

Optionen und Maßnahmen

UniNEtZ –
Universitäten und Nachhaltige
Entwicklungsziele



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

Verstärkter Einsatz Blau-Grün-Brauner Infrastruktur

06_02

Targets 6.3, 6.4, 6.5,
6.6 und, 6-b

Autor_innen:

Fuchs-Hanusch, Daniela (*Technische Universität
Graz*); Regelsberger, Martin (*Technisches Büro
Regelsberger*)

Inhalt

3	Abbildungsverzeichnis
3	Tabellenverzeichnis
5	06_02.1 Ziele der Option
3	06_02.2 Hintergrund der Option
5	06_02.3 Optionenbeschreibung
5	06_02.3.1 Beschreibung der Option bzw. der zugehörigen Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen
9	06_02.3.2 Erwartete Wirkungsweise
11	06_02.3.3 Bisherige Erfahrung mit dieser Option oder ähnlichen Optionen
12	06_02.3.4 Zeithorizont der Wirksamkeit
12	06_02.3.5 Vergleich mit anderen Optionen, mit denen das Ziel erreicht werden kann
12	06_02.3.6 Interaktionen mit anderen SDGs
17	06_02.3.7 Offene Forschungsfragen
19	Literatur

Abbildungsverzeichnis

- 4 **Abb. O_6-02_01:**
Wasserhaushalt, links
„urbaner“ mit versiegelter
Oberfläche, rechts „natür-
licher“ mit grüner Ober-
fläche. Quelle: Gößner
(2020, adaptiert)
// **Fig. O_6-02_01:** Water
balance, left side with
green, right side with
sealed surface. Source:
Gößner (2020, adapted)

Tabellenverzeichnis

- 10 **Tab. O_6 - 02 _ 01:** Wir-
kung auf die Targets von
SDG 6. Quelle: eigene
Darstellung.
// **Tab. O_6 - 02 _ 01:**
Impact on the targets
of SDG 6. Source: own
elaboration.
- 14 **Tab. O_6-02_02:** Inter-
aktionen mit anderen
SDGs. Quelle: eigene
Darstellung.
// **Tab. O_6-02_02:** Inter-
actions with other SDGs.
Source: own elaboration.

06_02.1 Ziele der Option

Ziel ist es, Blau-Grün-Braune Infrastruktur (BGB Infrastruktur) als Alternative zu grauer Infrastruktur (Kanal, Betonbecken etc.) für dieselben Einsatzzwecke verstärkt zu fördern.

Bei BGB Infrastruktur handelt es sich um Pflanzen, Wasserflächen und -körper und Boden als Teil der urbanen Wasserinfrastruktur zur Regenwasserbewirtschaftung, aber auch für die dezentrale Behandlung von Wasser, zum Beispiel Grauwasser (Wasser aus Haushalten ohne Fäkalien, vom Bad, der Waschmaschine, eventuell der Küche) oder Abwasser, für dessen lokale Nutzung. Es werden damit Ökosystemdienste, sogenannte *Nature-Based Solutions* im urbanen Raum für eine integrierte Bewirtschaftung der Wasserressourcen genutzt. Die BGB Infrastruktur verfolgt gegenüber grauer, gebauter Infrastruktur mehrere Ziele gleichzeitig.

Die Option zielt auf die Targets 6.3., 6.4., 6.5., 6.6. und 6.b. ab. Durch den verstärkten Einsatz von BGB Infrastrukturen soll eine Verbesserung der Wasserqualität durch eine Verringerung des Eintrags von verschmutztem Niederschlagswasser in Gewässer erreicht werden (Target 6.3.). Es ergibt sich ein geringerer Wasserbedarf für Bewässerung bzw. eine sichere und selbsttätige Versorgung von urbanem Grün mit ausreichend Wasser, das sonst ungenutzt und teuer abgeleitet werden müsste (Target 6.4.). BGB Infrastrukturen tragen zum integrierten Wasserressourcenmanagement (IWRM) auf lokaler Ebene (Stichwort Urbaner Wasserhaushalt siehe Abb. O_6-02_01) bei (Target 6.5.).

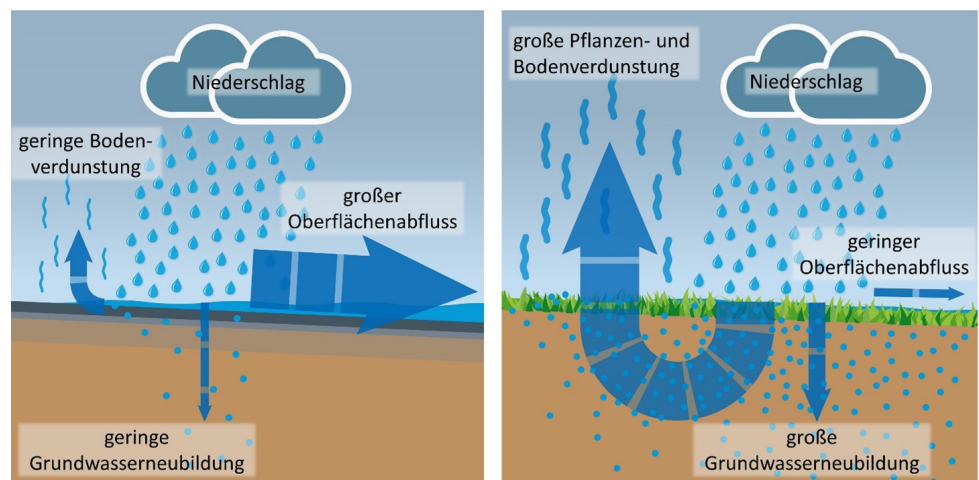


Abb. O_6-02_01: Wasserhaushalt, links „urbaner“ mit versiegelter Oberfläche, rechts „natürlicher“ mit grüner Oberfläche. Quelle: Gößner (2020, adaptiert)

// **Fig. O_6-02_01:** Water balance, left side with green, right side with sealed surface. Source: Gößner (2020, adapted)

Durch Maßnahmen des Bodenschutzes erfolgt beim Einsatz von BGB Infrastruktur eine Vergrößerung des Anteils wasserverbundener Ökosysteme (kleinräumige Maßnahmen im urbanen Raum über Feuchtbiootope als Wasserspeicher und -reinigungseinrichtungen, bis zu blauen, aber auch grünen und braunen Korridoren durch die Stadt) (Target 6.6.).

06_02.2 Hintergrund der Option

Die aktuell in der Siedlungswasserwirtschaft („Siedlungsentwässerung“) eingesetzten Infrastrukturen (graue Infrastrukturen wie Kanäle, Mischwasserüberläufe und -becken, Abwasserreinigung) haben verschiedene Defizite. Dazu zählt nach Oral et al. (2020) unter anderem die Tatsache, dass graue Infrastrukturen unflexibel hinsichtlich des Bestands aber auch in Hinblick auf neu auftauchende Stoffe sind. Sie weisen meist hohe Investitions- sowie Betriebskosten auf und es sind aktuell umfassende Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen notwendig (Assmann et al. 2019). Graue Infrastrukturen verändern zudem den Wasserhaushalt gegenüber der natürlichen Pflanzendecke (in unseren Breiten vorwiegend Wald) massiv. *Abbildung O_6-02_01* zeigt rechts einen typisch urbanen Wasserhaushalt mit hohem Oberflächenabfluss einerseits und vernachlässigbarer Grundwasserneubildung und Verdunstung andererseits. Demgegenüber ist auf der linken Seite zu sehen, dass im natürlichen Wasserhaushalt eines Waldes die Verdunstung den weitaus höchsten Anteil einnimmt, die Grundwasserneubildung immer noch beachtlich und der Oberflächenabfluss nahezu vernachlässigbar ist. Der durch die Versiegelung geprägte urbane Wasserhaushalt ist mitverantwortlich für den urbanen Hitzeinseleffekt, wohingegen die hohe Verdunstung im natürlichen Wasserhaushalt für eine solargetriebene Temperierung sorgt.

