ausgeblendet wird, dass es Teil eines zu großen Fußabdrucks ist und nur in wohlhabenden Ländern annähernd befriedigend arbeitet;
- Änderungen im Nutzer\_innenverhalten sind notwendig – Erfahrungen zeigten, dass Anpassung möglich ist (2000 Watt Gesellschaft, Beispiel für Grauwassernutzung “*Der innovative Dreh*” FBR), wenn auch noch Forschungsbedarf in dieser Hinsicht gegeben ist (nutzer\_innenfreundliches Design (EOOS Design GmbH (EOOS), 2018), Informationsarbeit, Kommunikation der Vorteile (Poortvliet, Sanders, Weijma & de Vries, 2018);
- höhere Komplexität, da mehr Diversität der Systeme entstehen wird, was allerdings auch Resilienz und Flexibilität fördert;
- hygienische Bedenken bei der Wiederverwendung, die durch die entsprechende technologische Auswahl ausgeräumt werden können (Bastian, Bornemann, Hachenberg, Oldenburg & Schmelzer, 2005; de Graaff, Zeeman, Temmink, van Loosdrecht & Buisman, 2010) und in der allgemeinen Öffentlichkeit als eher gering geschätzt werden können (Poortvliet et al., 2018).

Zur Motivation, diese möglichen Konflikte und Systemwiderstände zu lösen, siehe Veränderungsdruck im Kapitel „Problemstellung“.

#### **Beschreibung der Transformationspotenziale**

- je nach Umfang der Umsetzung:
  - in Sonderfällen – klein: Pilotprojekte
  - flächendeckend – groß: z. B. bei Anpassung der Bauordnung; nur bei weitgehend flächendeckender Umsetzung kann die entsprechende Wirkung erwartet werden;
- Wandel von *End-of-Pipe* zu reaktionsfähigen Einrichtungen, die an sich ändernde Erkenntnisse oder Bedingungen (z. B. neue gesetzliche Regelungen zum Umweltschutz, neue Problemstoffe) relativ leicht angepasst werden können;
- erhöhte Sensibilisierung und Bewusstsein der Bevölkerung durch diverse Tools wie *Co-Design*, *Co-Creation*-Formate und Beteiligungsprozesse.

#### **Umsetzungsanforderung**




- Beteiligung und dadurch Bereitschaft der Bevölkerung, Vernetzung der Stakeholder\_innen sowie Bereitstellung entsprechender Formate dafür (Anm.: laut einer Umfrage in den Niederlanden von Poortvliet et al. (2018) haben 64 % der Teilnehmer\_innen eine positive Einstellung gegenüber alternativer Sanitärversorgung) (siehe Option 6.7);
- transdisziplinäre Detailplanung der technischen Ausgestaltung;
- Anpassung gesetzlicher Rahmenbedingungen;
- Fördertöpfe für die Umsetzung ressourcenorientierter Sanitärsysteme;

- Zulassung von ressourcenorientierten Sanitärsystemen in Österreich bei Förderrichtlinien der Siedlungswasserwirtschaft.

### 06\_01.3.2 Erwartete Wirkungsweise

- verringerter Wasserbedarf und Energieverbrauch (Ronteltap & Langergraber, 2018);
- Steigerung der Ressourcenrückgewinnung (zum Beispiel H<sub>2</sub>O, C, N, P, K, aber auch von Stoffen, die in der Industrie verwendet werden und Energie) und der Kreislaufwirtschaft (Kisser et al., 2020; Kretschmer et al., 2016; Masi et al., 2018; Mihelcic, Fry & Shaw, 2011);
- höhere Resilienz und Flexibilität, um auf zukünftige Veränderungen einzugehen (Luh, Royster, Sebastian, Ojomo & Bartram, 2017);
- Verstärkte Beteiligung bzw. Sensibilisierung der Bevölkerung (weg vom „flush-and-forget“-Prinzip);
- Vorbildwirkung/Entwicklung und Forschung zu innovativen Technologien nicht zuletzt für weltweit angepasste Lösungen der Sanitärversorgung;
- verbesserte Lebensbedingungen in Siedlungen (Ökosystemdienstleistungen);
- Schonung der Phosphorressourcen (Egle et al., 2014; Mihelcic et al., 2011) für die Landwirtschaft trägt zur langfristigen Ernährungssicherheit bei (Target 2.4, siehe auch Option 2.3 und 15.3) (Langergraber & Masi, 2018).

Weiter sind zahlreiche Wirkungen auf die Targets des SDG 6 zu erwarten (siehe Tab. O\_6-01\_01)

Target	Wirkung
 <p>TARGET 6-1 SAFE AND AFFORDABLE DRINKING WATER</p>	<p>6-1 Die Verwendung aller Wasser, zum Beispiel Regenwasser, Grauwasser oder Abwasser für angepasste Zwecke (Ma, Xue, González-Mejía, Garland &amp; Cashdollar, 2015) erhöht die Verfügbarkeit unbelasteten Wassers, weil davon pro Kopf oder Produktionseinheit weniger benötigt wird.</p>
 <p>TARGET 6-2 END OPEN DEFECATION AND PROVIDE ACCESS TO SANITATION AND HYGIENE</p>	<p>6-2 Mehr Flexibilität, um auf zukünftige Veränderungen einzugehen (Hiessl &amp; Toussaint, 2003).</p>
 <p>TARGET 6-3 IMPROVE WATER QUALITY, WASTEWATER TREATMENT AND SAFE REUSE</p>	<p>6-3 Verbesserte Wasserqualität durch verbesserte Möglichkeit der Elimination von Problemstoffen (Egle et al., 2014; Ronteltap &amp; Langergraber, 2018) sowie des Rückhalts von Wert- und Problemstoffen, die für Gewässer eine Belastung darstellen; durch die Wiederverwendung von Pflanzennährstoffen, und damit Reduktion der Neuproduktion, die zumal bei Phosphor und Kalium Gewässer belastet, Reduktion der radioaktiven Neubelastung durch Phosphatdünger.</p>



6-4 Geringerer Wasserbedarf von Haushalten und Industrie, Steigerung der Ressourcenrückgewinnung, Kreislaufwirtschaft, die ein besonders hohes Sparpotential hat.



6-5 Ursprünglich wurde *Integrated Water Resource Management* (IWRM) als Bewirtschaftung der Gesamtfläche eines Einzugsgebiets zum Schutz der Wasserressourcen definiert. Inzwischen wurde aber erkannt (z. B. bei Diskussionen zwischen Vertreter\_innen von IWRM und der *Sustainable Sanitation Alliance* - SuSanA), dass auch die integrierte Bewirtschaftung aller Wasserressourcen und damit zusammenhängender Stoffe dazugehört. In diesem erweiterten Sinn erhöht die kreislauforientierte Wasserbewirtschaftung auch die Durchdringung eines Gebiets mit IWRM.



6-6 Schutz von wasserverbundenen Ökosystemen durch verringerten Wasserverbrauch und bessere Qualität der Gewässer.



6-a Vorbildwirkung/Entwicklung und Forschung zu innovativen Technologien.



6-b Pilotprojekte erfordern Akzeptanz lokaler Gemeinwesen, erhöhte Sensibilisierung (weg von „flush-and-forget“).

Tab. O\_6-01\_01: Beschreibung der Wirkung der Option 6.1 auf die Targets des SDG 6.

