

Die Rolle der Bewässerung städtischer Grünflächen während gleichzeitiger Trocken- und Hitzeperioden

Yannick Back^{1*}, Lisa Ambrosi², Fabian Funke¹, Martina Hauser¹, Georg Leitinger²
und Manfred Kleidorfer¹

¹ Universität Innsbruck, Institut für Infrastruktur, Arbeitsbereich für Umwelttechnik, Österreich

² Universität Innsbruck, Institut für Ökologie, Österreich

Kurzfassung: Die Auswirkungen des Klimawandels haben länger anhaltende und intensivere Trocken- und Hitzeperioden zur Folge. Während gleichzeitigen Trocken- und Hitzeperioden könnte der Wasserverbrauch das Wasserdargebot in der Stadt Innsbruck, Österreich, übersteigen. Die Trinkwasserversorgung wäre nach wie vor gegeben, ausreichend Wasser zur gleichzeitigen Bewässerung der Grünflächen in der Stadt wäre jedoch nicht vorhanden. Eine trockene, unter Stress stehende Vegetation ist nicht mehr in der Lage, entscheidend zur Verdunstungskühlung beizutragen. Um zu verhindern, dass trockene Grünflächen während Hitzeperioden zusätzlich zur Überhitzung in Städten beitragen, ist ein Vegetations-Monitoring und eine nachhaltigere und verbesserte Bewässerungsstrategie notwendig. Den Auswirkungen länger anhaltender und intensiverer Trockenperioden auf die blaugrüne Infrastruktur zur Minderung der Hitzeentwicklung in unseren Städten muss in zukünftigen Umgestaltungen mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden. Neben einer beschleunigten Entsiegelung und Begrünung von Flächen, muss ein strategisches Niederschlagswassermanagement zur nachhaltigen Wasserversorgung, sowie alternative Wasserressourcen für intelligente Kombinationen mehrerer Versorgungsmöglichkeiten zu einem ganzheitlichen und flexiblen Versorgungsnetz angedacht werden.

Key-Words: Trockenstress, Hitzestress, Klimawandelanpassung, dezentrales Regenwassermanagement, Regenwasserspeicherung, Vegetations-Monitoring

1 Einleitung

Wasser wird in Zukunft vermehrt eine tragende Rolle für klimaresiliente Städte spielen. Durch den Klimawandel verändern sich Temperatur und Niederschlagsmuster und ein verstärkter globaler Wasserkreislauf erhöht die Wahrscheinlichkeit länger anhaltender lokaler Trockenperioden (Haslinger et al., 2019). Durch Entsiegelung und Begrünung unserer Städte lassen sich die Auswirkungen erhöhter Temperaturen und auftretender Starkniederschläge dämpfen (Almaaitah et al., 2021). Eine intensive Begrünung bedeutet jedoch, dass ausreichend Wasser zur Bewässerung der Grünflächen und Bäume zur Verfügung stehen muss. Allein durch den Niederschlag kann die Bewässerung, aufgrund der Auswirkungen des Klimawandels, in Mitteleuropa, zumindest nicht durchgängig gewährleistet werden. Kommt es zu länger anhaltenden Trockenperioden, kann eine Unterversorgung für die Vitalität der Pflanzen bedrohlich werden. Neben der Aufrechterhaltung der Wasserversorgung von Agrarflächen zur Sicherstellung der Nahrungsmittelversorgung, wird auch eine Gewährleistung konstanter Wasserverfügbarkeit zur Bewässerung der grünen Infrastruktur immer wichtiger. Nur so können die pflanzlich geprägten Anpassungsmaßnahmen auch weiterhin zur Verdunstungskühlung beitragen und den steigenden Temperaturen entgegnen.

Das Projekt BlueGreenCities - Blue-Green Infrastructure for Improving Resilience to Floods and Droughts in Alpine Cities“, gefördert im Austrian Climate Research Program des Österreichischen Klima- und Energiefonds, untersucht die Folgen unsicherer Wasservariabilität und die sich daraus ergebenden Auswirkungen auf Anpassungsmaßnahmen wie Blau-Grüne Infrastrukturen, um die Widerstandsfähigkeit unserer Städte unter zukünftigen Klimawandelszenarien zu verbessern. Ziel ist es, die Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zu optimieren, einschließlich naturbasierter und technischer Lösungen, um sowohl die Wasser- als auch die Energiebilanz zu verbessern, die Verdunstungskühlung durch die Wasserverfügbarkeit zu erhöhen, die Abflussspitzen zu verringern und somit die Hitze- und Überflutungsgefahren in Städten zu reduzieren.