Zusätzlich führen graue Infrastrukturen zu Verlust von Boden als Wasserspeicher in Form von Humus (CO₂). Die lokale Nutzung von vorhandenen Ressourcen wie Regenwasser ist beim bestehenden System nicht vorgesehen, was dazu führt, dass für alle Zwecke, auch wo dies nicht nötig wäre, wie Autowaschen, Gießen etc., Trinkwasser oft aus großer Entfernung in Siedlungen transportiert werden muss. Alles Regenwasser muss dann teuer aus Siedlungen abgeleitet werden. Zudem existiert im aktuellen System auch eine Ungerechtigkeit bei der Kostenaufteilung dieser Ableitung (Kleidorfer et al. 2019).

Aufgrund urbaner Hitzeinseleffekte, verstärkt durch den globalen Klimawandel und zunehmende pluviale Überflutungen, resultierend aus Flächenversiegelung und Klimawandel (Kaspersen et al. 2017), wird die Notwendigkeit der Änderung des aktuellen Systems immer deutlicher.

Weitere Gründe BGB Infrastrukturen verstärkt einzusetzen sind der Verlust der Artenvielfalt, nicht zuletzt durch Lebensraumverluste, der unbefriedigende Zustand vieler Gewässer oder der vermehrte Bedarf an zusätzlichem Grün sowie offenem Wasser und Boden für Wohlbefinden und Gesundheit der urbanen Bevölkerung.

06_02.3 Optionenbeschreibung

06_02.3.1 Beschreibung der Option bzw. der zugehörigen Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen

Bei BGB Infrastruktur (Wasser, Vegetation und Boden) handelt es sich um die Nutzung von Ökosystemdiensten sogenannter *Nature-Based Solutions* (Gründächer, grüne Fassaden, bepflanzter Boden als Wasserspeicher und „Luftbefeuchter“, Pflanzenkläranlagen, Feuchtbiotope, urbaner Gartenbau, Parks, Teiche, renaturierte Gewässer, um nur einige zu

nennen) im urbanen Raum für eine integrierte Bewirtschaftung der Wasserressourcen, die gegenüber grauer, gebauter Infrastruktur leichter mehrere Ziele gleichzeitig verfolgen. Es gilt, durch die Integration der BGB Infrastruktur in die Stadtplanung, die Flächenwidmungs-, Verkehrs- und Bebauungsplanung und in die urbane Architektur, Platz für urbanes Grün, Wasserflächen und Gewässer sowie offenen Boden zu schaffen und diese Einrichtungen statt Schächten, Rohren und Behältern für die Wasserbewirtschaftung zu nutzen.

Der Einsatz von BGB Infrastruktur soll durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

1. Gesetzliche Vorgaben, Förderungen und andere Maßnahmen, um die Entsiegelung (Begrünung/Grünflächen/Biotope etc. statt Beton & Asphalt) voranzutreiben;
2. Trennung der Gebühren von Abwasser und Regenwasser, um einen Anreiz für die lokale Bewirtschaftung von Regenwasser (Versickerung, Kreislaufführung etc.) zu schaffen (Gebührensplitting) (Nickel et al. 2014);
3. Erarbeitung der nötigen Bemessungsgrundlagen, insbesondere Wasserbedarf und Verdunstungsleistung von urbanem Grün sowie Charakteristika von Substraten bezüglich Wasserhaushaltes und Belastbarkeit;
4. Einbindung von BGB Infrastrukturansätzen in die universitäre Lehre und Fachausbildung (z. B. HTL);
5. Qualifizierungsangebote, um Fachwissen zu BGB Infrastruktur unter Berufstätigen zu verbreiten;
6. Berücksichtigung des multiplen Nutzens (Wasserkreislauf, Reduktion von Hitzeinseln, lokale Lebensmittelproduktion etc.) von BGB Infrastruktur in der Planung und in den Förderrichtlinien;
7. Förderung der transsektoriellen Planung von städtischen Infrastrukturvorhaben, um Synergien zu nutzen; BGB Infrastruktur sollte als Teil der (technischen) Siedlungsinfrastruktur gesehen werden (Ma et al. 2015; Masi et al. 2018).

Ad 1) Um urbane BGB Infrastruktur einsetzen zu können, müssen die von Ingenieur_innen verwendeten gesetzlichen und, in der Praxis meist bindenden, technischen Richtlinien auf Hindernisse überprüft und diese gegebenenfalls beseitigt werden. Zusätzlich werden spezifische Regelungen (z. B. Normen; Richtlinien des *Österreichisches Institut für Bautechnik* (OIB), des *Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband* (ÖWAV) und *Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach* (ÖVGW) etc.), für den Einsatz der BGB Infrastruktur benötigt. Dies gilt auch für Förderrichtlinien, nach deren Kriterien entschieden wird, ob ein Projekt förderungswürdig ist oder nicht. Zum Beispiel wird bei der „Stadtentwässerung“ derzeit zwischen privaten und öffentlichen Maßnahmen unterschieden und nur letztere sind im Rahmen der Wasserwirtschaft förderbar. Die integrierte Regenwasserbewirtschaftung mit BGB Infrastruktur setzt aber auf eine Kaskade von Maßnahmen, die an oft privaten Gebäuden und auf den zugehörigen Grundstücken beginnt. Nach geltenden Kriterien gehören diese Maßnahmen nicht zur öffentlichen Stadtentwässerung und sind nicht förderbar.

Ad 2) Bei den meisten geltenden Tarifen in Österreich werden Kanalgebühren nach dem Abwasseranfall, sehr oft indirekt durch

den Wasserverbrauch oder aber auch die Zahl der vorhandenen Toiletten, bemessen. Die meisten Städte leiten aber sowohl Abwasser als auch Regenwasser in entweder gemeinsamen (Mischwasserkanal) oder zwei getrennten Kanälen (Trennkanal) ab. In aller Regel sind die Kanäle für das Regenwasser wesentlich größer als reine Abwasserkanäle und daher auch teurer. Dies führt zu einer ungerechten Aufteilung der Kanalkosten, zum Beispiel zwischen Wohnungsbesitzer_innen mit kleiner Regenwasserabgabe und Gebäuden mit wenigen Sanitäreinrichtungen aber einer großen versiegelten Fläche, wie zum Beispiel Lagerhäusern, die meist große Mengen Regenwasser in den nächsten Kanal einleiten. Eine gesonderte Berechnung eines Anteils der Kanalgebühr für das eingeleitete Regenwasser führt zu einer gerechteren Aufteilung der Kosten und hat zumindest in Deutschland zu sehr vielen Projekten einer lokalen Regenwasserbewirtschaftung geführt, die es erlaubten, kein oder weniger Regenwasser an Kanäle abzugeben und damit auch Gebühren zu sparen. Ein gezieltes Monitoring der auf diese Art bewirtschafteten Regenwassermengen oder versiegelten Flächen ist allerdings nach bestem Wissen der Autor_innen nicht durchgeführt worden.

Ad 3) Es zeigt sich, dass für den Einsatz von BGB Infrastruktur durch Ingenieur_innen Bemessungsgrundlagen teilweise noch fehlen. Zum Beispiel ist der Wasserbedarf bzw. die Verdunstungs- und damit auch Kühlleistung von urbanem Grün wie Bäumen, Sträuchern und Kletterpflanzen noch nicht ausreichend bekannt. Auch zu den Eigenschaften von Substraten bezüglich ihrer Wasserspeicherfähigkeit, Reinigungsleistung bzw. Filterwirkung und Festigkeit, im Hinblick auf Belastungen im Straßenraum und durch Bäume, sind über bisher bekannte Arbeiten (z. B. Rahman et al. 2017) hinausgehende Untersuchungen erforderlich (Stelzl 2019). Auch Kenntnisse zum Zusammenspiel von Bäumen und Straßeneinbauten, zumal wasserführenden Rohrleitungen, fehlen. Ohne diese Information ist ein Einsatz solcher Infrastruktur durch Ingenieur_innen nicht denkbar. Zusätzlich fehlen im Hinblick auf eine mehrzielorientierte Planung oft Ansätze zur Quantifizierung der verschiedenen Nutzen, die neben dem unmittelbaren Infrastrukturzweck mit der BGB Infrastruktur erzielt werden und deren Attraktivität stark erhöhen können.