// Tab. O\_6-01\_01: Description of the impacts of Option 6.1 on the Targets of SDG 6.

### Überlegungen zu möglichem Monitoring

– **Indikator 6.3.1**

*Proportion of domestic and industrial wastewater flows safely treated*

- **Indikator 6.3.2** *Proportion of bodies of water with good ambient water quality*: Neben den definierten Kernparametern (gelöster Sauerstoff, elektrische Leitfähigkeit, Stickstoff, Phosphor, pH-Wert) können bzw. sollten in einem zweiten Level auch länderspezifische, zusätzliche Parameter erfasst werden (UN Water, 2017). Für Österreich sind hier beispielsweise Pestizide und deren Abbauprodukte (z. B. Atrazin, Desethylatrazin, Desethyl-Desisopropylatrazin), (Schwer-)Metalle (z. B.: Arsen, Cadmium, Nickel), leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe, Hormone, Arzneimittel, Mikroplastik relevant (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT) & Umweltbundesamt (UBA), 2019) (siehe Option 6.5, 6.6).

– **Indikator 6.4.1**

*Change in water-use efficiency over time*

Messung des Grades oder des Wirkungsgrades der Weiterverwendung für Stoffe, Wasser und Energie (auf Haushalts-, Gemeinde- und nationaler Ebene):

- Effizienz im Wasserverbrauch (Bruttowertschöpfung/Verbrauch) siehe Indikator 6.4.1;
- Recyclingquote (z. B. Daten zur Klärschlammverwertung in BMNT, 2018). Reduktion des Wasserverbrauchs (auf Haushalts-, Gemeinde- bzw. nationaler Ebene):
- z.B.: über *Smart Meter* – unter Gewährleistung des Datenschutzes – zur Bereitstellung der Informationen an die Endverbraucher\_innen in anschaulicher, einfacher Weise (z. B. Referenzwerte);
- Wasserverbrauchszahlen.

- **Indikator 2.4** Daten zu Mineraldüngereinsatz, Netto-Stickstoff-Überschuss, Phosphor-Überschuss (Schwarzl, Sedy & Zethner, 2019; Statistisches Amt der Europäischen Union (EUROSTAT), 2013)

– **Indikator 7.2.1 R**

*renewable energy share in the total final energy consumption*

Ergänzt durch Daten zum Energieanteil aus Biogas, Rückgewinnung von Wärme aus Abwasser usw.

– **Indikator 12.2.1**

*Material footprint, material footprint per capita, and material footprint per GDP*

- **Indikator 12.2.2** *Domestic material consumption, domestic material consumption per capita, and domestic material consumption per GDP* z. B.:

Daten zum Import von Phosphor

- **Indikator 12.4.2 (a)** *Hazardous waste generated per capita; and (b) proportion of hazardous waste treated, by type of treatment*

- **Indikator 12.5.1** *National recycling rate, tons of material recycled*

**06\_01.3.3 Bisherige Erfahrung mit dieser Option oder ähnlichen Optionen**

Mit ressourcenorientierten Sanitärsystemen gibt es weltweit schon viele Erfahrungen. Viele dieser Projekte wurden als Demonstrationsanlagen umgesetzt. Einige Beispiele von Konzepten und umgesetzten Projekten sind:

- **Aurin** (EAWAG): Durch das **Recyclingverfahren VUNA** werden aus getrennt gesammeltem Urin wertvolle Nährstoffe gewonnen. Diese können als Flüssigdünger „Aurin“ genutzt werden, dieser ist seit 2018 vom *Bundesamt für Landwirtschaft* in der Schweiz zur Düngung von essbaren Pflanzen zugelassen (Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Eawag), 2021a);
- **Projekt TWIST ++**: *Projekt des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI zu TWIST (Transitionswege WasserInfraSTRuktursysteme)*: Anpassung an neue Herausforderungen im städtischen und ländlichen Raum, diverse Publikationen des Projektes (Hillenbrand, 2021);
- Nährstofftrennung und -verwertung durch getrennte Sammlung und Behandlung von Grauwasser, Urin, Fäkalien am **Beispiel „Lambertsmühle“**, Unter-

- suchung mit Fokus auf den Verbleib von Medikamentenrückständen (Bastian et al., 2005);
- diverse Erfahrungen mit Grauwasseraufbereitung (Nolde, 2016), z.B: **ROOF-WATER-FARM-Projekt** (Million, Bürgow & Steglich, 2018): Verknüpfung von Abwasseraufbereitungstechnologie mit Nahrungsmittelproduktion (Hydroponik, Aquaponik);
  - Ausschöpfung des Potenzials der **Kläranlage als regionale Energiezelle** (Kretschmer et al., 2016; Österreichische Energieagentur, o.J.);
  - **Forschungsprojekt REEF 2W**: Erhöhung erneuerbarer Energie und **Energieeffizienz** durch Integration, Kombination und Stärkung von **urbanem Abwasser- und Bioabfallmanagement** (REEF 2W, 2017);
  - verschiedene Projekte in den **Niederlanden** werden von Blanken et al. (2019) zusammengefasst. Als größte Hindernisse werden die ökonomische Konkurrenz mit dem bestehenden System und wenig Erfahrung mit neuartigen Systemen genannt. Als größtes Potenzial werden neue Siedlungsgebiete und Gebiete, in denen die vorhandenen Abwasserentsorgungssysteme an ihre Grenzen stoßen, gesehen (Blanken et al., 2019);
  - **Ökosiedlung Gänserndorf**: durchschnittlicher Trinkwasserverbrauch von 52 Liter/Person und Tag durch Regenwassernutzung für Gartenbewässerung, WC-Spülung und Nutzwasser, Pflanzenkläranlage, Humustoilette (Deubner & Schuller, 1992);
  - **Ökosiedlung Flintenbreite**: getrennte Sammlung von Grauwasser und Behandlung in einer Pflanzenkläranlage, Oberflächenversickerung von getrennt gesammeltem Regenwasser, Vakuumtoiletten und anaerobe Behandlung in einer Biogasanlage (Oldenburg, Albold, Wendland & Otterpohl, 2008);
  - **Christophorushaus in Stadl-Paura**: Nutzung von Regenwasser und über eine Pflanzenkläranlage gereinigtem Grauwasser für Brauchwasserzwecke (Toilettenspülung, Versorgung der Autowaschanlage, Gartenbewässerung), Ableitung von Schwarzwasser über die öffentliche Kanalisation (Müllegger et al., 2009);
  - **Privathaushalt Oberwindhag**: Komposttoilette und In-Door Grauwasseraufbereitung (Müllegger et al., 2009);
  - **Wein- und Wohnressort Markt Hartmannsdorf** - Gutshof Pöllau: Grauwasseranlage, Pflanzenkläranlage, Wärmerückgewinnung aus Bad- und Duschabwasser (Müllegger et al., 2009);
  - langjährige Erfahrungen mit **Urinseparation in Schweden** (Johansson, Kvarnström & Richert-Stintzing, 2009; McConville, Kvarnström, Jönsson, Kärrman & Johansson, 2017a, 2017b);
  - verschiedene **mobile Lösungen**: Trockentrenntoilette mit *Terra Preta*-Einstreu (Wohnwagon GmbH, 2020), mobile Komposttoiletten (oeklo GmbH, 2020);
  - Freiburg im Breisgau Vauban: Mulden-Rigolen-System zur Regenwasserab-  
leitung, Regenwasserzisternen als freiwillige Leistung, Regenwassernutzung zur Toilettenspülung in Grundschule (Stadt Freiburg im Breisgau, 2014);
  - Jenfelder Au, Hamburg: Dort entsteht in großem Maßstab das **Abwasser-konzept HAMBURG WATER Cycle**. Dabei werden Entsorgung und Energierückgewinnung miteinander kombiniert. Die neuen Wohnungen werden mit Vakuumtoiletten ausgestattet, in denen das Schwarzwasser separat erfasst und dann im Quartier in Wärme und Strom umgewandelt wird. Grauwasser aus Dusche oder Waschmaschine wird gereinigt und in lokale Gewässer abgeleitet und Regenwasser versickert oder verdunstet im Viertel – was u. a.

gut für das Mikroklima ist (LIG Hamburg, o.J.);

- viele weitere, siehe beispielsweise bei Egle und Amann et al. (2016) und SuSanA (2020).

