

TEXTE

143/2024

Anhangband

Auswirkung des Klimawandels auf die Wasserverfügbarkeit – Anpassung an Trockenheit und Dürre in Deutschland (WADKlim)

von:

Ulf Stein, Jenny Tröltzsch, Rodrigo Vidaurre, Hannes Schritt, Benedict Bueb, Johanna Reineke
Ecologic Institut, Berlin

Martina Flörke, Thorben Uschan
Ruhr-Universität Bochum, Bochum

Frank Herrmann, Stefan Kollet, Niklas Wagner, Ian McNamara
Forschungszentrum Jülich, Institut für Bio- und Geowissenschaften, Agrosphäre (IBG-3), Jülich

Tom Guggenberger, Matthias Barjenbruch
Technische Universität Berlin, Berlin

Thomas Dworak, Guido Schmidt
Fresh Thoughts Consulting, Wien

Herausgeber:
Umweltbundesamt

TEXTE 143/2024

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für
Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3720 48 278 0
FB001492

Anhangband

Auswirkung des Klimawandels auf die Wasserverfügbarkeit – Anpassung an Trockenheit und Dürre in Deutschland (WADKlim)

von

Ulf Stein, Jenny Tröltzsch, Rodrigo Vidaurre, Hannes Schritt,
Benedict Bueb, Johanna Reineke
Ecologic Institut, Berlin

Martina Flörke, Thorben Uschan
Ruhr-Universität Bochum, Bochum

Frank Herrmann, Stefan Kollet, Niklas Wagner, Ian McNamara
Forschungszentrum Jülich, Institut für Bio- und
Geowissenschaften, Agrosphäre (IBG-3), Jülich

Tom Guggenberger, Matthias Barjenbruch
Technische Universität Berlin, Berlin

Thomas Dworak, Guido Schmidt
Fresh Thoughts Consulting, Wien

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Durchführung der Studie:

Ecologic Institut
Pfalzburger Str. 43/44
10717 Berlin

Ruhr-Universität Bochum
Universitätsstraße 150
44801 Bochum

Forschungszentrum Jülich GmbH
Wilhelm-Johnen-Straße
52428 Jülich

Technische Universität Berlin
Straße des 17. Juni 135
10623 Berlin

Fresh Thoughts Consulting GmbH
Hütteldorfer Straße 215/29
1140 Wien, Österreich

Abschlussdatum:

Mai 2024

Redaktion:

Fachgebiet II 2.1 Übergreifende Angelegenheiten Wasser und Boden
Bernd Kirschbaum, Corinna Baumgarten, Manuela Helmecke

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, April 2024

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung: Auswirkung des Klimawandels auf die Wasserverfügbarkeit & Anpassung an Trockenheit und Dürre in Deutschland (WADKlim)

Vor dem Hintergrund des Klimawandels ist damit zu rechnen, dass es in Deutschland aufgrund steigender Temperaturen und veränderter Niederschlagsverhältnisse zunehmend zu Trockenzeiten kommt, Bodenfeuchte und Grundwasserspiegel langfristig abnehmen, und die Wasserverfügbarkeit gemindert wird. Dieser Bericht fasst die Ergebnisse des WADKlim-Projektes zusammen, das die Auswirkung des Klimawandels auf die Wasserverfügbarkeit sowie die Anpassung an Trockenheit und Dürre in Deutschland untersucht hat. Das Projekt schafft einen Überblick über die gegenwärtige Wasserverfügbarkeit in Deutschland, sowie deren zukünftigen Entwicklung unter Klimawandelbedingungen. Weiterhin analysiert das Vorhaben aktuelle und zukünftige Wassernutzungskonflikte in Deutschland und entwickelt Lösungsstrategien und Maßnahmen, die zum vorausschauenden Umgang und zur Vermeidung von Nutzungskonflikten beitragen können. Zudem werden die Möglichkeiten, Chancen und Risiken der Wasserwiederverwendung zur Bewässerung im urbanen Raum dargestellt und bewertet.

Abstract: Drought and Water Use Conflicts in Germany (WADKlim)

Against the background of climate change, it is to be expected that Germany will increasingly experience dry periods due to rising temperatures and changing precipitation patterns, that soil moisture and groundwater levels will decrease in the long term, and that water availability will be reduced. This report presents the results of the WADKlim project, which investigated the impact of climate change on water availability and adaptation to drought in Germany. The project provides an overview of the current water availability in Germany, as well as its future development under climate change conditions. Furthermore, the project analyses current and future water use conflicts in Germany and develops solution strategies and measures that can contribute to the anticipatory handling and avoidance of use conflicts. In addition, the possibilities, opportunities and risks of water reuse for irrigation in urban areas are presented and evaluated.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Inhaltsverzeichnis | 5 |
| Abbildungsverzeichnis | 7 |
| Tabellenverzeichnis | 9 |
| A Anhang: Für die Bundesländer verfügbare Berichte mit Bezug zu den für landwirtschaftliche Bewässerung ausgestatteten Flächen..... | 11 |
| B Anhang: Regelungen zum Vorrang der Wassernutzung und beim Zusammentreffen mehrerer Anträge auf Benutzung in den Landeswassergesetzen (Stand Mai 2023). | 15 |
| C Anhang: Übersicht möglicher Akteure für die Mitarbeit in Wasserbeiräten | 19 |
| D Anhang: Konzepte zur Initiierung von Wasserbeiräten im Landkreis Gifhorn bzw. im Mitteldeutschen und Lausitzer Revier | 21 |
| D.1 Konzept für die Initiierung eines Wasserbeirats im Landkreis Gifhorn | 21 |
| D.2 Konzept für die Initiierung von Wasserbeiräten im Mitteldeutschen und Lausitzer Revier | 25 |
| E Anhang: Katalog für Maßnahmen zum Rückhalt von Wasser in der Landschaft | 30 |
| F Anhang: Detaillierte Ergebnisse der fünf Potenzial-Ansätze zur Wasserwiederverwendung zur Bewässerung im urbanen Raum..... | 31 |
| F.1 Ableitung der Bewässerungsmengen über pauschale Flächenanteile von Grünanlagen am Siedlungs- und Stadtgebiet (Destatis, 2020)..... | 31 |
| F.2 Ableitung der Bewässerungsmengen über die Anteile von Grünflächen am Siedlungs- u. Stadtgebiet nach dem IÖR (IÖR, 2018) | 33 |
| F.3 Ableitung der Bewässerungsmengen über den Anteil der Grünlandflächen an den Gebietsflächen (IÖR, 2021b) | 34 |
| F.4 Ableitung der Bewässerungsmengen über die Flächennutzung am Siedlungsgebiet in gesamt Deutschland (Destatis, 2021) | 35 |
| F.5 Ableitung der Bewässerungsmengen über eine Hochrechnung aus 6 Modellstädten | 36 |
| G Anhang: Best-Practice-Beispiele zur Wasserwiederverwendung | 42 |
| G.1 Übersicht der Best-Practice Beispiele | 42 |
| G.2 Steckbriefe der Best-Practice Beispiele | 51 |
| G.2.1 Edward C. Little Water Recycling Facility (ECLWRF) (Walters et al., 2013) | 51 |
| G.2.2 Ji Zhuangzi wastewater reclamation plant (JZWRP) (Zhang et al., 2013) | 52 |
| G.2.3 Honouliuli Water Recycling Facility (HWRF) (Edwards et al., 2013) | 53 |
| G.2.4 NEWater, Singapur (Lim & Seah, 2013) | 54 |
| G.2.5 Bora Bora, französisch Polynesien (Lazarova et al., 2012) | 55 |
| G.2.6 Solair wastewater treatment, storage and reuse system (SWWTSRS) (Yanjin et al., 2013) | 56 |
| G.2.7 QingHe Water Reclamation Plant (QHWRP) (Sun et al., 2013) | 57 |

| | | |
|--------|--|-----|
| G.2.8 | BeiXiaoHe Water Reclamation Plant (BXHWRP) (Sun et al., 2013) | 58 |
| G.2.9 | New Goreangab Water Reclamation Plant (NGWRP) (Lahnsteiner et al., 2013) | 59 |
| G.2.10 | Regeneration facility of treated water (IRAD) (Arahuetes, 2016) | 61 |
| G.2.11 | Is Arenas Reuse Facility (IARF) (Muntau, 2000; Sardinia, 2006; Re, 2021)..... | 62 |
| G.2.12 | Wastewater treatment plant of Boca Raton (IRIS) (Boca, 2022; Wilson-Davis, 2022).... | 63 |
| G.2.13 | Pomona Water Reclamation Plant (PWRP) (pwrp, 2022; LASCD, 2021; PWRP, 2021).... | 64 |
| G.2.14 | La Cañada Water Reclamation Plant (LCWRP) (lcwrep, 2022; lcwrep, 2021)..... | 65 |
| G.2.15 | Valencia Water Reclamation Plant (VWRP) (vwrp, 2022; vwrp, 2021) | 66 |
| G.2.16 | Los Coyotes Water Reclamation Plant (LCOWRP) (lcowrp, 2022; lcowrp, 2021) | 67 |
| G.2.17 | Long Beach Water Reclamation Plant (lbwrep) (lbwrep, 2022; lbwrep, 2021) | 68 |
| G.2.18 | Lancaster Water Reclamation Plant (lacwrep) (lacwrep, 2022; lacwrep 2021) | 69 |
| G.2.19 | Palmdale Water Reclamation Plant (pdwrep) (pdwrep, 2022) | 70 |
| H | Anhang: Stakeholderbefragung zur Wasserwiederverwendung im urbanen Raum - Methodik und Auswertung der einzelnen Umfrageergebnisse..... | 72 |
| H.1.1 | Methodik der Stakeholderbefragung | 72 |
| H.1.2 | Umfrageergebnisse..... | 75 |
| I | Anhang: Vorschlag eines Risikomanagementplans für die Bewässerung mit aufbereitetem Wasser im urbanen Raum - in Anlehnung an die Elemente der EU-Reuse Verordnung 2020/741 | 105 |
| | Literaturverzeichnis..... | 108 |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|---------------|---|----|
| Abbildung 1: | Übersicht und Kategorisierung der Stakeholder der urbanen Wasserwiederverwendung. Eigene Darstellung in Anlehnung an Krips, 2017. | 72 |
| Abbildung 2: | Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Wen repräsentieren Sie?“..... | 76 |
| Abbildung 3: | Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Aus welchem Bundesland beantworten Sie diese Umfrage?“ | 76 |
| Abbildung 4: | Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Wissen Sie was Waterreuse ist?“..... | 77 |
| Abbildung 5: | Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Woher und in welchem Zusammenhang haben Sie von Waterreuse erfahren?“ | 78 |
| Abbildung 6: | Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Woher beziehen Sie Ihr Wasser?“ | 79 |
| Abbildung 7: | Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Haben Sie bereits Erfahrungen mit der Verwendung von recyceltem Wasser?“ | 80 |
| Abbildung 8: | Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Stehen Sie im Wettbewerb/Konkurrenz bzgl. der Nutzung von Wasser?“ | 80 |
| Abbildung 9: | Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Können Sie sich unter Berücksichtigung aller hygienischen- und gesundheitlichen Vorschriften vorstellen, recyceltes Wasser zu nutzen?“ | 82 |
| Abbildung 10: | Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Besteht Ihrerseits ein Interesse recyceltes Wasser zu verwenden?“ | 83 |
| Abbildung 11: | Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Welche Ziele haben sie bzgl. der Wasserwiederverwendung?“ | 84 |
| Abbildung 12: | Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Wie hoch ist Ihrerseits die Bereitschaft recyceltes Wasser (z.B. Klar- oder Grauwasser) anstatt Trinkwasser für qualitativ entsprechende Nutzungen (z.B. Bewässerung von Grünflächen, Löschwasser, Toilettenspülwasser) zu verwenden?“ | 85 |
| Abbildung 13: | Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Können Sie sich vorstellen, dass recyceltes Wasser mit der für die jeweilige Nutzung erforderlichen Qualität für folgende Verwendungszwecke verwendet wird? (Toilettenspülung, Löschwasser, Bewässerung, Kühlwasser, Kanal- / Straßenreinigung, Prozesswasser (ohne Lebensmittelindustrie), Autowaschanlagen, Brunnen / Fontänen)?“ | 86 |
| Abbildung 14: | Bewertung der Aussage: „Diese Eigenschaften würden meine Bereitschaft erhöhen recycelten Wassers zu verwenden? (Kosten, Image, Hygienische Unbenklichkeit, Handhabung, Verfügbarkeit, Rechtsicherheit der Anwendung, Wasserknappheit, Farb- und Geruchlosigkeit).“ durch die Stakeholder..... | 87 |
| Abbildung 15: | Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Inwieweit sind Sie durch finanzielle Anreize motiviert, recyceltes Wasser der entsprechenden Qualität für entsprechende Nutzungen zu verwenden anstelle von Trinkwasser (z.B. Bewässerung, Toilettenspülung) oder ggf. zu veräußern (z.B. Klarwasser, Duschwasser)?“ | 89 |
| Abbildung 16: | Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Wie viel Prozent müsste die Kostenersparnis von recyceltem Wasser gegenüber derzeitigen | |

| | | |
|---------------|--|----|
| | Trinkwasserpreisen betragen, um es für Sie attraktiv erscheinen zu lassen? (0 – 20%, 20 – 40%, 40 – 60%, 60 – 80%)?"..... | 90 |
| Abbildung 17: | Bewertung der die Aussage: „Diese Faktoren sind mir in Bezug auf Wasserwiederverwendung wichtig? (Geregelte Rechtslage, Verfügbarkeit, Wirtschaftlichen Nutzen, Ökologischen Nutzen, Wasserqualität, Positive Einstellung der Öffentlichkeit).“ durch die Stakeholder. | 91 |
| Abbildung 18: | Antwort der Stakeholder auf die Frage: "Wie hoch ist der Informationsaufwand für die Schulung von Menschen (bzw. Ihrer Mitarbeiter*innen) die ggf. direkt mit recyceltem Wasser in Kontakt kommen könnten, um sie über die adäquate Verwendung aufzuklären?" | 92 |
| Abbildung 19: | Antwort der Stakeholder auf die Frage: "Fänden Sie es gut, wenn das Thema der Wasserwiederverwendung intensiver in der Öffentlichkeit diskutiert werden würde?" | 93 |
| Abbildung 20: | Antwort der Stakeholder auf die Frage: "Haben Sie Möglichkeiten das Wasser zu speichern?"..... | 94 |
| Abbildung 21: | Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Haben Sie die logistischen Voraussetzungen, um recyceltes Wasser geliefert zu bekommen? (Anfahrt mit dem LKW etc.)?" | 95 |
| Abbildung 22: | Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Liegts Ihrer Meinung die Einsparung von Trinkwasser im Verhältnis mit dem einhergehenden sozialen und ökologischen Aufwand der Bereitstellung von recyceltem Wasser? (z.B. Aufklärungsarbeit, Transport, erschaffen von Arbeitsanweisungen)?“..... | 96 |
| Abbildung 23: | Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Liegts Ihrer Meinung die Einsparung von Trinkwasser im Verhältnis mit dem einhergehenden Kostenaufwand der Bereitstellung von recyceltem Wasser?“ | 96 |
| Abbildung 24: | Antwort der Stakeholder auf die Frage: "Wie schätzen Sie die Umweltverträglichkeit im Rahmen der Bewässerung durch Klarwasser ein?" | 97 |
| Abbildung 25: | Antwort der Stakeholder auf die Frage: "Wie schätzen Sie die Risiken für Boden- oder Grundwasserqualität durch die Nutzung von recyceltem Wasser ein?..... | 98 |
| Abbildung 26: | Antwort der Stakeholder auf die Frage: "Wie schätzen Sie die Risiken für die Menschliche Gesundheit beim Umgang mit recyceltem Wasser ein?" | 99 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|-------------|---|----|
| Tabelle 1: | Übersicht zu für die Bundesländer verfügbare Berichte mit Bezug zu den für Bewässerung ausgestatteten Flächen. Bezugsquelle war in allen Fällen IT.NRW (länderübergreifende Koordinierung) | 11 |
| Tabelle 2: | Regelungen zum Vorrang und beim Zusammentreffen mehrerer Anträge auf Benutzung in den Landeswassergesetzen (Stand Mai 2023). | 15 |
| Tabelle 3: | Übersicht möglicher Akteure für die Mitarbeit in Wasserbeiräten | 19 |
| Tabelle 4: | Konfliktsteckbrief Landkreis Gifhorn | 21 |
| Tabelle 5: | Übersicht relevanter Akteursgruppen und Akteure im Landkreis Gifhorn | 23 |
| Tabelle 6: | Konfliktsteckbrief Mitteldeutsches Revier | 25 |
| Tabelle 7: | Konfliktsteckbrief Lausitzer Revier | 26 |
| Tabelle 8: | Übersicht relevanter Akteursgruppen und Akteure im Mitteldeutschen und Lausitzer Revier | 28 |
| Tabelle 9: | Grünanlagen in Metropolen - Anteil an Siedlungs- und Verkehrsflächen in Städten mit mehr als 100.000 Einwohner*innen (Destatis, 2020) | 31 |
| Tabelle 10: | Übersicht der theoretischen maximalen Jahresbewässerungsmengen für unterschiedliche Stadtgrößen für normale, trockene und sehr trockene Jahre (Potenzialansatz 1). | 32 |
| Tabelle 11: | Übersicht der theoretischen maximalen Jahresbewässerungsmengen für unterschiedliche Stadtgrößen für normale, trockene und sehr trockene Jahre (Potenzialansatz 2) | 33 |
| Tabelle 12: | Übersicht der theoretischen maximalen Jahresbewässerungsmengen für unterschiedliche Stadtgrößen für normale, trockene und sehr trockene Jahre (Potenzialansatz 3) | 34 |
| Tabelle 13: | Übersicht der theoretischen maximalen Jahresbewässerungsmengen für normale, trockene und sehr trockene Jahre (Potenzialansatz 4). | 36 |
| Tabelle 14: | Flächennutzung in den 6 Modellstädten nach einer GIS Auswertung | 38 |
| Tabelle 15: | Flächennutzung in den 6 Modellstädten nach einer GIS Auswertung – Durchschnitt über Modelle | 38 |
| Tabelle 16: | Spezifischen Bewässerungsbedarfe nach DIN 18035-2; KWB-Daten und dem "Handbuch gute Pflege" (Kurths, 2017) | 40 |
| Tabelle 17: | Übersicht der theoretischen maximalen Jahresbewässerungsmengen für unterschiedliche Stadtgrößen für normale, trockene und sehr trockene Jahre (Hochrechnung über Modelle) | 40 |
| Tabelle 18: | Best-Practice-Matrix von Aufbereitungsanlagen zur Wasserwiederverwendung .. | 43 |
| Tabelle 19: | Erreichte Zielwerte der untersuchten Aufbereitungsanlagen inkl. der Aufbereitungstechniken und Einhaltung der untersuchten Rechtsvorschriften bzgl. der Wasserwiederverwendung für die Bewässerung urbaner Grünanlagen..... | 47 |
| Tabelle 20: | Kostenübersicht und prozentuale Einsparungen bezogen auf den regulären Trinkwasserpreis im jeweiligen Land..... | 50 |
| Tabelle 21: | Edward C. Little Water Recycling Facility (ECLWRF) | 51 |
| Tabelle 22: | Ji Zhuangzi wastewater reclamation plant..... | 52 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Tabelle 23: | Honouliuli Water Recycling Facility (HWRF)..... | 53 |
| Tabelle 24: | NEWater | 54 |
| Tabelle 25: | Bora Bora | 56 |
| Tabelle 26: | Solair wastewater treatment, storage and reuse system (SWWTSRS) | 57 |
| Tabelle 27: | QingHe Water Reclamation Plant (QHWRP) | 58 |
| Tabelle 28: | BeiXiaoHe Water Reclamation Plant (BXHWRP) | 59 |
| Tabelle 29: | New Goreangab Water Reclamation Plant (NGWRP) | 60 |
| Tabelle 30: | Regeneration facility of treated water (IRAD)..... | 61 |
| Tabelle 31: | Is Arenas Reuse Facility (IARF)..... | 62 |
| Tabelle 32: | In-City Reclamation Irrigation System (IRIS)..... | 63 |
| Tabelle 33: | Pomona Water Reclamation Plant (PWRP) | 64 |
| Tabelle 34: | La Cañada Water Reclamation Plant (LCWRP) | 65 |
| Tabelle 35: | Valencia Water Reclamation Plant (VWRP)..... | 66 |
| Tabelle 36: | Los Coyotes Water Reclamation Plant (LCOWRP)..... | 67 |
| Tabelle 37: | Long Beach Water Reclamation Plant (lbwrp) | 68 |
| Tabelle 38: | Lancester Water Reclamation Plant (lacwrp)..... | 69 |
| Tabelle 39: | Palmdale Water Reclamation Plant (pdwrp)..... | 70 |
| Tabelle 40: | Freitext Angaben der Stakeholder zur Frage: „Wer sind ihre Mitbewerber und für welche Anwendungen stehen Sie im Wettbewerb?“..... | 81 |
| Tabelle 41: | Freitext Angaben der Stakeholder zur Frage: "Welche sonstigen Ansprüche stellen Sie an die urbane Wasserwiederverwendung?". .. | 88 |
| Tabelle 42: | Freitext Angaben der Stakeholder zur Frage: "Was sind nach Ihrer Meinung weitere zu berücksichtigende Risiken durch die Wasserwiederverwendung? " .. | 100 |
| Tabelle 43: | Freitext Angaben der Stakeholder zur Frage: „Welche Vorbehalte ggü. der urbanen Wasserwiederverwendung haben Sie?“ .. | 102 |
| Tabelle 44: | Freitext Angaben der Stakeholder zur Frage: „Haben Sie zusätzlich generelle Anmerkungen“ .. | 103 |