Ad 4) Damit BGB Infrastruktur bei Planungen in Zukunft berücksichtigt werden kann, muss zumindest das derzeit vorhandene Wissen in Studien- bzw. Lehrpläne einschlägiger Berufe (Ingenieur_innen, Ingenieurbiolog_innen, Architekt_innen, Städteplaner_innen, Raumplaner_innen etc.) aufgenommen werden.

Ad 5) Die Berufsausbildung junger Menschen zeigt erst nach einem längeren Zeitraum von zehn bis 20 Jahren ihre Wirkung in Umsetzungsprojekten. Dies ist für die *Agenda 2030* zu lange. Daher muss es auch berufsbegleitende Fortbildungsangebote geben, die Planer_innen der sehr unterschiedlichen betroffenen Bereiche, Behörden und Entscheidungsträger_innen die routinemäßige Anwendung der neuen Ansätze BGB Infrastruktur so vermitteln, dass diese Anwendung im praktischen Alltag der Planungs- und Genehmigungstätigkeit möglich wird.

Ad 6) Die derzeit übliche Planung von Infrastruktur kennt nur klare Zuschreibungen von Einrichtungen zu einer meist einzigen

Aufgabe. Über diese Aufgabe hinaus wird meist kein weiterer Nutzen angestrebt. Es gibt allerdings auch jetzt schon Beispiele, bei welchen dies nicht mehr zutrifft. Gewässer wurden schon vor Längerem als wichtige Ökosysteme erkannt und Maßnahmen an Gewässern, auch zum Hochwasserschutz oder zur Energiegewinnung, müssen in aller Regel die Bedeutung des Ökosystems berücksichtigen und dieses erhalten, wobei oft sogar angestrebt wird, dessen Funktionen aufzuwerten und auch den Erholungswert zu fördern. Bei Gründächern, die mittlerweile schon relativ häufig gebaut werden, wird der Mehrfachnutzen, wie Regenwasserrückhalt, Kühlung des Gebäudes, Lebensraum, zum Beispiel Bienenweide, Erholungswert etc. durchaus in Bewertungen miteinbezogen. Die Berücksichtigung der vielen unterschiedlichen Nutzen von BGB Infrastruktur und die gezielte Optimierung ihrer Potentiale, auch durch Regelwerke und die gezielte Förderung von mehrzielorientierten Einrichtungen, wird wichtig sein, um dem Ansatz zum Durchbruch zu verhelfen.

Ad 7) Die unter 6 beschriebene Verfolgung mehrerer Ziele gleichzeitig mit einer einzigen Einrichtung bedeutet in der jetzigen Gliederung von Verwaltungen und Planungseinrichtungen, dass quer über deren Einteilung hinweg zusammengearbeitet werden muss, um die verschiedenen Ziele zu würdigen und optimieren, bzw. auch die Einrichtung zu finanzieren und dann zu betreiben. Diese Zusammenarbeit wird durch geeignete Prozesse, möglicherweise auch besondere Strukturen, ähnlich wie es jetzt schon Energie- oder Radbeauftragte in Städten sind, zu fördern sein, damit sie funktionieren kann.

Beschreibung von potenziellen Konflikten und Systemwiderständen sowie Barrieren

- ausgebaute, aufwändige und weitestgehend funktionierende Infrastruktur ist vorhanden;
- Fachwissen zu BGB Infrastruktur ist bei Zuständigen nicht vorhanden (Zuni-ga-Teran et al. 2020);
- Finanzierung;
- Widerstände gegen sektorübergreifende Zusammenarbeit.

Beschreibung des Transformationspotenzials

- macht urbane Wasserinfrastruktur flexibler, resilienter, nachhaltiger und, zu-mal unter Einbeziehung ihrer vielfältigen Funktionen, günstiger;
- senkt den Ressourcenverbrauch, sowohl an Wasser als auch an Baustoffen, Energie und versiegelter Fläche;
- senkt Emissionen aus Städten, zumal in Gewässern;
- fördert soziale Gerechtigkeit, Frieden und Zusammenhalt durch mehr Grün, (gemeinschaftliches) urbanes Gärtnern etc. (Säumel et al. 2019);
- sichert Artenschutz und fördert Biodiversität durch Schaffung bzw. Erhal-tung von Lebensräumen, nicht zuletzt an der Schnittstelle von Land und Wasser und im Boden;
- fördert die Gesundheit der Stadtbewohner_innen;
- erhöht den Lebenswert der Städte durch bessere Luft, angenehmere Tem-peraturen, durch urbanes Grün und Blau als Erholungsräume.

Umsetzungsanforderung

- politischer Wille zu transsektorieller Umgestaltung von urbanen Räumen

- und entsprechenden Finanzierungen;
- transsektorielle Ansätze bei der Arbeit (z. B. *multi-criteria decision analysis* (MCDA));
- Grundlagenkenntnisse zu urbanem Grün (Wasserbedarf, Verdunstungsleistung) und Koexistenz mit unterirdischer Infrastruktur;
- *Co-Design*- und *Co-Creation*-Ansätze bei der Umsetzung durch alle Stakeholder_innen gemeinsam;
- entsprechende Ausbildung von Fachleuten, sowohl für die Planung als auch die Genehmigung der Projekte;
- Bewusstseinsbildung für die Maßnahmen bei allen Stakeholder_innen.

06_02.3.2 Erwartete Wirkungsweise

- Die oben beschriebenen Maßnahmen 06_02_1 bis 06_02_7 für einen verstärkten Einsatz der BGB Infrastruktur bewirken folgendes:
- Durch die in Maßnahme 06_02_1 geforderte Schaffung von gesetzlichen Vorgaben und Förderungen für BGB Infrastruktur wird eine Entsiegelung vorangetrieben, weil Ingenieur_innen ein neuer Stand der Technik vorgegeben wird, nach dem geplant werden kann, und Behörden Richtlinien vorfinden, nach denen sie genehmigen und gegebenenfalls fördern können.
- Maßnahme 06_02_2 schafft Gebührengerechtigkeit – *polluter pays principle*, d. h. der_die Verschmutzer_in zahlt auch in Bezug zur Wassermenge, wodurch Mittel für die Umsetzung von *Nature Based Solutions* zur Regenwasserbewirtschaftung freigesetzt werden.
- Maßnahme 06_02_3 schafft derzeit noch fehlende Bemessungsgrundlagen für BGB Infrastrukturen, wie beispielsweise Wasserbedarf und Verdunstung von urbanem Grün, Wechselwirkung zwischen BGB Infrastruktur und unterirdischen Einbauten.
- Maßnahmen 06_02_4 und 06_02_5 verbreiten das notwendige Wissen zum verstärkten Einsatz von BGB Infrastrukturen.
- Durch die gezielte Berücksichtigung aller möglichen Potenziale der BGB Infrastruktur bei der Planung, werden diese zu einem hohen Maß mobilisiert, wodurch Maßnahme 06_02_6 eine erhöhte Bereitschaft zu deren Einsatz bewirkt.
- Durch die transsektorielle Planung und die Schaffung geeigneter struktureller Rahmenbedingungen dafür, welche Maßnahme 06_02_7 anstrebt, wird die, für den verstärkten Einsatz von BGB Infrastruktur optimale Mehrzielplanung (Maßnahme 06_02_6), ermöglicht.
- Letztlich sollen alle Maßnahmen dazu beitragen, die Wasserbewirtschaftung in Siedlungen im Sinn des SDG 6 zu verbessern. *Tab. O_6-02_01* zeigt, wie sich BGB Infrastruktur auf die einzelnen Targets von SDG 6 auswirkt.