Aus dem Projekt BlueGreenCities zeigen wir hier die Wichtigkeit einer nachhaltigen Bewässerung städtischer Grünflächen, insbesondere während gleichzeitiger Trocken- und Hitzeperioden, und erläutern, wie trockene Vegetationsflächen zur Hitzeentwicklung in Städten beitragen. In einem Ausblick, zeigen wir erste Modellierungsansätze, um Trockenperioden und deren Auswirkungen auf die Vegetation auf stadtweiter Ebene zu überwachen und zu analysieren. Ein Vegetations-Monitoring könnte zur Unterstützung herangezogen werden, um ein gezielteres und nachhaltigeres Bewässerungssystem aufzubauen und somit die Vegetation effektiver mit Wasser zu versorgen, sowie zeitgleich die Wasserressourcen zu schonen. Zusätzlich muss auch die Nährstoffversorgung der Vegetation im Blick behalten werden.

2 Wasserdargebot vs. Wasserverbrauch

Anhand eines theoretischen Beispiels für den Wasserverbrauch und das Wasserdargebot in der Stadt Innsbruck werden die Auswirkungen von gleichzeitig auftretenden Trocken- und Hitzeperioden und nicht nachhaltiger Bewässerung von städtischen Grünflächen auf die lokalen Wasserressourcen aufgezeigt. Die verwendeten Zahlen sollen als Richtwerte verstanden werden und können sich durch mehrere Faktoren je nach Stadt und Region ändern. Im Folgenden wird das Wasserdargebot, der Wasserbedarf und der Wasserverbrauch für drei verschiedene Szenarien (Szenario C, D und F) verglichen (Abb. 1). Der lokale Wasserversorger (IKB - Innsbrucker Kommunalbetriebe) fördert aus zwölf Quellen und zwei Brunnen ca. 33.000 m³ Wasser pro Tag (ÖVGW, 2023), um die Einwohner der Stadt mit Trinkwasser zu versorgen. Unter normalen Bedingungen liegt der Trinkwasserverbrauch in Innsbruck bei 110,4 L pro Person und Tag, das sind insgesamt 16.569 m³ pro Tag. Auch im "Extremfall", bei dem lang anhaltende Trockenheit und erhöhte Temperaturen den Verbrauch auf 174 % ansteigen lassen (Neunteufel et al., 2014), wäre der notwendige Wasserbedarf von 191,4 L pro Person und Tag gedeckt. Zieht man die geschätzte Gartenbewässerung pro Person und Tag (Neunteufel et al., 2014) im "Extremfall" ab und rechnet den täglichen Wasserverbrauch der Grünflächen im Dauersiedlungsraum des Bezirks Innsbruck-Stadt hinzu (dies beinhaltet auch die davor abgezogenen Gärten), so zeigt Szenario F in Abbildung 1, dass die Wasserverfügbarkeit zur Deckung des Bewässerungsbedarfs derzeit nicht gegeben wäre. Schließlich zeigen die Zahlen auch, dass es selbst unter den derzeitigen normalen Bedingungen (Abbildung 1 B) nicht möglich ist, alle städtischen Grünflächen zu bewässern, da der Wasserverbrauch in B und E zusammen das Wasserdargebot in A übersteigt. Zusammengefasst: Die Trinkwasserversorgung in Innsbruck kann bei gleichzeitig auftretenden Trocken- und Hitzeereignissen auch zukünftig sehr wahrscheinlich aufrechterhalten werden. Für die Bewässerung der Grünflächen und die Aufrechterhaltung einer für das Stadtklima wichtigen Verdunstung müssen jedoch andere Quellen zur Verfügung stehen bzw. erschlossen werden, da der tägliche Wasserverbrauch das Wasserangebot um 32 % übersteigt. Geht man zudem von einer Zunahme der städtischen Grünflächen aufgrund der verstärkten Umsetzung von Blau-Grünen Infrastrukturen aus, wird der Wasserbedarf ebenfalls über die hier berechneten Werte hinaus ansteigen.

