

Optionen und Maßnahmen



UniNETZ –
Universitäten und Nachhaltige
Entwicklungsziele

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

Förderung der effizienten Nutzung und Bewirtschaftung von Wasserressourcen

06_03

Target 6.4

Autor_innen:

Fuchs-Hanusch, Daniela (*Technische Universität Graz*); Germann, Verena (*Universität für Bodenkultur Wien*); Fischer, Jörg (*Johannes-Kepler-Universität Linz*); Neunteufel, Roman (*Universität für Bodenkultur Wien*)

Inhalt

3		Abbildungsverzeichnis
3		Tabellenverzeichnis
4	06_03.1	Ziele der Option
5	06_03.2	Hintergrund der Option
9	06_03.3	Optionenbeschreibung
9	06_03.3.1	Beschreibung der Option bzw. der zugehörigen Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen
11	06_03.3.2	Erwartete Wirkungsweise
13	06_03.3.3	Bisherige Erfahrungen mit dieser Option oder ähnlichen
13	06_03.3.4	Zeithorizont der Wirksamkeit
15	06_03.3.5	Vergleich mit anderen Optionen, mit denen das Ziel erreicht werden kann
15	06_03.3.6	Interaktionen mit anderen SDGs
15	06_03.3.7	Offene Fragestellungen
16		Literatur
17		Anhang
17		Systembild und Variablenliste

Abbildungsverzeichnis

- 18 **Abb. O_6-03_01:** Systembild zur Beschreibung der Option 6_3 und deren Interaktionen mit anderen SDGs. Quelle: Eigene Darstellung in Vensim® PLE, 1998. Definition der Elemente in Tab. O_6-03_04.
// Fig. O_6-03_01: System image to describe Option 6_3 and its interactions with other SDGs. Source: Own illustration in Vensim® PLE, 1998. Definition of the elements in Tab. O_6-03_04.

Tabellenverzeichnis

- 7 **Tab. O_6-03_01:** Matrix der Option bzw. der Maßnahmenbündel zu „Effizienz in der Wassernutzung“ (nicht erschöpfend).
// Tab. O_6-03_01: Matrix of the Option and set of measures concerning „efficiency in water use“ (not exhaustive).
- 12 **Tab. O_6-03_02:** Beschreibung der Wirkung der Option 6_3 auf die Targets des SDG 6. **// Tab. O_6-03_02:** Description of the impacts of Option 6_3 on the Targets of SDG 6.
- 14 **Tab. O_6-03_03:** Interaktionen der Option 6_3 mit anderen SDGs.
// Tab. O_6-03_03: Interactions of Option 6_3 with other SDGs.
- 18 **Tab. O_6-03_04:** Variablenliste des Systembildes für Option 6_3.
// Tab. O_6-03_04: List of variables of the system image of Option 6_3.

06_03.1 Ziele der Option

Diese Option leitet sich aus folgenden Targets der *Agenda 2030* ab:

- **Target 6.4:** „Bis 2030 die Effizienz der Wassernutzung in allen Sektoren wesentlich steigern und eine nachhaltige Entnahme und Bereitstellung von Süßwasser gewährleisten, um der Wasserknappheit zu begegnen und die Zahl der unter Wasserknappheit leidenden Menschen erheblich zu verringern“ (Vereinte Nationen (UN), 2015): Überlegungen zum Potential zu Effizienzsteigerungen in allen Sektoren (inklusive des Wasserfußabdrucks) unter Abwägung möglicher ökonomischer und ökologischer (z. B. energietechnischer) Zielkonflikte;
- **Target 6.5:** Durch effiziente Nutzung von Wasserressourcen eine nachhaltige Entnahme dieser fördern und somit Interessenskonflikten um die Ressource Wasser vorbeugen und die integrierte Bewirtschaftung der Wasserressourcen verbessern;
- **Target 6.6:** Durch eine nachhaltige Entnahme *Wasserökosysteme*, insbesondere *Grundwasserkörper*, in allen Regionen Österreichs, wie in der *WRRL (Europäisches Parlament (EP) & Rat der Europäischen Union (ER), 2000)* und im *WRG (1959)* (WRG, 1959) gefordert, *schützen*. Grundlagen zu nutzbaren Grundwasserressourcen werden derzeit (Stand Juni 2021) im Projekt *Wasserschutz Österreichs* erarbeitet (*Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT), 2021b*);
- **Target 8.4:** *Verbesserung der Ressourceneffizienz*, um Wasserverbrauch unabhängig vom Wirtschaftswachstum durch Effizienzsteigerungen zu begrenzen;
- **Target 9.4:** „Bis 2030 die Infrastruktur modernisieren und die Industrien nachrüsten, um sie nachhaltig zu machen, mit effizienterem Ressourceneinsatz und unter vermehrter Nutzung sauberer und umweltverträglicher Technologien und Industrieprozesse, wobei alle Länder Maßnahmen entsprechend ihren jeweiligen Kapazitäten ergreifen“ (UN, 2015): Effizienter Ressourceneinsatz in der Industrie unter Berücksichtigung der jeweiligen Kapazitäten und der bereits hohen Standards;
- **Target 12.8:** „Bis 2030 sicherstellen, dass die Menschen überall über einschlägige Informationen und das Bewusstsein für nachhaltige Entwicklung und eine Lebensweise in Harmonie mit der Natur verfügen“ (UN, 2015): Bewusstsein für nachhaltigen Wasserverbrauch unter Berücksichtigung des gesamten Wasserfußabdrucks;
- **Target 13.1:** „Die Widerstandskraft und die Anpassungsfähigkeit gegenüber klimabedingten Gefahren und Naturkatastrophen in allen Ländern stärken“ (UN, 2015): Veränderungen im Bewässerungsbedarf, Anpassungsfähigkeit durch effiziente Bewässerung fördern.

Diese Option zielt darauf ab, die Effizienz in der Wassernutzung zu erhöhen, Wasserverluste in den Versorgungssystemen zu reduzieren und Möglichkeiten zur Sicherstellung der Wasserversorgung, alternativ zur erweiterten Ressourcenerschließung, aufzuzeigen. Dies ist besonders in Anbetracht einer nachhaltigen Schonung der Ressource Wasser, des Klimawandels und den damit einhergehenden Folgen für den Wasserhaushalt sowie aufgrund stattfindender demographischer Veränderungen (Stichwort: Urbanisierung) relevant. Einige der Maßnahmen entsprechen damit auch der Handlungsempfehlung 3.3.4.4 der österreichischen Klimaanpassungsstrategie *“Bewusster Umgang mit der Ressource Wasser”*: *“Schonung der Wasserressourcen in Gebieten mit drohender Wasserknappheit durch forcierten Einsatz von effizienten Wasserspartetechnologien und*

durch gezielte Bewusstseinsbildung“ (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT), 2017).

06_03.2 Hintergrund der Option

Diese Option ist besonders für Regionen in Österreich mit lokalen bzw. zeitlichen Engpässen in der Wasserversorgung relevant, sollte allerdings unter dem Prinzip einer allgemein erstrebenswerten Ressourcenschonung überall dort Anwendung finden, wo die Maßnahmen unter Berücksichtigung verschiedener anderer Gesichtspunkte wie Energieeffizienz und ökonomischer Aspekte sinnvoll umsetzbar sind. Zudem kann diese Option helfen, mittels 'Best-Practice'-Beispielen und Innovation dem weltweit sehr hohen Bedarf an Effizienzsteigerung in der Wassernutzung entgegenzutreten.

Aufgrund des Klimawandels ist in Österreich mit regional sich teilweise stark verändernden klimatischen Bedingungen zu rechnen. Auf Ressourcenseite wird eine zunehmende Verschiebung der Niederschläge erwartet, wodurch auch für Veränderungen im Dargebot wie z. B. lokalen Ressourcenrückgang vorgesorgt werden sollte (*Austrian Panel on Climate Change (APCC)*, 2014; Neunteufel, Schmidt & Perfler, 2017). Eine Zunahme starker und extremer Niederschläge von Herbst bis Frühling gilt als wahrscheinlich (APCC, 2014). Vermehrte Starkniederschläge im Sommer könnten zur Reduktion der Infiltrationsrate und einer Erhöhung des oberflächlichen Abflusses führen, was in Summe zu geringeren Grundwasserneubildungsraten führen kann (Haas et al., 2008; Yin et al., 2018). Bei den Quellschüttungen ist in den letzten Jahren mehrheitlich ein Rückgang zu beobachten (Neunteufel, Schmidt & Perfler, 2017).