Target

Wirkung



6-1

Sicherung von Trinkwasserreserven auch in Trockenzeiten durch Nutzung alternativer Wasserquellen für geeignete Anwendungen (z. B. Regenwasser, Wasser von Bädern – Grauwasser oder Abwasser als Bewässerungswasser oder für Toilettenspülung);



6-2

Entlastung von Kanälen und von Abwasserreinigungsanlagen bei Mischkanalsystemen (in denen Abwasser und Regenwasser im selben Rohr abgeleitet werden);



6-3

Verbesserte Wasserqualität (geringerer Eintrag von Verschmutzung durch Niederschlagswasser, Reduktion von Überläufen des gemischten Regen- und Abwassers aus Mischkanalsystemen in Gewässer) der Gewässer;



6-4

Geringerer Wasserbedarf für Bewässerung bzw. sichere und selbsttätige Versorgung von urbanem Grün mit ausreichend Wasser aus der Stadt, das sonst ungenutzt und teuer abgeleitet werden müsste;



6-5

Integriertes Wassermanagement auf lokaler Ebene (Stichwort Urbaner Wasserhaushalt) zum Beispiel durch Maßnahmen des Bodenschutzes, aber vor allem durch Verwaltungsstrukturen, die Wasser mit anderen betroffenen Bereichen sektorübergreifend bewirtschaften;



6-6

Vergrößerung des Anteils wasserverbundener Ökosysteme (kleinräumige Maßnahmen im urbanen Raum, bis zu Feuchtbiotopen als natürliche Wasserspeicher und -reinigungseinrichtungen);



6-a

Vorbildwirkung/Entwicklung und Forschung zu innovativen, systemischen Ansätzen und neuen, Nature-Based Technologien;



6-b

Stärkung transsektorieller Zusammenarbeit, Ermächtigung der Bewohner_innen, einen Beitrag zu einer nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftung und effizienten Wassernutzung zu leisten.

Tab. O_6 - 02 _ 01: Wirkung auf die Targets von SDG 6. Quelle: eigene Darstellung.

// Tab. O_6 - 02 _ 01: Impact on the targets of SDG 6. Source: own elaboration.

Überlegungen zu möglichem Monitoring

BGB Infrastruktur muss, wie jede Infrastruktur, betreut werden. Dazu werden auch Daten benötigt. Da die Einrichtungen sehr unterschiedlich sein können, sind sowohl die Betreuung als auch ein Monitoring an die jeweiligen Einrichtungen anzupassen. Benötigte Informationen können z. B. sein:

- Infiltrationsrate (Geschwindigkeit, mit der Wasser in den Boden eintritt), da über die Jahre eine Verschlämmung der Oberfläche aufnahmefähiger Bodenspeicher möglich ist und gegebenenfalls durch Austausch der obersten Schicht zu beheben ist;
- Gehalt und weitere Aufnahmekapazität an problematischen Stoffen, z. B. Schwermetallen;
- Qualität von produzierten Lebensmitteln, zum Beispiel auf verbreitete Luftschadstoffe;
- Auswirkungen auf das lokale Klima und den Wasserhaushalt durch kleinräumige Luft- und Oberflächentemperaturmessungen, Lysimetermessungen und ähnliche Verfahren, um Verdunstung und Versickerung zu erfassen;
- Auswirkungen auf eventuelle Umweltbelastungen, wie zum Beispiel die Schadstoffbelastung der Luft und die Lärmbelastung, einerseits um die Wirkung der Maßnahmen weiter zu belegen, andererseits, um durch Anpassungen eventuelle Verbesserungen zu erreichen.

Der Erfolg der vorgeschlagenen Maßnahmen kann an folgenden Indikatoren gemessen werden:

- Volumen an Regen-, Grau- oder Abwasser, das durch BGB Infrastruktur nicht in einem öffentlichen Kanal abgeleitet wird;
- Volumen an Wasser, das über BGB Infrastruktur einer lokalen Weiterverwendung zugeführt wird (Indikator 6.4.1);
- Fläche in ha auf die der BGB Infrastruktur zur Wasserbewirtschaftung eingesetzt wird, aufgeschlüsselt nach Typ der BGB Infrastruktur (z. B. Dachbegrünung, urbane Landwirtschaft, Baumplantagen als Wasserspeicher, Versickerungsrigolen, Teiche, Böden, die so bepflanzt werden, dass sie Humus und Bodenleben anreichern etc.; Teil von Indikator 6.5.1);
- Anzahl an Städten, die konkrete *Co-Development*prozesse bei der Projektplanung von BGB Infrastruktur einsetzen (Indikator 6.b.1).

Diese Erhebungen können je Gemeinde erfolgen und für ganz Österreich aggregiert werden.

06_02.3.3 Bisherige Erfahrung mit dieser Option oder ähnlichen Optionen

In den vergangenen Jahren wurde grüne oder grün-blaue Infrastruktur in vielen internationalen Forschungsprojekten untersucht. Die Projekte haben sich unter anderem mit der Planung von sowie dem Übergangsprozess zu grüner oder blau-grüner Infrastruktur, dem Mehrfachnutzen und relevanten Stakeholdern auseinandergesetzt (Bozovic et al. 2017; Kittel und Reil 2017; Howe et al. 2012). Die Bedeutung von Boden als Element von *Nature-Based Solutions* ist erst kürzlich erkannt worden. Im Weiteren wird trotzdem die Bezeichnung BGB Infrastruktur verwendet, auch wenn vor allem grüne oder grün-blaue Infrastruktur untersucht wurde.

Reil et al. (2017) beschreiben zusätzlich Möglichkeiten der Finanzierung und Refinanzierung für BGB Infrastrukturen, wie beispiels-

weise die Besteuerung von Grundstücken bzw. Wohnraum in Abhängigkeit der Nähe zu Grünflächen und Nutzung dieser Einnahmen zur Investition in Grünflächen in Bereichen der Stadt mit einem Defizit an ebendiesen. Als weitere Möglichkeit der Finanzierung wurde die Umsatzsteuer aus Tourismus oder Immobilien erwähnt, die von der lokalen Regierung in BGB investiert werden kann. Nickel et al. (2014) beschreiben, welche Rahmenbedingungen zu einer erfolgreichen Umsetzung von BGB Infrastruktur in Berlin und der Emscher-Region geführt haben. Integrierte Planung auf Einzugsgebietsebene unter Berücksichtigung des Mehrfachnutzens sowie finanzielle Anreize (Gebührensplitting, direkte finanzielle Förderung) haben unter anderem zur erfolgreichen Umsetzung beigetragen.

Die Bauordnung für Wien bietet die Möglichkeit, Gründächer und Fassadenbegrünung in Bebauungsplänen vorzuschreiben (Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch (Bauordnung für Wien – BO für Wien, LGBl 11/1930 idF 61/2020, § 5 Abs. 4 lit. k Wr BauO 2020). Umgesetzt wird dies jedoch nur bei Flachdächern oder bis 5 Grad geneigten Dächern sowie bei Nebengebäuden (die Umweltberatung 2007).