A Anhang: Für die Bundesländer verfügbare Berichte mit Bezug zu den für landwirtschaftliche Bewässerung ausgestatteten Flächen.

Tabelle 1: Übersicht zu für die Bundesländer verfügbare Berichte mit Bezug zu den für Bewässerung ausgestatteten Flächen. Bezugsquelle war in allen Fällen IT.NRW (länderübergreifende Koordinierung)

| Bundesland | Titel des Berichts/der Tabelle | Jahr der Datenerfassung | Institution/Copyright |
|-------------------|--|-------------------------|--|
| Baden-Württemberg | Landwirtschaftszählung 2020 Landwirtschaftliche Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit und tatsächlicher Bewässerung auf Freilandflächen in den Stadt- und Landkreisen Baden-Württembergs 2019 | 2019 | Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart, 2021 |
| Bayern | Tab. 1202 T-3K-L: 1202 T Landwirtschaftliche Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit auf Freilandflächen - ohne Frostschutzberegnung - und bewässerte Fläche 2019 nach Größenklassen der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) 2020 | 2019 | Bayerisches Landesamt für Statistik, Fürth, 2021 |
| Berlin | Tab. 1202 T-3L-L: 1202 T Landwirtschaftliche Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit auf Freilandflächen - ohne Frostschutzberegnung - und bewässerte Fläche 2019 nach Größenklassen der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) 2020 | 2019 | Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, Potsdam, 2021 |
| Brandenburg | 1202 T Landwirtschaftliche Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit auf Freilandflächen - ohne Frostschutzberegnung - und bewässerte Fläche 2019 nach Größenklassen der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) 2020 | 2019 | Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, Potsdam, 2021 |

| Bundesland | Titel des Berichts/der Tabelle | Jahr der Datenerfassung | Institution/Copyright |
|------------------------|--|-------------------------|--|
| Bremen | Tab. 1202 T-1K-L: 1202 T Landwirtschaftliche Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit auf Freilandflächen - ohne Frostschutzberegnung - und bewässerte Fläche 2019 nach Größenklassen der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) 2020 | 2019 | Statistisches Landesamt Bremen, Bremen, 2021 |
| Hamburg | 1202 T Landwirtschaftliche Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit auf Freilandflächen - ohne Frostschutzberegnung - und bewässerte Fläche 2019 nach Größenklassen der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) 2020 | 2019 | Statistikamt Nord, Kiel 2021 |
| Hessen | Tab. 1202 T-3K-L: 1202 T Landwirtschaftliche Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit auf Freilandflächen - ohne Frostschutzberegnung - und bewässerte Fläche 2019 nach Größenklassen der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) 2020 | 2019 | Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden, 2021 |
| Mecklenburg-Vorpommern | Tab. 1202 T-3K-L: 1202 T Landwirtschaftliche Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit auf Freilandflächen - ohne Frostschutzberegnung - und bewässerte Fläche 2019 nach Größenklassen der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) 2020 | 2019 | Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin, 2021 |
| Niedersachsen | 1202 T Landwirtschaftliche Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit auf Freilandflächen - ohne Frostschutzberegnung - und bewässerte Fläche 2019 nach Größenklassen der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) 2020 | 2019 | Landesamt für Statistik Niedersachsen, LSN 2021 |

| Bundesland | Titel des Berichts/der Tabelle | Jahr der Datenerfassung | Institution/Copyright |
|---------------------|--|-------------------------|--|
| Nordrhein-Westfalen | Landwirtschaftszählung 2020: 1202 T Landwirtschaftliche Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit auf Freilandflächen - ohne Frostschutzberegnung - und bewässerte Fläche 2019 nach Größenklassen der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) 2020 | 2019 | Information und Technik Nordrhein-Westfalen (IT.NRW), Düsseldorf, 2021 |
| Rheinland-Pfalz | Landwirtschaftliche Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit auf Freilandflächen - ohne Frostschutzberegnung - und bewässerter Fläche 2019 nach Verwaltungsbezirken | 2019 | Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Bad Ems, 2021 |
| Saarland | 1202 T Landwirtschaftliche Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit auf Freilandflächen - ohne Frostschutzberegnung - und bewässerte Fläche 2019 nach Größenklassen der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) 2020 | 2019 | Statistisches Amt Saarland, Saarbrücken, 2021 |
| Sachsen | Tab. 1202 T-2K-L: 1202 T Landwirtschaftliche Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit auf Freilandflächen - ohne Frostschutzberegnung - und bewässerte Fläche 2019 nach Größenklassen der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) 2020 | 2019 | Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen, Kamenz, 2021 |
| Sachsen-Anhalt | 1202 T Landwirtschaftliche Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit auf Freilandflächen - ohne Frostschutzberegnung - und bewässerte Fläche 2019 nach Größenklassen der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) 2020 | 2019 | Statistisches Landesamt Sachsen-Anhalt, Halle (Saale), 2021 |

| Bundesland | Titel des Berichts/der Tabelle | Jahr der Datenerfassung | Institution/Copyright |
|--------------------|--|-------------------------|---|
| Schleswig-Holstein | 1202 T Landwirtschaftliche Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit auf Freilandflächen - ohne Frostschutzberegnung - und bewässerte Fläche 2019 nach Größenklassen der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) 2020 | 2019 | Statistikamt Nord, Kiel 2021 |
| Thüringen | Tab. 1202 T-3K-L: 1202 T Landwirtschaftliche Betriebe mit Bewässerungsmöglichkeit auf Freilandflächen - ohne Frostschutzberegnung - und bewässerte Fläche 2019 nach Größenklassen der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) 2020 | 2019 | Thüringer Landesamt für Statistik, Erfurt, 2021 |

B Anhang: Regelungen zum Vorrang der Wassernutzung und beim Zusammentreffen mehrerer Anträge auf Benutzung in den Landeswassergesetzen (Stand Mai 2023).

Tabelle 2: Regelungen zum Vorrang und beim Zusammentreffen mehrerer Anträge auf Benutzung in den Landeswassergesetzen (Stand Mai 2023).

| Bundesland | Name des Gesetzes | Vorrang öffentliche Wasserversorgung | Fundstelle | Vorrang beim Zusammentreffen mehrerer Anträge auf Benutzung | Fundstelle |
|-------------------|--|--------------------------------------|------------|--|-------------|
| Bayern | Bayerisches Wassergesetz (BayWG) vom 09.11.2021 | Keine Angabe | | 1. Nutzen für das Wohl der Allgemeinheit unter besonderer Berücksichtigung wasserwirtschaftlicher Auswirkungen 2. Gewässereigentümer*in 3. Datum der Antragsstellung | Artikel 68 |
| Baden-Württemberg | Wassergesetz für Baden-Württemberg (WG) vom 07.02.2023 | Nein | | 1. Nutzen für das Wohl der Allgemeinheit | § 94 Abs. 1 |
| Berlin | Berliner Wassergesetz (BWG) vom 25.09.2019 | Nein | | 1. Nutzen für das Wohl der Allgemeinheit insbesondere für die öffentliche Wasserversorgung 2. Bedeutung für die Volkswirtschaft unter besonderer Berücksichtigung der wasserwirtschaftlichen Auswirkungen 3. Gewässereigentümer*in 4. Datum der Antragsstellung | § 18 |

| Bundesland | Name des Gesetzes | Vorrang öffentliche Wasserversorgung | Fundstelle | Vorrang beim Zusammentreffen mehrerer Anträge auf Benutzung | Fundstelle |
|------------------------|--|---------------------------------------|-------------|--|-------------|
| Brandenburg | Brandenburgisches Wassergesetz (BbgWG) vom 04.12.2017 | Ja, bei der Benutzung von Grundwasser | § 54 Abs. 2 | 1. Nutzen für das Wohl der Allgemeinheit 2. Bedeutung für die Volkswirtschaft 3. Datum der Antragsstellung | § 33 |
| Bremen | Bremisches Wassergesetz (BremWG) vom 24.11.2020 | Nein | | Keine | |
| Hamburg | Hamburgisches Wassergesetz (HWaG) vom 04.12.2012 | Nein | | 1. Nutzen für das Wohl der Allgemeinheit 2. Gewässereigentümer*in 3. Datum der Antragsstellung | § 80 Abs. 1 |
| Hessen | Hessisches Wassergesetz (HWG) vom 09.12.2022 | Ja, bei der Benutzung von Grundwasser | § 28 Abs. 3 | Keine | |
| Mecklenburg-Vorpommern | Wassergesetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern (LWaG) vom 08.06.2021 | Ja, bei der Benutzung von Grundwasser | § 31 Abs. 2 | 1. Nutzen für das Wohl der Allgemeinheit insbesondere für die öffentliche Wasserversorgung unter besonderer Berücksichtigung wasserwirtschaftlicher Auswirkungen 2. Gewässereigentümer*in 3. Datum der Antragsstellung | § 7 |
| Niedersachsen | Niedersächsisches Wassergesetz (NWG) vom 22.09.2022 | Nein | | 1. Nutzen für das Wohl der Allgemeinheit | § 4 |
| Nordrhein-Westfalen | Landeswassergesetz (LWG) NRW vom 17.12.2021 | Ja, bei allen Wasserentnahmen | § 37 Abs. 2 | Keine | |

| Bundesland | Name des Gesetzes | Vorrang öffentliche Wasserversorgung | Fundstelle | Vorrang beim Zusammentreffen mehrerer Anträge auf Benutzung | Fundstelle |
|-----------------|--|---|-------------|--|------------|
| Rheinland-Pfalz | Landeswassergesetz (LWG) RP 08.04.2022 | Ja, bei der Gewässerbewirtschaftung insgesamt | § 13 Abs. 2 | Keine | |
| Saarland | Saarländisches Wassergesetz (SWG) vom 08.12.2021 | Nein | | <ol style="list-style-type: none"> 1. Nutzen für das Wohl der Allgemeinheit insbesondere für die öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung unter besonderer Berücksichtigung wasserwirtschaftlicher Auswirkungen 2. Gewässereigentümer*in 3. Datum der Antragsstellung | § 18 |
| Sachsen | Sächsisches Wassergesetz (SächsWG) vom 20.12.2022 | Ja, bei der Benutzung von Grundwasser | § 39 Abs. 2 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Nutzen für das Wohl der Allgemeinheit 2. Bestehende Nutzung 3. Gebundenheit einer Nutzung an einen bestimmten Ort, Belästigung anderer sowie Sicherheit der persönlichen und wirtschaftlichen Verhältnisse des Antragsstellenden | § 9 |
| Sachsen-Anhalt | Wassergesetz für das Land Sachsen-Anhalt (WG LSA) vom 07.07.2020 | Nein | | <ol style="list-style-type: none"> 1. Nutzen für das Wohl der Allgemeinheit 2. Gewässereigentümer*in 3. Datum der Antragsstellung | § 18 |

| Bundesland | Name des Gesetzes | Vorrang öffentliche Wasserversorgung | Fundstelle | Vorrang beim Zusammentreffen mehrerer Anträge auf Benutzung | Fundstelle |
|--------------------|---|---------------------------------------|------------|--|------------|
| Schleswig-Holstein | Landeswassergesetz (LWG) SH vom 06.12.2022 | Nein | | 1. Nutzen für das Wohl der Allgemeinheit 2. Bedeutung für die Volkswirtschaft unter besonderer Berücksichtigung wasserwirtschaftlicher Auswirkungen 3. Gewässereigentümer*in 4. Datum der Antragsstellung | § 15 |
| Thüringen | Thüringer Wassergesetz (ThürWG) vom 11.06.2020 | Ja, bei der Benutzung von Grundwasser | § 39 Abs.1 | Keine | |

C Anhang: Übersicht möglicher Akteure für die Mitarbeit in Wasserbeiräten

Tabelle 3: Übersicht möglicher Akteure für die Mitarbeit in Wasserbeiräten

| Sektor | Relevante Akteursgruppen und Akteure |
|-------------------------|--|
| Bei allen Sektoren | Obere und untere Wasserbehörden und ggf. weitere zu beteiligende Behörden, Vertreter*innen der Kommunen |
| Gewässerbewirtschaftung | Wasserwirtschaftsbetriebe Wasserverbände, Bürgerinitiativen zu spezifischen Belangen, DVGW |
| Trinkwasserversorgung | Trinkwasserversorger Industrie Liegenschaftsmanagement Interessensvereine Trinkwasser, DVGW, VKU Bürger*innen |
| Mineralwasserversorger | Mineralwasserversorger |
| Landwirtschaft | Landwirtschaftsamt, Bodenschutzbehörde Landwirtschaftskammer Bauern- und Beregnungsverbände Wasser- und Bodenverbände landwirtschaftliche Genossenschaften Landwirt*innen |
| Naturschutz | Obere und untere Naturschutzbehörden Naturschutzverbände: NABU, BUND, inkl. lokaler Gruppen Schutzgebietsverwaltungen |
| Industrie & Gewerbe | Untere Abfallwirtschafts und Bodenschutzbehörde Industrie- und Handelskammer, Berufsgenossenschaften Industrie- und Gewerbebetriebe |
| Energieversorgung | Verbände (z.B. DVGW, BDEW), lokale Interessensgruppen Energieversorger |
| Forstwirtschaft | Jagd- und Forstverbände, Landesforstvereine Waldbesitzerverbände, Arbeitsgemeinschaft Deutscher Waldbesitzerverbände (AGDW) Waldbesitzer*innen, Förster*innen |
| Tourismus und Sport | Tourismusbehörde Lokale Tourismusinitiativen, Fremdenverkehrsverbände, DEHOGA, Gastronomie, Hotels Regionale Wassersportvereine |
| Schifffahrt & Transport | Wasserstraßen- und Schifffahrtsämter (WSA/WSÄ) (Unterbehörden) Schifffahrtsverbände, Logistikverbände Schifffahrts- und Transportunternehmen |
| Katastrophenschutz | untere Katastrophenschutzbehörden, THW Bürgerinitiativen zu spezifischen Belangen etc. „Feuerwehrverband“, Feuerwehren |

| Sektor | Relevante Akteursgruppen und Akteure |
|----------------------------|--|
| Stadt- und Regionalplanung | Regionale Planungsverbände / Planungsgemeinschaften, Kommunalplanung Bürgerinitiativen zu spezifischen Belangen Bundesverband Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau e. V. (GaLaBau) Liegenschaftsmanagement |
| Binnenfischerei, Angler | Fischereibehörden Angelvereine Fischereiverbände Berufsfischer*innen und Angler*innen |
| Grünflächen | Grünflächenämter, Friedhofsverwaltungen, Städtische Grünflächenverwaltung Kleingartenverbände und -vereine, Bezirksverbände der Kleingärtner, Friedhofsverbände Grünflächenbetriebe Bürgerinitiativen zu spezifischen Belangen Bürger*innen (Nutzung von Grund – und Oberflächenwasser für Pools und Gartenbewässerung etc.) |

D Anhang: Konzepte zur Initiierung von Wasserbeiräten im Landkreis Gifhorn bzw. im Mitteldeutschen und Lausitzer Revier

D.1 Konzept für die Initiierung eines Wasserbeirats im Landkreis Gifhorn

Im Folgenden werden mögliche Schritte zur Einrichtung von regionalen Wasserbeiräten im Landkreis Gifhorn skizziert.