Darüber hinaus sind folgende Initiativen zu erwähnen, die sich mit der Planung und Umsetzung ressourcenorientierter Sanitärsysteme beschäftigen:

- die **Sustainable Sanitation Alliance** (SuSanA): Ein informelles Netzwerk von Menschen und Organisationen, die eine gemeinsame Vision von nachhaltiger Sanitärversorgung teilen. Als Plattform für Kooperation und Zusammenarbeit soll zur Erreichung der Ziele für nachhaltige Entwicklung, insbesondere SDG 6, beigetragen werden (SuSanA, 2007);
- **OCAPI Program**: Ein Forschungs- und Aktionsprogramm in Frankreich zur Untersuchung von aktuellen Veränderungen urbaner Nährstoffkreisläufe und Management von urbanen Nährstoffausscheidungen. Dabei soll unter anderem das Potenzial von Urinseparation untersucht werden (OCAPI, 2021);
- **Nutrientplatform**: Eine Plattform in den Niederlanden, in der Vertreter\_innen aus Abwasserunternehmen, NGOs, Phosphor- und Düngemittelindustrie, Ingenieurbüros und Politik politische Aspekte und Forschungsfragen zum Thema Nährstoffrecycling aus Abwasserströmen diskutieren (P/a Netherlands Water Partnership, 2018);
- **European Sustainable Phosphorus Platform**: Eine unabhängige Plattform zur Vernetzung von Stakeholder\_innen aus Wissenschaft, Industrie und Non-profit-Organisationen mit dem Ziel, ein nachhaltiges Phosphormanagement in Europa zu etablieren. Auch die Stadt Wien bzw. die MA48 ist Mitglied (European Sustainable Phosphorus Platform (ESPP), 2011);
- Systematisierung der Sanitärversorgung durch die **EAWAG (Compendium of Sanitation Systems and Technologies and CLUES Guidelines)**, die noch um die Versorgungsaufgaben (Lüthi, Morel, Tilley & Ulrich, 2011; Tilley, Ulrich, Lüthi, Reymond & Zurbrügg, 2014), und Transfer-Koeffizienten für verschiedene Stoffströme und weitere Informationen zu den verschiedenen Technologien (Eawag, 2021b; Spuhler & Roller, 2020) erweitert werden können;
- das Programm *Wings* zielt auf die **Entwicklung innovativer nicht-netzwerkbasierter Wasser- und Abwassersysteme** ab (Eawag, 2021b).

#### 06\_01.3.4 Zeithorizont der Wirksamkeit Kurzfristig

- Bildungsmaßnahmen, wie z. B. Curricula für die universitäre Verbreitung gibt es schon und werden an manchen Universitäten auch umgesetzt. Eine breitere Anwendung ist rasch möglich. Auswirkungen auf Planung und Umsetzung sind allerdings erst mittel- bis langfristig zu erwarten;
- Weiterbildungsmaßnahmen für Professionist\_innen wie z. B. Planer\_innen, Handwerker\_innen (wie Installateur\_innen etc.), Behörden, usw.;
- Verbreitung von *Best-Practice*-Beispielen;
- Überarbeitung von Richtlinien bzw. Bekanntmachung des deutschen Regelwerks DWA-A 272 (DWA, 2014) zur Planung ressourcenorientierter Sanitärsysteme (dort NASS – Neuartige Sanitärsysteme – genannt) bei den relevanten Stakeholder\_innen – die Überarbeitung kann rasch beginnen, Ergebnisse sind allerdings frühestens mittelfristig möglich;
- Vernetzung von Planer\_innen, Städten und Gemeinden sowie der Austausch von Wissen, Strategien, Beispielen.

### **Mittelfristig**

- Setzung erster Maßnahmen über einzelne Pilotprojekte hinaus sind mittelfristig denkbar.

### **Langfristig**

- weitreichender Systemwechsel aufgrund der Langlebigkeit der Infrastruktur nur schrittweise möglich;
- Hiessl und Toussaint (2003) zeigen für drei untersuchte, unterschiedliche Siedlungsgebiete mit hohem Sanierungsbedarf, dass dort der Umstieg auf die derzeit bekannten ressourcenorientierten Systeme wirtschaftlicher ist als die Erhaltung des Bestands. Diese schrittweise Umstellung im Zuge von notwendigen Sanierungen könnte den Systemwechsel so fließend gestalten, dass es zu keinen großen Störungen bei der durchgehenden Bereitstellung der Dienstleistung kommt.

### **06\_01.3.5 Vergleich mit anderen Optionen, mit denen das Ziel erreicht werden kann**

- Option 06\_02: Blau-grün-braune Infrastruktur ermöglicht die lokale Speicherung, Verdunstung und Versickerung von getrennt gesammeltem Regenwasser und kann für die Reinigung von Wasser verschiedener Qualitäten genutzt werden (*nature-based solutions*).
- Option 06\_03: Durch die Trennung der verschiedenen Stoffströme wird die Wiederverwendung von Wasser erleichtert und der Verbrauch von Trinkwasser verringert. Dadurch kann die Effizienz in der Wassernutzung gesteigert und die Anwendung ressourcenorientierter Sanitärsysteme erleichtert werden.
- Option 06\_06: Ressourcenorientierte Sanitärsysteme erleichtern eine gezielte Entfernung von im Ablauf enthaltenen Mikroschadstoffen wie z. B. Arzneimittelrückstände (Bastian et al., 2005).
- Option 06\_10: Besonders im Bereich der internationalen Zusammenarbeit bedarf es neuer, innovativer Ansätze für Sanitärsysteme, denn weltweit fließen geschätzt 80 % der Abwässer ungeklärt ab (WWAP, 2017). In diesem Bereich gibt es darüber hinaus schon mehrjährige Erfahrung mit diversen Formaten für Partizipation und Co-Design.
- Option 06\_11: Co-Design und Beteiligung der Bevölkerung sind für die Umsetzung ressourcenorientierter Sanitärversorgungssysteme eine Grundvoraussetzung, frühzeitige Einbindung erhöht deren Akzeptanz (Starkl et al., 2005).
- Option 02\_03 und 15\_03: Rückgewinnung von Nährstoffen kann zur Verringerung des Mineraldüngereinsatzes und -bedarfs beitragen, was gleichzeitig eine Energie- (N) und Rohstoffersparnis (P) bedeutet.