In der Literatur wird Niederschlagswasser im Gegensatz zum ‚blauen‘ Bewässerungswasser als ‚grünes‘ Wasser bezeichnet (Hoekstra, 2011). Dieses kann durch die Gestaltung von Oberflächen und Landnutzung (Option 15_3), insbesondere durch landwirtschaftliche Praxis (Option 2_4, Option 2_8), Regenbewirtschaftung in Städten und Siedlungen (Option 6_2) sowie Waldmanagement (Option 15_2, 15_4), bewirtschaftet werden. Eine optimale Bewirtschaftung (Option 6_9) kann sich durch eine erhöhte Wasseraufnahme- und -speicherfähigkeit des Bodens auch vorteilhaft auf Abflussraten auswirken.

Darüber hinaus kann so die Verfügbarkeit von Wasser verbessert werden, was somit zu einer effizienten Nutzung auch auf diesen Ebenen führt. Dies wirkt sich auch in Trockenzeiten positiv auf den Wasserhaushalt aus. In den meisten Regionen Österreichs ist der Niederschlag ausreichend und auch so günstig verteilt, sodass nicht zusätzlich bewässert werden muss. Längere Hitzeperioden, die vermehrt erwartet werden, erhöhen den Bewässerungsbedarf und damit auch den Wasserbedarf in der Landwirtschaft, was zumindest teilweise durch entsprechende Bodenbewirtschaftung abgemindert bzw. gepuffert werden könnte (APCC, 2014; Eitzinger et al., 2013). Etwa 70 % des Wasserbedarfs, also der weitaus größte Anteil, entfällt global bereits auf die Nutzung von Wasser für Bewässerung (Wada et al., 2013).

Auf Konsument_innenseite ist zusätzlich auch im privaten Bereich mit erhöhtem Wasserverbrauch, insbesondere Spitzenwasserverbrauch (u. a. durch verstärkte Bewässerung der Hausgärten und Erst- bzw. Nachbefüllung von privaten Pools), zu rechnen, davon werden besonders kleinere Versorgungsgebiete mit einem wesentlichen Anteil an Reihenhäusern oder Ein- und Mehrfamilienhäusern betroffen sein (Neunteufel, Richard & Perfler, 2010; Neunteufel, Schmidt & Perfler, 2017).

Durch die oft konkurrierenden Wasserentnahmen (z. B. Trinkwasserversorgung und Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft) ist mit einem steigenden Nutzungsdruck (qualitativ und quantitativ) zu rechnen (Neunteufel, Schmidt & Perfler, 2017).

Die Infrastruktur der öffentlichen Wasserversorgung in Österreich ist auf einen gewissen Wasserverbrauch (den Spitzenverbrauch) ausgelegt. Das bedeutet zunächst, dass die Infrastruktur der Wasserversorgung so dimensioniert wird, dass Spitzenwerte im Verbrauch weitgehend problemlos (d. h. unter Bereithaltung entsprechender Reservehaltung und unter vorgegebenem Druck im Leitungsnetz) abgedeckt werden können. Sowohl ein zu hoher als auch ein zu geringer Verbrauch kann zu Problemen in der Betriebsführung führen. Bei gleichbleibenden Spitzenwerten und entsprechend großer Dimensionierung der Leitungen kann eine zu starke Reduktion des Wasserverbrauchs zu verbrauchsarmen Betriebszeiten zu Stagnationsproblemen führen. Dagegen ist in Regionen mit Bevölkerungswachstum eine Effizienzsteigerung im Maße des Bevölkerungsanstiegs sinnvoll, um eine erhöhte Belastung des Leitungsnetzes zu vermeiden. Außerdem müssen bei derzeitigen m³-Preisen Finanzierungsmöglichkeiten für eine Kostendeckung bei gleichbleibenden, weitgehend wasserverbrauchsunabhängigen Fixkosten für die Infrastruktur diskutiert werden (Neunteufel & Richard, 2012). Zusätzlich zu den Fixkosten ist dabei in den nächsten Jahren mit erhöhten Kosten für Rehabilitierungsmaßnahmen zu rechnen (Neunteufel, Mayr, Krakow, Richard & Herda, 2017), welche u. a. auch einer Erhöhung der Wasserverluste durch Leckagen und damit einer geringeren Wassernutzungseffizienz entgegenwirken sollen.

Die einfachste Effizienzsteigerung wird durch Mehrfachverwendung erzielt. Hierfür bedarf es hinsichtlich Wasser vor allem einer gesetzlichen Regelung und einheitlichen Richtlinien zur Definition und Wiederverwendung von Wasser unterschiedlicher Qualitäten (siehe dazu Option 6_1). Auch die österreichische Klimaanpassungsstrategie zielt auf die Verwendung von Nutzwasser zur Schonung der Trinkwasserressourcen ab und empfiehlt in der Handlungsempfehlung 3.3.4.10 die *„Installierung von Nutzwassermanagement-Instrumenten“* (BMNT, 2017). Die Substitution von Trinkwasser durch Regenwasser auf Haushaltsebene kann ökologisch sinnvoll sein, ist aber oft aufgrund der hohen Umrüstkosten im Bestand wirtschaftlich unrentabel (Neunteufel et al., 2010). Zukünftiges Potential aufgrund verschärfter Nutzungskonflikte, erhöhtem Umweltbewusstsein und Steigerung der Wasserpreise sollte, besonders im Neubau, untersucht werden.

Neben dem Wasserverbrauch im Inland, der mit dieser Option behandelt wird, wird über den Konsum der Österreicher_innen auch der Wasserverbrauch in anderen Ländern (externer Wasserverbrauch) beeinflusst. Durch den sehr hohen Anteil an externem Wasserfußabdruck am gesamten Wasserfußabdruck Österreichs (Vanham, 2012) liegt neben dem Wasserverbrauch im Inland hier ein besonders wichtiger Hebelpunkt für die Erreichung des Targets 6.4 weltweit. Obwohl Österreich als wasserreiches Land gilt, ist es Netto-Importeurin von virtuellem Wasser (Vanham, 2012). Der Anteil des in Österreich verbrauchten virtuellen Wassers, das im Ausland entnommen wird, beträgt 68 % des gesamten Wasserverbrauchs Österreichs (Mekonnen & Hoekstra, 2011). Zusätzlich zu den bestehenden Bestrebungen einer nachhaltigen und effizienten Produktion in Österreich kann die Realisierung von SDG 6 weltweit durch eine Ausdehnung der Anstrengungen, den virtuellen Wasserkonsum in Österreich zu reduzieren, gefördert werden. Mögliche Handlungsoptionen im Lebensmittelbereich dazu sind der Konsum regionaler Lebensmittel (Option 2_5, 2_6), die Reduktion der Lebensmit-

Industrie

Landwirtschaft

(finanzielle) Anreize schaffen

- Spezifische Qualitätsstandards für jeden Verwendungszweck festlegen;
- Vernetzung und dadurch Synergien zwischen Betrieben fördern;
- Ausschreibung entsprechender Forschungspreise.

- Förderung von bodenschonenden Bearbeitungsmethoden, die die Wasseraufnahme und -speicherfähigkeit, z. B. durch Humusaufbau erhöhen;
- Förderung von Mulchabdeckungen & Windschutzanlagen um Bodenevaporation (unproduktive Verdunstung) zu vermindern (Klik, 2019);
- Förderung wassersparender Bewässerungssysteme wie Tropfbewässerung (Eitzinger et al., 2013) unter Berücksichtigung etwaiger negativer Auswirkungen auf den Wasserbedarf durch Ausweitung der Bewässerungsgebiete (Ward & Pulido-Velazquez, 2008) und Entwicklung von Strategien zu deren Vermeidung (Stichwort: Bewässerungswürdigkeit) sowie (finanzielle) Anreize um einen Trend zu ‚Wegwerfeschläuchen‘ und damit Plastikmüll zu vermeiden.