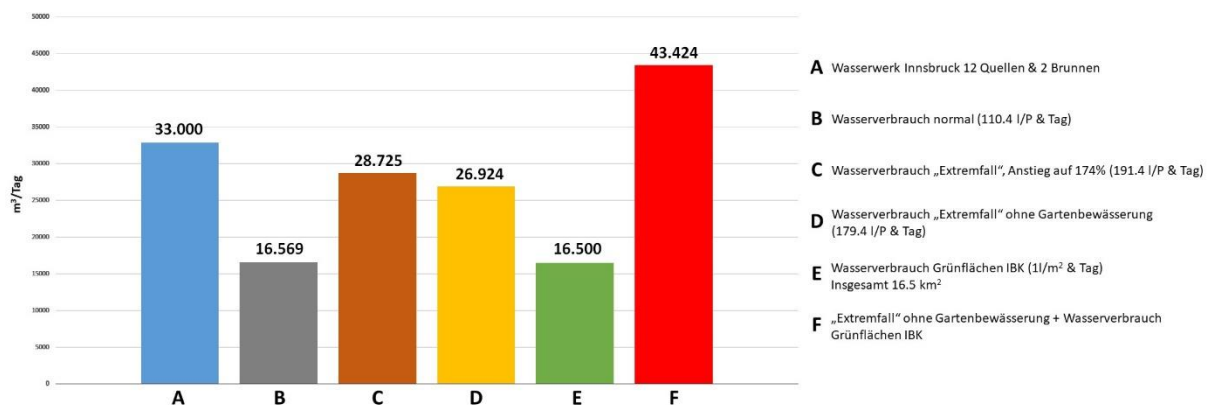


Abbildung 1: Tägliches Wasserdargebot (A), täglicher Wasserbedarf unter normalen Bedingungen (B) und täglicher Wasserverbrauch der Grünflächen in Innsbruck (E), sowie Wasserverbrauch für drei verschiedene Szenarien (C, D und F) in der Stadt Innsbruck.

3 Hitzeentwicklung auf trockenen Vegetationsflächen

Die Begrünung unserer Städte trägt, neben vielen weiteren Mehrfachnutzen, dazu bei, die Temperaturen durch Beschattung und Verdunstungskälte zu senken (Schwaab et al., 2021, Probst et al., 2022). Auch in Innsbruck wurden öffentliche Räume in der Stadt umgestaltet, um den Auswirkungen des Klimawandels entgegen zu wirken und um hochwertige Aufenthaltsräume zu schaffen. Neben einer zielgerichteten Planung, ist allerdings auch eine ausreichende Bewässerung und angemessene Bewirtschaftung und Pflege von entscheidender Bedeutung. Im Mai und Juni 2023 konnte, während einer längeren Trockenperiode, in einem umgestalteten Park in Innsbruck beobachtet werden, dass keine ausreichende Bewässerung stattfand, um die Kühlleistung der Wiesenflächen aufrecht zu erhalten und die Vegetation vor Schäden zu schützen (Abbildung 2). Dies ist sehr gut optisch an der Verfärbung der Wiesenfläche erkenntlich (Abbildung 2 A). Die unter der Wiesenfläche installierten Sensoren (in einer Tiefe von 4 cm) zur Messung des Bodenfeuchtegehalts zeigten die dazu passenden abfallenden Werte zwischen dem 26. Mai und dem 15. Juni ebenfalls auf (Abbildung 2 B). Oberflächentemperaturmessungen mittels einer Wärmebildkamera zeigen auf, dass diese trockene Wiesenfläche Temperaturen von bis zu 60 °C erreichen kann (Abbildung 2 C). Diese Temperaturen werden in der Regel auf asphaltierten Flächen gemessen, wohingegen die Oberflächentemperaturen von Vegetationsflächen die Lufttemperatur nicht übersteigen. Über die Stadt hinweg ist dies jedoch kein Einzelfall. Gemeinden stoßen während längerer Trockenperioden häufig an ihre Kapazitätsgrenze, da nicht ausreichend Ressourcen zur Verfügung stehen um alle urbanen Grünflächen angemessen zu bewässern. Eine gezielte Bewässerungsstrategie und einen nachhaltigeren Umgang mit der Ressource Wasser könnten durch ein umfangreiches Monitoring der Grünflächen in der Stadt erreicht werden.