## 06\_01.3.6 Interaktionen mit anderen SDGs

Tab. O\_6-01\_02 beschreibt Interaktionen dieser Option mit anderen SDGs. Einen graphischen Überblick über einige dieser Interaktionen bietet das Systembild in Abb.O\_6-01\_02

SDG	Interaktionen
	<b>Target 1.4</b> Zugang zu grundlegenden Dienstleistungen, zu besserem Wasser, besserer, diversifizierterer Ernährung durch Kreislaufführung von Nährstoffen in der <i>essbaren Stadt</i> .
	<b>Target 2.4.</b> Rückführung von Nährstoffen in den natürlichen Kreislauf, möglichst lokale Nutzung aus Gründen der Wirtschaftlichkeit, zum Beispiel im Rahmen urbaner Landwirtschaft und damit Erhöhung der Resilienz der Lebensmittelversorgung; verbesserte, alternative Bewässerungswasser; dringende Maßnahme für die langfristige Sicherung von Phosphor als Pflanzennährstoff.
	<b>Target 3.9.</b> Sauberes, gesundheitlich einwandfreies Trinkwasser, weniger Arzneimittelrückstände im Wasserkreislauf (Bastian et al., 2005), Reduktion der Entstehung und Ausbreitung multiresistenter Keime leichter möglich, gesündere Lebensmittel, gesünderes Verhalten durch urbanes Gärtnern (Schmutz, Lennartsson, Williams, Devereaux & Davies, 2014). Angemessene und gerechte Sanitärversorgung weltweit als Grundlage für ein gesundes Leben sichern.
	<b>Target 4.a.</b> Zugang zu inklusivem Lernumfeld, Notwendigkeit der Entwicklung der Lehre und Forschung in Richtung Transdisziplinarität und Kooperation. <b>Target 4.7.</b> Notwendigkeit, neue, innovative Ansätze und Lösungen in Curricula aufzunehmen; Bildung von Umweltbewusstsein, das ein wichtiger Faktor für die Akzeptanz ressourcenorientierter Sanitärversorgung ist (Poortvliet et al., 2018; Starkl et al., 2005).
	Zugang zu grundlegender Sanitärversorgung als Basis für gleiche Chancen und Möglichkeiten.



**Generell:** Geringerer Energieeinsatz bei der Gewinnung und dem Transport von Wasser, der Ableitung und Reinigung von Abwasser, der Produktion von Düngern, dem Transport von Lebensmitteln etc.

**Target 7.2.** Steigerung der Energierückgewinnung (vor allem thermische, chemische) aus Abwasser.



Im Bereich der ressourcenorientierten Kreislaufwirtschaft entstehen neue Aufgaben und Geschäftsmodelle, lokal angepasste Lösungen fördern die Beteiligung von Klein- und Mittelunternehmen.



**Target 9.1.** Leichtere Anpassung der Infrastruktur an zukünftige Veränderungen, Erhöhung der Resilienz durch lokal angepasste Lösungen.

**Target 9.4.** Insbesondere Verstärkung von Innovation und Ökoprofit zur ressourcenorientierten Wasserwirtschaft; betriebsübergreifender Wasser- und Energieaustausch.



**Generell:** Zugang zu grundlegender Sanitärversorgung als Basis für gleiche Chancen und Möglichkeiten.



**Target 11.1.** Verbesserte Verfügbarkeit von Sanitärinfrastruktur durch Bereitstellung von Alternativen (verbesserte Möglichkeit zur Anpassung an lokale Gegebenheiten, Erhöhung der Resilienz und Flexibilität, auf lange Sicht Optimierung der finanziellen Ressourcen).



Generell: Beteiligung und Sensibilisierung der Bevölkerung an den und für die neuen Wasserbewirtschaftungsmethoden und Sanitärverfahren und Beteiligung und Sensibilisierung an der und für die Nutzung der gewonnenen Ressourcen (*essbare Stadt*).  
Targets 12.4., 12.5. Verantwortungsvoller Umgang mit Ressourcen durch Kreislaufführung.



**Target 13.1.** Anpassung der Infrastruktur an mögliche Klimawandelszenarien (z. B. bezüglich Extremwetterereignissen, Hitzeinseleffekt).



**Target 14.1.** Verringerung des Nährstoffeintrags in marine Gewässer (Stichwort: Todeszonen in Flussmündungen, z. B. im Bereich des Donaudeltas im Schwarzen Meer).



**Target 15.1.** Schutz von Wasserökosystemen durch verringerten Eintrag von ungereinigtem Abwasser und Schonung der natürlichen Wasserressourcen; Förderung von Biodiversität durch den Einsatz naturnaher Reinigungsverfahren wie z. B. Pflanzenkläranlagen (Dotro, Arias & Langergraber, 2020)



**Target 16.1:** Entscheidungsfindung auf allen Ebenen bedarfsorientiert, inklusiv, partizipatorisch und repräsentativ. Grüne, blaue und braune Lösungen führen nachweislich zu verbesserter Gesundheit, weniger Stress, Konflikten, psychischen Problemen und Drogenkonsum (Engemann et al., 2019; Säumel, Reddy & Wachtel, 2019)



**Targets 17.6., 17.7.** Weltweit werden ca. 80 % der gesammelten Abwässer ungeklärt in die Umwelt geleitet. Fast ein Drittel der globalen Bevölkerung – 2,4 Milliarden Menschen – hat gar keine Sanitärversorgung (WHO & UNICEF, 2015). Diese Länder und Menschen benötigen umsetzbare Modelle. Ansätze, die nicht nur Kosten verursachen, sondern gleichzeitig einen hohen Nutzen für die Lebensmittelproduktion haben, können sehr hilfreich sein. Sie werden sich aber nur durchsetzen, wenn sie auch von Ländern des globalen Nordens erprobt, in nationale Richtlinien auf- und allgemein angenommen sowie hinsichtlich leichter Bedienbarkeit und Nutzbarkeit weiterentwickelt werden. Österreich kann hier eine Vorreiter\_innen- und Beispielrolle einnehmen.