Technologien/Installationen /Innovation

- Kreislaufwirtschaft und ‚Wasserfußabdruck-Benchmarking‘;
- Forschung und Entwicklung für verbesserte neuartige Technologien für hocheffiziente Wassernutzung – *Best-practice Technology-sharing*;
- Ausschreibung von entsprechenden Forschungspreisen;
- Forschung und Entwicklung für verbesserte Sanierungstechnologien.

- Defizitbewässerung (Eitzinger et al., 2013), Pflanzenbedarf berücksichtigen – Bodenfeuchte-Monitoring;
- Forschung und Entwicklung für verbesserte neuartige Technologien für hocheffiziente Wassernutzung und Bewässerung (Eitzinger et al., 2013);
- Einsatz wassersparender, hitzetoleranter Pflanzenarten und -sorten;
- Forschung und Entwicklung für verbesserte Sanierungstechnologien;
- Einsatz effizienter, möglichst verlustarmer Bewässerungstechnologien (wassersparende Technologien).

Reduktion von Leitungsverlusten

- (finanzielle) Förderung der Wasserleitungssanierung-Abstufung entsprechend der Abnahmemengen;
- Monitoring des Prozesswasserverbrauches;
- Strategie zur Erfassung und Behebung von Leckagen im betrieblichen Rohrnetz entwickeln.

- (finanzielle) Förderung der Wasserleitungssanierung, Abstufung entsprechend der Abnahmemengen

Sensibilisierung/Bewusstseinsbildung

- Sensibilisierung bezüglich virtuellen Wassers;
- Aufklärung zu Möglichkeiten zur Prozesswasseraufbereitung.

- Sensibilisierung bezüglich des tatsächlichen Wasserbedarfs von Kulturen und möglicher wassereffizienter Kulturen (Eitzinger et al., 2013);
- Promotion wassersparender Bewässerungstechnologien und -anbauweisen (Eitzinger et al., 2013).

Tab. O_6-03_01: Matrix der Option bzw. der Maßnahmenbündel zu „Effizienz in der Wassernutzung“ (nicht erschöpfend).

// Tab. O_6-03_01: Matrix of the Option and set of measures concerning „efficiency in water use“ (not exhaustive).

Haushalte

Kommunale Ver- und Entsorgung

(finanzielle) Anreize schaffen

- *Gebührensplitting Abwasser/Regenwasser*;
- Abstimmung der Wasserpreise auf den Verbrauch, um Verbrauchsspitzen entgegenzuwirken.

- Auswirkungen des Haushaltsgebührensplittings;
- Verbrauchssteuerung (*demand side management*) zur Verminderung der Spitzenverbräuche (z. B. Koordination von Poolbefüllungen im Zusammenhang mit Gebührenmodellen nur in Kombination mit Bewusstseinsbildung (Neunteufel, Schmidt & Perfler, 2017)).

Technologien/Installationen
/Innovation

- Einsatz effizienter Hausinstallationen und Haushaltsgeräte;
- Forschung und Entwicklung für verbesserte neuartige Technologien für hocheffiziente Wassernutzung;
- Forschung & Entwicklung für verbesserte Sanierungstechnologien.

- Forschung zu verbessertem Monitoring fördern;
- Forschung und Entwicklung für verbesserte Sanierungstechnologien;
- Forschung zu intelligenten Rohrleitungen (Steffelbauer et al., 2017).

Reduktion von
Leitungsverlusten

- (finanzielle) Förderung der Wasserleitungssanierung - Abstufung entsprechend der Abnahmemengen;
- Einsatz von *Smart Metern* zur schnellen Detektion von ungewöhnlich hohem Verbrauch oder Verlusten.

- Erfasste Leckagen zeitnah beheben;
- Regelmäßige Bilanzierung der Wasserverluste;
- Kontinuierliches Monitoring der Netzeinspeisung;
- Zustandsorientierte Instandhaltungs- und Sanierungsmaßnahmen.

Sensibilisierung/Be-
wusstseinsbildung

- Bewusstseinsbildung zur Wichtigkeit einer schnellen Behebung von Leckagen (z.B: tropfende Toiletenspülung);
- Kontinuierliche Information zum eigenen Wasserverbrauch und Referenzwerten (*Smart Meter*);
- Bewusstseinsbildung zur Wassernutzung für Gartenbewässerung und zur Notwendigkeit gestaffelter Pool-Befüllungen;
- Sensibilisierung bezüglich virtuellen Wassers.

- Aufklärung von Vorurteilen über mögliche negative Auswirkungen (z. B. bei Erhöhung der Kosten für Verbraucher_innen);
- Ressourcennutzungsplanung zur Prioritätenfestlegung von Anpassungsmaßnahmen und Bewusstseinsbildung für rechtzeitige Anpassung, Beobachtung der Ressourcenentwicklung zur rechtzeitigen Reaktion auf Veränderungen (Neunteufel, Schmidt & Perfler, 2017);
- Spitzenverbrauchs-dämpfende Maßnahmen wie gestaffelte Pool-Befüllungen bzw. Wochentagsdefinition für Gartenbewässerung (Neunteufel, Schmidt & Perfler, 2017; *Water Corporation*, 2020).

telabfälle (Option 12_3), die entsprechende Lebensmittelkennzeichnung und eine gesunde, nachhaltige Ernährung, beispielsweise durch die Reduktion des Fleischkonsums (Option 2_1). Eine Kennzeichnung von Lebensmitteln mit dem Wasserfußabdruck ist grundsätzlich zu befürworten, allerdings auf jeden Fall mit einem gesamtökologischen Fußabdruck zu ergänzen, damit lokal und saisonal produzierte Lebensmittel auch als solche erkannt werden können. Ebenfalls zu berücksichtigen und vorausschauend einzuplanen ist, dass die erhöhte Nachfrage lokal produzierter Lebensmittel sowie ein Anstieg von Intensivkulturen (z. B. aus marktwirtschaftlichen Überlegungen) einen erhöhten Wasser- und Bewässerungsbedarf in Österreich bedingen könnte. Neben Lebensmitteln sind auch zahlreiche andere Produkte (z. B. Baumwolle) für den hohen externen Wasserfußabdruck Österreichs verantwortlich (Vanham, 2012). Durch verschiedene Maßnahmen zur Förderung der Kreislaufwirtschaft, wie in der Option 12_1 für abiotische Ressourcen beschrieben, sollte auch dieser Anteil am Wasserfußabdruck reduziert werden.

06_03.3 Optionenbeschreibung

06_03.3.1 Beschreibung der Option bzw. der zugehörigen Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen

Tab. O_6-03_01 stellt überblicksmäßig, stichwortartig gesammelte Maßnahmen je Sektor basierend auf dem Systembild (Abb. O_6-03_01) dar, von denen anschließend im Rahmen dieser Option nur einige konkreter ausgearbeitet werden können. Die gesammelten Maßnahmen sind in mehrere Maßnahmenbündel eingeteilt und wurden in ‚Reduktion von Leitungsverlusten‘, ‚(finanzielle) Anreize schaffen‘, ‚Technologien/Installationen/Innovation‘, und ‚Sensibilisierung/Bewusstseinsbildung‘ gegliedert. Sie beinhalten unterschiedliche Zugänge, die für eine gute Wirksamkeit gemeinsam umzusetzen sind. Eine optimale Umsetzung wird mittels rechtlicher Maßnahmen wie Verordnungen und Gesetzen, Standards und Richtlinien, finanzieller Anreizsysteme und gezielter Investitionen, technologischer Neuerungen sowie Beteiligung und Sensibilisierung erzielt.