Schritt 1: Konflikte und Konfliktursachen analysieren

Bereits heute werden Konflikte um die Wassernutzung im Landkreis Gifhorn sichtbar.

Tabelle 4: Konfliktsteckbrief Landkreis Gifhorn

| Konfliktsteckbrief Landkreis Gifhorn | |
|--------------------------------------|--|
| Kurzbeschreibung | Der Anteil an Ackerflächen, welche für die Bewässerung ausgestattet ist, ist einer der höchsten aller Landkreise in Deutschland. Anhaltende Trockenperioden in vergangenen Sommern (2018-2022) haben zu phasenweise nicht ausreichendem Wasserdargebot in der Landwirtschaft geführt. Der Wasserverbrauch der Landwirtschaft liegt in trockenen Jahren somit teilweise deutlich über den genehmigten Wasserentnahmen. Die Beregnung mit Abwasser ist umstritten - aufgrund der fehlenden 4. Reinigungsstufe in Kläranlagen ist die Rückleitung von gereinigtem Brauchwasser in die Fläche und Versickerung nicht ohne weiteres möglich, was das Wasserdargebot zusätzlich einschränkt. |
| Räumliche Dimension | Vorrangig lokal, innerhalb des Landkreises, jedoch mit Querbezügen zu anderen Landkreisen (zukünftig zum Beispiel durch Wassertransporte über Regionen hinweg) |
| Zeithorizont | Verstärkt seit 2018; Im Jahr 2018 reichte die genehmigte Wassermenge (38,6 Mio. m ³) zur landwirtschaftlichen Nutzung nicht aus (verbraucht: 59,6 Mio. m ³). |
| Betroffene Sektoren | Landwirtschaft, Wasserwirtschaft, Industrie, Forstwirtschaft |
| Treiber und Ursachen | Anhaltende saisonale Trockenperioden; hohe Intensität an Feldberegnung; lange Genehmigungsverfahren und eine geringe finanzielle und personelle Ausstattung der Wasserbehörden |

Quelle: Eigene Darstellung, Ecologic Institut.

Schritt 2: Ausrichtung und Aufgaben des Gremiums definieren

Im Stakeholder-Workshop wurde übereinstimmend hervorgehoben, dass eine übergreifende Vision hinsichtlich der langfristigen Orientierung des Wassermanagements notwendig ist, die von den unterschiedlichen Sektoren geteilt wird und den Rahmen für die Definition von Zielen und Aufgaben des Beirats darstellt. Bei der Festlegung entsprechender Ziele (z.B. Wasser in der Landschaft halten, Wasserdargebot in den oberen Grundwasserleitern erhöhen) muss der gesamte Wasserhaushalt betrachtet werden, um eine Verlagerung von Problemen zu verhindern.

1. Thematische Ausrichtung:

Bei der thematischen Ausrichtung sind zwei Möglichkeiten denkbar:

- ▶ Austausch zu verschiedenen Wasserthemen (z.B. Hoch- und Niedrigwasser, Dürre, Wasserverschmutzung)
- ▶ Austausch ist begrenzt auf Dürre- und Trockenheit

Beim Stakeholder-Workshop wurde deutlich, dass ein Austausch zu verschiedenen wasserwirtschaftlichen Fragen gewünscht ist, die von sektorenübergreifender Relevanz sind. Wichtig ist, die Aufgabenbereiche des Beirats im Vorfeld genau abzugrenzen. Welche Themen im Beirat behandelt werden können, könnten in einer Satzung klar definiert werden. Die Satzung könnte ebenfalls festlegen, für welche Gewässer der Beirat zuständig ist.

2. Zeitliche Ausrichtung:

Aufgrund der wiederkehrenden Herausforderungen, die mit einem verringerten Wasserdar gebot einhergehen, wird die Einrichtung eines auf Dauer angelegten Gremiums empfohlen. Zusätzlich sollten ad-hoc Abstimmungen ermöglicht werden.

So ist denkbar, dass ein Austausch im Sommer aufgrund anhaltender Trockenheitsphasen in kürzeren Abständen stattfindet (z.B. monatlich zwischen April und September, zweimonatlich zwischen Oktober und März).

3. Aufgabe(n):

Im Allgemeinen sollte die übergeordnete Aufgabe des Wasserbeirats es sein, auf einen Ausgleich zwischen den wasserwirtschaftlichen Interessen einschließlich der Trinkwasser-versorgung und den Belangen der Land- und Forstwirtschaft, der Industrie, der Grundstückseigentümer, der Fischerei und Aquakultur, der Binnenschiffahrt und des Naturschutzes hinzuwirken (BMUV, 2023). Die Diskussion zum thematischen und zeitlichen Rahmen sowie von Hauptaufgaben (s.u.) sollte zu Beginn im Gremium gemeinsam geführt werden, um ein gemeinsames Verständnis zu erlangen. Durch die Ausführung dieser Aufgaben kann der Wasserbeirat dazu beitragen, die Wissensbasis und das Verständnis für unterschiedliche Interessenslagen und Zielstellungen der Sektoren zu verbessern. Der Wasserbeirat könnte zudem Probleme in der Maßnahmenplanung und -umsetzung verringern sowie Handlungssicherheit für die beteiligten Sektoren erhöhen. Bei der Einrichtung des Wasserbeirat wird es entscheidend sein, welche grundlegenden Ziele von den unterschiedlichen relevanten Sektoren getragen werden können, (z.B. Wasser in der Landschaft halten, Wasserdargebot in den oberen Grundwasserleitern erhöhen). Hierbei muss der gesamte Wasserhaushalt betrachtet werden, da sich sonst Probleme nur verlagern.

Konkrete Aufgaben können dabei umfassen:

- ▶ Informationsaustausch zwischen verschiedenen wasserbezogenen Sektoren, Bewusstseinserhöhung, Netzwerkaufbau; der Praxisbezug sollte durch Vor-Ort-Begehungen und Exkursionen gestärkt werden
- ▶ Konsultation bei gesetzlichen Regulierungen & Planungsprozessen, z.B. Kommentierung von Entwürfen
- ▶ Frühzeitige und durchgehende Beteiligung bei Festlegung von Zielen und Prioritäten innerhalb von Planungsprozessen, z.B. gemeinsame Erarbeitung der Datenbasis, wie Bedarfsanalysen, Diskussion von Zwischenständen und Umsetzbarkeit von Lösungsvorschlägen
- ▶ Beratung von Behörden, Wassernutzer*innen und Landnutzer*innen zu relevanten Maßnahmen sowie Überwachung und Evaluierung von deren Umsetzung, z.B. Maßnahmen zur Erhöhung des Wasserrückhalts in der Fläche, sowie zum Dürremanagement

- ▶ Erarbeitung von Empfehlungen zur Aufstellung und Umsetzung regionaler Wassernutzungskonzepte einschließlich Empfehlungen zur Verteilung der Wasserentnahmen sowie von Regional-, Flächennutzungs- und Bebauungsplänen sowie von Wasserschutzgebieten und Bewirtschaftungsauflagen zum Schutz der örtlichen Wasserressourcen
- ▶ Öffentlichkeitsarbeit zur Erhöhung der Akzeptanz beschlossener Maßnahmen

Der Beirat wird keine Gesetzgebungs- oder Genehmigungskompetenz haben und kann nicht die Aufgaben des Landkreises und der unteren Wasserbehörde erfüllen. Trotzdem müssen klare Kompetenzen definiert werden, um die Attraktivität des Beirats zu erhöhen. Z.B. sollte er umsetzungsorientiert sein, in dem er Empfehlungen zum Wassermanagement abgibt und/oder bei bestimmten Verfahren angehört werden muss. Dieser Kompetenzbereich sollte gemeinsam von den beteiligten Stakeholdern diskutiert und anschließend vom Kümmerer definiert werden.

Schritt 3: Akteure, Formalisierung und Austauschformat festlegen

1. Relevante Akteure

Tabelle 5: Übersicht relevanter Akteursgruppen und Akteure im Landkreis Gifhorn

| Sektor | Relevante Akteursgruppen und Akteure |
|-------------------------|--|
| Bei allen Sektoren | Obere und untere Wasserbehörden und ggf. weitere zu beteiligende Behörden, Vertreter*innen der Kommunen |
| Gewässerbewirtschaftung | Aller-Odere-Ise Verband Dachverband der Grundwassernutzer Croya und Parsau NLWKN-Betriebsstelle Süd |
| Trinkwasserversorgung | Wasserverband Gifhorn |
| Landwirtschaft | Landwirtschaftsamt, Bodenschutzbehörde Landwirtschaftskammer Braunschweig Landvolk Gifhorn Beregnungsverband Gifhorn Wasser- und Bodenverbände Landwirt*innen |
| Naturschutz | untere Naturschutzbehörden KONU (Koordinierungsstelle der Natur- und Umweltschutzverbände) |
| Industrie & Gewerbe | Untere Abfallwirtschafts und Bodenschutzbehörde Industrie- und Handelskammer, Berufsgenossenschaften Industrie- und Gewerbebetriebe |
| Energieversorgung | Energieversorger |
| Forstwirtschaft | Niedersächsische Landesforsten – Forstamt Unterlüß |
| Katastrophenschutz | untere Katastrophenschutzbehörden, THW Bürgerinitiativen zu spezifischen Belangen etc. „Feuerwehrverband“, Feuerwehren |

| Sektor | Relevante Akteursgruppen und Akteure |
|----------------------------|--|
| Stadt- und Regionalplanung | Regionale Planungsverbände / Planungsgemeinschaften, Kommunalplanung Bürgerinitiativen zu spezifischen Belangen Bundesverband Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau e. V. (GaLaBau) Liegenschaftsmanagement |

Quelle: Eigene Darstellung, Ecologic Institut.

2. Möglichkeiten der Formalisierung

Auf dem Workshop wurde der Vorschlag gemacht, dass der Beirat auf LK-Ebene durch einen Kooperationsvertrag einberufen und durch einen Kreistagsbeschluss gegründet werden könnte. Er könnte z.B. quartalsmäßig tagen und Empfehlungen abgeben mit der Pflicht, dass dieser bei bestimmten Belangen angehört werden muss. Hierbei wurde angemerkt, dass dies ggf. zur Verzögerung von Genehmigungsverfahren führen könnte. Die Satzung / Geschäftsführung könnte mit Mitteln aus Förderprogrammen (z.B. LEADER-Programm) oder des Kreistags finanziert werden. Bei diesem Vorschlag wurde angemerkt, dass solch ein Gremium ggf. Prozesse verkomplizieren und informelle Strukturen aushebeln könnte. Das Gremium sollte keine Pflichtinstitution werden, sondern lediglich beratend tätig werden.

3. Austauschformate

Beim Workshop wurde hervorgehoben, dass der Praxisbezug des Beirats durch Vor-Ort-Begehung und Exkursionen gestärkt werden sollte.

D.2 Konzept für die Initiierung von Wasserbeiräten im Mitteldeutschen und Lausitzer Revier

Im Folgenden werden mögliche Schritte zur Einrichtung von regionalen Wasserbeiräten im Mitteldeutschen Revier und Lausitzer Revier skizziert. Diese basieren maßgeblich auf den Diskussionen zu Netzwerkarbeit und Wasserbeiräten am 11. und 13. Juli 2023 im Rahmen der Auftaktveranstaltungen des Vorhabens RegionNet WasserBoden.

Schritt 1: Konflikte und Konfliktursachen analysieren

Bereits heute werden Konflikte um die Wassernutzung sichtbar.

Tabelle 6: Konfliktsteckbrief Mitteldeutsches Revier

| Konfliktsteckbrief Mitteldeutsches Revier | |
|---|---|
| Kurzbeschreibung | Bereits heute sind Wasserknappheiten in den Landkreisen im Mitteldeutschen Revier zu verzeichnen. Wasserentnahmen aus Oberflächenwasser wurden z.B. in verschiedenen sächsischen Landkreisen im Juni 2023 beschränkt, u.a. in den Landkreisen Leipzig und Nordsachsen. Aufgrund des Braunkohletagebaus werden zurzeit große Mengen Grundwasser abgepumpt und in die Fließgewässer geleitet. Durch den Ausstieg aus der Braunkohleförderung verändert sich der Wasserhaushalt der Region grundlegend. Das nachbergbauliche Wasserdargebot wird nach aktuellen Erkenntnissen nicht alle Wasserbedarfe der Region decken können, woraus Konflikte zwischen den wassernutzenden Sektoren entstehen können. |
| Räumliche Dimension | Mitteldeutsches Revier, landkreisübergreifend in Sachsen und Sachsen-Anhalt |
| Zeithorizont | Verstärkt sich mit bevorstehendem Ausstieg aus dem Braunkohlebergbau (geplant für spätestens 2038) |
| Betroffene Sektoren | Landwirtschaft, Wasserwirtschaft, Industrie, Forstwirtschaft, Tourismus, Naturschutz |
| Treiber und Ursachen | Bereits heute niedrige Niederschläge, welche sich klimawandelbedingt in den Sommermonaten weiter verringern können; Beeinträchtigung von Grundwasservorkommen aufgrund rückläufiger Grundwasserneubildung, Wiederanstieg des Grundwassers nach Ende der Förderung von Sümpfungswässern sowie aufgrund der Wassergewinnung für verschiedene Wassernutzer; Strukturwandel durch Einstellung des Braunkohletagebaus; Befüllen von Bergbaufolgeseen. |

Quelle: Eigene Darstellung, Ecologic Institut.

Tabelle 7: Konfliktsteckbrief Lausitzer Revier

| Konfliktsteckbrief Lausitzer Revier | |
|--|--|
| Kurzbeschreibung | Die Lausitz ist eine der niederschlagärmsten Regionen Deutschlands. Nichtsdestotrotz trägt sie über die Spree zur Trinkwasserversorgung der Hauptstadtregion Berlin bei. Durch den Braunkohletagebau wird zurzeit Grundwasser in die Spree abgepumpt, welches ca. 50% des Wassers der Spree in Cottbus ausmacht (in Sommermonaten bis 75%). ¹ Mit dem Ausstieg aus dem Braunkohletagebau bis spätestens 2038 steht dieses Wasser nicht mehr zur Verfügung, wodurch sich der Wasserhaushalt stark verändert wird. In der Spree wird mit einem Wasserdefizit gerechnet, welches in trockenen Jahren immer häufiger zu regionalen Wasserengpässen führen wird. Zusätzlich werden für die Flutung der Tagebauseen und die damit angestrebte touristische Nutzung hohe Wassermengen benötigt. Auch in der Teichwirtschaft zeigten sich in den letzten Jahren die Auswirkungen von Wasserknappheit. Fische mussten in tiefere Gewässer umgesetzt oder notabgefischt werden. Weiterhin ist die touristische Nutzung im Spreewald von Zuflüssen der Spree abhängig, z.B. wurden im Jahr 2022 Schleusen im Spreewald geschlossen gehalten, um Ausleitungen zu verringern. |
| Räumliche Dimension | Lausitzer Revier, landkreisübergreifend in Sachsen und Brandenburg |
| Zeithorizont | Verstärkt sich mit bevorstehendem Ausstieg aus dem Braunkohlebergbau (geplant für spätestens 2038) |
| Betroffene Sektoren | Landwirtschaft, Wasserwirtschaft, Industrie, Forstwirtschaft, Teichwirtschaft, Tourismus, Naturschutz |
| Treiber und Ursachen | Bereits heute niedrige Niederschläge, welche sich klimawandelbedingt in den Sommermonaten weiter verringern können; Wiederanstieg des Grundwassers nach Ende der Förderung von Sümpfungswässern, Strukturwandel durch Zurückfahren des Braunkohletagebaus, Befüllen von Bergbaufolgeseen, Überregionale Versorgung mit Trink- und Brauchwasser |

Quelle: Eigene Darstellung, Ecologic Institut.

Schritt 2: Ausrichtung und Aufgaben des Gremiums definieren

In den Diskussionen wurde angemerkt, dass schon eine Reihe von Gremien vor Ort bestehen und dass der Mehrwert an der Mitarbeit an einem Wasser-Netzwerk oder Beirat konkret formuliert und kommuniziert werden muss. Um den Mehrwert und die Wirkung eines Beirats darzustellen, sollte ein Monitoring der Ergebnisse und Auswirkungen der Beiratsaktivitäten erfolgen. Die Aktivitäten können in Stellungnahmen zu verschiedenen Themen bestehen bzw. in angestoßenen Planungsverfahren oder umgesetzten Maßnahmen in den Kommunen.

1. Thematische Ausrichtung:

Bei der thematischen Ausrichtung sind zwei Möglichkeiten denkbar:

- ▶ Austausch zu verschiedenen Wasserthemen (z.B. Hoch- und Niedrigwasser, Dürre, Wasserverschmutzung)
- ▶ Austausch ist begrenzt auf Dürre- und Trockenheit

¹ <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemittelungen/spree-droht-nach-kohleausstieg-in-der-lausitz>

Bei den Diskussionen wurde deutlich, dass die verschiedenen Themen Wassernutzung, Boden, Naturschutz aber auch Klimaschutz, Transformation und Wirtschaftsentwicklung zusammen zu denken und zu diskutieren sind. Damit wäre ein sektorübergreifender Austausch zu verschiedenen Wasserthemen geeignet.