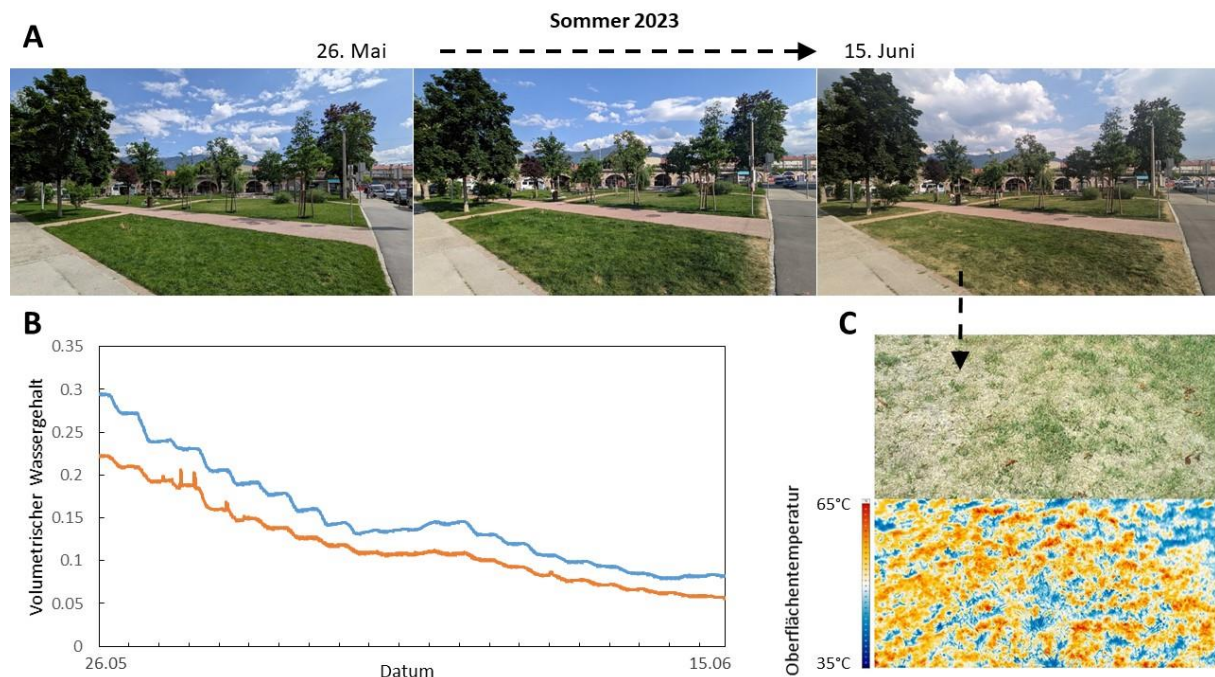


Abbildung 2: A - Optische Veränderung der Wiesenfläche über den Beobachtungszeitraum zwischen dem 26. Mai und dem 15. Juni 2023. B - Aufgezeichneter volumetrischer Wassergehalt des Bodens an zwei Standorten im Park (in 4 cm Tiefe) unter der beobachteten Wiesenfläche. C - Oberflächentemperaturen eines Ausschnittes der trockenen Wiesenfläche.

4 Ausblick: Vegetations-Monitoring

Im Laufe der zweiten Projektphase von BlueGreenCities wurde ein Modellierungsansatz entwickelt, um die aktuelle Evapotranspiration auf stadtweiter Ebene ermitteln zu können. Die Basis für diesen Ansatz liefert eine neuartige Herangehensweise, um die Verteilung der Nettostrahlung an der Oberfläche in den Latenten Wärmestrom, Sensiblen Wärmestrom und Bodenwärmestrom zu ermitteln (Back et al., 2024). Die Weiterführung dieses Ansatzes erlaubt, neben der Bestimmung der Energieströme, eine verbesserte Berechnung der Oberflächentemperatur und der aktuellen Evapotranspiration. Abbildung 3 zeigt Ergebnisse für die Stadt Innsbruck. Die Basis zur Berechnung der Parameter bilden Falschfarbeninfrarotbilder des Sentinel 2 L2A Satelliten mit einer Auflösung von 10m (EO Browser, 2024). Abbildung 3 A zeigt die kumulierte Niederschlagssumme für die Sommermonate Juni, Juli und August 2022 (mm), welche von der GeoSphere Austria (2024) frei zur Verfügung gestellt werden. Die Evapotranspiration wurde anhand von drei zur Verfügung stehenden Bilddaten für die Tage 14. August, 16. August und 24. August, jeweils um 14:00 Uhr, berechnet (Abbildung 3 B). Die Abnahme der Evapotranspiration lässt sich aus der Abfolge der Bilder gut erkennen. Ein Rückgang im Stadtgebiet, sowie auch auf den Agrarflächen um die Stadt ist erkenntlich. Diese Beobachtung passt zeitlich mit der erkenntlichen Trockenperiode ab Anfang August in Abbildung 3 A zusammen. Durch das Niederschlagsdefizit sinkt auch