Die erarbeiteten Maßnahmen basieren auf Expert_innenmeinungen innerhalb der SDG 6-Gruppe und wurden mit diversen Publikationen (Eitzinger et al., 2013; Friedl & Fuchs-Hanusch, 2012; Fuchs-Hanusch, 2015; Klik, 2019; Neunteufel et al., 2010; Neunteufel & Richard, 2012; Neunteufel, Schmidt & Perfler, 2017; Neunteufel, Mayr et al., 2017; *Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach* (ÖVGW), 2007, 2009; Steffelbauer, Günther, Neumayer & Fuchs-Hanusch, 2017; Ward & Pulido-Velazquez, 2008) abgeglichen. Für die Umsetzung ist eine detaillierte Ausarbeitung der vorgeschlagenen Maßnahmen im Austausch mit verschiedenen Stakeholder_innen (Vertreter_innen der Wasserverbände, der Landwirtschaft, der Industrie etc.) und der Bevölkerung notwendig (siehe dazu auch Option 6_11).

In der Tabelle Tab. O_6-03_01 sind zahlreiche Maßnahmen zur Effizienzsteigerung in der Wassernutzung angeführt, im Folgenden wird die ‚Reduktion von Leitungsverlusten‘ noch im Detail beschrieben. Bei der ‚Reduktion von Leitungsverlusten‘ geht es darum, die realen Wasserverluste aus Leitungssystemen möglichst gering zu halten. In der ÖVGW W 63 2009 werden ‚reale Wasserverluste‘ als ‚jener Teil des Wasserverlusts, der tatsächlich durch Undichtheiten in der Wasserversorgungsanlage austritt‘ bezeichnet (ÖVGW, 2009). Diese Richtlinie soll demnächst aktualisiert werden (Stand November 2021). Der gesamte Wasserverlust (Differenz aus Systemeinspeisung und Wasserabgabe)

inkludiert zusätzlich zu den realen Wasserverlusten die scheinbaren Wasserverluste. Umgelegt auf die Sektoren Industrie, Landwirtschaft und Haushalte kann der Wasserverlust als Differenz aus den gewonnen Wassermengen und dem tatsächlich verwendeten Wasser gesehen werden.

Um die Wasserverluste im öffentlichen Netz zu verringern, sind Lecks rasch zu erfassen und zielgerichtet zu beheben. Die Reparatur kleinerer Schäden (Korrosionslöcher, Rundrisse, Längsrisse) im frühen Stadium führt generell zu geringeren Kosten als die Behebung langandauernder Auswaschungen des umgebenden Bodens infolge von ausgedehnten Schadensbildern bzw. der Bruchflächen. Dafür braucht es ein kontinuierliches Netzmonitoring und die Etablierung einer schnellen und effizienten Leckdetektion und Lokalisierung (Steffelbauer et al., 2017). Innovative Methoden zur zeitnahen Identifizierung und Behebung sind nötig, um Laufzeiten von Lecks, die oft unentdeckt bleiben, zu minimieren (Fuchs-Hanusch, Steffelbauer & Günther, 2015; Steffelbauer et al., 2017).

Da ein großer Anteil der österreichischen Leitungsinfrastruktur bereits ein erhöhtes Alter und damit einhergehend einen schlechten Zustand aufweist, ist neben der kontinuierlichen Reparatur und Sanierung des Leitungsnetzes mit einem erhöhten zukünftigen Erneuerungsbedarf zu rechnen (Assmann, Habenfellner-Veit, Laber, Lindtner & Tschiesche, 2019). Um diesen zu bewältigen sind Entwicklung und Umsetzung von Erneuerungsstrategien mit adäquaten Sanierungstechnologien notwendig. Die Durchführung von Monitoring, Instandhaltungs- und Erneuerungsmaßnahmen in Trinkwasserrohrnetzen nach Stand der Technik (ÖVGW Richtlinien W 100; W 63; W 105 (ÖVGW, 2007, 2009, 2011) etc.) ist als zentrale Aufgabe der kommunalen Versorgung anzustreben. Die Quantifizierung der Auftrittswahrscheinlichkeiten bzw. der erwarteten Häufigkeiten von Schäden im Rohrnetz ist die Basis für die Planung der erforderlichen Instandhaltungs- und Erneuerungsmaßnahmen und für Optimierungen im Rohrnetz mit dem Ziel auf Wasserverlustminimierung (Fuchs-Hanusch, 2015). Die Berechnung der zu erwartenden Schadenshäufigkeiten kann auf Basis einer nach ÖVGW-Richtlinie W 105 (ÖVGW, 2011) geführten Schadenstatistik erfolgen. Unter Nutzung der gesammelten Schadensdaten können zukünftige Schwachstellen prognostiziert und so rechtzeitig adäquate Maßnahmen gesetzt werden. Datenbasierte Methoden (Stichwort „*Maschinelles Lernen*“) erlauben eine Prognose von Schwachstellen auch bei oft nur schlechter Datengrundlage bzw. kurzer Datenerfassungsdauer (Gorenstein, Kalech, Fuchs-Hanusch & Hassid, 2020).

Um auch für private Haushalte Anreize für vorausschauende Maßnahmen zu setzen, könnte eine finanzielle Förderung zur Sanierung bzw. Erneuerung veralteter Leitungen bzw. eine Abstufung entsprechend der Abnahmemengen einen wichtigen Hebel darstellen. In Haushalten sollte der Einsatz von *Smart Metern* zur schnellen Detektion von ungewöhnlich hohem Verbrauch bzw. Verlusten, einhergehend mit entsprechenden rechtlichen Rahmenbedingungen, angedacht werden. *Smart Meter* mit kontinuierlicher Datenübertragung (z. B. einmal täglich) ermöglichen eine verbesserte und zeitnahe Detektion von Leckagen im Leitungsnetz, da eine kontinuierliche Bilanzierung zwischen Einspeisung und Verbrauch ermöglicht wird (Steffelbauer et al., 2017). Ebenso ist in der Industrie ein Monitoring des Prozesswasserverbrauchs wichtig, um Lecks rasch zu entdecken.

In der Landwirtschaft kann die Förderung effizienter Bewässerungstechnologien (z. B. Tropfbewässerung) den Wasserbedarf verringern. Dabei sind etwaige negative Auswirkungen durch die Ausweitung der Bewässerungsgebiete mitzubedenken (Ward & Pulido-Velazquez, 2008) bzw. Strategien

zu deren Vermeidung (Stichwort: Bewässerungswürdigkeit) zu entwickeln. Einem Trend zu ‚Wegwerfeschläuchen‘ bei vermehrter Anwendung von Tropfschläuchen sollten (finanzielle) Anreize entgegengesetzt werden. Weitere wichtige Faktoren für den Wasserbedarf in der Landwirtschaft sind die Bodenbearbeitung (z. B. Humusaufbau) und damit die Wasseraufnahme- und -speicherkapazität des Bodens sowie der Wasserbedarf bzw. die Wassernutzungseffizienz und Hitzeresistenz der angebauten Pflanzen (Eitzinger et al., 2013) (siehe dazu auch Option 6_9, 2_3, 2_4, 2_8).

Die oben vorgeschlagenen Maßnahmen zielen darauf ab, die Effizienz bei der Wassernutzung zu erhöhen und somit Engpässe in allen Sektoren, auch bei extremen Dürreereignissen, zu mildern bzw. zu verhindern. Darüber hinaus ist ein verbesserter Ressourcenschutz in qualitativer als auch quantitativer Hinsicht zur Reduktion des Nutzungsdrucks wichtig (siehe Option 6_8). Für Gesetzgebung und Behörden sollten für die Vergabe neuer Konsense entsprechend gute Datengrundlagen zu den verfügbaren Ressourcen und dem tatsächlichen Bedarf zur Verfügung stehen. Die Herausforderung ist, anhand der behördenseits vorhandenen Daten zur Wassernutzung und den derzeitigen rechtlichen Grundlagen in bestehende Wasserrechte einzugreifen und Konsense an den tatsächlichen Verbrauch anzupassen.