2. Zeitliche Ausrichtung:

In den Diskussionen wurden hauptsächlich wasserwirtschaftliche Planungen, Maßnahmen und Strategien angesprochen, deshalb wird die Einrichtung eines auf Dauer angelegten Gremiums empfohlen. Kommunikationsmaßnahmen oder Diskussionen zur Priorisierung von Wassernutzungen im Fall einer Dürre sind zusätzlich ebenfalls möglich, dafür könnten Richtwerte oder Situationen abgesprochen werden, z.B. in welchen Situationen das Gremium zusammenkommt, um Kommunikationsmaßnahmen einzuleiten.

Der Aspekt des langfristigen Bestands eines Gremiums wurde in beiden Regionen hervorgehoben, u.a. wurde auf das Problem von projektbezogenen Austauschformaten hingewiesen, so dass frühzeitig Möglichkeiten einer Verstetigung zu suchen sind.

3. Aufgabe(n):

Im Allgemeinen sollte es die übergeordnete Aufgabe des Wasserbeirats sein, auf einen Ausgleich zwischen den wasserwirtschaftlichen Interessen einschließlich der Trinkwasserversorgung und den Belangen der Land- und Forstwirtschaft, der Industrie, der Grundstückseigentümer, der Fischerei und Aquakultur, der Binnenschifffahrt und des Naturschutzes hinzuwirken (BMUV, 2023). Die Diskussion zum thematischen und zeitlichen Rahmen sowie von Hauptaufgaben sollte zu Beginn im Gremium gemeinsam geführt werden, um ein gemeinsames Verständnis zu erlangen.

In den Diskussionen wurde ein breites Spektrum möglicher Aufgabenbereiche eines Wasserbeirats vorgeschlagen, von Information und Bewusstseinsbildung über einen Austausch zu vorhandenen Datenbeständen bis zur Unterstützung bei Genehmigungsverfahren. Zentral ist, dass die Arbeit in einem Beirat möglichst lösungsorientiert, gekoppelt an Umsetzungsprojekte bzw. -maßnahmen, sein sollte und damit eine hohe Praxisrelevanz aufweisen sollte. Die Entscheidungskompetenz sollte weiterhin bei den Genehmigungsbehörden liegen. Die Kompetenzen sind zu Beginn des Aufbaus des Beirats klar zu formulieren. Darüber hinaus erhöht die klare Festlegung von Zielen und Meilensteinen die Motivation zur Zusammenarbeit bei den Akteuren.

Konkrete Aufgaben können dabei umfassen:

- ▶ Austausch von Informationen zum Konflikt bzw. Handlungsoptionen und Aufbau eines Netzwerks innerhalb des Wassersektors bzw. zwischen verschiedenen wasserbezogenen Sektoren, z.B. Identifizierung von Sektoren mit geringerem Wasserbedarf, die sich für eine Ansiedlung in den Regionen eignen
- ▶ Kommunikation, Information für und Bewusstseinsbildung bei Bürger*innen bzw. relevanten Unternehmen
- ▶ Austausch zu verfügbaren Daten zum Konflikt bzw. Maßnahmen und möglichen Datenschnittstellen zwischen verschiedenen Akteuren
- ▶ Verknüpfung und Austausch zwischen verschiedenen Projektvorhaben in der Region
- ▶ Grobe Beurteilungsunterstützung bzw. Bündelung von Inputs / Herausforderungen in Genehmigungsverfahren v.a. bei Großansiedlungen

- ▶ Unterstützung der Entscheidungsprozesse von Kommunen, z.B. der Beratung zu relevanten Maßnahmen, dem Austausch bzw. Empfehlungen zu regionalen Wassernutzungskonzepten, Priorisierungen der Wassernutzungen oder anderen relevanten Planungsprozessen
- ▶ Moderation des Konflikts, z.B. bei der Priorisierung von Wassernutzungen zwischen verschiedenen Sektoren und Akteuren
- ▶ Unterstützung bei der Umsetzung von Maßnahmen, z.B. Informationen und Austausch zu Lösungsansätzen und Fördermöglichkeiten für Kommunen, Unternehmen, Grundstückseigentümer, etc., Vorschläge für positive Anreize zur Maßnahmenumsetzung

Schritt 3: Akteure, Formalisierung und Austauschformat festlegen

1. Relevante Akteure

Bei den Diskussionen im Lausitzer Revier wurde ein länderübergreifender Austausch zwischen Sachsen, Brandenburg und Berlin als zentral eingestuft. Im Mitteldeutschen Revier wurde eine Zusammenarbeit zwischen Sachsen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg ebenfalls angesprochen.

Im Lausitzer Review sind die zentralen genannten Sektoren und Akteure u.a. Teichwirtschaft, Tourismus, (länderübergreifende) Trinkwasserzweckverbände, Grundstückseigentümer und Vermieter, Industrie und Landwirtschaft. Im Mitteldeutschen Review wurden u.a. genannt: Bauernverbände, (überregionale) Trinkwasserversorger, Sächsischer Städte- und Gemeindetag, Landkreistag und Naturschutzverbände. Die Einbindung von und der Aufbau auf bestehenden Strukturen, wie der Wasser-Bodenverbände bzw. regionaler Planungsverbände, ist zentral. Da keine Einbindung aller Einzelakteure möglich sein wird, sind Organisationen einzubinden, die Einzelakteure untereinander koordinieren können, z.B. Verbände oder Organisationen, die diese Aufgabe regional übernehmen. Neben engagierten Akteuren sollten möglichst auch Entscheider im Beirat vertreten sein, so dass Kompromisse abgestimmt werden können.

In beiden Diskussionen wurden Kümmerer und damit ein Akteur, welcher die Organisation des Beirats übernimmt, als essenziell eingestuft. Die Finanzierung des Kümmerers ist dabei sicherzustellen. Weiterhin sollte eine professionelle Moderation des Austauschs vorhanden sein, v.a. bei konfliktreichen Diskussionen.

Tabelle 8: Übersicht relevanter Akteursgruppen und Akteure im Mitteldeutschen und Lausitzer Revier

| Sektor | Relevante Akteursgruppen und Akteure |
|-------------------------|---|
| Bei allen Sektoren | Obere und untere Wasserbehörden und ggf. weitere zu beteiligende Behörden, Vertreter*innen der Kommunen, LfULG |
| Gewässerbewirtschaftung | Landestalsperrenverwaltung, Wasser- und Bodenverbände |
| Trinkwasserversorgung | Trinkwasserversorger, Trinkwasserzweckverbände |
| Landwirtschaft | Landwirtschaftsamt, Bodenschutzbehörde Landwirtschaftskammer Landwirt*innen Teichwirtschaft (Lausitzer Revier) |
| Naturschutz | untere Naturschutzbehörden |

| Sektor | Relevante Akteursgruppen und Akteure |
|----------------------------|--|
| Industrie & Gewerbe | Untere Abfallwirtschafts und Bodenschutzbehörde Industrie- und Handelskammer, Berufsgenossenschaften Industrie- und Gewerbebetriebe |
| Energieversorgung | Energieversorger |
| Forstwirtschaft | Waldbesitzerverband Sachsen |
| Katastrophenschutz | untere Katastrophenschutzbehörden, THW Bürgerinitiativen zu spezifischen Belangen etc. „Feuerwehrverband“, Feuerwehren |
| Stadt- und Regionalplanung | Sächsischer Städte- und Gemeindetag, Landkreistag, Regionale Planungsverbände / Planungsgemeinschaften, Kommunalplanung Bürgerinitiativen zu spezifischen Belangen Liegenschaftsmanagement |
| Tourismus | Tourismusbehörde Lokale Tourismusinitiativen, Fremdenverkehrsverbände, DEHOGA, Gastronomie, Hotels |

2. Möglichkeiten der Formalisierung

Formalisierungsmöglichkeiten wurden in den Diskussionen wenig angesprochen. Es wurde aber erwähnt, dass auf die Legitimität des Beirats zu achten ist, z.B. mit welchen Regelungen, Strategien oder anderen Prozessen der Beirat verknüpft ist bzw. wo seine Aufgaben bzw. Rechte festgelegt sind.

3. Austauschformate und Attraktivität

Der Praxisbezug des Beirats sollte durch Vor-Ort-Begehungen und Exkursionen gestärkt werden. Bei den Veranstaltungen könnten positive Beispiele (Good practice) von Regionen vorgestellt werden, welche wasserarme Industrien angesiedelt haben, die zur Entwicklung der Region beitragen. Passende technologische Lösungen für die Region könnten vorgestellt werden, z.B. zur Wassereffizienz, zur Brauchwassernutzung/Wasserwiederverwendung.

Die Attraktivität des Gremiums könnte erhöht werden, wenn die Ergebnisse der Arbeiten des Beirats z.B. als kurze und knappe Zusammenfassungen für Entscheider aufbereitet werden und z.B. den Stadt- oder Gemeinderäten bzw. dem Kreistag präsentiert werden. Eine Anerkennung für die Mitarbeit ist über Aufwandsentschädigungen oder das Monitoring der Aktivitäten möglich.

E Anhang: Katalog für Maßnahmen zum Rückhalt von Wasser in der Landschaft

Eine Übersicht der Maßnahmen zum Rückhalt von Wasser in der Wasserwirtschaft, Landwirtschaft und Forstwirtschaft findet sich als Excel-Datei hier:

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/extremereignisse/niedrigwassertrockenheit>

F Anhang: Detaillierte Ergebnisse der fünf Potenzial-Ansätze zur Wasserwiederverwendung zur Bewässerung im urbanen Raum

F.1 Ableitung der Bewässerungsmengen über pauschale Flächenanteile von Grünanlagen am Siedlungs- und Stadtgebiet (Destatis, 2020)

In einer Pressemitteilung vom 8. September 2020 des Statistischen Bundesamts (Destatis, 2020) wurde der Anteil an Grünanlagen an Siedlungs- und Verkehrsflächen für deutsche Städte mit über 100.000 Einwohner*innen bekannt gegeben, vgl. Tabelle 9. Dabei wurden die Grünanlagen definiert als Parks, Siedlungsgrünflächen, Botanische Gärten, Spielplätze und Kleingartenanlagen.

Tabelle 9: Grünanlagen in Metropolen - Anteil an Siedlungs- und Verkehrsflächen in Städten mit mehr als 100.000 Einwohner*innen (Destatis, 2020)

| Einwohner*innen | Prozentualer Anteil der Grünanlagen am Siedlungsgebiet |
|--|--|
| > 500.000 | 10,9 |
| 250.000 – 500.000 | 9,7 |
| 100.000 – 250.000 | 9,2 |
| Summe aller deutschen Siedlungs- und Verkehrsflächen | 6,00 |

Zur Bestimmung der Siedlungs- und Verkehrsfläche wurde sich der Daten des Monitors der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor) bedient, der auf Ergebnissen des Forschungsvorhaben „Wie grün sind deutsche Städte?“ des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) beruht. In diesem Vorhaben wurden deutsche Städte mittels Satelliten-Daten kartografiert und Flächennutzungen für alle deutschen Städte größer 50.000 Einwohner*innen bestimmt, u.a. auch die Siedlungs- und Verkehrsflächen (IÖR, 2021a; BBSR, 2022). Um die benötigten Bewässerungsmengen in kleineren Städten mit 5.000 bis 50.000 Einwohner*innen abzuschätzen, musste sich dagegen pauschaler Annahmen bedient werden. Da der Anteil an Siedlungsfläche von Groß- nach Kleinstadt abnimmt (von 59% bei Großstädten, über 49%, über 42% auf 32 % bei Kleinstädten), wurde ein mittlerer Anteil an Siedlungs- und Verkehrsflächen von 25 % für die Städte mit 20.000 bis 50.000 Einwohner*innen und von 20 % für die Städte mit 5.000 bis 20.000 Einwohner*innen angenommen. Diese pauschalen Werte wurden dann mit dem Flächenanteil von Grünflächen am Siedlungsgebiet von 6 % verschnitten (Destatis, 2020). Damit ergaben sich folgende maximale Bewässerungsmengen, vgl. Tabelle 10.

Tabelle 10: Übersicht der theoretischen maximalen Jahresbewässerungsmengen für unterschiedliche Stadtgrößen für normale, trockene und sehr trockene Jahre (Potenzialansatz 1).

| Stadtgröße in EW (in 1000) | Anzahl der Städte | Grün- flächen (km ²) | Jahresbewässerungs- menge: Normale Jahre (m ³ /a) | Jahresbewässerungs- menge: Trockene Jahre (m ³ /a) | Jahresbewässerungs- menge: Sehr trockene Jahre (m ³ /a) |
|----------------------------------|-------------------------|--|---|--|---|
| > 500 | 14 | 320 | 44.282.504 | 69.123.096 | 124.863.484 |
| 250 – 500 | 12 | 101 | 11.694.971 | 20.617.935 | 38.326.251 |
| 100 – 250 | 54 | 246 | 6.864.059 | 11.621.305 | 20.610.984 |
| 50 – 100 | 111 | 174 | 19.664.538 | 34.270.841 | 65.027.279 |
| 20 – 50 | 473 | 597 | 66.551.261 | 115.453.754 | 222.482.158 |
| 5 – 20 | 1015 | 842 | 97.466.852 | 164.795.645 | 316.981.434 |
| Gesamt | 1.679 | 2.284 | 246.546.746 | 415.911.583 | 788.291.591 |

Nach diesem Vorgehen ergibt sich für alle urbanen Grünflächen Deutschlands ein Bewässerungspotenzial vom 246,55 Mio. m³ für normale Jahre, 415,91 Mio. m³ für trockene Jahre und 788,29 Mio. m³ für sehr trockene Jahre. Bezogen auf das Jahresabwasseraufkommen Deutschlands aus dem Jahr 2021 von 9.047,94 Mio. m³ (Destatis, 2022), entspricht das einem Anteil von 3% für normale Jahre, 5% für trockene Jahre und 9% für sehr trockene Jahre.

Betrachtet man das Abwasseraufkommen je Stadtgröße, entspricht die berechnete Bewässerungsmenge für Großstädte in normalen Jahren nur 2%, in trockenen Jahren nur 4% und in sehr trockenen Jahren 7% des jährlichen Abwasseraufkommens. Mittelstädte würden 3%; 6% bzw. 11% des Jahresabwasseraufkommens für die Bewässerung benötigen, womit relativ wenig Klarwasser dem Gewässer fehlen würde. Für Kleinstädte entspräche der Bedarf 6% in normalen Jahren, 11% in trockenen Jahren und 20% in sehr trockenen Jahren, womit gerade unter Niedrigwasserbedingungen ein negativer Einfluss auf ein Gewässer nicht ausgeschlossen werden kann.

Durch die pauschale Annahme der Grünanlagenanteile für drei Größenbereiche der Städte (basierend auf Destatis, 2020) entsteht eine relative grobe Abschätzung. Auch wenn die theoretischen Bewässerungsmengen auf Grundlage der KWB-Daten für die jeweiligen Städte genau sind, wird bei einer Verschneidung der zwei Datensätze die pauschale Annahme übertragen. Dies wird bei Städten mit weniger als 100.000 Einwohner*innen noch verstärkt, da nun auch der angenommene Grünanlagenanteil auf dem Bundesdeutschendurchschnitt von 6% beruht. Bei einer Stadtgröße von weniger als 50.000 Einwohner*innen ist die Ungenauigkeit am gravierendsten, da auch die Siedlungs- und Verkehrsflächen auf pauschalen Annahmen beruhen.

F.2 Ableitung der Bewässerungsmengen über die Anteile von Grünflächen am Siedlungs- u. Stadtgebiet nach dem IÖR (IÖR, 2018)

Im zweiten Ansatz wurde der prozentuale Anteil des urbanen Grüns zur Siedlungs- und Verkehrsfläche über die IÖR-Datenbank für alle Städte größer 50.000 Einwohner*innen ermittelt (IÖR, 2018). Dort wird das urbane Grün aus den Klassen Laubholz, Nadelholz und Krautige Vegetation des Stadtgrünrasters Deutschland gebildet. Der Anteil an Siedlungs- und Verkehrsflächen wurde wie im ersten Ansatz bestimmt (IÖR, 2021a). Für Städte mit weniger als 50.000 Einwohner*innen wurde ebenfalls wie im ersten Ansatz mit pauschalen Annahmen verfahren. So ergaben sich folgende maximale Bewässerungsmengen, vgl. Tabelle 11.

Tabelle 11: Übersicht der theoretischen maximalen Jahresbewässerungsmengen für unterschiedliche Stadtgrößen für normale, trockene und sehr trockene Jahre (Potenzialansatz 2)

| Stadtgröße in EW (in 1000) | Anzahl der Städte | Grünflächen (km ²) | Jahresbewässerungsmenge: Normale Jahre (m ³ /a) | Jahresbewässerungsmenge: Trockene Jahre (m ³ /a) | Jahresbewässerungsmenge: Sehr trockene Jahre (m ³ /a) |
|-------------------------------|-------------------|-----------------------------------|---|--|---|
| > 500 | 14 | 955 | 133.012.432 | 207.052.049 | 373.191.524 |
| 250 – 500 | 12 | 314 | 34.415.593 | 61.571.459 | 116.648.421 |
| 100 – 250 | 54 | 811 | 24.372.314 | 40.937.101 | 72.864.917 |
| 50 – 100 | 111 | 935 | 102.249.148 | 180.390.941 | 344.604.367 |
| 20 – 50 | 473 | 597 | 66.551.261 | 115.453.755 | 222.640.384 |
| 5 – 20 | 1015 | 842 | 97.489.411 | 164.824.650 | 316.981.435 |
| Gesamt | 1.679 | 2.284 | 458.090.160 | 770.229.954 | 1.446.931.048 |

Nach diesem Vorgehen ergibt sich ein Bewässerungspotenzial vom 458,09 Mio. m³ für normale Jahre, 770,23 Mio. m³ für trockene Jahre und 1.446,93 Mio. m³ für sehr trockene Jahre. Das entspricht einem Anteil am gesamten Abwasseraufkommen Deutschlands von 2021 von 4% für normale Jahre, 8% für trockene Jahre und 15% für sehr trockene Jahre, und ist damit doppelt so groß wie der Anteil aus dem ersten Ansatz.