Konkrete Beispiele zu diversen BGB Infrastrukturen, also sehr unterschiedlichen Realisierungen oder Konzepten:

- Verwendung von besonders geeigneten Substraten zur Regenwasserspeicherung: *Draingarden*projekte (St. Pölten, Schulstraße Herzogenburg), Schwammstadt z. B. Graz, Eggenberger Allee, erfolgreich umgesetzte Pflanzung von Bäumen im Zuge von Gleissanierungsarbeiten in speziellem Substrat mit hohem Speichervermögen und hoher Kationenaustauschkapazität („Pflanzenkohle“) (Stoisser 2019);
- Regenwasserbewirtschaftung Berlin Potsdamer Platz, entstanden aus einer Vorgabe für den maximalen Regenwasserablauf von maximal 3 Liter pro Sekunde und Hektar (l/(s.ha)) (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen o. J.);
- Gründächer und Fassadenbegrünungsprogramm der Stadt Wien, beispielhaft das Dach des Büros von GrünStattGrau, Favoritenstraße 50, 1040 Wien sowie die Fassade des Bürohauses der MA48;
- Pilotprojekt *green.Lab* in Graz, Container von GrünStattGrau, mit Fassaden- und Dachbegrünung, urbanem Garten (StadtLABOR o. J.);
- Einsatz von Pflanzenkläranlagen zur Reinigung und Bewirtschaftung von Regenwasser, z. B. in Berlin mit vollständiger Verdunstung des Regenwassers durch Schilf (Franck 2017), von gemischtem Regenwasser und Abwasser in Merone, Italien (*Global Wetland Technology* 2021);
- Öffnung und Renaturierung von Bächen: Aarhus Bach in Aarhus, Sihl in Zürich, Cheonggyecheon River, Seoul (Hwang et al. 2016), Renaturierungsbeispiele in Japan (Nakamura 2008), Renaturierung der Grazer Bäche, als Konzept vorliegend (Kauch 2007);
- Vorgabe der Entkoppelung von Regenwasser sowie zur Begrünung von Flachdächern in Grazer Bebauungsplänen;
- flächendeckendes Gebührensplitting in Deutschland;
- Projekte *Switch* (Butterworth et al. 2011), *Blue Green Dream* (EIT Climate-KIC 2021) im Programm *Climate Kick*, beide mit Realisierungen, *EdiCitNet* mit *city labs* in Rotterdam, Berlin und weiteren Städten zur Nutzung von „essbarer“ BGB Infrastruktur (*Edible City Network (EdiCitNet)* 2019).

06_02.3.4 Zeithorizont der Wirksamkeit

Je nach umgesetzten Maßnahmen kann die Option ihre Wirkung **kurz- bis langfristig** entfalten. Die Einführung von Gebührensplitting kann kurzfristig umgesetzt werden und die Wirkung wird sich kurz- bis mittelfristig einstellen. Eine Veränderung der Baugesetze, Richtlinien und Normen zur Reduktion der Versiegelung und dem verstärkten Einsatz von BGB Infrastruktur ist nur langfristig möglich. Die Erarbeitung von Bemessungsgrundlagen kann sofort beginnen, wird sich aber frühestens mittelfristig auswirken, da eine gewisse Beobachtungsdauer für die Grundlagenarbeit Voraussetzung ist. Qualifizierungsangebote für Berufstätige können kurzfristig organisiert und umgesetzt werden und sich mittelfristig auswirken, während Lehr- und Fachausbildungsangebote an Schulen und Universitäten erst langfristig eine Wirkung zeigen werden. Die Berücksichtigung der vielfältigen Nutzen von BGB Infrastruktur durch gezielte Förderung und transsektorische Planung von mehrzielorientierten Einrichtungen ist mittel- bis langfristig zu erwarten. BGB Infrastruktur wird jetzt schon angewendet. Ihr verstärkter Einsatz setzt die erfolgreiche Umsetzung der hier vorgeschlagenen Maßnahmen voraus und ist daher erst mittel- bis langfristig zu erwarten.

06_02.3.5 Vergleich mit anderen Optionen, mit denen das Ziel erreicht werden kann

Die Option BGB Infrastruktur zielt auf die Erreichung der Targets 6.3., 6.4., 6.5., 6.6. und 6.b. ab. Target 6.3 kann auch durch andere Maßnahmen erreicht werden, die aber nicht die Mehrzielorientierung von BGB Infrastrukturen aufweisen. Diese sind:

- Verpflichtende Einführung von Trennsystemen;
- Ausbau von Kanalsystemen, Einführung großer Speicherkänaäle, Mischwasserspeichern;
- Versickerung von Regenwasser über Versickerungsschächte und ähnliche Einrichtungen an Stelle der Einleitung in Mischwasserkänaäle.

Optionen im UniNetZ, die sich teilweise überlappen, sind:

- SDG 11, *Common Space*: Quartiersorientierte Alltagsökonomie und Ko-Produktion inklusiver Grünräume (Option 11_16);
- SDG 13, Langfristige Sicherstellung der Wasserversorgung bei Siedlungs Begrünungsmaßnahmen (Option 13_03);
- SDG 15, Ökologisierung der Landnutzung – Boden (Option 15_03), berücksichtigt auch die Funktion des Bodens als Wasserspeicher.

06_02.3.6 Interaktionen mit anderen SDGs

Viele Nachhaltigkeitsziele haben mit mehr Miteinander, auch zwischen Menschen und Natur, zu tun. Urbanität wird jedoch teilweise als Inbegriff der Abgrenzung des Menschen von der Natur gesehen. Der verstärkte Einsatz von BGB Infrastruktur in Städten führt zu einem neuen Miteinander, der gegenseitigen Unterstützung zwischen Menschen und Natur. Die geschickte Nutzung von Ökosystemdiensten, also der Einsatz von Natur für konkrete Aufgaben in der Stadt, führt dazu, dass die Menschen die Natur auch in der Stadt beachten und pflegen, um ihre Funktionen zu erhalten. BGB Infrastruktur kann daher bei der zunehmenden urbanen Bevölkerung ein wichtiger Schlüssel zu mehr Nachhaltigkeit in vielen Bereichen werden. *Tab. O_6-02_02* führt einige nutzbringende Interaktionen von BGB Infrastruktur mit den anderen SDGs auf.

SDG Interaktionen



BGB Infrastruktur erhöht die Lebensqualität in der Stadt, zumal auch in den stark belasteten Bereichen und nutzt zumindest auch, wenn nicht sogar besonders, den wirtschaftlich schwachen Teilen der Bevölkerung.



Die Förderung urbanen Gartenbaus als ein wichtiges Element der BGB Infrastruktur und die Kreislaufführung von Nährstoffen, führt zu einer Transformation von Städten zu Orten der lokalen Produktion von Lebensmitteln, u. a. von Gemüse und Obst. Damit liefert die Option einen Beitrag zu einer resilienten Lebensmittelversorgung und somit zu Target 2.4.

Die Nutzung BGB Infrastruktur als IWRM Element in der Landwirtschaft führt zu einem geringeren Verlust an Nähr- und Schadstoffen aus Böden, welche die Gewässer sonst schädigen. BGB Infrastrukturen tragen zu einer Reduktion von Bodenverlust und zu einem verbesserten urbanen Wasserhaushalt bei und unterstützen auch damit die Erreichung von Target 2.4.



BGB Infrastruktur hat vielfältige Auswirkungen auf die Gesundheit und das Wohlergehen der Bevölkerung: angenehmeres urbanes Klima, Reduktion von Hitzetagen und Tropennächten, die sich direkt auf die Todesrate auswirkt (Gascon et al. 2016; Laaidi et al. 2012), Schaffung von Erholungsräumen, Erhöhung der Sicherheit durch urbanes Grün, Förderung der physischen und mentalen Gesundheit durch Gärtnern vor Ort (Target 3.4.), Reduktion von Luftschadstoffen durch Filterung (Target 3.9.), Lärmreduktion (Tzoulas et al. 2007).



Mittlerweile ist die Unkenntnis der Natur und nicht zuletzt der Nutzpflanzen ein Bildungsproblem, das sich auch auf die Wertschätzung und damit den Schutz der Natur, nicht zuletzt den Artenschutz, negativ auswirkt. Durch die Schaffung von BGB Räumen inklusive urbanem Gärtnern in unmittelbarer Nähe der städtischen Bevölkerung kann Wissen über Naturräume und Lebensmittelproduktion besser vermittelt werden (Unterstützung Target 4.7.). Das lässt sich auch gut in die Schulbildung ab sehr jungem Alter integrieren.



Ausreichend lokale BGB Infrastruktur und damit Naherholungsräume sind gerade für Familien bzw. noch immer vor allem Mütter mit Kindern, ein hilfreiches Angebot. Co-Design orientierte Entwicklung von BGB Infrastrukturprojekten trägt zur Erreichung des Target 5.5., im Kontext zur Einbindung von Frauen in Entscheidungsprozesse, bei.