Beschreibung von potenziellen Konflikten und Systemwiderständen sowie Barrieren (nicht erschöpfend)

- Verwendung sensibler Daten bei *Smart Metern*;
- Umstellung in der Landwirtschaft notwendig (Bewässerung, Bodenbearbeitung, angepflanzte Sorten);
- bei niedrigem Abwasseranfall durch Einsatz effizienter Hausinstallationen und Haushaltsgeräte möglicherweise Anpassungsmaßnahmen der Infrastruktur bzw. erhöhter Reinigungsbedarf notwendig;
- Maßnahmen sind mit möglichen (negativen) Auswirkungen auf die Energieeffizienz abzuwägen.

Beschreibung der Transformationspotenziale (beispielhaft)

- Sensibilisierung und Wertschätzung der Ressource Wasser in den verschiedenen Sektoren;
- Mittelfristig: Erhöhung der Resilienz hinsichtlich Dürreperioden;
- Effizienzsteigerung durch innovative Technologien in allen Sektoren;
- Maßnahmen zur Erhöhung der Wassereffizienz (Bedarfsseite) als Alternative zur Erschließung neuer Ressourcen aufzeigen (BMLRT, 2021a).

Umsetzungsanforderung (beispielhaft)

- Entsprechende Finanzierung der Maßnahmen;
- Erhöhter Monitoring-Aufwand;
- Berücksichtigung bzw. Anpassung entsprechender rechtlicher Rahmenbedingungen und Richtlinien.

06_03.3.2 Erwartete Wirkungsweise

Generell wird erwartet, dass die Maßnahmen – gemeinsam umgesetzt – eine Reduktion der Wasserverluste für alle Sektoren und eine effizientere Nutzung der Wasserressourcen bewirken (Target 6.4). Darüber hinaus sind direkte und indirekte Wirkungen auf die anderen Targets des SDG 6 zu erwarten (Tab. O_6-03_02).

Target

Wirkung



6.1

Langfristig: Schonung der Trinkwasserressourcen



6.2

Regenwassernutzung im Sanitärbereich (z. B. Klospülung), Grauwassernutzung



6.3

Einfluss auf Wasserqualität (Indikator 6.3.2)



6.4

Einfluss auf Wasserstresslevel (Indikator 6.4.2) und Effizienz in der Wassernutzung (Indikator 6.4.1)



6.5

Integrated Water Resources Management bei der Planung von Investitionen in Wasserinfrastruktur, Interessensausgleich



6.6

Veränderung des Wasserdargebots



6.A

Möglicher Einfluss/Input für internationale Zusammenarbeit im Bereich effizienter Wassernutzung



6.B

Dezentrale Wasserspeicherung erfordert Mitwirkung lokaler Gemeinwesen

Tab. O_6-03_02: Beschreibung der Wirkung der Option 6.3 auf die Targets des SDG 6.

// Tab. O_6-03_02: Description of the impacts of Option 6.3 on the Targets of SDG 6.

Es ist damit zu rechnen, dass sich mit den Maßnahmen einhergehend der Monitoring-Aufwand erhöhen wird. Dieser ist durch Förderung von digitalem Monitoring zu bewerkstelligen und kann auch Jobchancen bieten.

Neben den positiven Effekten der Schonung der Ressource Wasser führt die Reduktion von Wasserverlusten direkt zu geringerem Stromverbrauch für Pumpen, Aufbereitungs- und Desinfektionsanlagen (Mayr, Lukas & Perfler, 2012). Pump- und Aufbereitungskosten und dadurch Ausstoß an Treibhausgasen können somit vermindert werden. Auch volkswirtschaftliche und ökologische Kosten durch Bauarbeiten am Leitungssystem infolge von Rohrbrüchen und damit einhergehenden Verkehrsbehinderungen, Stauzeiten und zusätzlichen CO₂-Emissionen werden verringert (Steffelbauer et al., 2017).

Je nach Maßnahme (z. B. besonders in der Industrie) sind Einsparungen im Wasserverbrauch fallweise mit möglichen (negativen) Auswirkungen auf die Energieeffizienz (SDG 7) (z. B. erhöhter Energieaufwand für lokale Wiederaufbereitung von Prozesswasser) abzugleichen und im Hinblick auf das vorhandene Dargebot zu bewerten.

Überlegungen zu möglichem Monitoring

- **6.4.1** Veränderung der Wassernutzungseffizienz über die Zeit
- Leckagewerte und Energieverbrauch je Kubikmeter geliefertem Wasser, wie im Entwurf für die Neufassung der TWVO vorgesehen (ER, 2018).
- **6.4.2** Wasserstresslevel: Anteil der Süßwasserentnahme an gesamtverfügbaren Süßwasserressourcen
- **6.5.1** Grad an *Integrated Water Resources Management*
- **12.2.1** Gesamtrohstofffußabdruck, Rohstofffußabdruck pro Kopf und pro BIP -> Wasserfußabdruck
- **12.2.2** Inländische Materialverwendung, inländische Materialverwendung pro Kopf und pro BIP

06_03.3.3 Bisherige Erfahrungen

mit dieser Option oder ähnlichen Optionen

- Einhergehend mit der Bewertung der Wasserverluste hat sich im Sinne einer umfassenden Betrachtung auch die Bewertung der Schadensraten von Leitungssystemen als sinnvoll erwiesen (ÖVGW W 63);
- Biologisch bewirtschaftete Böden weisen höhere Humusgehalte, eine höhere Aggregatstabilität, eine geringere Bodenerosion sowie eine geringere Bodenverdichtung und damit höhere Wasserinfiltration auf (Niggli, Earley & Ogorzalek, 2007; Sanders & Heß, 2019). Dadurch sind die Böden robuster gegenüber Extremwetterereignissen wie Trockenheit und Starkregen, die zukünftig vermehrt erwartet werden.

06_03.3.4 Zeithorizont der Wirksamkeit

Kurzfristig

Ein kontinuierliches Monitoring der Wasserverluste in der öffentlichen Versorgung nach dem Stand der Technik (ÖVGW W63) kann kurzfristig umgesetzt werden und ist in Bezug auf die Erkennbarkeit und Behebung von Lecks sofort wirksam.

Mittelfristig

Alternative Möglichkeiten (insbesondere kreislauforientierte Konzepte) anstelle der Neuerschließung von Wasserressourcen (beispielsweise infolge Bevölkerungswachstum bzw. Klimakrise) sind mittels adäquater Me-

SDG

Interaktionen

	Target 1.4 Leistbarkeit weniger bewässerungsintensiver (regionaler und saisonaler) Produkte.
	Target 2.4 Effizienz der Bewässerungstechnologien und Anpassungsfähigkeit an Dürre sind zu gewährleisten; Konsum wasserintensiver (importierter) Lebensmittel.
	Target 3.9 Einfluss auf Qualität von Trinkwasserressourcen.
	Target 4.7 Erlernen von bzw. Bildung zu nachhaltigem Wasserverbrauch.
	Target 7.3 Potenziale für Energieeinsparungen durch Kreislaufführung nutzen.
	Target 8.4 Erhöhung von Ressourceneffizienz, um Wasserverbrauch unabhängig von Wirtschaftswachstum in Grenzen zu halten.
	Target 9.4 Effizienter Ressourceneinsatz in der Industrie.
	Target 10.3 Bewusstsein und Gegenmaßnahmen zu Konsum wasserintensiver Produkte, wodurch die Ungleichheit in der globalen Verteilung der Wasserressourcen erhöht wird.
	Target 11.6: Lokale Wiederverwendung von Grauwasser und gereinigtem Abwasser.
	Target 12.2 Konsum regionaler, wassereffizienter Produkte, virtueller Wasserverbrauch; Target 12.5 Verringerung des Abwasseraufkommens; Target 12.8 Bewusstsein für nachhaltigen Wasserverbrauch.
	Target 13.1 Veränderungen im Bewässerungsbedarf, Anpassungsfähigkeit durch effiziente Bewässerung fördern; Target 13.2 In Einklang mit der Handlungsempfehlung 3.3.4.4 & 3.3.4.10. der österreichischen Klimaanpassungsstrategie (BMNT, 2017).
	Target 14.1 Durch Kreislaufführung Wassereffizienz und somit eine geringere Verschmutzung und höhere Wasserqualität <i>fördern</i> .
	Target 15.1 Schutz von Wasserökosystemen durch verringerte Entnahme.
	Target 16.a bzw. SDG 16 Friedliche und inklusive Gesellschaften für eine nachhaltige Entwicklung fördern Wassernutzungskonflikte mildern bzw. vorbeugen
	Target 17.14 Import wasserintensiver Produkte vermindern.