Unabhängig der gewählten Stadtgröße ist das Verhältnis von Bewässerungsbedarf zu Abwasseraufkommen gleich groß. So werden in normalen Jahren von Klein- über Mittel- zu Großstadt ca. 6% des jährlichen Abwasseraufkommens für die Bewässerung benötigt, in trockenen Jahren sind es 11% und in sehr trockenen Jahren ca. 20% des jährlichen Abwasseraufkommens. Damit entspräche bei Trockenheit die Entnahme ca. einem Fünftel der jährlichen Klarwassereinleitungen in die Gewässer. Dies kann bei kleinen Gewässern einen negativen Einfluss auf die Gewässerökologie haben. Zur Abschätzung des ökologischen Einflusses der Entnahme auf die jeweiligen Gewässer bedarf es jedoch einer genauen Überprüfung für jeden Standort.

Durch die Bestimmung der Grünflächen durch Satellitenauswertung des IÖRs ist dieser Ansatz genauer und bedient sich nicht pauschaler Annahmen für Städte mit mehr als 50.000 Einwohner*innen. Erst bei einer Stadtgröße von weniger als 50.000 Einwohner*innen ist dieser Ansatz wieder mit Unsicherheiten behaftet. Anhand der Flächendefinition ist jedoch nicht auszuschließen, dass auch Stadtwälder unter urbane Grünflächen gezählt werden, was eine Überschätzung der ermittelten Grünflächen zur Folge hätte.

F.3 Ableitung der Bewässerungsmengen über den Anteil der Grünlandflächen an den Gebietsflächen (IÖR, 2021b)

Der dritte Ansatz greift ebenfalls auf Daten des IÖR-Monitors und seiner Datenbank zurück. Neben dem Anteil an Siedlungs- und Verkehrsflächen und Grünanteil gibt die Datenbank auch Informationen zum Grünlandanteil aus. Grünland ist dort definiert als gemähte und beweidete Gras- und Rasenfläche, womit u.a. auch öffentliche Parks-, Grünanlagen und Gärten fallen (IÖR, 2021b).

Da auch bei diesem Ansatz der Datensatz keine Städte mit weniger als 50.000 Einwohner*innen aufweist, wurden wieder pauschale Annahmen für diese Stadtgröße verwendet. Da keine anderen Daten zu Grünlandflächen vorlagen, wurde sich wieder des Grünanteils am Siedlungsgebiet bedient, auch wenn dieser anders definiert ist. Verschnitten mit den KWB-Daten dieser Flächen ergaben sich folgende maximalen Bewässerungsmengen, vgl. Tabelle 12.

Tabelle 12: Übersicht der theoretischen maximalen Jahresbewässerungsmengen für unterschiedliche Stadtgrößen für normale, trockene und sehr trockene Jahre (Potenzialansatz 3)

| EW (in 1000) | Anzahl | Grün- flächen (km ²) | | Jahresbewässerungs- menge: Trockene Jahre (m ³ /a) | Jahresbewässerungs- menge: Sehr trockene Jahre (m ³ /a) |
|-----------------|--------------|--|--------------------|--|---|
| > 500 | 14 | 955 | 38.535.800 | 65.755.362 | 127.331.534 |
| 250 – 500 | 12 | 314 | 16.731.822 | 31.138.675 | 60.786.582 |
| 100 – 250 | 54 | 811 | 17.164.290 | 29.326.936 | 53.534.024 |
| 50 – 100 | 111 | 935 | 114.698.471 | 206.687.729 | 409.170.074 |
| 20 – 50 | 473 | 597 | 66.551.261 | 115.453.755 | 222.640.384 |
| 5 – 20 | 1015 | 842 | 97.489.411 | 164.824.650 | 316.981.435 |
| Gesamt | 1.679 | 2.284 | 351.171.055 | 613.187.107 | 1.190.444.032 |

Nach diesem Vorgehen ergibt sich ein Bewässerungspotenzial von 351 Mio. m³ für normale Jahre, 613 Mio. m³ für trockene Jahre und 1.190 Mio. m³ für sehr trockene Jahre. Das entspricht einem Anteil am gesamten Abwasseraufkommen Deutschlands von 2021 von 4% für normale Jahre, 7% für trockene Jahre und 13% für sehr trockene Jahre, und ist damit etwas kleiner als der Anteil aus dem zweiten Ansatz. Auffällig ist hierbei, dass der Anteil der Städte mit 50.000 – 100.000 Einwohner*innen deutlich mehr Grünlandfläche besitzt und auch den größten

Bewässerungsbedarf aufweist. Generell dürfte der Einfluss auf die Gewässer auch bei einer vollständigen Ausnutzung der Bewässerungsmengen nicht signifikant sein, bedarf jedoch auch einer genauen Überprüfung für jeden Standort und das jeweilige Gewässer.

Bezogen auf die Stadtgrößen ist der Einfluss der Klarwasserentnahme für die Großstädte wieder am geringsten. In normalen Jahren entspricht diese nur 3%, in trockenen Jahren nur 5% und in sehr trockenen Jahren 9% des jährlichen Abwasseraufkommens. Mittel- und Kleinstädte weisen dagegen ähnlich große Einflüsse auf. So entspricht der Bewässerungsbedarf in Mittelstädten 7% in normalen Jahren, 12% in trockenen Jahren und 24% des Jahresabwasseraufkommens in sehr trockenen Jahren, womit gerade in Dürrezeiten eine ökologische Gefahr für die Gewässer nicht ausgeschlossen werden kann. Kleinstädte benötigen in trockenen Jahren 6%, in normalen Jahren 11% und in sehr trockenen Jahren 20% ihres Abwassers für die Bewässerung, womit unter Niedrigwasserbedingungen ein negativer Einfluss auf das Gewässer ebenfalls nicht auszuschließen ist. Um gesicherte Aussagen zur ökologischen Auswirkung zu treffen, bedarf es jedoch einer genauen Überprüfung für jeden Standort und das dortige Gewässer.

Die Einordnung des dritten Ansatzes gestaltet sich als schwierig. Zum einen umfassen Grünlandflächen nicht das gesamte Stadtgrün (z.B. bewaldete Parks, Friedhöfe etc.), zum anderen können durch beweidete Flächen auch landwirtschaftlich genutzte Flächen berücksichtigt werden. Dies macht sich besonders in kleineren Städten bemerkbar, wo der Anteil der Acker- und Weideflächen am Stadtgebiet zunimmt (IÖR, 2021c). Dies zeigt sich auch am Grünlandanteil, der mit sinkender Stadtgröße zunimmt. Somit ist anzunehmen, dass der dritte Ansatz die Bewässerungsflächen für große Städte unterschätzt, da nicht alle urbanen Grünflächen berücksichtigt werden. Die Bewässerungsflächen kleinerer Städte werden dagegen überschätzt, da durch den steigenden Anteil landwirtschaftlich genutzter Graslandflächen, Flächen berücksichtigt werden, die nicht in die Definition von urbanem Grün fallen, aber trotzdem bewässert werden können. Zudem werden wieder kleine Stadtgrößen mit weniger als 50.000 Einwohner*innen mit pauschalen Annahmen berechnet. Die Ergebnisse für diese sind zum einen unscharf und zum anderen nicht gut mit Grünlandflächen zu vergleichen. Im Vergleich zu den anderen Potenzialen ist nicht zu beziffern, ob die Über- oder Unterschätzung dominiert.

F.4 Ableitung der Bewässerungsmengen über die Flächennutzung am Siedlungsgebiet in gesamt Deutschland (Destatis, 2021)

Der vierte Ansatz bedient sich der zum Stand 31.12.2021 vom statistischen Bundesamt erfassten Flächennutzung am deutschen Stadtgebiet (Destatis, 2021). Diese gibt eine deutschlandweite Siedlungsfläche von 33.709 km² an. Davon sind 5.309 km² Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen und davon 3.191 km² Grünanlagen. Zudem wird die Deutsche Friedhofsfläche mit 389 km² beziffert. Da es sich bei diesem Ansatz um eine stadtgrößenunabhängige, deutschlandweite Betrachtung handelt, wird der Bewässerungsbedarf für mittlere Lagen mit den angegebenen Flächen verschnitten. Daraus ergibt sich folgender maximaler Bewässerungsbedarf, vgl. Tabelle 13.

Tabelle 13: Übersicht der theoretischen maximalen Jahresbewässerungsmengen für normale, trockene und sehr trockene Jahre (Potenzialansatz 4).

| Flächennutzung | normale Jahre (m³/a) | trockene Jahre (m³/a) | sehr trockene Jahre (m³/a) |
|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| (-) | | | |
| Sport-, Freizeit und Erholungsflächen | 583.990.000 | 1.035.255.000 | 1.959.021.000 |
| Davon Grünanlagen | 351.010.000 | 622.245.000 | 1.177.479.000 |
| Friedhöfe | 42.790.000 | 75.855.000 | 143.541.000 |
| Gesamt | 626.780.000 | 1.111.110.000 | 2.102.562.000 |

Nach diesem Vorgehen ergibt sich ein Bewässerungspotenzial vom 626,78 Mio. m³ für normale Jahre, 1.111,11 Mio. m³ für trockene Jahre und 2.102,56 Mio. m³ für sehr trockene Jahre. Das entspricht einem Anteil am gesamten Abwasseraufkommen Deutschlands von 2021 von 7% für normale Jahre, 12% für trockene Jahre und 23% für sehr trockene Jahre und ist damit der Ansatz mit dem größten Bewässerungsbedarf und Anteil am gesamten Abwasseraufkommen. Der Einfluss auf die Gewässer bei einem Wegfall von 23% des gesamtdeutschen Abwasseraufkommens in sehr trockenen Jahren darf nicht unterschätzt werden, zumal in solchen Jahren generell mit niedrigen Pegeln zu rechnen ist. Dennoch muss auch hier eine genaue Überprüfung für jeden Standort erfolgen, um detaillierte Abschätzungen geben zu können (Drewes, 2018).

Da die gesamte Siedlungsfläche Deutschlands betrachtet wird, wird nicht mehr zwischen städtischen und ländlichen Siedlungen unterschieden und die Abschätzung der Grünflächen umfasst somit mehr als nur das urbane Grün, was durch die sehr großen Jahresbewässerungsmengen deutlich wird. Zudem musste sich der KWB-Daten für mittlere Lagen bedient werden, womit ortsspezifische Bewässerungsbedarfe nicht berücksichtigt werden konnten.

F.5 Ableitung der Bewässerungsmengen über eine Hochrechnung aus 6 Modellstädten

Durch die Ermittlung der Bewässerungsflächen in jeweils zwei Klein-, Mittel- und Großstädten sollen deren Bewässerungsbedarfe durch die Verschneidung mit den Angaben aus der Norm 18035-2 für Rasensportplätze, den Bewässerungsbedarfen nach den KWB-Daten für mittlere Lagen und den Angaben zur Baumbewässerung aus dem „Handbuch für gute Pflege“ (Kurths, 2017) ermittelt werden. Um anschließend zu einer Abschätzung des deutschlandweiten Bewässerungsbedarfs für die drei Stadtgrößen zu gelangen, wurden die Ergebnisse auf Städte gleicher Größe übertragen.

Dafür wurde mit Daten von Open Street Maps (OSM) zuerst für die administrative Stadtgrenze der jeweiligen Modellstadt gezogen und anschließend mit den Flächendaten aus der Geofabrik

(Geofabrik, 2022) verschnitten. Dabei waren folgende Flächennutzungen von Interesse, auch wenn nicht immer alle Datensätze für die untersuchte Stadt vorlagen:

Graveyard (code 2015), Park (code 2204), Playground (code 2205), Dog park (code 2206), Sport centre (code 2251), Pitch (code 2252), Golf course (code 2255), Tree (code 4121), Park (code 7202), Allotments (code 7207), Meadow (code 7208), Recreation ground (code 7211), Orchard (code 7215).

Als Ergebnis ergaben sich für die Modellstädte folgende Flächen, vgl. Tabelle 14 und Tabelle 15.

Tabelle 14: Flächennutzung in den 6 Modellstädten nach einer GIS Auswertung

| Modellstadt | Kleinstadt: Baruth | Kleinstadt: Breisach am Rhein | Mittelstadt: Lübbecke | Mittelstadt: Brandenburg a.d.H. | Großstadt Düsseldorf | Großstadt: Magdeburg |
|---|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---|----------------------------------|
| Gesamtfläche | 233.830.00 (m ²) | 54.590.000 (m ²) | 65.040.000 (m ²) | 229.720.000 (m ²) | 217.410.000 m ² (m ²) | 201.030.000 (m ²) |
| Parks | 195.145 | 818.610 | 60.000 | 1.090.000 | 25.392.071 | 10.116.200 |
| Sportplätze | 9.008 | 116.339 | 110.000 | 300.000 | 4.659.280 | 1.358.290 |
| Friedhöfe | 53.452 | 38.480 | 140.000 | 250.000 | 2.755.970 | 1.361.000 |
| Kleingärten | | | | | 4.281.380 | 548.310 |
| Begleitgrün | | | | | 4.518.850 | 205.700 |
| Straßenbäume | | 104 | 518 | 6.420 | 7.397 | 755 |
| Gesamte potenzielle Bewässerungsfläche | 257.605 | 973.429,00 | 310.000 | 1.640.000,00 | 41.607.551 | 13.383.800,00 |
| Anteil an Gesamtfläche (%) | 0,11 | 1,78 | 0,48 | 0,71 | 19,14 | 6,66 |

Tabelle 15: Flächennutzung in den 6 Modellstädten nach einer GIS Auswertung – Durchschnitt über Modellstädte

| Durchschnitt über Modellstädte | Kleinstadt | Mittelstadt | Großstadt |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | (m ²) | (m ²) | (m ²) |
| Parks | 506.877 | 575.000 | 17.754.135 |
| Sportplätze | 62.673 | 205.000 | 3.008.785 |

| Durchschnitt über Modellstädte | Kleinstadt | Mittelstadt | Großstadt |
|--------------------------------|------------|-------------|------------|
| Friedhöfe | 45.966 | 195.000 | 2.058.485 |
| Kleingärten | - | - | 2.140.690 |
| Begleitgrün | - | - | 2.533.580 |
| Straßenbäume | 52 | 3.469 | 4.076 |
| Gesamte Bewässerungsfläche | 615.517 | 975.000 | 27.495.675 |

Als Grundlage für die Bewässerung wurden folgende flächenspezifische Werte genutzt, vgl. Tabelle 16.

Tabelle 16: Spezifischen Bewässerungsbedarfe nach DIN 18035-2; KWB-Daten und dem "Handbuch gute Pflege" (Kurths, 2017)

| | Jahresbewässerungs-menge | Jahresbewässerungs-menge | Jahresbewässerungs-menge |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | normale Jahre | trockene Jahre | sehr trockene Jahre |
| | (m³/a) | (m³/a) | (m³/a) |
| Parks (KWB) | 110 | 195 | 369 |
| Sportplätze (DIN19035) | 150 | 250 | 400 |
| Friedhöfe (KWB) | 110 | 195 | 369 |
| Kleingärten (KWB) | 110 | 195 | 369 |
| Begleitgrün (KWB) | 110 | 195 | 369 |
| Straßenbaum (Kurths) | 1,2 | 1,8 | 2,4 |

Durch die Verschneidung der Flächen mit den flächenspezifischen Bewässerungsbedarfen und der anschließenden Multiplikation mit der Gesamtanzahl aller Städte der gleichen Stadtgrößen ergaben sich folgende Bewässerungspotenziale für die verschiedenen trockenen Jahre, vgl. Tabelle 17.

Tabelle 17: Übersicht der theoretischen maximalen Jahresbewässerungsmengen für unterschiedliche Stadtgrößen für normale, trockene und sehr trockene Jahre (Hochrechnung über Modellstädte)

| | Anzahl | normale Jahre | trockene Jahre | sehr trockene Jahre |
|-------------------|--------|---------------|----------------|---------------------|
| | | (m³/a) | (m³/a) | (m³/a) |
| Kleinstädte | 1.015 | 71.267.080 | 125.325.045 | 232.504.807 |
| Mittelstädte | 586 | 67.656.139 | 118.024.059 | 214.557.058 |
| Großstädte | 80 | 251.590.447 | 442.171.778 | 819.134.910 |
| Gesamtdeutschland | 1.681 | 390.513.667 | 685.520.883 | 1.266.196.776 |

Nach diesem Vorgehen ergibt sich ein Bewässerungspotenzial vom 390,51 Mio. m³ für normale Jahre, 685,52 Mio. m³ für trockene Jahre und 1266,20 Mio. m³ für sehr trockene Jahre. Das entspricht einem Anteil am gesamten Abwasseraufkommen Deutschlands von 4% für normale Jahre, 7% für trockene Jahre und 14% für sehr trockene Jahre und ist damit dem Ergebnis von

Ansatz drei sehr nahe. Der Einfluss auf die Gewässer bei einem Wegfall von 14% des gesamtdeutschen Abwasseraufkommens in sehr trockenen Jahren kann einen negativen Einfluss auf die Gewässerökologie haben.

Auf die Stadtgrößen bezogen ist der Einfluss der Klarwasserentnahme am geringsten für Mittelstädte. Hier entspricht er nur 3% in normalen Jahren, 4% in trockenen Jahren und 8% des jährlichen Abwasseraufkommens in sehr trockenen Jahren. In Großstädte beträgt die Entnahme in normalen Jahren 5%, in trockenen Jahren 8% und in sehr trockenen Jahren 15% des jährlichen Abwasseraufkommens. In Kleinstädten kommt es in diesem Ansatz zu sehr starken Klarwasserentnahmen. So werden dort 9% in normalen Jahren; 16% in trockenen Jahren und 30% des Jahresabwasseraufkommens für die Bewässerung benötigt, was starken ökologische Folgen, gerade für kleine Gewässer haben kann. Um die ökologische Auswirkung genau einschätzen zu können, ist - wie bei den anderen Ansätzen auch- eine genaue Überprüfung für den jeweiligen Standort und das jeweilige Gewässer erforderlich (Drewes et al., 2018).