die Wasserverfügbarkeit. Im Gegensatz zu Bäumen, die mit ihren Wurzeln Wasser in tieferen Bodenschichten erreichen können, geraten insbesondere Wiesenflächen schnell in Trockenstress.

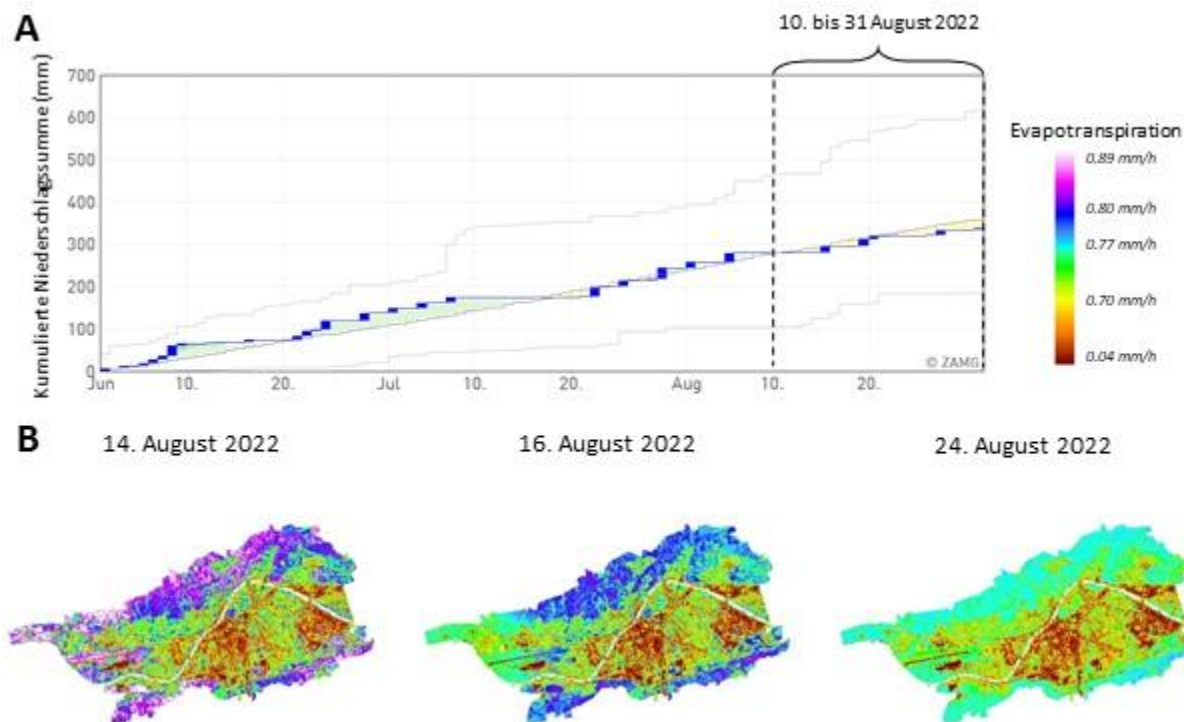


Abbildung 3: A - Akkumulierter Tagesniederschlag für die Sommermonate Juni, Juli und August 2022 (mm). B - Berechnete Evapotranspiration in und um die Stadt Innsbruck für drei Momentaufnahmen während einer Trockenperiode im August 2022.