Tab. O_6-03_03: Interaktionen // Tab. O_6-03_03: Interactions of der Option 6.3 mit anderen SDGs. Option 6.3 with other SDGs.

thoden, wie der *Multikriteriellen Entscheidungsanalyse* (Zyoud & Fuchs-Hanusch, 2017) im Vergleich zur Ressourcenerschließung zu prüfen und gegebenenfalls umzusetzen.

Langfristig

Maßnahmen wie die strategische Erneuerung von Leitungsnetzen erfordern eine längerfristige Sichtweise, deren positive Wirkung auf die Wassereffizienz sich erst langfristig einstellt.

06_03.3.5 Vergleich mit anderen Optionen, mit denen das Ziel erreicht werden kann

- Option 6_1: ressourcenorientierte Sanitärversorgung zielt auch auf die effiziente Nutzung der Ressource Wasser ab. Neben der Reduktion des Wasserbedarfs erleichtert diese die Wiederverwendung von Wasser unterschiedlicher Qualitäten.
- Option 6_2: Blau-grün-braune Infrastruktur erhöht die effiziente Nutzung von Niederschlagswasser.
- Option 6_7: Geringerer Wasserverbrauch bei Trinken von Leitungswasser im Vergleich zu abgefülltem Wasser.
- Option 6_8: Verbessertes Grundwasserschutz durch bedarfsorientierte Forschung: Verbesserung des Angebotes durch qualitativen und quantitativen Schutz der Wasserressourcen.
- Option 6_9: Stärkung des *Integrated Water Resources Management für einen nachhaltigen Umgang mit der Ressource Wasser verbessert auch einen Interessensausgleich über die verschiedenen Sektoren.*
- Option 2_3: Landwirtschaftliche Praxis (insbesondere Humusaufbau) die den Wasserhaushalt positiv beeinflusst.
- Option 15_2, 15_4: Waldbewirtschaftung die den Wasserhaushalt positiv beeinflusst.
- Option 15_3: Bodenbewirtschaftung, die den Wasserhaushalt positiv beeinflusst.
- Option 13_3: Wasserressourcenanalyse bei Begrünungsmaßnahmen, Verwendung von Nutzwasser für die Bewässerung reduziert den Verbrauch von Trinkwasser.

06_03.3.6 Interaktionen mit anderen SDGs

Tab. O_6-03_03: Interaktionen der Option 6_3 mit anderen SDGs.

06_03.3.7 Offene Forschungsfragen

- Ressourcen: Wie reagieren die verfügbaren Ressourcen auf Veränderungen (v. a. im Hinblick auf Klimawandel, Grundwasserneubildung und den Zusammenhang mit vermehrten Niederschlagsvolumen aus Starkregen im Vergleich zu gleichmäßigeren Regenereignissen Anmerkung: Regenmengen werden insgesamt als steigend angesehen, trotzdem können sich durch geringere Infiltrationsraten geringere Grundwasserneubildungen ergeben;
- Bewässerung in der Landwirtschaft: Wie können effiziente Bewässerungstechniken (z. B. Tropfbewässerung) wirtschaftlich zum Einsatz gebracht werden?;
- Rechtlicher Bereich: Wie kann die angestrebte Vorrangregelung für öffentliche Wasserversorgung im Fall von Nutzungskonflikten tatsächlich umgesetzt und administriert werden? Priorisierungskonflikt: Öffentliche Wasserversorgung an erster Stelle, aber Poolfüllungen an letzter Stelle – Administrierbarkeit?;
- Wasserbedarf: Was sind geeignete Prognosemodelle zur Simulation des Haushalts- bzw. Gebietswasserbedarfs in Abhängigkeit von unterschiedlichen

Parametern wie Wohnform, Klima oder Soziodemographie? Diese fehlen für Österreich noch weitestgehend. Mit solchen Modellen kann u. a. untersucht werden, inwiefern nachhaltige Formen des Wohnens bzw. Lebens (u. a. Kreislaufwirtschaft, urbane Landwirtschaft, Begrünung zur Reduktion von Hitzeinseln etc.) den lokalen Wasserbedarf (z. B. in Trockenjahren bzw. in Abhängigkeit unterschiedlicher Klima- und Demographieszenarien) verändern. Daten aus Messungen mit *Smart Metern* bei unterschiedlichen Verbraucher_innen sind dafür erforderlich. Diese sind in Österreich noch kaum verfügbar. Ein Mehrwert von Wasserbedarfsmodellen ergibt sich durch ihre Verwendung in der Wasserverlustermittlung, je besser der Wasserbedarf von Verbrauchern gemessen bzw. simuliert werden kann umso früher und genauer können allfällige Verluste von Trinkwasser über Rohrnetzleckagen quantifiziert werden.

Literatur

- 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].
- Austrian Panel on Climate Change (APCC). (2014). Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC). Wien: Verlag der Österreichische Akademie der Wissenschaften. ISBN: 978-3-7001-7699-2.
- Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT). (2021a). *Projektstart zu EWA: Entscheidungsfindung in der Wasserversorgung unter Berücksichtigung von Wandel*, Abteilung I/7. <https://info.bmlrt.gv.at/themen/wasser/foederungen/projektstart-wasserversorgung.html> [30.6.2021].
- Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT). (2021b). *Wasserschatz Österreichs: Grundlagen für nachhaltige Nutzungen des Grundwassers*, Abteilung I/2. <https://info.bmlrt.gv.at/themen/wasser/nutzung-wasser/Wasserschatz-Oesterreich.html> [2.7.2021].
- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT). (2017). Österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Wien. https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/klimaschutz/nat_klimapolitik/anpassungsstrategie/oe_strategie.html [12.10.2020].
- Eitzinger, J., Trnka, M., Semerádová, D., Thaler, S., Svobodová, E., Hlavinka, P. et al. (2013). Regional climate change impacts on agricultural crop production in Central and Eastern Europe – hotspots, regional differences and common trends. *The Journal of Agricultural Science*, 151(6), 787–812. doi:10.1017/S0021859612000767
- Europäisches Parlament (EP); Rat der Europäischen Union (ER). (2000). Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie - WRRRL), Richtlinie 2000/60/EG. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/ALL/?uri=CELEX%3A32000L0060> [18.6.2021].
- Friedl, F. & Fuchs-Hanusch, D. (2012). Prognose maßgeblicher Versagensarten als Grundlage der Risikobewertung übergeordneter Trinkwassernetze. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, 64(9-10), 453–461. doi:10.1007/s00506-012-0018-6
- Fuchs-Hanusch, D. (2015). Betrieb, Instandhaltung und Entwicklung der siedlungswasserwirtschaftlichen Infrastrukturnetze. Herausforderungen im 21. Jahrhundert. In Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes (ÖWAV) (Hrsg.), „Zukunft denken“ - *Wasserwirtschaft 2035* (Schriftenreihe ÖWAV, Bd. 170, Bd. 170, S. 65–72). Wien. ISBN: 978-3-902978-46-2.
- Fuchs-Hanusch, D., Steffelbauer, D. & Günther, M. (2015). *Drucksensoren zur Leckagelokalisierung: Optimale Platzierung der Sensoren durch Berücksichtigung von Verbrauchsunsicherheiten* (Aqua & Gas).
- Gorenstein, A., Kalech, M., Fuchs-Hanusch, D. & Hassid, S. (2020). Pipe Fault Prediction for Water Transmission Mains. *Water*, 12(10), 2861. doi:10.3390/w12102861
- Haas, W., Weisz, U., Balas, M., McCallum, S., Lexer, W., Pazdernik, K. et al. (2008). Identifikation von Handlungsempfehlungen zur Anpassung an den Klimawandel in Österreich: 1. Phase, 2008, 249.
- Hoekstra, A. Y. (Hrsg.). (2011). *The water footprint assessment manual: setting the global standard*. London. ISBN: 978-1-84971-279-8.
- Klik, A. (2019). *Wasserwirtschaftliche Aspekte bei der zukünftigen Pflanzenproduktion*. http://www.noef.gv.at/noef/Landwirtschaft/WasserwirtschaftlicheAspekte_Klik.pdf [24.8.2020].
- Mayr, E., Lukas, A. & Perfler, R. (2012). *Energieleitfaden zur Optimierung der Energienutzung bei Wasserversorgungsanlagen*. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT) (Hrsg.). Wien. <https://www.bmlrt.gv.at/service/publikationen/wasser/Energieleitfaden-WVA-Letztfassung.html> [20.10.2020].
- Mekonnen, M. M. & Hoekstra, A. Y. (2011). *National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption* (Value of Water Research Report Series No. 50). Delft, The Netherlands. <https://research.utwente.nl/en/publications/national-water-footprint-accounts-the-green-blue-and-grey-water-f> [30.6.2021].
- Neunteufel, R., Mayr, E., Krakow, S., Richard, L. & Herda, R. (2017). Von Netzalter, Wasserverlusten und Schadensraten zur langfristigen Erneuerungsplanung. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, 69(5-6), 254–259. doi:10.1007/s00506-017-0390-3
- Neunteufel, R. & Richard, L. (2012). Messung von Grundlagendaten zum Wasserverbrauch. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, 64(9-10), 471–478. doi:10.1007/s00506-012-0019-5
- Neunteufel, R., Richard, L. & Perfler, R. (2010). *Wasserverbrauch und Wasserbedarf. Auswertung empirischer Daten zum Wasserverbrauch*. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW). https://info.bmlrt.gv.at/service/publikationen/wasser/wasserverbrauch_stud.html [25.11.2021].
- 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