Da von sechs (Modell-)Städten auf Grundlage einer einzigen Vergleichsgröße, der Einwohnerzahl, auf 1.681 Städte hochgerechnet wird, handelt es sich um einen relativ pauschalen Ansatz. Im Verhältnis zu den anderen Ansätzen liegen die berechneten Ergebnisse allerdings im mittleren Bereich. Zusätzlich wurden die Verantwortlichen in allen sechs Modellstädten nach den tatsächlichen potenziellen Bewässerungsflächen und -bedarfen befragt, von denen nur Baruth und Lübbecke antworteten. In Baruth liegen 419.555 m² urbane Grünfläche vor, wovon zurzeit lediglich 1.000 m² im Jahr mit 300 m³ Wasser aus der öffentlichen Wasserversorgung bewässert werden (Zierath, 2022). Die in diesem Ansatz ermittelte urbane Grünfläche in Baruth entspricht nur 61% der angegebenen Fläche. In Lübbecke liegen 767.000 m² urbane Grünfläche vor, wovon zurzeit lediglich 82.000 m² im Jahr mit etwa 2.700 m³ - 5.700 m³ aus der öffentlichen Wasserversorgung und mit etwa 3.000 m³ aus eigenen Brunnen bewässert werden (Feiler, 2022). Damit entspricht die ermittelte urbane Grünfläche in Lübbecke nur 40% der angegebenen Fläche.

Es zeigt sich für diese zwei Modellstädte, dass die gesamte urbane Grünfläche nach dem gewählten Ansatz deutlich unterschätzt wird. Dennoch werden zurzeit wesentlich geringere Bewässerungsmengen benötigt, weshalb die angegebenen Bewässerungsmengen nur einem Bruchteil der ermittelten entsprechen. Das kann zum einen daran liegen, dass die Befragten z.B. Wälder oder landwirtschaftliche Flächen mitberücksichtigt haben, die in der GIS-Auswertung explizit nicht unter urbane Grünflächen fallen. Zum anderen, dass nicht die gesamte Grünfläche bewässert wird und auch nicht über die gesamte Vegetationsperiode, womit der maximale Ansatz der Potenzialermittlung nochmals deutlich wird. Eine genaue Einordnung der ermittelten Potenziale findet im Hauptteil des WADKlim-Abschlussberichts, Kapitel 4.1 statt.

G Anhang: Best-Practice-Beispiele zur Wasserwiederverwendung

G.1 Übersicht der Best-Practice Beispiele

Auf der folgenden Seite befindet sich eine Übersicht von Best-Practice Beispielen für Wasserwiederverwendung.

Tabelle 18: Best-Practice-Matrix von Aufbereitungsanlagen zur Wasserwiederverwendung

| | ECLWRF Kalifornien, USA 170.300 m³/d | JZWRP Tianjin, China 60.000 m³/d | HWRF Honolulu , USA 31.500 m³/d | NEWater* Singapur 531.000 m³/d | PWWTP Bora Bora, Fran.-Poly. 50.000 m³/d | SWTSRS New York, USA 95 m³/d | QHWRP Peking, China 80.000 m³/d | BXHWRP Peking, China 60.000 m³/d | NGWRP Windhoek, Namibia 21.000 m³/d |
|----------------------|--|---|---|---|---|---------------------------------------|---------------------------------------|--|--|
| Urban | | | | | | | | | |
| Bewässerung | X | X | X | | X | X | X | X | X |
| künstliche Gewässer | | X | | | X | | X | | X |
| Reinigungszwecke | | X | | | X | | X | | |
| Toilettenspülung | X | X | | X | | X | X | | X |
| Trinkwasserergänzung | | | | | | | | | X |
| Brandbekämpfung | | | | | X | | | | |
| Gewerbe & Industrie | | | | | | | | | |
| Kühlwasser | | X | | X | | | | | |
| Kühlturmwasser | | | | | | X | | | |
| Kesselspeisewasser | | | | X | | | | | |
| Prozesswasser | | | | X | X | | | | |
| Verfahrensstufen | Fä | Fä | MB | MF/UF | UF | MF | Si | Si | PAK |
| | Fl | MF | Fl | UO | Sp | UV-D | UF | MBR | MBR |
| | SaF | UO | SaF | UV-D | Cl-D | O-D | O-D | UV-D | UV-D |
| | | | | | | | | | Fä |

| | ECLWRF Kalifornien, USA 170.300 m³/d | JZWRP Tianjin, China 60.000 m³/d | HWRF Honolulu , USA 31.500 m³/d | NEWater* Singapur 531.000 m³/d | PWWTP Bora Bora, Fran.-Poly. 50.000 m³/d | SWWTSRS New York, USA 95 m³/d | QHWRP Peking, China 80.000 m³/d | BXHWRP Peking, China 60.000 m³/d | NGWRP Windhoek, Namibia 21.000 m³/d | |
|--|--|---|---|---|---|--|---------------------------------------|--|--|------|
| | D | O-D | UV-D | Sp | | Sp | Cl-D | Cl-D | UO | DEF |
| | Sp | O-Cl | Sp | | | (KT) | | Cl-D | | ZSF |
| | | | | | | ST | | | | O-D |
| | | | | | | | | | | BAK |
| | | | | | | | | | | GAK |
| | | | | | | | | | | UF |
| | | | | | | | | | | Cl-D |
| | | | | | | | | | | Sta |

| | IRAD Alicante, Spanien 41.600 m³/d | IRAF Caliagri, Italien 95.890 m³/d | IRIS Boca Raton, USA 36.718 m³/d | PWRP Kalifornien, USA 30.238 m³/d | LCWRP Kalifornien, USA 757 m³/d | VWRP Kalifornien, USA 81.164 m³/d | LCOWRP Kalifornien, USA 141.952 m³/d | LBWRP Kalifornien, USA 94.635 m³/d | LAWRP Kalifornien, USA 47.969 m³/d | PDWRP Kalifornien, USA 45.424 m³/d |
|---------------------|--|--|---|--|--|--|--|---|---|---|
| Urban | | | | | | | | | | |
| Bewässerung | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| künstliche Gewässer | | | | | X | | | | | |

| | IRAD Alicante, Spanien 41.600 m³/d | IRAF Caliagri, Italien 95.890 m³/d | IRIS Boca Raton, USA 36.718 m³/d | PWRP Kalifornien, USA 30.238 m³/d | LCWRP Kalifornien, USA 757 m³/d | VWRP Kalifornien, USA 81.164 m³/d | LCOWRP Kalifornien, USA 141.952 m³/d | LBWRP Kalifornien, USA 94.635 m³/d | LAWRP Kalifornien, USA 47.969 m³/d | PDWRP Kalifornien, USA 45.424 m³/d |
|---------------------|--|--|---|--|--|--|--|---|---|---|
| Gewerbe & Industrie | | | | | | | | | | |
| Prozesswasser | | | | | | | X | X | | |
| Umwelt | | | | | | | | | | |
| natürliche Gewässer | | | | | X | X | X | X | | |
| Verfahrensstufen | UF | Fä | Sp | Cl-D | Cl-D | Cl-D | Cl-D | Cl-D | Cl-D | MB |
| | Sp | Fl | Cl-D | SaF | Sp | ZSF | SaF | SaF | Sp | TF |
| | | SaF | SaF | Cl-D | | Cl-D | Cl-D | Cl-D | | CL-D |
| | | Cl-D | | | | | | | | |

(biologischer Aktivkohlefilter = BAK; Chlor-Desinfektion = Cl-D; D = Desinfektion; Druck Entspannungs-Flotation = DEF; Fällung = Fä; Flockung = Fl; Granulierte-Aktivkohle-F. = GAK; Klärteich = KT; Membranbioreaktor = BR; Mikrofiltration = MF; Mischbehälter = MB; Nitrifikation = N; Nitrifikation-Denitrifikation = N-DN; Ozonung = O-D; Pulver-Aktivkohle = PAK; Phosphat-Fällung = P-Fl; Sandfiltration = SaF; Sieb = Si; Speicher = Sp; Schönungsteich = ST; Stabilisierung = Sta; Tuchfiltration = TF; UV-Desinfektion = UV-D.; Ultrafiltration = UF; Umkehrosmose = UO; Zweischichtfiltration = ZSF)

* NEWater ist die einzige Anlage in der Matrix, die kein Wasser zur städtischen Bewässerung erzeugt. Da aufbereitetes Wasser jedoch seit Jahrzehnten dem Stadtstaat Singapur als eine wesentliche Wasserquelle dient, wurde es als hervorragendes Beispiel einer städtischen Wasserwiederverwendung aufgeführt.

Da Informationen zu geplanten oder bereits in Betrieb befindlichen Wasserwiederverwendungsanlagen, die eine teilweise oder vollständige Nutzung für die urbane Bewässerung vorsehen, selten zu finden sind oder keine Angaben zu den verwandten Aufbereitungsverfahren gemacht werden, wie z.B. in Madrid, beziehen sich die Praxisbeispiele z.T. auf ältere Quellen. Dies ist im Hinblick auf die Beurteilung der Kosten relevant, wenn diese sich auf nicht mehr gültige Preisangaben beziehen, da sie nicht inflationsbereinigt angegeben wurden. Daher sollten die ermittelten Kosten nicht als exakte Angabe verstanden werden, sondern vielmehr als Orientierung für Einsparpotenziale und dem Vergleich dienen, vgl. Hauptteil des Berichts, Kapitel 4.2.4 *Kosteneinsparpotenziale*. Bei den angegebenen erreichten Ablaufqualitäten lagen je nach Aufbereitungsanlage unterschiedliche Informationen zu den Ablaufparametern vor. Für eine Vergleichbarkeit wurde sich auf die Parameter AFS, Trübung, TOC, CSB, BSB₅, N_{ges}, P_{ges} und E. coli konzentriert, obwohl nicht immer alle Parameter angegeben wurden.

Tabelle 19: Erreichte Zielwerte der untersuchten Aufbereitungsanlagen inkl. der Aufbereitungstechniken und Einhaltung der untersuchten Rechtsvorschriften bzgl. der Wasserwiederverwendung für die Bewässerung urbaner Grünanlagen

| | ECLWRF Kalifornien, USA 170.300 m³/d | JZWRP Tianjin, China 60.000 m³/d | HWRF Honolulu, USA 31.500 m³/d | NEWater Factory Singapur 531.000 m³/d | PWWTP Bora Bora, Fran.-Poly. 50.000 m³/d | SWWTSRS New York, USA 95 m³/d | QHWRP Peking, China 80.000 m³/d | BXHWRP Peking, China 60.000 m³/d | NGWRP Windhoek, Namibia 21.000 m³/d |
|---------------------------|--|--|--------------------------------------|--|---|-------------------------------------|--|--|--|
| Aufbereitungstechnik | Fä. + Fl. SF Cl-D. | UF Oz. Cl-D. | Fä. SF Cl-D. | UF UO UV-D. | UF SP UV-D. Cl-D. | MF UV-D SP | UF UV- u. Cl-D. SP | S UF Cl-D. | AK UF Cl-D. |
| TOC (mg/l) | 8-12 | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. |
| CSB (mg/l) | k. A. | 10-25 | k. A. | k. A. | 15 | k. A. | 45 | 17,5 | 11 |
| BSB ₅ (mg/l) | k. A. | 0,4 - 5 | 0 - 30 | k. A. | 4 | <6 | <2 | <2 | k. A. |
| Trübung (NTU) | <2 | 0 - 2 | 0 - 30 | k. A. | k. A. | 0,2 | k. A. | k. A. | 0,1 |
| AFS (mg/l) | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | <5 | <1 | k. A. | k. A. | k. A. |
| N (mg/l) | 35-45 | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | <20 | <15 | k. A. |
| P (mg/l) | - | k. A. | | k. A. | k. A. | k. A. | <0,5 | <0,3 | k. A. |
| E. coli (KBE/100ml) | n. n. | < 0,3 | < 2,2 | k. A. | n. n. | n. n. | n. n. | n.n | n. n. |
| Grenzwerte eingehalten in | Zy, Fr, Po, Sp, EU, EPA | Zy, Fr, Gr, It, Po, Sp, EU, EPA | - | k. A. | Zy, Fr, It, Po, Sp, EU, EPA | Zy, Fr, Gr, It, Po, Sp, EU, EPA | Zy, Fr, Po, Sp, EU, EPA | Zy, Fr, Gr, It, Po, Sp, EU, EPA | Zy, Fr, Gr, It, Po, Sp, EU, EPA |

| | IRAD Alicante, Spanien 41.600 m ³ /d | IRAF Caliagri, Italien 95.890 m ³ /d | IRIS Boca Raton, USA 36.718 m ³ /d | PWRP Kalifornien, USA 30.238 m ³ /d | LCWRP Kalifornien, USA 757 m ³ /d | VWRP Kalifornien, USA 81.164 m ³ /d | LCOWRP Kalifornien, USA 141.952 m ³ /d | LBWRP Kalifornien, USA 94.635 m ³ /d | LAWRP Kalifornien, USA 47.969 m ³ /d | PDWRP Kalifornien, USA 45.424 m ³ /d |
|------------------------------|--|--|---|--|--|--|---|---|---|---|
| Aufbereitungs-technik | UF UO SP | SF UV-D. Cl-D. | SP Cl-D. SF | Cl-D. SF Cl-D. | Cl-D. SP | Cl-D. SF Cl-D. | Cl-D. SF Cl-D. | Cl-D. SF Cl-D. | Cl-D. SF Cl-D. | SP TF Cl-D. |
| TOC [mg/l] | k. A. | k. A. | 100 - 200 | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. |
| CSB [mg/l] | k. A. | k. A. | 22,1 - 80 | k. A. | 181 | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. | k. A. |
| BSB ₅ [mg/l] | k. A. | k. A. | k. A. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Trübung [NTU] | k. A. | k. A. | 2 - 12 | 0,5 | k. A. | 0,62 | 0,8 | 0,76 | 0,66 | 0,88 |
| AFS [mg/l] | k. A. | k. A. | 15 - 40 | n. n. | 212 | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| N [mg/l] | k. A. | k. A. | 15 - 40 | <12 | 36 | <8 | <9 | <11 | <6 | <5 |
| P [mg/l] | k. A. | k. A. | k. A. | <0,3 | k. A. | 0,8 | 0,3 | 0,5 | k. A. | k. A. |
| E. coli [KBE/100ml] | k. A. | k. A. | k. A. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. | n. n. |
| Grenzwerte eingehalten in | k. A. | k. A. | - | Zy, Fr, Gr*, It, Po, Sp, EU, EPA | - | Zy, Fr, Gr*, It, Po, Sp, EU, EPA | Zy, Fr, Gr*, It, Po, Sp, EU, EPA | Zy, Fr, Gr*, It, Po, Sp, EU, EPA | Zy, Fr, Gr*, It, Po, Sp, EU, EPA | Zy, Fr, Gr*, It, Po, Sp, EU, EPA |

(biologischer Aktivkohlefilter = BAK; Chlor-Desinfektion = Cl-D; D = Desinfektion; Druck Entspannungs-Flotation = DEF; Fällung = Fä; Flockung = Fl; Granulierte-Aktivkohle-F. = GAK; Klärteich = KT; Membranbioreaktor = BR; Mikrofiltration = MF; Mischbehälter = MB; Nitrifikation = N; Nitri-Denitri = N-DN; Ozonung = O-D; Pulver-Aktivkohle = PAK; Phosphat-Fällung = P-Fl; Sandfiltration = SaF; Sieb = Si; Speicher = Sp; Schönungsteich = ST; Stabilisierung = Sta; Tuchfiltration = TF; UV-Desinfektion = UV-D.; Ultrafiltration = UF; Umkehrosmose = UO; Zweischichtfiltration = ZSF)

n. n. = nicht nachgewiesen; k. A. = keine Angabe

Zy = Zypern, Fr = Frankreich; Gr = Griechenland; It = Italien; Po = Portugal; Sp = Spanien; EPA = 32 US-Bundesstaaten

* Eingehalten in Griechenland anhand der Grenzwerte, jedoch nicht anhand der verlangten Aufbereitung

Tabelle 20: Kostenübersicht und prozentuale Einsparungen bezogen auf den regulären Trinkwasserpreis im jeweiligen Land

| | ECLWRF Kalifornien, USA 170.300 m³/d | JZWRP Tianjin, China 60.000 m³/d | HWRF Honolulu, USA 31.500 m³/d | QHWRP Peking, China 80.000 m³/d | BXHWRP Peking, China 60.000 m³/d | NGWRP Windhoek, Namibia 21.000 m³/d |
|---|--|--|--------------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| Quellenjahr | 2006 | 2013 | 2013 | 2013 | 2013 | 2013 |
| Nutzwasserentgelte [€/m³] / [\$/m³] | 0,48 | 0,19 | ~0,25\$ | 0,12 | 0,12 | 0,71 |
| TW-Entgelte im Quellenjahr [€/m³]/ [\$/m³] | k. A. | 0,59 | 0,86\$ | 0,75 | 0,75 | 4 |
| Ersparnis [%] | k. A. | 68 | 71 | 84 | 84 | 83 |

| | IRAD Alicante, Spanien 41.600 m³/d | IRAF Caliagri, Italien 95.890 m³/d | IRIS Boca Raton, USA 36.718 m³/d | PWRP Kalifornien, USA 30.238 m³/d | LCWRP Kalifornien, USA 757 m³/d | VWRP Kalifornien, USA 81.164 m³/d | LCOWRP Kalifornien, USA 141.952 m³/d | LBWRP Kalifornien, USA 94.635 m³/d |
|---|--|--|---|--|--|--|---|---|
| Quellenjahr | 2016 | 2006 | 2022 | 2021 | 2021 | 2021 | 2021 | 2021 |
| Nutzwasserentgelte [€/m³]/ [\$/m³] | 0,1 | 0,08 | 0,19 | 0,44\$ | 0\$ | 0,55\$ | 0,8\$ | 0,8\$ |
| TW-Entgelte im Quellenjahr [€/m³] / [\$/m³] | k. A. | k. A. | k. A. | 1,13\$ | - | 0,64\$ | 1,28\$ | 1,28\$ |
| Ersparnis [%] | k. A. | k. A. | k. A. | 61 | 100 | 14 | 47 | 47 |

G.2 Steckbriefe der Best-Practice Beispiele

G.2.1 Edward C. Little Water Recycling Facility (ECLWRF) (Walters et al., 2013)

Die „Edward C. Little Water Recycling Facility“ ist eine Anlage zur Aufbereitung geklärten Abwassers im kalifornischen Los Angeles an der Südwestküste der USA. Hier können fünf unterschiedliche Wasserqualitätsstufen aufbereiteten Wassers erzeugt werden. Das macht die Anlage zur weltweit umfangreichsten Wasseraufbereitungsanlage. Neben qualitativ sehr hochwertigem Niedrigdruck- und Hochdruck-Kesselspeisewasser und Wasser zur Grundwasseranreicherung, wird mit dem „Titel 22 Water“ ein aufbereitetes Wasser für die Bewässerung der nahgelegenen Grünflächen und zur Toilettenspülung erzeugt.