Durch die Nutzung von Ökosystemdiensten kann Energie, die möglicherweise in graue Infrastruktur, für Pumpen, Reinigung etc. fließen würde, eingespart werden. Zusätzlich sorgt die BGB Infrastruktur an Gebäuden sowohl für Dämmung als auch im Sommer für aktive Kühlung und spart daher entsprechend Energie beim technischen Heizen oder Kühlen. Durch das Angebot an attraktiver Naherholung wird aber auch der Freizeitfluchtverkehr aus der Stadt reduziert. BGB Infrastrukturen leisten daher einen Beitrag zur Erreichung von Target 7.3.



Durch den Einsatz von BGB Infrastruktur können neue Arbeitsplätze für die Planung, den Bau sowie den Betrieb der BGB Infrastruktur geschaffen werden. Dadurch kann der Anteil an Green-Jobs erhöht werden (Target 8.5.).



Innovative BGB Infrastruktur strebt im Gegensatz zu grauer Infrastruktur gleichzeitig viele Ziele an. Damit erhält man die Entlastung bestehender Infrastruktur sowie höhere Flexibilität und Resilienz dezentraler BGB im Vergleich zu grauer, meist zentraler Infrastruktur (Targets 9.1. und 9.4.).



Gerade ärmere Schichten wohnen in Gebieten, die derzeit arm an Natur und häufig hoch mit Schadstoffen und anderen Emissionen (z. B. Lärm) belastet sind. BGB Lösungen würden dies verbessern und den Unterschied zu jenen, die „im Grünen“ wohnen, verringern. Verringerung pluvialer Überflutungen und Folgeschäden in diesen Gebieten, Gebührengerechtigkeit (Verursacherprinzip) Targets 10.2. und 10.3.



Viele der Aspekte von BGB Infrastruktur im urbanen Raum haben eine direkte positive Auswirkung auf die Wohnqualität (Target 11.1.), auf Wege für Radfahrer_innen und Fußgänger_innen und den Aufenthalt im öffentlichen Raum (Target 10.2.) und die Resilienz und Nachhaltigkeit von Städten (Targets 11.3., 11.5. und 11.6.). Durch die Vermehrung urbanen Grüns wird der Zugang zu inklusiven und zugänglichen Grün- (und Wasser)flächen und (naturnahen) öffentlichen Räumen gewährleistet (Target 11.7.). Die Integration von produktiven Naturräumen in die Stadt zielt auch auf eine bessere Verknüpfung von Stadt, Stadtrand und Land über die lokale Versorgung mit Lebensmitteln (Target 11.a.) ab.



Ermächtigung der Bewohner_innen, durch urbanes Gärtnern als Element der BGB Infrastruktur einen Beitrag zu einer nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftung und effizienten Wassernutzung und in Verbindung mit einer kreislauforientierten Nährstoffführung auch im Bereich Lebensmittelproduktion und Stoffstrombewirtschaftung (Targets 12.2. und 12.4.) zu leisten; Wertschätzung von Lebensmitteln durch urbanes Gärtnern und damit Reduktion von Lebensmittelabfällen (Target 12.3.); Co-Design als Prozesse als Bestandteil der Entwicklung von BGB Infrastrukturprojekten im urbanen Raum tragen dazu bei, dass in den Städten ein Bewusstsein für kreislauforientierte Konzepte in der Siedlungswasserwirtschaft geschaffen werden und unterstützen somit die Erreichung von Target 12.8.



Durch BGB Infrastruktur steigt zum Ersten die Resilienz gegen die Auswirkungen des Klimawandels (Target 13.1.), wie häufigere und verstärkte Extremereignisse, höhere Temperaturen und geänderte Niederschlagsmuster. Zum Zweiten können lokale Änderungen, wie urbane Hitzeinseln, dadurch möglicherweise verstärkt auftretende Gewitter und daraus resultierende ganz lokale Starkregen reduziert werden. Letztlich kann durch die Verbesserung des lokalen Wasserhaushalts, der zwei Drittel des Niederschlags über Land ausmacht, möglicherweise auch ein regionaler Ausgleich von Temperatur- und Niederschlagsextremen erreicht werden. Darauf deuten Arbeiten zum Beispiel von Procházka et al. (2001) und Kravčík (2009).



BGB Infrastruktur zielt auch auf die Reduktion des Nähr- und Schadstoffaustrags aus Städten in Gewässer und damit Immissionen in Mündungsgebiete von Flüssen (Targets 14.1. und 14.2.) ab.



Blaue Infrastruktur renaturiert und schafft neue urbane Gewässer und Feuchtgebiete (Target 15.1.), Braune Infrastruktur – Bodengewässerspeicher – renaturieren Industriebrachen und schützen noch vorhandene Böden mit ihrer Biodiversität (Target 15.3.), BGB Infrastruktur bietet wertvolle Rückzugsräume für viele gefährdete Lebewesen (Target 15.5.). Der blaue Teil der BGB Infrastruktur bietet neue Lebensräume für wassergebundene Lebewesen bzw. schafft bei geeigneter Planung durchgehende Korridore für diese (Target 15.5.), die Nutzung von Ökosystemdiensten erlaubt deren Festschreibung in nationalen und regionalen Förder- und Baurichtlinien (15.9.).



Grüne und blaue Infrastrukturen im urbanen Bereich führen nachweislich zu weniger Stress, Konflikten, psychischen Problemen und Drogenmissbrauch (Engemann et al. 2019) (Target 16.1.).



Die Nutzung von Ökosystemdiensten für die Verbesserung der Bewirtschaftung von Wasser, aber auch von Boden und Pflanzennährstoffen, durch BGB Infrastruktur ist eine Maßnahme, die typischerweise die Trennung zwischen einzelnen SDGs, Disziplinen und Sektoren der Umsetzung durchbricht und zu einem hohen Maß an Integration vieler Aspekte, sowohl im städtischen als auch ländlichen Raum, führen kann, wenn dies entsprechend zugelassen bzw. gefördert wird.

Tab. O_6-02_02: Interaktionen mit anderen SDGs. Quelle: eigene Darstellung.

// Tab. O_6-02_02: Interactions with other SDGs. Source: own elaboration.

06_02.3.7 Offene Forschungsfragen

Die folgenden Aufgaben der Forschung werden als entscheidend für die weite Verbreitung von BGB Infrastruktur gesehen:

- **Grundlagenerhebung zu Wasserbedarf und Verdunstungsleistung von Pflanzen in der Stadt, auch wenn dazu seit kurzem ein Projekt in Österreich und eines in Deutschland im Laufen ist:** Die Grundlagenerhebung zu Wasserbedarf und Verdunstungsleistung von Pflanzen sind nötig, um darauf aufbauend entsprechende Planungsgrundlagen abzuleiten. Kluge et al. (2020) beschreiben beispielsweise, dass für die Kühlleistung von Fassadenbegrünung bereits einige Studien vorliegen, über die Verdunstungsleistung dieser BGB Infrastrukturen jedoch nur wenig bekannt ist. In den letzten Jahren wurden vereinzelte Messkampagnen, wie beispielsweise Lysimeterversuche an Stadtbäumen und Fassadenbegrünungen, gestartet (Murer et al. 2020; Kluge et al. 2020). Kluge et al. (2020) lehnten die von ihnen betriebene Versuchsanlage zur Verdunstungsmessung an eine der ersten je durchgeführten Stadtbaumlysimeterversuche von Hoelscher et al. (2016) an. Allerdings weisen sie darauf hin, dass das von Hoelscher et al. (2016) vorgeschlagene Messverfahren zwar gut, aber sehr komplex ist und weiterer Forschungsbedarf bei der Entwicklung geeigneten Messsysteme für Langzeitbeobachtungen von Stadtbäumen und Fassadenbegrünung besteht. Kluge et al. (2020) konnten nach einer Vegetationsperiode noch keine validen planungsrelevanten Aussagen zur Verdunstung von BGB Infrastrukturen treffen. Unbeantwortet blieb bislang u.a. was bei der Planung von BGB Infrastrukturen beachtet werden muss, um eine besonders hohe Baumvitalität und Verdunstung zu erreichen.
- **Untersuchungen zur Koexistenz von technischer unterirdischer Infrastruktur und BGB Infrastruktur fehlen:** Auch die Koexistenz zwischen unterirdischer technischer Infrastruktur wie Schmutzwasserkanalisation, Trinkwasser-, Gas- oder Fernwärmeleitungen und BGB Infrastrukturen (Stichwort „Schwammstadt“ bzw. „Stockholmsystem“) ist bisher nur wenig erforscht. Stelzl (2019) hat beispielsweise ein Boden-Rohr-System entworfen und untersucht, inwiefern Substrate, die für ein optimales Pflanzenwachstum geeignet sind, auch den Belastungsanforderungen von Straßen bzw. Geh- und Radwegen sowie der eingebauten unterirdischen Infrastruktur genügen. Stelzl (2019) zeigt dabei auf, dass es zwar Untersuchungen zur Belastbarkeit unterschiedlicher Substrate gibt (z. B. Rahman et al. 2017), jedoch bislang keine Versuchsanlagen existieren in denen die Koexistenz zwischen Baum, Rohr