**Tab. O\_6-01\_02:** Interaktionen der Option 06\_01 mit anderen SDGs.

**// Tab. O\_6-01\_02:** Interactions of Option 06\_01 with other SDGs.

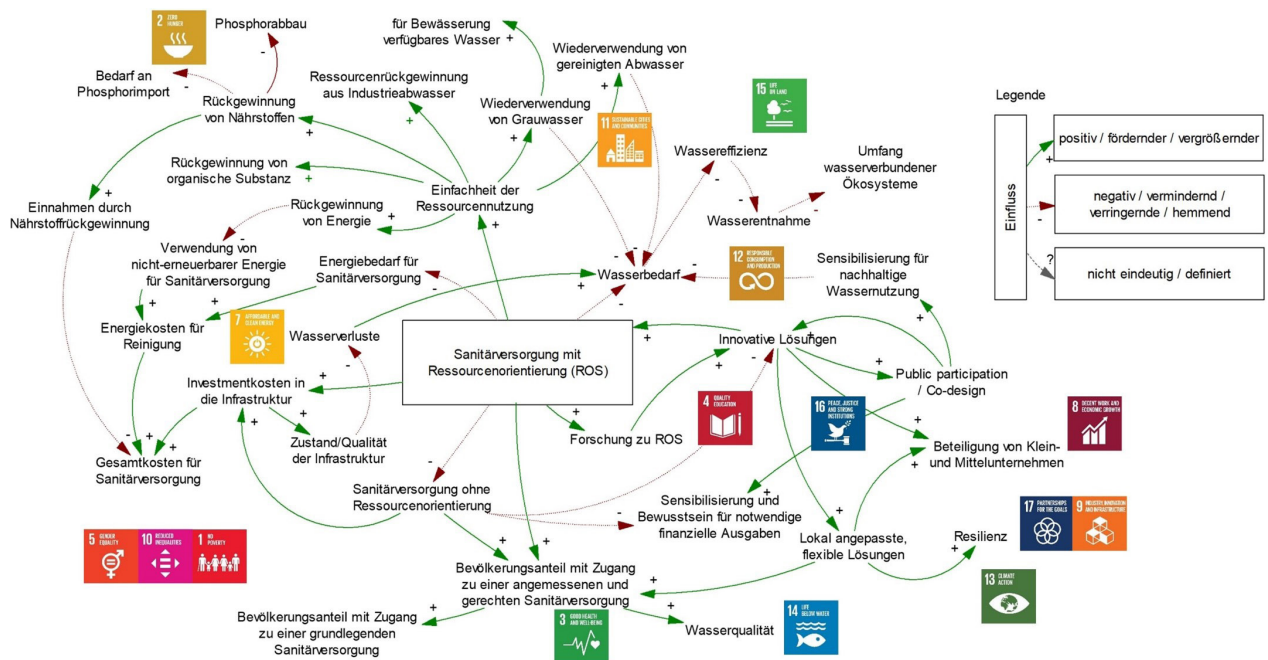


Abb. O\_6-01\_02: Systembild zur Beschreibung der Option 6.1 und deren Interaktionen mit anderen SDGs. Quelle: eigene Darstellung in Vensim® PLE, 1998.

// Fig. O\_6-01\_02: System image to describe Option 6.1 and its interactions with other SDGs. Source: Own illustration in Vensim® PLE, 1998.

### 06\_01.3.7 Offene Forschungsfragen

- Zu (Formaten für) Co-Design von Wasser- und Sanitärinfrastruktur;
- Zu Akzeptanz, Nutzerfreundlichkeit (Design), Betreiber\_innenmodelle für den Betrieb ressourcenorientierter Sanitärsysteme;
- Zu Festlegung der notwendigen Parameter und Grenzwerte für Wasserqualitäten bei unterschiedlichen Wiederverwendungen;
- Zu Anpassung von Bestandsgebäuden und Infrastruktur an Ressourcenorientierung;
- Die Verbreitung von Antibiotikaresistenzen über konventionellen Kläranlagen ist zunehmend evident (Alexander, Hembach & Schwartz, 2020; Andersson, Dickin & Rosemarin, 2016; Ashbolt, Pruden, Miller, Riquelme & Maile-Moskowitz, 2019; Bürgmann, Czekalski & Bryner, 2015; Bürgmann et al., 2018; LaPara et al., 2011; Pruden et al., 2013). Inwieweit sich diese im Vergleich dazu in dezentralen, ressourcenorientierten Sanitärsystemen entwickeln, gilt es zu erforschen.

## Literatur

- Alexander, J., Hembach, N. & Schwartz, T. (2020). Evaluation of antibiotic resistance dissemination by wastewater treatment plant effluents with different catchment areas in Germany. *Scientific Reports*, 10(1), 8952. doi:10.1038/s41598-020-65635-4
- Andersson, K., Dickin, S. & Rosemarin, A. (2016). Towards "Sustainable" Sanitation: Challenges and Opportunities in Urban Areas. *Sustainability*, 8(12), 1289. doi:10.3390/su8121289
- Andersson, K., Otoo, M. & Nolasco, M. (2018). Innovative sanitation approaches could address multiple development challenges. *Water Science and Technology*; London, 77(4), 855–858. doi:10.2166/wst.2017.600
- Ashbolt, N., Pruden, A., Miller, J., Riquelme, M. V. & Maile-Moskowitz, A. (2019). Antimicrobial Resistance: Fecal Sanitation Strategies for Combatting a Global Public Health Threat. In A. Pruden, N. Ashbolt, J. Miller, J. B. Rose & B. Jiménez Cisneros (Hrsg.), *Water and Sanitation for the 21st Century. Health and Microbiological Aspects of Excreta and Wastewater Management (Global Water Pathogen Project)*. Michigan State University. doi:10.14321/waterpathogens.29
- Assmann, M., Habenfellner-Weit, E., Laber, J., Lindtner, S. & Tschiesche, U. (2019). *Branchenbild der österreichischen Abwasserwirtschaft 2020. Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV)* (Hrsg.). [https://www.oewav.at/upload/medialibrary/oewav\\_bb\\_2020\\_gesamt\\_DL.pdf](https://www.oewav.at/upload/medialibrary/oewav_bb_2020_gesamt_DL.pdf) [24.6.2021].
- Bastian, A., Bornemann, C., Hachenberg, M., Oldenburg, M. & Schmelzer, M. (Hrsg.). (2005). *Nährstofftrennung und -verwertung in der Abwassertechnik am Beispiel der „Lambertsmühle“: Abschlussbericht [mit der Förderung durch das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Aktenzeichen: IV-9-0421440010]* (Bonner agrilkulturchemische Reihe). Bonn. ISBN: 978-3-937941-02-8.
- Beardsley, T. M. (2011). Peak Phosphorus. *BioScience*, 61(2), 91. doi:10.1525/bio.2011.61.2.1