Tabelle 21: Edward C. Little Water Recycling Facility (ECLWRF)

| Name der Anlage | Edward C. Little Water Recycling Facility (ECLWRF) |
|--|--|
| Standort | Los Angeles, Kalifornien |
| Baujahr | 1995 |
| Kurzbeschreibung | Die Edward C. Little Recycling Facility (ECLWRF) bietet seit 1995 fünf verschiedene Qualitätsstufen aufbereiteten Wassers, das in verschiedenen großen Städten vielseitig verwendet werden kann. Es ist weltweit die einzige Aufbereitungsanlage, die fünf verschiedene Qualitätsstufen erzeugt. |
| Herkunft des zu behandelnden Abwassers | Klarwasser von der zwei-stufigen „Hyperion Treatment Plant“ |
| Ziel | Reduzierung der Wasserimporte in die Region um 50 % bis 2020 |
| Wassermenge | 132.500 m ³ /d (im Mittel); 170.300 m ³ /d (Maximum) |
| Erzeugte Recyclingprodukte | „Title 22 Product Water“: Grünflächenbewässerung, Toilettenspülung und Weiterverarbeitung zu Kühlwasser Niedrigdruck Kesselspeisewasser Hochdruck Kesselspeisewasser Grundwasseranreicherung |
| Verfahrensschritte | <u>„Title 22 Product Water“:</u> Fällung und Flockung mit Eisenchlorid und org. Polymeren Einschicht-Sandfiltration Chlor-Desinfektion <u>Kühlwasser:</u> Zusätzliche Nitrifikation in belüfteten Biofor®-Festbettfiltern |

| Name der Anlage | Edward C. Little Water Recycling Facility (ECLWRF) |
|-----------------------------|--|
| | <u>Niedrigdruck-Kesselspeisewasser:</u> Mikrofiltration Umkehrosmose <u>Hochdruck-Kesselspeisewasser:</u> Mikrofiltration Umkehrosmose Umkehrosmose <u>Grundwasseranreicherung:</u> Mikrofiltration, Umkehrosmose Oxidation Stabilisierung des pH-Werts durch Ausgasen von CO ₂ und Hinzugeben von Kalklösung UV-Desinfektion in Kombination mit Oxidation durch Peroxide Verdünnung mit mind. 25 % Frischwasser |
| Erreichte Zielkonzentration | "Title 22 Product Water": 8 –12 mg/l TOC, 35 –45 mg N/l, < 2 NTU, E. coli nicht nachgewiesen (<2,2 KBE/100 ml) Kühlwasser: 8 –12 mg/l TOC, < 0,1 mg N/l, < 2 NTU, E. coli nicht nachgewiesen (<2,2 KBE/100 ml) Grundwasseranreicherung: 0,2 –0,3 mg/l TOC, 3 mg TKN/l, < 2 NTU, E. coli nicht nachgewiesen (<2,2 KBE/100 ml) |
| Kosten | "Title 22 Product Water": 0,56 – 0,63 \$/m ³ Kühlwurmwasser: 0,63 \$ /m ³ Niedrigdruck Kesselspeisewasser: 0,74 \$/m ³ Hochdruck Kesselspeisewasser: 1,1 \$/m ³ Grundwasseranreicherung: 0,45 /m ³ |

G.2.2 Ji Zhuangzi wastewater reclamation plant (JZWRP) (Zhang et al., 2013)

Die Ji Zhuangzi wastewater reclamation plant war die erste von sechs Klär- und Recycling-Anlagen im Großraum von Tianjin in China. Das aufbereitete Wasser wird für die Toilettenspülung, Flächenbewässerung, Bauvorhaben und als Kühlwasser verwendet.

Tabelle 22: Ji Zhuangzi wastewater reclamation plant

| Name der Anlage | Ji Zhuangzi wastewater reclamation plant |
|-----------------|--|
| Standort | Tianjin, China |
| Baujahr | 2002 |

| Name der Anlage | Ji Zhuangzi wastewater reclamation plant |
|---|--|
| Kurzbeschreibung | Die erste Wiederverwendungsanlage im Großraum Tianjin. Die Verwendung des aufbereiteten Wassers des Ji Zhuangzi wastewater reclamation plant (JZWRP) im Großraum Tianjin ist ein Beispiel für das vielseitige Nutzungspotenzial von Wasserwiederverwendung in Städten. |
| Herkunft des aufzubereitenden behandelten Abwassers | Klarwasser der Ji Zhuangzi wastewater treatment plant (Klärprozess leider nicht genau bekannt) |
| Ziel | Wassereinsparungen im Großraum Tianjin und Erfüllung des "Water Saving Acts" |
| Wassermenge | 60.000 m³/d |
| Erzeugte Recyclingprodukte | Urbane Wasserwiederverwendung für: Toilettenspülung, Flächenbewässerung, Bauvorhaben, Kühlwassernutzung |
| Verfahrensschritte | Fällung Mikro- bzw. Ultrafiltration Ozonung Desinfektion durch Chlorung |
| Erreichte Zielkonzentration | 0,1 - 2 NTU Trübung, 10 – 25 mg/l CSB, 0,4 – 5 mg/l BSB ₅ , < 3 KBE/l E. coli, |
| Kosten | 0,28 €/m³ |

G.2.3 Honouliuli Water Recycling Facility (HWRF) (Edwards et al., 2013)

Die Honouliuli Water Recycling Facility befindet sich im Süden der Insel Oahu (USA, Hawaii), die von Dürren bedroht ist. Aufgrund steigender Bevölkerung und Tourismuszahlen bei gleichzeitiger Limitierung des Grundwasserdargebots wurde die HWRF 2003 in Betrieb genommen. Ziel der Anlage ist die Verbesserung der Bewässerungsqualität, insbesondere für Golfplätze, sowie das Bereitstellen einer gleichbleibenden, hohen Wasserqualität für lokale Industriebetriebe und Steigerung der Resilienz gegenüber zukünftigen Dürren.

Tabelle 23: Honouliuli Water Recycling Facility (HWRF)

| Name der Anlage | Honouliuli Water Recycling Facility (HWRF) |
|--|---|
| Standort | Insel Oahu, Hawaii |
| Baujahr | 2003 |
| Kurzbeschreibung | Wasserwiederverwendungsanlage im Süden Oahu zur Erzeugung von zwei verschiedenen Wasserqualitätsstufen. |
| Herkunft des zu behandelnden Abwassers | Klarwasserabfluss der Honouliuli Wastewater Treatment Plant |

| Name der Anlage | Honouliuli Water Recycling Facility (HWRF) |
|-----------------------------|---|
| Ziel | Verbesserung der Bewässerungsqualität, insbesondere für Golfplätze, das Bereitstellen gleichbleibender, hoher Wasserqualität für lokale Industriebetriebe und die Resilienz gegenüber zukünftigen Dürren. |
| Wassermenge | 31.500 m ³ /d |
| Erzeugte Recyclingprodukte | „RO-Wasser“: Industrieller Gebrauch in Raffinerien und Kraftwerken als Kesselspeisewasser „R1-Wasser“: Bewässerung von Golfplätzen und ähnlichen Flächen |
| Verfahrensschritte | „RO-Wasser“: Mikrofiltration Umkehrosmose Lagerung „R1-Wasser“: Mischbecken Fällung Sandfiltration UV-Desinfektion Lagerung |
| Erreichte Zielkonzentration | „R1-Wasser“: 0 - 30 mg/l BSB5, 0 - 30 mg/l AFS, 0 - 2,2 KBE/100 ml E. coli |
| Kosten | „RO-Wasser“: 1,3 \$/m ³ „R1-Wasser“: 0,15 – 0,53 \$/m ³ |

G.2.4 NEWater, Singapur (Lim & Seah, 2013)

NEWater ist neben Wasserimporten aus Malaysia, Regenwasserspeicherung und Meerwasserentsalzung eine der vier nationalen Wasserquellen des kleinen Insel-Stadt-Staats Singapur. Trotz hoher Niederschläge kann der Wasserbedarf der fünf Millionen Einwohner damit nicht vollständig gedeckt werden. Vier Anlagen decken durch aufbereitetes Wasser aus Kläranlagen zurzeit ca. 40 % des Wasserbedarfs. Hauptsächlich für industrielle und gewerbliche Nutzung („Non-Potable Use“) und zu einem sehr kleinen Teil zur Anreicherung der Trinkwasserreservoirs („Indirect Potable-Use“). Obwohl das NEWater den Trinkwasservorgaben der WHO entspricht, dient es nur der Speisung der Trinkwasserreservoirs, um weitere SchutzbARRIEREN aufrecht zu erhalten. Es gibt aber einige Pilotstudien zur Lebensmittelproduktion, z.B. zur Getränkeproduktion.

Tabelle 24: NEWater

| Name der Anlage | NEWater |
|-----------------|----------|
| Standort | Singapur |

| Name der Anlage | NEWater |
|--|---|
| Baujahr | 2003 |
| Kurzbeschreibung | NEWater ist eine der vier Nationalen Wasserquellen des kleinen Insel Stadt-Staats Singapur. Es kann als Gesamtprojekt angesehen werden und besteht aus vier Aufbereitungsanlagen. |
| Herkunft des zu behandelnden Abwassers | Klarwasserabfluss verschiedene Klärwerke. Dass gereinigte Abwasser muss dabei zu mindestens 85 % aus häuslichem Abwasser bestehen. |
| Ziel | Sicherstellung einer robusten und nachhaltigen Wasserversorgung. Bis 2060 sollen 50 % des Wasserbedarfs damit gedeckt werden. |
| Wassermenge | 531.000 m³/d |
| Erzeugte Recyclingprodukte | Urbane Wasserwiederverwendung für verschiedene Einsätze (ohne Trinkwasser). Hat eine hohe Qualität und kann somit als Trinkwasser aufbereitet werden. |
| Verfahrensschritte | <u>Grundwasseranreicherung:</u> Ultrafiltration/Mikrofiltration Umkehrosmose UV-Desinfektion Lagerung und Verdünnung mit natürlichen Wasserressourcen wie Regen im Grundwasserleiter <u>Weiterverarbeitung zu Brauchwasser mit Trinkwasserqualität:</u> Zusätzlich Fällung/Flockung Sandfiltration Ozonung Chlor-Desinfektion |
| Erreichte Zielkonzentration | Trinkwasservorgaben der WHO (vgl. WHO (2017): z.B.: 5 mg/l Cl; 50 mg/l N _{ges} ; |
| Kosten | k. A. |

G.2.5 Bora Bora, französisch Polynesien (Lazarova et al., 2012)

Aufgrund des zunehmenden Tourismus und einer wachsenden Bevölkerung leidet Bora Bora im Pazifischen Ozean unter Wasserknappheit. Neben Meerwasserentsalzungsanlagen wird seit 2003 auch Wasserwiederverwendung genutzt, um den steigenden Bedarf zu decken. Mit dem aufbereiteten Wasser, das keine Trinkwasserqualität hat, werden hauptsächlich Grünanlagen von Hotels bewässert. Darüber hinaus wird es als Löschwasser, für Waschanlagen, z.B. für Boote, für die Gebäude- und Straßenreinigung und als Prozesswasser für eine Kompostanlage verwendet. Dafür wird es über ein separates Leitungsnetz auf der Insel verteilt und direkt genutzt.

Tabelle 25: Bora Bora

| Name der Anlage | Bora Bora |
|--|---|
| Standort | Insel Bora Bora, Französisch-Polynesien |
| Baujahr | 2003 |
| Kurzbeschreibung | Um den steigenden Wasserbedarf zu decken und die Meerwasserentsalzung zu ergänzen, wird Wasser wiederverwendet, wenn keine Trinkwasserqualität notwendig ist. Die Wasserwiederverwendung auf der Insel Bora-Bora ist durch ihren relativ geringen verfahrenstechnischen Aufwand ein Beispiel einer einfachen Verfahrenskombination für geringe Qualitätsansprüche an aufbereitetes Wasser im urbanen Raum. |
| Herkunft des zu behandelnden Abwassers | Klarwasserabfluss einer zweistufigen Kläranlage |
| Ziel | Ergänzung der Meerwasserentsalzungsanlagen für Wasserverfügbarkeit, wenn keine Trinkwasserqualität erforderlich ist |
| Wassermenge | 50.000 m ³ /d |
| Erzeugte Recyclingprodukte | Wasser mit geringerer Qualität als Trinkwasser zur Bewässerung der Grünanlagen von Hotels, als Löschwasser, für Waschanlagen, z.B. für Boote, Gebäude- und Straßenreinigung und Prozesswasser für eine Kompostanlage |
| Verfahrensschritte | Ultrafiltration Lagerung Desinfizierung mit Chlorid |
| Erreichte Zielkonzentration | 15 mg/l CSB, 4 mg/l BSB ₅ , < 5 mg/l AFS und E. coli und Streptokokken nicht nachgewiesen |
| Kosten | 0,6 €/m ³ |

G.2.6 Solair wastewater treatment, storage and reuse system (SWWTSRS) (Yanjin et al., 2013)

Die Solair Apartments sind die ersten nachhaltigen bzw. grünen Wohn-Hochhäuser der USA und befinden sich in Lower Manhattan. Mit einem dezentralen Behandlungs- und Wiederverwendungs-System können bis zu 95 m³/d der 293 Wohneinheiten behandelt werden. Die Wasserwiederverwendung schont dabei die Wasserressourcen und trägt so zu einem kleinen Teil zur Sicherung der zukünftigen Wasserversorgung bei. Gleichzeitig wird das Mischwassersystems entlastet, wodurch Überflutungsschutz betrieben wird, sowie behördliche Anforderungen eingehalten und zukünftigen Kostensteigerungen minimiert.

Das Klärsystem besteht aus einem belüftetem Schmutzwasserspeicher, einem Sandfang-Tank sowie drei durch Rezirkulation verbundene Tanks. Bei diesen drei Tanks folgt auf einen

anoxischen ein aerober Tank und als Letztes ein Tank mit einer getauchten Membranfiltration. Anschließend wird das Wasser mit UV-Strahlung und Ozon desinfiziert und gespeichert.

Tabelle 26: Solair wastewater treatment, storage and reuse system (SWWTSRS)

| Name der Anlage | Solair wastewater treatment, storage and reuse system (SWWTSRS) |
|--|--|
| Standort | Lower Manhattan, New York |
| Baujahr | 2003 |
| Kurzbeschreibung | Dezentrale Anlage, um das Abwasser von 293 Wohneinheiten des Solair-Towers zu klären und zur Toilettenspülung, Verdunstungskühlung und Bewässerung wiederzuverwenden. Das Solair wastewater treatment, storage and reuse system (SWWTSRS) in Lower Manhattan dient als Best-practice Beispiel für eine dezentrale Behandlungs- und Wiederverwendungsanlage zur urbanen Nutzung. |
| Herkunft des zu behandelnden Abwassers | Eigenes häusliches Abwasser |
| Ziel | Sicherung der Wasserversorgung, Überflutungsschutz, Einhaltung behördlicher Vorgaben und Kosteneinsparung |
| Wassermenge | 95 m ³ /d |
| Erzeugte Recyclingprodukte | Spülwasser für die Toilette, Kühlwasser für Klimaanlagen und Bewässerungswasser |
| Verfahrensschritte | Lagerung Absetzbecken Anoxisches Becken Membran-Bioreaktor UV / Ozon - Desinfektion Lagerung |
| Erreichte Zielkonzentration | < 6 mg/l BSB ₅ , < 1 mg/l AFS, < 0,2 NTU Trübung, E. coli nicht nachgewiesen (< 1 KBE/100 ml) |
| Kosten | k. A. |

G.2.7 QingHe Water Reclamation Plant (QHWRP) (Sun et al., 2013)

Das QHWRP ist eine von zwei Wasserwiederverwendungseinrichtungen für den Olympiapark in Peking in China. Sie bereitet 80.000 m³/d des QingHe-Kläranlagenabflusses zur Bewässerung eines kleinen Klärteichs, eines Gewächshauses für Wasserpflanzen und zur anschließenden Speisung des künstlichen Sees im Olympia Parks auf. Zudem wird das aufbereitete Wasser für urbane Wiederverwendung als Straßenreinigungs- und Toilettenspülwasser verwendet.

Tabelle 27: QingHe Water Reclamation Plant (QHWRP)

| Name der Anlage | QingHe Water Reclamation Plant (QHWRP) |
|--|---|
| Standort | Peking, China |
| Baujahr | 2007 |
| Kurzbeschreibung | Eine von zwei Wasserwiederverwendungseinrichtungen für den Olympiapark in Peking. Durch weitergehende Aufbereitungsverfahren und öko-biologische Systeme wie Gewächshäuser für Wasserpflanzen und Klärteiche womit ein nachhaltiges und grünes Olympia realisiert wurde. Das QHWRP als eine von zwei Wasserwiederverwendungseinrichtungen für den Olympiapark in Peking ist ein Beispiel für die Nutzung aufbereiteten Wassers für ein städtisches Naherholungsgebiet. |
| Herkunft des zu behandelnden Abwassers | Klarwasserabflusses der dreistufigen QingHe-Kläranlage |
| Ziel | Verbesserung der Wassernutzung inkl. nachhaltiges Wassermanagement und Vorbildfunktion der Olympischen Sommerspiele in Peking 2008 |
| Wassermenge | 80.000 m³/d |
| Erzeugte Recyclingprodukte | Wasser für einen kleinen Klärteich und ein Gewächshaus, das als Naherholung neben dem künstlichen See dient Speisung des künstlichen Sees im Olympia Park Urbane Nutzung wie Straßenreinigung, Toilettenspülung |
| Verfahrensschritte | 300 µm Siebung Ultrafiltration Desinfizierung mit Ozon und Chlor Klärteich Speicherung in einem kleinen Weiher |
| Erreichte Zielkonzentration | < 2 mg/l BSB ₅ , 45 mg/l CSB, < 20 mg/l N _{ges} , < 0,5 mg/l P _{ges} , E. coli nicht nachgewiesen |
| Kosten | 0,12 €/m³ |

G.2.8 BeiXiaoHe Water Reclamation Plant (BXHWRP) (Sun et al., 2013)

Die BXHWRP ist die zweite Wasserwiederverwendungseinrichtung für den Olympia Park in Peking. Sie ist eine Erweiterung der BeiXiaoHe Kläranlage. Das aufbereitete Wasser wird für die Bewässerung der Grünanlagen im Olympischen Dorf und dem nahe gelegenen Datun Viertel genutzt, sowie teilweise dem künstlichen See im Olympia Park zugeführt.