Niggli, U., Earley, J. & Ogorzalek, K. (2007). Issues paper. Organic agriculture and environmental stability of the food supply, 21. <https://orgprints.org/10752/1/niggli-et-al-2007-environmental-stability.pdf> [30.6.2021].

Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach (ÖVGW). (2007). RL W100 - Wasserverteilungen, Betrieb und Instandhaltung (Richtlinie W100).

Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach (ÖVGW). (2009). RL W63 - Wasserverluste in Trinkwasserversorgungssystemen: Ermittlung, Bewertung und Maßnahmen zur Verminderung (Richtlinie W63). https://shop.austrian-standards.at/action/de/public/details/340175/OEVGW_W_63_2009_09;jsessionid=A061B2CF002A3AE05F067D5C78AEB204 [20.8.2021].

Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach (ÖVGW). (2011). RL W105 - Schadensstatistik; Erfassung und Verarbeitung von Schadensereignissen (Richtlinie W105).

Rat der Europäischen Union (ER). (2018). Vorschlag für eine RICHTLINIE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Neufassung) (2017/0332 (COD)), 5846/18. <https://www.consilium.europa.eu/de/press/press-releases/2019/03/05/safe-and-clean-drinking-water-eu-updates-quality-standards/> [12.10.2020].

Sanders, J. & Heß, J. (Hrsg.). (2019). *Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft* (2.). DE. doi:10.3220/REP1576488624000

Steffelbauer, D., Günther, M., Neumayer, M. & Fuchs-Hanusch, D. (2017). *AZM - Aktives Zustandsmonitoring von Trinkwasserverteilnetzen*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) (Hrsg.). Wien. <https://www.bmlrt.gv.at/service/publikationen/wasser/AZM-Trinkwasserverteilnetze.html> [20.10.2020].

Vanham, D. (2012). Der Wasserfußabdruck Österreichs: Wie viel Wasser nützen wir tatsächlich, und woher kommt es? *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 64(1), 267–276. doi:10.1007/s00506-011-0370-y
Vensim® PLE (Version 8.0.9.)

[Computer software]. (1998): Ventana Systems, Inc. <https://vensim.com/>.

Vereinte Nationen (UN). (2015). *Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development* (A/RES/70/1).

Wada, Y., Wisser, D., Eissner, S., Flörke, M., Gerten, D., Haddeland, I. et al. (2013). Multimodel projections and uncertainties of irrigation water demand under climate change. *Irrigation demand under climate change. Geophysical Research Letters*, 40(17), 4626–4632. doi:10.1002/grl.50686

Ward, F. A. & Pulido-Velazquez, M. (2008). Water conservation in irrigation can increase water use. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(47), 18215–18220. doi:10.1073/pnas.0805554105

Water Corporation. (2020). *Sprinkler & Watering Days Perth, WA - Water Corporation of WA*. <https://www.watercorporation.com.au/Help-and-advice/Watering-days/Find-watering-days-or-report-a-breach/How-we-determine-your-watering-days> [20.10.2020].

WRG. (1959). Kundmachung der Bundesregierung vom 8. September 1959, mit der das Bundesgesetz, betreffend das Wasserrecht, wiederverlautbart wird. (Wasserrechtsgesetz - WRG), StF: BGBl. Nr. 215/1959 (WV). <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10010290> [30.6.2021].

Yin, J., Gentile, P., Zhou, S., Sullivan, S. C., Wang, R., Zhang, Y. et al. (2018). Large increase in global storm runoff extremes driven by climate and anthropogenic changes. *Nature Communications*, 9(1), 4389. doi:10.1038/s41467-018-06765-2

Zyoud, S. H. & Fuchs-Hanusch, D. (2017). A bibliometric-based survey on AHP and TOPSIS techniques. *Expert Systems with Applications*, 78, 158–181. doi:10.1016/j.eswa.2017.02.016

Anhang Systembild und Variablenliste

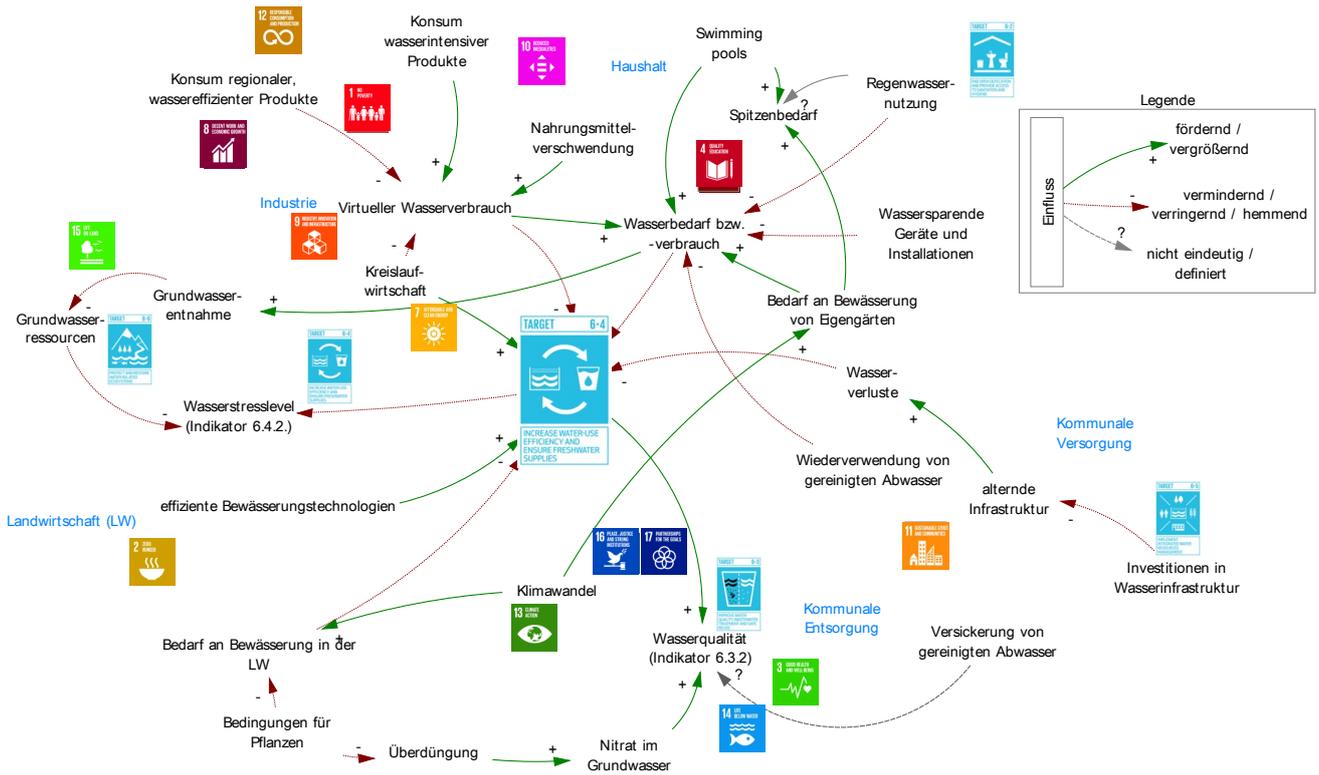


Abb. O_6-03_01: Systembild zur Beschreibung der Option 6.3 und deren Interaktionen mit anderen SDGs. Quelle: Eigene Darstellung in Vensim® PLE, 1998. Definition der Elemente in Tab. O_6-03_04.