- Blanken, M., Verweij, C. & Mulder, K. (2019). Why Novel Sanitary Systems are Hardly Introduced? *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 7(1), 13–27. doi:10.13044/j.sdewes.d6.0214
- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT). (2018). *Kommunales Abwasser: Österreichischer Bericht 2018*. [https://www.bmlrt.gv.at/wasser/wasser-eu-international/europaeische\\_wasserpolitik/Lagebericht\\_2018.html](https://www.bmlrt.gv.at/wasser/wasser-eu-international/europaeische_wasserpolitik/Lagebericht_2018.html) [10.8.2020].
- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT) & Umweltbundesamt (UBA). (2019, 13. Mai). *Wassergüte in Österreich - Jahresbericht (2014-2016)*. Wien. <https://www.umweltbundesamt.at/aktuelles/presse/news2019/news20190513> [11.8.2020].
- Bürgmann, H., Czekalski, N. & Bryner, A. (2015, Juli). *Verbreitung von Antibiotikaresistenzen im Wasser*. [https://www.eawag.ch/fileadmin/user\\_upload/fb\\_antibiotikaresistenzen\\_juli15.pdf](https://www.eawag.ch/fileadmin/user_upload/fb_antibiotikaresistenzen_juli15.pdf) [6.5.2021].
- Bürgmann, H., Frigon, D., Gaze, W. H., M Manaia, C., Pruden, A., Singer, A. C. et al. (2018). Water and sanitation: an essential battlefront in the war on antimicrobial resistance. *FEMS Microbiology Ecology*, 94(fiy101). doi:10.1093/femsec/fiy101
- Camargo, G. G. T., Ryan, M. R. & Richard, T. L. (2013). Energy Use and Greenhouse Gas Emissions from Crop Production Using the Farm Energy Analysis Tool. *BioScience*, 63(4), 263–273. doi:10.1525/bio.2013.63.4.6
- Cordell, D. & White, S. (2011). Peak Phosphorus: Clarifying the Key Issues of a Vigorous Debate about Long-Term Phosphorus Security. *Sustainability*, 3(10), 2027–2049. doi:10.3390/su3102027
- De Graaff, M. S., Zeeman, G., Temmink, H., van Loosdrecht, M. & Buisman, C. (2010). Long term partial nitrification of anaerobically treated black water and the emission of nitrous oxide. *Water Research*, 44(7), 2171–2178. doi:10.1016/j.watres.2009.12.039
- Desloover, J., Vlaeminck, S. E., Clauwaert, P., Verstraete, W. & Boon, N. (2012). Strategies to mitigate N<sub>2</sub>O emissions from biological nitrogen removal systems. *Current Opinion in Biotechnology*, 23(3), 474–482. doi:10.1016/j.copbio.2011.12.030
- Deubner, H. & Schuller, H. (1992). *Kurzfassung Ökosiedlung Gärtnerhof - Dokumentation eines Projektes*. Gänserndorf. <http://www.atelierdeubner.at/images/publikationen/projekte/Oekosiedlung-Forschung-Kurzfassung.pdf> [30.6.2021].
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) (Hrsg.). (2014). *Arbeitsblatt DWA-A 272: Grundsätze für die Planung und Implementierung Neuartiger Sanitärsysteme (NASS)*. Hennef, Deutschland. ISBN: 9783944328638.
- Dotro, G., Arias, C. & Langergaber, G. (2020, 30. April). *Treatment wetlands as a multi-benefit nature-based solution. The Source*. <https://www.thesourcemagazine.org/treatment-wetlands-as-a-multi-benefit-nature-based-solution/> [30.6.2021].
- Eggen, R. I. L., Hollender, J., Joss, A., Schärer, M. & Stamm, C. (2014). Reducing the Discharge of Micropollutants in the Aquatic Environment: The Benefits of Upgrading Wastewater Treatment Plants. *Environmental Science & Technology*, 48(14), 7683–7689. doi:10.1021/es500907n
- Egle, L., Amann, A., Rechenberger, H. & Zessner, M. (2016). Phosphor: Eine kritische und zugleich unzureichend genutzte Ressource der Abwasser- und Abfallwirtschaft – Stand des Wissens und Ausblick für Österreich und Europa. *Österreichische*