5 Schlussfolgerungen

Am Beispiel der Stadt Innsbruck wurden potentielle Herausforderungen in der Wasserversorgung für die Bewässerung analysiert. Unter Berücksichtigung der getätigten Annahmen kann auch ein zukünftiger, stark steigender Wasserverbrauch der Bevölkerung abgedeckt werden, jedoch wird eine vollständige Bewässerung von Grünflächen mit der derzeitigen Infrastruktur in Zukunft kaum realisierbar sein. Je nach geographischer Lage einer Stadt und mit Voranschreiten des Klimawandels kann sich diese Situation deutlich verschärfen. Wir stellen die These auf, dass blau-grüne Infrastrukturen langfristig nur mit einem strategischen Wassermanagement funktionieren kann, das den Wasserbedarf deckt und die natürlichen Kühleffekte aufrecht erhält. Um den erhöhten Wasserbedarf, welcher teilweise durch mehr Stadtgrün, aber auch bedingt durch steigende Temperaturen, entsteht, zu decken, müssen Städte ihr Bewässerungssystem nachhaltiger und intelligenter gestalten und auf alternative Wasserressourcen umsteigen. Ein erster Schritt dazu ist ein Monitoring der urbanen Grünflächen

mithilfe des vorgestellten Ansatzes. Um Städte und Gemeinden dahingehend zu unterstützen, wurde eine erste Herangehensweise eines umfangreichen Vegetations-Monitorings präsentiert. Die Weiterentwicklung dieses Ansatzes und eine zusätzliche Kopplung mit Sensoren im Boden, sowie ggf. automatisierten Bewässerungsanlagen, kann die Voraussetzungen schaffen, eine gezielte Bewässerungsstrategie aufzubauen. Dadurch können auch Wasserressourcen gespart werden.

6 Literatur

- ALMAAITAH, T., APPLEBY, M., ROSENBLAT, H., DRAKE, J. & JOKSIMOVIC, D. 2021. The potential of Blue-Green infrastructure as a climate change adaptation strategy: a systematic literature review. *Blue-Green Systems*, 3, 223-248.
- BACK, Y., BACH, P. M., SANTAMOURIS, M., RAUCH, W. & KLEIDORFER, M. 2024. Role of Surface Energy Fluxes in Urban Overheating Under Buoyancy-Driven Atmospheric Conditions. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 129, e2023JD039723.
- EO Browser. 2024. <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>, Sinergise Solutions d.o.o., a Planet Labs company. "Modified Copernicus Sentinel data 2022/Sentinel Hub".
- Geophere Austria. 2024. Klimamonitoring Österreich. Web Zugriff: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/klimamonitoring/?param=t&period=period-ymd-2024-08-03&ref=1>. Zuletzt besucht am 05.08.2024.
- HASLINGER, K., HOFSTÄTTER, M., KROISLEITNER, C., SCHÖNER, W., LAAHA, G., HOLAWA, F. & BLÖSCHL, G. 2019. Disentangling Drivers of Meteorological Droughts in the European Greater Alpine Region During the Last Two Centuries. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124, 12404-12425.
- NEUNTEUFEL, R., RICHARD, L. & PERFLER, R. 2014. Water demand: the Austrian end-use study and conclusions for the future. *Water Supply*, 14, 205-211.
- ÖVGW 2023. Wasserwerk Innsbruck. Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach. Web Zugriff: <https://wasserwerk.at/home/wasserwerke/innsbruck>, Zuletzt besucht am 15.09.2023.
- PROBST, N., BACH, P. M., COOK, L. M., MAURER, M. & LEITÃO, J. P. 2022. Blue Green Systems for urban heat mitigation: mechanisms, effectiveness and research directions. *Blue-Green Systems*, 4, 348-376.
- SCHWAAB, J., MEIER, R., MUSSETTI, G., SENEVIRATNE, S., BÜRGI, C. & DAVIN, E. L. 2021. The role of urban trees in reducing land surface temperatures in European cities. *Nature Communications*, 12, 6763.

Danksagung

Diese Arbeit ist Teil des Projekts BlueGreenCities (Projekt Nr. KR21KB0K00001), Förderzeitraum: Oktober 2022 bis September 2025, welches vom Österreichischen Klima- und Energiefonds gefördert wird.

Korrespondenz an:

Dr. Yannick Back
Universität Innsbruck, Institut für Infrastruktur, Arbeitsbereich für Umwelttechnik
Technikerstraße 13, 6020 Innsbruck
+43 512 507 62120
yanick.back@uibk.ac.at