// Fig. O_6-03_01: System image to describe Option 6.3 and its interactions with other SDGs. Source: Own illustration in Vensim® PLE, 1998. Definition of the elements in Tab. O_6-03_04.

Bezeichnung der Variablen	Genauere Beschreibung, was damit gemeint ist	Begründung für diese Variable
Industrie		
Kreislaufwirtschaft	Ein Modell, das auf einen möglichst geschlossenen Kreislauf in Bezug auf Produktion und Verbrauch abzielt. Im Bereich des SDG 6 sind dabei besonders Wasser, Abwasser, Nährstoffe, Fäkalien und Energie als Produkte und Ressourcen relevant. Hier: Fokussiert auf Wasser.	Direkter Einfluss auf Wassereffizienz

Landwirtschaft		
effiziente Bewässerungstechnologien	Arten/Technologien/Verfahren zu Bewässerung von Pflanzen die im Vergleich zum Output einen geringen Wasserbedarf aufweisen (z. B. Tropfbewässerung)	Direkter Einfluss auf Wassereffizienz
Überdüngung	Düngung, die zu einer übermäßigen Anreicherung des Bodens mit Nährstoffen führt	Indirekter Einfluss auf Wassereffizienz über Bedarf an Bewässerung
Bedarf an Bewässerung	Wasserbedarf für Bewässerung von Pflanzen in Österreich	Direkter Einfluss auf Wassereffizienz
Klimawandel	Veränderung des Klimas bzw. derzeitige von Menschen verursachte Klimaerwärmung	Indirekter Einfluss auf Wassereffizienz über Bedarf an Bewässerung
Grundwasserentnahme	Fördern von Grundwasser durch technische Maßnahmen	Beeinflusst durch Wasserverbrauch
Grundwasserressourcen	Wassermenge, die in Österreich für eine bestimmte Zeitspanne in Form von Grundwasser als Komponente des Wasserkreislaufes der Erde auftritt	Einflussgröße auf Wasserstresslevel
Wasserstresslevel (Indikator 6.4.2)	Anteil der Süßwasserentnahme an gesamtverfügbaren Süßwasserressourcen unter Berücksichtigung des ökologischen Mindestabflusses	Direkt beeinflusst durch Wassereffizienz
Bedingungen für Pflanzen	Diverse Wachstumsbedingungen für Pflanzen, die deren Wasser- bzw. Bewässerungsbedarf beeinflussen (z. B. Infiltrationsrate, Nährstoffhaushalt, Erosionsschutzmaßnahmen, Verdunstungsraten, Humusgehalt, Wasserspeicherkapazität etc.)	Indirekter Einfluss auf Wassereffizienz über Bedarf an Bewässerung
Nitrat im Grundwasser	Nitratgehalt in Gewässern	Einflussgröße auf Wasserqualität
Wasserqualität (Indikator 6.3.2.)	Wassergüte, -beschaffenheit (chemisch, physikalisch, biologisch, hygienisch)	Beeinflusst durch Effizienz bei der Wassernutzung

Kommunale Entsorgung		
Wiederverwendung von gereinigtem Abwasser	Verwendung von gereinigtem Abwasser für untergeordnete Zwecke bzw. je nach Verschmutzungsgrad	Indirekter Einfluss auf Wassereffizienz über Wasserverbrauch
Versickerung von gereinigtem Abwasser	Gezielte Versickerung von gereinigtem Abwasser am Ort bzw. nahe dem Ort der Entstehung	Direkter Einfluss auf Wasserqualität
Bezeichnung der Variablen	Genauere Beschreibung, was damit gemeint ist	Begründung für diese Variable
Kommunale Versorgung		
Wasserverluste	Ungewollte Verluste von Wasser im Zuge der Wasseraufbereitung, -verteilung und -verwendung (z.B. Leitungsverluste)	Direkter Einfluss auf Wassereffizienz
Alternde Infrastruktur	Älter werdende und damit für Wasserverluste anfällige Wasserinfrastruktur	Indirekter Einfluss auf Wassereffizienz über Wasserverluste
Investitionen in Wasserinfrastruktur	Finanzielle Investitionen in Wasserinfrastruktur, z.B. für Sanierungsmaßnahmen	Indirekter Einfluss auf Wassereffizienz über Wasserverluste und alternde Infrastruktur

Haushalt		
Wassersparende Geräte und Installationen	Diverse Haushaltsgeräte mit vergleichsweise geringem Wasserbedarf, bzw. Installationen, die den Wasserbedarf reduzieren	Indirekter Einfluss auf Wassereffizienz über Wasserverbrauch
Wasserverbrauch	Verbrauch von Wasser (inklusive virtuellem Wasser) (z. B. in m ³ /EW/yr), (eigentlich ‚Wassergebrauch‘ da Wasser nicht ‚verbraucht‘ werden kann); lt. ÖNORM 2530-1 (2006) „an den Verbraucher abgegebene zeitbezogene Wassermenge“	Direkter Einfluss auf Wassereffizienz
Wasserbedarf	Errechnete, erforderliche Wassermenge, die für ein Versorgungsgebiet, ein Teilgebiet oder eine_n Verbraucher_in benötigt wird (ÖNORM B 2601, 2004)	Direkter Einfluss auf Wassereffizienz
Regenwassernutzung	Sammlung und Verwendung von Regenwasser zur Deckung des Wasserbedarfs für untergeordnete Zwecke, kann absoluten Spitzenbedarf senken, relativen jedoch erhöhen (bei Extremereignissen)	Indirekter Einfluss auf Wassereffizienz über Wasserverbrauch
Swimming pools	Schwimmbekken: Becken, das zum Baden, Schwimmen, Spielen oder für den Schwimmsport und andere Wassersportarten verwendet wird	Indirekter Einfluss auf Wassereffizienz über Wasserverbrauch
Spitzenbedarf	Spitzenwerte des Wasserbedarfs, diese sind entscheidend für die Bemessung der Versorgungsinfrastruktur	Wichtiger Einflussfaktor auf die Bemessung der Infrastruktur
Konsum regionaler, wassereffizienter Produkte	Kauf und Verbrauch von Produkten, die in der Region/in Österreich wassereffizient hergestellt wurden	Indirekter Einfluss auf Wassereffizienz über (virtuellen) Wasserverbrauch
Konsum wasserintensiver Produkte	Kauf und Verbrauch von Produkten mit besonders hohem Wasserbedarf bei Herstellung und Produktion	Indirekter Einfluss auf Wassereffizienz über (virtuellen) Wasserverbrauch
Nahrungsmittelverschwendung	Nahrungsmittelverschwendung auf Einzelhandels- und Verbraucherebene und damit Verschwendung des Wassers das für deren Produktion anfällt	Indirekter Einfluss auf Wassereffizienz über (virtuellen) Wasserverbrauch

Tab. O_6-03_04: Variablenliste des Systembildes für Option 6.3.

// Tab. O_6-03_04: List of variables of the system image of Option 6.3.