- Wasser- und Abfallwirtschaft, 68(3), 118–133. doi:10.1007/s00506-016-0295-6
- Egle, L., Rechberger, H., Krampe, J. & Zessner, M. (2016). Phosphorus recovery from municipal wastewater: An integrated comparative technological, environmental and economic assessment of P recovery technologies. *Science of the Total Environment*, 571, 522–542. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.07.019
- Egle, L., Zoboli, O., Thaler, S., Rechberger, H. & Zessner, M. (2014). The Austrian P budget as a basis for resource optimization. *Resources, Conservation and Recycling*, 83, 152–162. doi:10.1016/j.resconrec.2013.09.009
- Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Eawag). (2021a). *Aurin: Dünger aus Urin*. <https://www.eawag.ch/de/abteilung/eng/projekte/aurin-duenger-aus-urin/> [30.6.2021].
- Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Eawag). (2021b). *Wings: Innovationen im Bereich nicht-netzwerk basierter Wasser- und Abwassersysteme* (Ein inter- und transdisziplinäres strategisches Forschungsprogramm). <https://www.eawag.ch/de/forschung/menschen/abwasser/projekte/wings/> [30.6.2021].
- Engemann, K., Pederesen, C. B., Arge, L., Tsirogianis, C., Mortensen, P. B. & Svenning, J.-C. (2019). Residential green space in childhood is associated with lower risk of psychiatric disorders from adolescence into adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(11), 5188–5193. doi:10.1073/pnas.1807504116
- EOOS Design GmbH (EOOS). (2018). *Urinetrapp.com*. <http://www.urinetrapp.com/> [12.8.2020].
- European Sustainable Phosphorus Platform (ESPP). (2011). *European Sustainable Phosphorus Platform (ESPP)*. <https://www.phosphorusplatform.eu> [30.6.2021].
- Gassert, F., Reig, P., Luo, T. & Maddocks, A. (2013). Aqueduct Country and River Basin Rankings. <https://www.wri.org/publication/aqueduct-country-and-river-basin-rankings> [8.10.2019].
- Hiessl, H. & Toussaint, D. (2003). *Alternativen der kommunalen Wasserversorgung und Abwasserentsorgung, AKWA 2100* (Technik, Wirtschaft und Politik). Heidelberg. ISBN: 978-3-7908-0037-1.
- Hillenbrand, T. (2021). *Transitionswege WasserInfraStruktursysteme / TWIST ++*. <https://www.twistplusplus.de/twist-de/index.php> [30.6.2021].
- Johansson, M., Kvarnström, E. & Richert-Stintzing, A. (2009). *Going to scale with urine diversion in Sweden from individual households to municipal systems in 15 years*. Global Dry Toilet Association of Finland (Hrsg.). <https://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/library/details/1137> [30.6.2021].
- Kisser, J., Wirth, M., de Gussene, B., van Eekert, M., Zeeman, G., Schoenborn, A. et al. (2020). A review of nature-based solutions for resource recovery in cities. *Blue-Green Systems*, 2(1), 138–172. doi:10.2166/bgs.2020.930
- Kleidorfer, M., Möderl, M., Tscheikner-Gratl, F., Hammerer, M., Kinzel, H. & Rauch, W. (2013). Integrated planning of rehabilitation strategies for sewers. *Water Science and Technology*, 68(1), 176–183. doi:10.2166/wst.2013.223
- Kretschmer, F., Neugebauer, G., Eder, M., Zach, F., Zottl, A., Narodoslawsky, M. et al. (2016). Resource recovery from wastewater in Austria: wastewater treatment plants as regional energy cells. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 6(3), 421–429. doi:10.2166/wrd.2015.119
- Kretschmer, F., Zingerle, T. & Ertl, T. (2018). Perspektiven der künftigen Klärschlammbewirtschaftung in Österreich. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 70(11), 579–587. doi:10.1007/s00506-018-0518-0
- Langergraber, G. & Masi, F. (2018). Treatment wetlands in decentralised approaches for linking sanitation to energy and food security. *Water Science and Technology*, 77(4), 859–860. doi:10.2166/wst.2017.599
- LaPara, T. M., Burch, T. R., McNamara, P. J., Tan, D. T., Yan, M. & Eichmiller, J. J. (2011). Tertiary-Treated Municipal Wastewater is a Significant Point Source of Antibiotic Resistance Genes into Duluth-Superior Harbor. *Environmental Science & Technology*, 45(22), 9543–9549. doi:10.1021/es202775r
- Lechner, A., Keckeis, H., Lumesberger-Loisl, F., Zens, B., Krusch, R., Tritthart, M. et al. (2014). The Danube so colourful: A potpourri of plastic litter outnumbers fish larvae in Europe's second largest river. *Environmental Pollution*, 188, 177–181. doi:10.1016/j.envpol.2014.02.006
- LIG Hamburg. (o.J.). *Hamburg Stadtquartier Jenfelder Au - Jenfelder Au. Landesbetrieb Immobilienmanagement und Grundvermögen Hamburg* (Jenfelder Au - am Wasser zuhause). <http://www.jenfelder-au.info/> [15.10.2020].
- Luh, J., Royster, S., Sebastian, D., Ojomo, E. & Bartram, J. (2017). Expert assessment of the resilience of drinking water and sanitation systems to climate-related hazards. *Science of the Total Environment*, 592, 334–344. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.03.084
- Lüthi, C., Morel, A., Tilley, E. & Ulrich, L. (2011). *Community-Led Urban Environmental Sanitation Planning (CLUES)*. Dübendorf, Switzerland. ISBN: 978-3-906484-52-5.
- Ma, X., Xue, X., González-Mejía, A., Garland, J. & Cashdollar, J. (2015). Sustainable Water Systems for the City of Tomorrow—A Conceptual Framework. *Sustainability*, 7(9), 12071–12105. doi:10.3390/su70912071
- Masi, F., Rizzo, A. & Regelsberger, M. (2018). The role of constructed wetlands in a new circular economy, resource oriented, and ecosystem services paradigm. *Journal of Environmental Management*, 216, 275–284. doi:10.1016/j.jenvman.2017.11.086
- McConville, J. R., Kvarnström, E., Jönsson, H., Kärrman, E. & Johansson, M. (2017a). Is the Swedish wastewater sector ready for a transition to source separation? *DESALINATION AND WATER TREATMENT*, 91, 320–328. doi:10.5004/dwt.2017.20881
- McConville, J. R., Kvarnström, E., Jönsson, H., Kärrman, E. & Johansson, M. (2017b). Source separation: Challenges & opportunities for transition in the Swedish wastewater sector. *Resources, Conservation and Recycling*, 120, 144–156. doi:10.1016/j.resconrec.2016.12.004
- Mihelcic, J. R., Fry, L. M. & Shaw, R. (2011). Global potential of phosphorus recovery from human urine and feces. *Chemosphere*, 84(6), 832–839. doi:10.1016/j.chemosphere.2011.02.046
- Million, A., Bürgow, G. & Steglich, A. (Hrsg.). (2018). *Roof Water-Farm: urbanes Wasser für urbane Landschaft* (Sonderpublikation des Instituts für Stadt- und Regionalplanung der Technischen Universität Berlin). Berlin. ISBN: 978-3-7983-2986-7.
- Mulder, K. (2019). Future Options for Sewage and Drainage Systems Three Scenarios for Transitions and Continuity. *Sustainability*, 11(5), 1383. doi:10.3390/su11051383
- Müllegger, E., Regelsberger, M., Regelsberger, B., Platzer, C., Pötsch, T., Haberl, R. et al. (2009). Nachhaltige Siedlungswasserwirtschaft – Praktische Anwendungen (NASPA). [https://www.umweltfoerderung.at/fileadmin/user\\_upload/media/umweltfoerderung/Dokumente/Betriebe/Wasser\\_Betriebe/Studien\\_Wasserwirtschaft/Nachhaltige\\_Siedlungswasserwirtschaft.pdf](https://www.umweltfoerderung.at/fileadmin/user_upload/media/umweltfoerderung/Dokumente/Betriebe/Wasser_Betriebe/Studien_Wasserwirtschaft/Nachhaltige_Siedlungswasserwirtschaft.pdf) [27.1.2020].
- P/a Netherlands Water Partnership. (2018). *Nutrient Platform | Realizing the Circular Economy* (Nutrient Platform). <https://www.nutrientplatform.org/en/> [10.8.2020].
- Neunteufel, R., Schmidt, B.-J. & Perfler, R. (2017). Ressourcenverfügbarkeit und Bedarfsplanung auf Basis geänderter Rahmenbedingungen. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 69(5-6), 214–224. doi:10.1007/s00506-017-0389-9
- Nolde, E. (2016). Getrennte Erfassung von Grauwasser - Ein Weg zu mehr Ressourceneffizienz in der Siedlungswasserwirtschaft. *fbr-wasserspiegel*, 1/17(22). <https://nolde-partner.de/wp-content/uploads/wasserspiegel1-17.pdf> [12.8.2020].
- OCAPI. (2021). *OCAPI Programme de recherche & action sur les systèmes alimentation/excrétion et la gestion des urines et matières fécales humaines*. <https://www.leesu.fr/ocapi/presentation/ocapi-program/> [30.6.2021].
- Oeklo GmbH. (2020). *öKlo Komposttoiletten - Die Nummer 1 bei mobilen WC's!* (oeklo.at - mobile Komposttoiletten). <https://oeklo.at/> [12.8.2020].
- Oldenburg, M., Albold, A., Wendland, C. & Otterpohl, R.