und Funktion der Oberfläche (befahren, begehen, ...) untersucht wurde. Ob eine strikte Trennung, beispielsweise durch Vliese, zwischen Rohrinfrastruktur und durchwurzelbarem Bodenkörper erforderlich ist oder ob der Einsatz geeigneter Rohrwerkstoffe ausreicht ist eine der hier offenen Forschungsfragen. Zusätzlich kaum erforscht ist welche Substrate sowohl für ein optimales Baumwachstum, die Speicherung und Reinigung von Niederschlagswasser als auch für die Befahrung der Oberfläche geeignet sind. Bislang wird in den in Österreich umgesetzten Projekten (z. B. Eggenberger Allee Graz; Stoisser 2019) eine strikte Trennung zwischen dem für Wurzelwachstum und Niederschlagswasserspeicherung vorgesehenen Substrat und der befahrenen Oberfläche sowie der Leitungstrasse, vorgenommen. Im Sinne einer Transformation von grauen Infrastrukturen (Misch- und Regenwasserkanäle) zu einem verstärkten Einsatz von BGB Infrastrukturen ist jedoch die Nutzung eines möglichst hohen Anteiles des Bodenraumes unter Straßen bzw. Plätzen, zumindest für den Zweck der Niederschlagswasserspeicherung, von Interesse;

- **Eine weitere, identifizierte offene Forschungsfrage betrifft die Bewertung des multiplen Nutzens der BGB Infrastruktur:** Der multiple Nutzen von BGB Infrastruktur kann durch die aktuell meist eingesetzte quantitative Kosten-Nutzenanalyse nicht ausreichend dargestellt werden. Methoden wie *Multikriterielle und Multistakeholder_innen Entscheidungsanalyse* (MCDA) (Zyoud und Fuchs-Hanusch 2019) oder *Game Based Design* sind besser geeignet den vielfältigen Nutzen, wie Kühlung, Wasserspeicherung, Erholungswert, ... zu bewerten. Dies müsste aber für die Mehrzielplanung von BGB Infrastruktur noch besser untersucht werden;
- **Geeignete Strukturen und Werkzeuge für transsektorielle Zusammenarbeit bei Planung und Umsetzung von Projekten:** Ein von den Autor_innen über Gespräche mit betroffenen Stakeholder_innen identifiziertes Hindernis bei der Umsetzung von BGB Infrastrukturen sind fehlende Strukturen zur besseren transsektoriellen Zusammenarbeit. Wie die Schaffung solcher Strukturen erreicht werden kann und welche Werkzeuge für eine bessere transsektorielle Zusammenarbeit bei Planung und Umsetzung von BGB Infrastrukturen geeignet sind, ist eine weitere offene Frage;
- **Lehr- und Ausbildungscurricula und Material zur anschaulichen Vermittlung von Aufgabe und Nutzen von BGB Infrastruktur:** Um BGB Infrastrukturen in der Bildung anschaulich zu vermitteln, fehlen zudem entsprechende Lehr- und Ausbildungscurricula. Zusätzlich fehlt es an Material zur anschaulichen Vermittlung von Aufgabe und Nutzen der BGB Infrastruktur. Zur Vermittlung von Grundlagen der Rohrhydraulik bzw. der Trinkwasserversorgung wird beispielsweise das Spiel (*Aqualibrium Competition* 2021) in Schulen sowie in der universitären Lehre (UCI Kapstadt, TU Graz, Univ. Exeter, University of Ceará Brasilien, University of Auckland ...) seit Jahren erfolgreich eingesetzt und könnte als Vorbild dienen das Thema BGB Infrastruktur einem breiteren Publikum zugänglich zu machen.

Literatur

- Aqualibrium Competition. (2021). *Aqualibrium Water Competition*. <http://www.aqualibrium-competition.net> [24.6.2021].
- Assmann, M., Habenfellner-Veit, 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 [24.6.2021].
- Bozovic, R., Cedo Maksimovic, Mijic, A., Smith, K., Suter, I. & van Reeuwijk, M. (2017). *Blue Green Solutions. A Systems Approach to Sustainable, Resilient and Cost-Efficient Urban Development*. doi:10.13140/RG.2.2.30628.07046
- Butterworth, J., McIntyre, P. & Da Silva Wells, C. (2011). *SWITCH in the city: Putting urban water management to the test*. The Hague: IRC International Water and Sanitation Centre. ISBN: 9789066870789.
- Edible City Network (EdiCit-Net). (2019). *Edible City Solutions for a better world!* <https://www.edicitnet.com> [24.6.2021].
- EIT Climate-KIC. (2021). *Blue Green Dream*, Imperial College London. <https://www.climate-kic.org/projects/blue-green-dream/> [24.6.2021].
- Engemann, K., Pedersen, C. B., Arge, L., Tsirogiannis, 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
- Franck, V. (2017). Regenwasserretention durch Verdunstung. *Ernst & Sohn*, (Special 2017 - Regenwasser-Management). <https://www.ernst-und-sohn.de/sonderhefte/regenwasser-management-2017> [24.6.2021].
- Gascon, M., Triguero-Mas, M., Martínez, D., Davdand, P., Rojas-Rueda, D., Plasencia, A. et al. (2016). Residential green spaces and mortality: A systematic review. *Environment International*, 86, 60–67. doi:10.1016/j.envint.2015.10.013
- Global Wetland Technology. (2021). *Aerated Combined Sewer Overflow: Constructed Wetland WWTP Merone (CO) - 80.000 PE*. <http://www.globalwettech.com/references/cso/item/125-cso-cw-wwtp-merone-co.html> [24.6.2021].
- Gößner, D. (2020). *Systemlösung zur Wiederherstellung des natürlichen Wasserhaushaltes*, Optigrün international AG. [https://www.pressebox.de/pressemitteilung/optigruen-international-ag/Systemloesung-zur-Wiederherstellung-des-na-tuerlichen-Wasserhaushaltes/boxid/1005197](https://www.pressebox.de/pressemitteilung/optigruen-international-ag/Systemloesung-zur-Wiederherstellung-des-na-tuerlichen-Wasserhaushaltes/) [27.8.2021].
- Hoelscher, M.-T., Nehls, T., Jänicke, B. & Wessolek, G. (2016). Quantifying cooling effects of facade greening: Shading, transpiration and insulation. *Energy and Buildings*, 114, 283–290. doi:10.1016/j.enbuild.2015.06.047
- Howe, C. A., Vairavamoorthy, K. & van der Steen, N. P. (Hrsg.). (2012). *SWITCH: Sustainable Water Management in the City of the Future*. Findings from the SWITCH project. Delft, Niederlande. ISBN: 978-90-73445-00-0.
- Hwang, K., Byun, M., Lah, T. J. & Lee, Sang-min. (2016). *Cheonggyecheon Restoration Project: Conflict Management Strategies* (Koti Knowledge Sharing Report - Korea's Best Practices in the Transport Sector, Bd. 22). Republic of Korea: The Korea Transport Institute (KOTI). ISBN: 978-89-5503-824-8.
- Kaspersen, P. S., Høegh Ravn, N., Arnbjerg-Nielsen, K., Madsen, H. & Drews, M. (2017). Comparison of the impacts of urban development and climate change on exposing European cities to pluvial flooding. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21(8), 4131–4147. doi:10.5194/hess-21-4131-2017
- Kauch, E. P. (2007). Ziele und Wünsche für die Grazer Bäche. *Wasserland Steiermark*, 2.1/2007, S. 24–25. https://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/10046052_1356921/b27ad88c/GrazerBaeche-32Seiten.pdf [24.6.2021].
- Kittel, J. & Reil, A. (2017). *Joining forces with active citizens to manage inclusive, biodiverse urban green infrastructure* (GreenSurge Policy-Brief 2). <https://www.e-pages.dk/ku/1343/html5/> [24.6.2021].
- Kleidorfer, M., Leimgruber, M.,