- (2008). Erfahrungen aus dem Betrieb eines neuen Sanitärkonzepts über einen Zeitraum von acht Jahren. *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall*, 10. [https://www.researchgate.net/publication/266605274\\_Erfahrungen\\_aus\\_dem\\_Betrieb\\_eines\\_neuen\\_Sanitarkonzepts\\_uber\\_einen\\_Zeitraum\\_von\\_acht\\_Jahren](https://www.researchgate.net/publication/266605274_Erfahrungen_aus_dem_Betrieb_eines_neuen_Sanitarkonzepts_uber_einen_Zeitraum_von_acht_Jahren) [30.6.2021].
- Österreichische Energieagentur. (o.J.). *Energie aus Abwasser*. Wien. [https://www.energyagency.at/projekte-forschung/energie-wirtschaft-infrastruktur/detail/artikel/energie-aus-abwasser.html?no\\_cache=1](https://www.energyagency.at/projekte-forschung/energie-wirtschaft-infrastruktur/detail/artikel/energie-aus-abwasser.html?no_cache=1) [30.6.2021].
- Poortvliet, P. M., Sanders, L., Weijma, J. & de Vries, J. R. (2018). Acceptance of new sanitation: The role of end-users' pro-environmental personal norms and risk and benefit perceptions. *Water Research*, 131, 90–99. doi:10.1016/j.watres.2017.12.032
- Pruden, A., Larsson, D. J., Amézquita, A., Collignon, P., Brandt, K. K., Graham, D. W. et al. (2013). Management Options for Reducing the Release of Antibiotics and Antibiotic Resistance Genes to the Environment. *Environmental Health Perspectives*, 121(8), 878–885. doi:10.1289/ehp.1206446
- Rao, K. C. & Otoo, M. (2017). Resource Recovery and Reuse As an Incentive for a More Viable Sanitation Service Chain, 10(2), 20. [https://www.researchgate.net/publication/317776204\\_Resource\\_recovery\\_and\\_reuse\\_as\\_an\\_incentive\\_for\\_a\\_more\\_viable\\_sanitation\\_service\\_chain](https://www.researchgate.net/publication/317776204_Resource_recovery_and_reuse_as_an_incentive_for_a_more_viable_sanitation_service_chain) [30.6.2021].
- REEF 2W. (2017). *REEF 2W - Increased renewable energy and energy efficiency by integrating, combining and empowering urban wastewater and organic waste management systems* (Interreg CENTRAL EUROPE). <http://www.interreg-central.eu/Content.Node/REEF-2W.html> [30.6.2021].
- Reynaert, E., Greenwood, E. E., Ndwandwe, B., Riechmann, M. E., Sindall, R. C., Udert, K. M. et al. (2020). Practical implementation of true on-site water recycling systems for hand washing and toilet flushing. *Water Research X*, 7, 100051. doi:10.1016/j.wroa.2020.100051
- Rhodes, C. J. (2013). Peak Phosphorus – Peak Food? The Need to Close the Phosphorus Cycle. *Science Progress*, 96(2), 109–152. doi:10.3184/003685013X13677472447741
- Ronteltap, M. & Langergraber, G. (2018). Resources-oriented sanitation systems. In H. Li (Hrsg.), *Global Trends & Challenges in Water Science, Research and Management. A compendium of hot topics and features from IWA Specialist Groups* (Bd. 17, S. 106–110). o.O.: IWA Publishing. doi:10.2166/9781780408378
- Rose, C., Parker, A., Jefferson, B. & Cartmell, E. (2015). The Characterization of Feces and Urine: A Review of the Literature to Inform Advanced Treatment Technology. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 45(17), 1827–1879. doi:10.1080/10643389.2014.1000761
- Sartorius, C., Hillenbrand, T. & Niederste-Hollenberg, J. (2019). Multikriterielle Bewertung von Wasserinfrastruktursystemen im Kontext der SDGs. In W. Leal Filho (Hrsg.), *Aktuelle Ansätze zur Umsetzung der UN-Nachhaltigkeitsziele* (S. 271–289). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-662-58717-1\_15
- Säumel, I., Reddy, S. & Wachtel, T. (2019). Edible City Solutions—One Step Further to Foster Social Resilience through Enhanced Socio-Cultural Ecosystem Services in Cities. *Sustainability*, 11(4), 972. doi:10.3390/su11040972
- Schmutz, U., Lennartsson, M., Williams, S., Devereaux, M. & Davies, G. (2014). *The benefits of gardening and food growing for health and wellbeing*. Garden Organic and Sustain. doi:10.13140/RG.2.1.3703.5289
- Schütze, M., Wrieger-Bechtold, A., Zinati, T., Söbke, H., Wißmann, I., Schulz, M. et al. (2019). Simulation and visualization of material flows in sanitation systems for streamlined sustainability assessment. *Water Science and Technology*, 79(10), 1966–1976. doi:10.2166/wst.2019.199
- Schwarzl, B., Sedy, K. & Zethner, G. (2019). *Umstellung der Österreichischen Stickstoff- und Phosphorbilanz der Landwirtschaft auf Eurostat-Vorgaben* (Reports, Bd. 0694). Wien. ISBN: 978-3-99004-513-8.
- Sharvelle, S., Ashbolt, N., Clerico, E., Hultquist, R., Leveren, H. & Olivieri, A. (2017). *Risk-Based Framework for the Development of Public Health Guidance for Decentralized Non-Potable Water Systems* (WE&RF). Alexandria, VA. ISBN: 978-1-94124-283-4.
- Spuhler, D. & Roller, L. (2020). Sanitation technology library: details and data sources for appropriateness profiles and transfer coefficients. doi:10.25678/0000SS
- Spuhler, D., Scheidegger, A. & Maurer, M. (2021). Ex-ante quantification of nutrient, total solids, and water flows in sanitation systems. *Journal of Environmental Management*, 280. doi:10.1016/j.jenvman.2020.111785
- Stadt Freiburg im Breisgau. (2014). Quartier Vauban - Von der Kaserne zum Stadtteil: *Abschlussbericht zur Entwicklungsmaßnahme Vauban I 1992 - 2014*. [https://www.freiburg.de/pb/site/Freiburg/get/params\\_E-472828301/1032280/Abschlussbericht%20Vauban\\_17](https://www.freiburg.de/pb/site/Freiburg/get/params_E-472828301/1032280/Abschlussbericht%20Vauban_17) [30.6.2021].
- Starkl, M., Binner, E., Fürhacker, M., Holubar, P., Koeck, S., Lenz, K. et al. (2005). *Nachhaltige Strategien der Abwasserentsorgung im ländlichen Raum: SUS-SAN FORSCHUNGSPROJEKT Endbericht*. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT) (Hrsg.). Wien. <https://info.bmlrt.gv.at/service/publikationen/wasser/SUS-SAN.html> [30.6.2021].
- Statistische Amt der Europäischen Union (EUROSTAT). (2013). Methodology and Handbook Eurostat/OECD. Nutrient Budgets. [https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2393397/2518760/Nutrient\\_Budgets\\_Handbook\\_\(CPSA\\_AE\\_109\)\\_corrected3.pdf/4a3647de-da73-4d23-b94b-e2b23844dc31](https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2393397/2518760/Nutrient_Budgets_Handbook_(CPSA_AE_109)_corrected3.pdf/4a3647de-da73-4d23-b94b-e2b23844dc31).
- Steffen, W., Richardson, K., Rockstrom, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M. et al. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855. doi:10.1126/science.1259855
- Sustainable Sanitation Alliance (SuSanA). (2007). Sustainable Sanitation Alliance. <https://www.susana.org/en/> [15.10.2020].
- Sustainable Sanitation Alliance (SuSanA). (2008). Towards more sustainable sanitation solutions - SuSanA Vision Document. <https://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/library/details/267> [28.11.2019].
- Sustainable Sanitation Alliance (SuSanA). (2020). *Case studies*. <https://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/case-studies> [12.8.2020].
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P. & Zurbrugg, C. (2014). *Compendium of sanitation systems and technologies* (2nd revised edition). Dübendorf: EAWAG. ISBN: 978-3-906484-57-0.
- United Nations World Water Assessment Programme (WWAP) (Ed.). (2017). *The United Nations World Water Development Report 2017: Wastewater, The Untapped Resource* (The United Nations world water development report). Paris. ISBN: 978-92-3-100201-4.
- Vensim® PLE (Version 8.0.9.) [Computer software]. (1998): Ventana Systems, Inc. <https://vensim.com/>.
- UN Water. (2017). Integrated Monitoring Guide for Sustainable Development Goal 6 on Water and Sanitation Targets and global indicators. <https://www.unwater.org/publications/sdg-6-targets-indicators/> [26.9.2019].
- Wohnwagon GmbH. (2020). *WOHNWAGON: selbstbestimmt & unabhängig Leben* (Wohnwagon - Wege zur Autarkie - Start in ein autarkes Leben). <https://www.wohnwagon.at/> [11.8.2020].
- World Health Organization (WHO) (Hrsg.). (2015). *Sanitation safety planning: manual for safe use and disposal of wastewater, greywater and excreta*. Geneva. ISBN: 978-92-4-154924-0.
- World Health Organization (WHO) & Kinderhilfswerk der Vereinten Nationen (UNICEF). (2015). *25 years progress on sanitation and drinking water: 2015 update and MDG assessment*. ISBN: 978-92-4-150914-5.
- Xu, M., Zhu, S., Zhang, Y., Wang, H. & Fan, B. (2019). Spatial-temporal economic analysis of modern sustainable sanitation in rural China: Resource-oriented system. *Journal of Cleaner Production*, 233, 340–347. doi:10.1016/j.jclepro.2019.06.103