- ber, J., Simperler, L., Zeisl, P., Kretschmer, F., Himmelbauer, P. et al. (2019). *Endbericht Projekt Flexadapt: Langversion inklusive theoretischer Grundlagen*. Entwicklung flexibler Adaptierungskonzepte für die Siedlungsentwässerung der Zukunft. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT) (Hrsg.). Wien: I 7. <https://info.bmlrt.gv.at/service/publikationen/wasser/Endbericht-Projekt-Flexadapt---Langversion-inklusive-theoretischer-Grundlagen.html> [24.6.2021].
- Kluge, B., Nehls, T. & Paton, E. (2020). 2.4 Evapotranspirationsleistung Stadtbäume und Fassadengrün (M. 1.4). In BlueGreenStreets (Hrsg.), *BlueGreenStreets als multicodeierte Strategie zur Klimafolgenanpassung*. Wissensstand 2020 (S. 34–40). Statusbericht im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft (RES:Z)“. Hamburg: HafenCity Universität Hamburg. https://www.sieker.de/fileadmin/sieker/Projekte/BlueGreenStreets/BGS_2020_BlueGreenStreets_als_multicodeierte_Strategie_zur_Klimafolgenanpassung_Wissensstand_2020_3_.pdf [24.6.2021].
- Kravčák, M. (2009). *Water, Vegetation and Climate Change: Košice Civic Protocol*. addressed to COP15 - Copenhagen. Telekom, Košice, Slovensko. http://www.komunal.eu/images/pdf/iniciativa_dovodova_sprava.en.pdf [24.6.2021].
- Laaidi, K., Zeghnoun, A., Dousset, B., Bretin, P., Vanden-torren, S., Giraudet, E. et al. (2012). The impact of heat islands on mortality in Paris during the August 2003 heat wave. *Environmental Health Perspectives*, 120(2), 254–259. doi:10.1289/ehp.1103532
- 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
- Murer, E., Schmidt, S. & Zeiser, A. (2020, Oktober). *Angewandte Forschung „Schwammstadt“: Am Beispiel der Baumlysimeteranlage „Jägerhausgasse“*, Linz. https://www.linzer-baumforum.at/wp-content/uploads/2020/10/WS-Baumforum-Linz-2020-HP-Version_aze.pdf [24.6.2021].
- Nakamura, K. (2008). *River restoration efforts in Japan: overview and perspective*. Japan: Public Works Research Institute. https://www.researchgate.net/publication/253859779_River_restoration_efforts_in_Japan_overview_and_perspective [24.6.2021].
- Nickel, D., Schoenfelder, W., Medearis, D., Dolowitz, D. P., Keeley, M. & Shuster, W. (2014). German experience in managing stormwater with green infrastructure. *Journal of Environmental Planning and Management*, 57(3), 403–423. doi:10.1080/09640568.2012.748652
- Oral, H. V., Carvalho, P., Gajewska, M., Ursino, N., Masi, F., van Hullebusch, E. D. et al. (2020). A review of nature-based solutions for urban water management in European circular cities: a critical assessment based on case studies and literature. *Blue-Green Systems*, 2(1), 112–136. doi:10.2166/bgs.2020.932
- Procházka, J., Hakrová, P., Pokorný, J., Pecharova, E., Hezina, T., Šima, M. et al. (2001). Effect of Different Management Practices on Vegetation Development, Losses of Soluble Matter and Solar Energy Dissipation in Three Small Mountain Catchments. In J. Vymazal (Ed.), *Transformations of nutrients in natural and constructed wetlands. Resulted from the Workshop Entitled "Nutrient Cycling and Retention in Natural and Constructed Wetlands III, held at Hotel Peršlák near Třeboň in the Czech Republic on September 14-19, 1999* (S. 143–175). Leiden: Backhuys Publ. ISBN: 978-9057820762.
- Rahman, S., Simonsen, E. & Hellman, F. (2017). *Swedish Design Tables for Permeable Block Pavements*. Vinnova. http://klimatsakradstad.se/media/2017/11/Swedish-design-tables-for-permeable-pavements_Final-report.pdf [24.6.2021].
- Reil, A., Kronenberg, J. & Andersson, E. (2017). *Unlocking alternative ways of financing urban green infrastructure by getting a better grasp of its diverse values* (GreenSurge Policy-Brief 1). <https://www.e-pages.dk/ku/1341/html5/> [24.6.2021].
- 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
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen. (o.J.). Regenwasserbewirtschaftung und Wasserdesign am Potsdamer Platz (Ökologischer Stadtplan). https://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/de/modellvorhaben/kuras/download/potsdamerplatz.pdf [24.6.2021].
- StadtLABOR. (o.J.). *Innovationen für urbane Lebensqualität GmbH*, green.Lab. <https://www.stadtlaborgraz.at/de/project/green-lab> [24.6.2021].
- Stelzl, A. (2019). *Regenwasserversickerung in Rohrgräben: Rechtliche und normative Rahmenbedingungen und bautechnische Anforderungen*. Masterarbeit. Technische Universität Graz (TU Graz), Graz. https://www.tugraz.at/fileadmin/user_upload/Institute/SWW/3_Unterseite/Lehre/4_Masterarbeiten/MA_Anika_Stelzl.pdf [24.6.2021].
- Stoisser, T. (2019, März). *Das Stockholm System in Graz: Erfahrungen mit einem innovativen Wurzelraum für vitale Bäume in der Stadt*, Graz. <https://www.linzer-baumforum.at/wp-content/uploads/2019/03/2019-Vortrag-Teil-1.pdf> [24.6.2021].
- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemela, J. et al. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81(3), 167–178. doi:10.1016/j.landurbplan.2007.02.001
- Die umweltberatung. (2007). *Handbuch -Dachbegrünung in Wien: mit Modulen zur Öffentlichkeitsarbeit*. Wien. <http://docplayer.org/170664538-Fotom-biedermann-handbuch-dachbegruenung-in-wien-mit-modulen-zur-oeffentlichkeitsarbeit.html> [24.6.2021].
- Zuniga-Teran, A. A., Stadon, C., de Vito, L., Gerlak, A. K., Ward, S., Schoeman, Y. et al. (2020). Challenges of mainstreaming green infrastructure in built environment professions. *Journal of Environmental Planning and Management*, 63(4), 710–732. doi:10.1080/09640568.2019.1605890
- Zyoud, S. H. & Fuchs-Hanusch, D. (2019). Comparison of Several Decision-Making Techniques: A Case of Water Losses Management in Developing Countries. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 18(05), 1551–1578. doi:10.1142/S0219622019500275