Tabelle 28: BeiXiaoHe Water Reclamation Plant (BXHWRP)

| Name der Anlage | BeiXiaoHe Water Reclamation Plant (BXHWRP) |
|--|--|
| Standort | Peking, China |
| Baujahr | 2007 |
| Kurzbeschreibung | Eine von zwei Wasserwiederverwendungseinrichtungen für den Olympiapark in Peking. Durch weitergehende Aufbereitungsverfahren und öko-biologische Systeme sollte ein nachhaltiges und grünes Olympia realisiert werden. Das BXHWRP als eine von zwei Wasserwiederverwendungseinrichtungen für den Olympiapark in Peking ist ein Beispiel für die Nutzung aufbereiteten Wassers für ein städtisches Naherholungsgebiet. |
| Herkunft des zu behandelnden Abwassers | Abflusse des dreistufigen BeiXiaoHe Kläranlage |
| Zielsetzung | Verbesserung der Wassernutzung inkl. nachhaltiges Wassermanagement und Vorbildfunktion der Olympischen Sommerspiele in Peking 2008 |
| Wassermenge | 60.000 m ³ /d |
| Erzeugte Recyclingprodukte | Bewässerung der Grünanlagen im Olympischen Dorf und dem nahgelegenen Datun Viertel Speisung des Sees im Olympia Park |
| Verfahrensschritte | <u>Bewässerungswasser:</u> 1 mm Siebung Membran-Bio-Reaktor (MBR) UV-Desinfizierung <u>Wasser für künstlichen See:</u> 1 mm Siebung Membran-Bio-Reaktor (MBR) Umkehrosmose Chlordesinfektion |
| Erreichte Zielkonzentration | <u>Bewässerungswasser:</u> < 2 mg/l BSB ₅ , 17,5 mg/l CSB, < 15 mg/l N _{ges} , < 0,3 mg/l P _{ges} , E. coli nicht nachgewiesen <u>Wasser für künstlichen See:</u> < 2 mg/l BSB ₅ , 10 mg/l CSB, < 0,5 mg/l N _{ges} , < 0,01 mg/l P _{ges} , E. coli nicht nachgewiesen |
| Kosten | 0,12 €/m ³ |

G.2.9 New Goreangab Water Reclamation Plant (NGWRP) (Lahnsteiner et al., 2013)

Die NGWRP befindet sich in Windhoek in Namibia, das durch seine Lage, umgeben von zwei Wüsten, mit saisonalen Dürren und Wassermangel zu kämpfen hat. Dort wird seit den 1960er Jahren Wasserwiederverwendung betrieben. Die NGWRP hat 2002 ihren Betrieb aufgenommen.

Sie erzeugt Trinkwasser für Windhoek und seine Umgebung. Als Quelle dient eine Mischung des Wassers zu gleichen Teilen aus dem Kläranlagenabfluss - in diesem Fall aus dem Schönungsteich hinter der Gamman Kläranlage - und aus dem Goreangab Stausee.

Tabelle 29: New Goreangab Water Reclamation Plant (NGWRP)

| Name der Anlage | New Goreangab Water Reclamation Plant (NGWRP) |
|--|---|
| Standort | Windhoek, Namibia |
| Baujahr | 2002 |
| Kurzbeschreibung | <p>Die NGWRP ist die neugebaute Wasserwiederverwendungsanlage zur direkten Trinkwassernutzung und Anreicherung von Wasserreservoirn in Namibia. Wasserwiederverwendung wird dort seit den 1960er genutzt.</p> <p>Die New Goreangab Water Reclamation Plant (NGWRP) ist ein Beispiel für die urbane Nutzung von aufbereitetem Wasser als Trinkwasser. Zugleich wird der enorme verfahrenstechnische Aufwand bei dieser Nutzung deutlich.</p> |
| Herkunft des zu behandelnden Abwassers | Wasser zu gleichen Teilen aus dem Abfluss der Gamman Kläranlage (aus dem Nachgeschalteten Schönungsteich) und dem Goreangab Stausee |
| Ziel | Sicherstellung der Wasserversorgung der Stadt Windhoek die auf Grund ihrer geographischen Lage unter Wassermangel leidet |
| Wassermenge | 21.000 m ³ /d |
| Erzeugte Recyclingprodukte | Trinkwasser |
| Verfahrensschritte | <p>Zuflusskontrolle: Nur behandeltes häusliches Abwasser</p> <p>Zugabe von Pulveraktivkohle</p> <p>Vorozonung</p> <p>Fällung und Flockung</p> <p>Entspannungsflotation</p> <p>Zwei-Schicht-Sandfiltration</p> <p>Hauptozonung</p> <p>Filtration über biologischer-Aktivkohle</p> <p>Filtration über granulierter Aktivkohle</p> <p>Ultrafiltration</p> <p>Desinfektion mit Chlor</p> <p>pH-Wert Ausgleich mittels Natriumhydroxids</p> <p>Vermischung mit anderen Trinkwasserressourcen</p> <p>Permanente und strenge Überwachung</p> |
| Erreichte Zielkonzentration | 11 mg/l CSB, 0,18 mg/l Ammonium, 0,1 NTU Trübung, E. coli nicht nachgewiesen |
| Kosten | 0,95 €/m ³ |

G.2.10 Regeneration facility of treated water (IRAD) (Arahuetes, 2016)

Die IRAD befindet sich in Rincón de León, im Süd-Westen der Provinzhauptstadt Alicante in der gleichnamigen spanischen Provinz. Sie reinigt den Klarauf der Kläranlage von Rincón de León und der Kläranlage von Monte Orgegia, den zwei Kläranlagen der Stadt Alicante und Umgebung. Sie wurde gebaut, um der Wasserknappheit in der südspanischen Region zu begegnen und die Wasserqualität zu verbessern. Dabei kann sie 25.600 m³/d durch Umkehrosmose entsalztes und 13.000 m³/d ultrafiltriertes Wasser erzeugen. Sie erzeugt Bewässerungswasser auf Abruf für die nahgelegenen Orte Middle Vinalopó und Elche, wobei dafür überwiegend das Abwasser aus der Rincon de León Kläranlage verwendet wird. Die Landwirte verdünnen das aufbereitete Wasser je nach Qualitätsanforderung der jeweiligen Feldfrucht mit Trinkwasser. Zusätzlich wird das aufbereitete Wasser auch für urbane Wiederverwendung genutzt – hier namentlich: Park- bzw. Gartenbewässerung und Straßenreinigung – wobei 70% des urbanen Grüns von Alecante mit aufbereitetem Wasser bewässert werden. Zusätzlich soll durch die Entsalzung auch die Wasserqualität verbessert werden, da das Abwasser mit 28.000 µS/cm, vor allem aus den küstennahen Gebieten, sehr salzhaltig ist und weiter behandelt werden muss.

Tabelle 30: Regeneration facility of treated water (IRAD)

| Name der Anlage | regeneration facility of treated water |
|--|---|
| Standort | Rincón de León, Spanien |
| Baujahr | 2014 |
| Kurzbeschreibung | Die IRAD behandelt das Abwasser aus den zwei Kläranlagen von Alecante, um die Trinkwasserressourcen durch Substitution von Bewässerungswasser (landwirtschaftl. und urban) zu schonen und die Wasserqualität durch Entsalzung zu verbessern |
| Herkunft des zu behandelnden Abwassers | Klarwasser der dreistufigen Kläranlage von Rincón de León & der Kläranlage von Monte Orgegia |
| Ziel | Steigerung der Wasserqualität und Substitution von Bewässerungswasser für die Landwirtschaft und urbane Wiederverwendung. |
| Wassermenge | 41.600 m ³ /d |
| Erzeugte Recyclingprodukte | Bewässerungswasser (landwirtschaftlich und urban) |
| Verfahrensschritte | Speicherung Dreistufiger Klärprozess in Rincón de León und Monte Orgegia Umkehrosmose (28.600 m ³ /d) Ultrafiltration (13.000 m ³ /d) Speicherung |
| Erreichte Zielkonzentration | k. A. |
| Kosten | 0,10 €/m ³ |

G.2.11 Is Arenas Reuse Facility (IARF) (Muntau, 2000; Sardinia, 2006; Re, 2021)

Wie die meisten Mittelmeerregionen leidet auch Sardinien aufgrund wiederkehrender Dürreperioden unter Wassermangel – besonders in den heißen, touristischen Sommermonaten. Daher besteht ein Teil der Lokalen Wasserstrategie unter anderem auch aus Wasserwiederverwendung. Die Kläranlage Is Arenas, ein Vorort von Cagliari, reinigt 60 Mio. m³/a Abwasser aus Cagliari und seinen Vororten und wurde 2002 mit zusätzlichen Filtern und Desinfektionsanlagen zur Aufreinigung von 35 Mio. m³/a zur Wiederverwendung für Bewässerungszwecke erweitert. Hierbei wird vorwiegend die Landwirtschaft im umgebenden Campidano-Gebiet beliefert, allerdings wird das aufbereitete Wasser auch zur Bewässerung des urbanen Grüns der Inselhauptstadt und seinen umliegenden Vorstädten genutzt. Dabei gibt es zwei Reinigungsstraßen. Eine zur direkten Bewässerung und eine zur Zwischenspeicherung im nahegelegenen Simbrizzi-Reservoir. Leider musste die Anlage wegen eindringenden Brackwassers und der damit zu stark gestiegenen Salzkonzentration außer Betrieb genommen werden, dient jedoch als ein praxistaugliches Beispiel der urbanen Bewässerung.

Tabelle 31: Is Arenas Reuse Facility (IARF)

| Name der Anlage | Is Arenas Reuse Facility |
|--|---|
| Standort | Is Arenas, Cagliari, Sardinien, Italien |
| Baujahr | 2002 |
| Kurzbeschreibung | Die IARF behandelt das Abwasser Cagliaris und seinen Vororten und reinigt einen Teil zur Bewässerung der Landwirtschaft und des urbanen Grüns auf. |
| Herkunft des zu behandelnden Abwassers | 4-Stufige Kläranlage von Is Arenas |
| Ziel | Steigerung der Wasserqualität und Substitution von Bewässerungswasser für die Landwirtschaft und urbane Wiederverwendung. Teil der Lokalen Wasserstrategie um Wasserknappheit durch Tourismus und Dürre zu begegnen. |
| Wassermenge | 35.000.000 m ³ /a |
| Erzeugte Recyclingprodukte | Bewässerungswasser (landwirtschaftlich und urban) |
| Verfahrensschritte | Rechen Vorklärung Belebung Nachklärung Natriumhypochlorid-Desinfektion <u>Direkte Bewässerung</u> Sandfiltration UV-Desinfektion Chlor-Desinfektion <u>Spätere Bewässerung</u> Fällung & Flockung (FeCl(III)) Sandfiltration UV-Desinfektion Chlor-Desinfektion Simbrizzi-Teich |

| Name der Anlage | Is Arenas Reuse Facility |
|-----------------------------|--------------------------|
| Erreichte Zielkonzentration | k. A. |
| Kosten | 0,08 €/m³ |

G.2.12 Wastewater treatment plant of Boca Raton (IRIS) (Boca, 2022; Wilson-Davis, 2022)

Boca Raton ist eine Stadt mit knapp 100.000 Einwohner*innen im Palm Beach County im US-Bundesstaat Florida. Aufgrund einer wachsenden Bevölkerung bei unverändertem Wasserdargebot hat die Stadt das „In-City Reclamation Irrigation System (IRIS)“ installiert, das durch die Nutzung von aufbereitetem Wasser für Bewässerungszwecken die Trinkwasserressourcen schont. Dafür wurde die Kläranlage 1974 mit einer Reinigungskapazität von 37.854 m³/d (10 Millionen Gallonen/d) gebaut, welche in den späten 80iger-Jahren auf die heutige Reinigungskapazität von 66.244 m³/d (17,5 Millionen Gallonen/d) erweitert wurden. Im Schnitt reinigt die Kläranlage 50.724 m³/d, wovon 36.718 m³/d für die Bewässerung von Parks, Grünstreifen, Sportanlagen und 16.000 Haushalten (Gärten) wiederverwendet werden. Dafür wird das Wasser nach dem Klärprozess, bestehend aus Rechen, Vorklärung, Belebungsverfahren und Nachklärung, mittels Speicherung, Chlорdesinfektion und kontinuierlicher Sandfiltration weitergehend aufgereinigt und über ein separates Verteilungsnetz verteilt. Neben der Wiederverwendung erfüllt das aufbereitete Wasser alle Voraussetzungen, um überschüssiges Wasser in den Atlantischen Ozean abzuleiten.

Tabelle 32: In-City Reclamation Irrigation System (IRIS)

| Name der Anlage | Wastewater treatment plant of Bora Raton |
|--|---|
| Standort | Boca Raton, Florida, USA |
| Baujahr | 1974 |
| Kurzbeschreibung | Das IRIS reinigt kommunales Abwasser aus der Stadt Boca Raton auf, um es urban zur Bewässerung zu nutzen |
| Herkunft des zu behandelnden Abwassers | Kommunales Abwasser Boca Raton und Umgebung |
| Ziel | Schonung der stark belasteten Trinkwasserressourcen durch Substitution von Bewässerungswasser |
| Wassermenge | 36.718 m³/d |
| Erzeugte Recyclingprodukte | Bewässerungswasser für Städtische Grünstreifen, Parks, Sportanlagen (u.a. 9 Golfplätze) und 16.000 Haushalte für die Gärtenbewässerung |
| Verfahrensschritte | Rechen Vorklärung Belebung Nachklärung <u>Aufreinigung</u> Lagerung Chlor-Desinfektion Kontinuierliche Sandfiltration (Dynasandfilter) |

| Name der Anlage | Wastewater treatment plant of Bora Raton |
|-----------------------------|---|
| Erreichte Zielkonzentration | 100 - 200 mg/l CSB, 22,1 - 80 BSB ₅ , 12 - 30 mg/l Ammonium, 1,9 - 12 mg/l AFS, 1,9 – 5 mg/l P _{ges} , 15 – 40 mg/l N _{ges} |
| Kosten | 0,15 – 0,23 \$/m ³ + Grundgebühr von 25 – 1600 \$/M (in Abhängigkeit des abgenommenen Gesamtvolumens). Preise für außerhalb des Stadtgebiets liegende Abnehmer kann höher ausfallen. |

Im Folgenden sollen die neun Aufbereitungsanlagen vorgestellt werden, die u.a. auch aufbereitetes Wasser für urbane Bewässerung zur Verfügung stellen.

G.2.13 Pomona Water Reclamation Plant (PWRP) (pwrp, 2022; LASCD, 2021; PWRP, 2021)

Die Pomona Water Reclamation Plant (WRP) hat eine Auslegungskapazität von 56.781 m³/d und Reinigt das Abwasser von etwa 130.000 Menschen. Ungefähr 30.238 m³/d werden davon an über 190 verschiedenen Standorten wiederverwendet. Zu den urbanen Wiederverwendungszwecken gehören die Landschaftsbewässerung von Parks, Schulen, Golfplätzen und Grünstreifen, die Bewässerung zur Staubkontrolle auf der Deponie sowie die industrielle Nutzung durch lokale Hersteller. Der Rest des aufbereiteten Wassers wird in den San Jose Creek eingeleitet, wo es zur Grundwasseranreicherung in den unbefestigten Abschnitten des San Gabriel River versickern kann. Dafür wird das Abwasser nach einem dreistufigen Klärprozess bestehend aus Vorklärung, Belebung (inkl. Nitrifikation / Denitrifikation) und Nachklärung mittels Chlordesinfektion, Anthrazit-Raumfiltration und erneuter Chlordesinfektion zum Recyclingprodukt aufbereitet.

Tabelle 33: Pomona Water Reclamation Plant (PWRP)

| Name der Anlage | Pomona Water Reclamation Plant |
|--|---|
| Standort | Pomona, Kalifornien, USA |
| Baujahr | 1926 – Letzte Nachrüstung in den frühen 90er Jahren |
| Kurzbeschreibung | Aufbereitung des Kommunalen Abwassers aus Pomona |
| Herkunft des zu behandelnden Abwassers | Pomona |
| Ziel | Schonung der stark belasteten Trinkwasserressourcen durch vielfältige urbane Wiederverwendung |
| Wassermenge | 30.238 m ³ /d |

| Name der Anlage | Pomona Water Reclamation Plant |
|-----------------------------|--|
| Erzeugte Recyclingprodukte | Bewässerung von Parks, Schulen, Golfplätzen, Grünstreifen; Staubkontrolle auf Deponien; industrielle Nutzung; indirekte Grundwasseranreicherung |
| Verfahrensschritte | Vorklärung Belebung (inkl. Nitrifikation / Denitrifikation) Nachklärung <u>Aufreinigung</u> Chlor-Desinfektion Anthrazit-Raumfiltration Chlor-Desinfektion |
| Erreichte Zielkonzentration | BSB ₅ nicht nachgewiesen, <12 mg/l N _{ges} , < 0,3 mg/l P _{ges} , AFS nicht nachgewiesen, E. coli nicht nachgewiesen, Trübung 0,5 NTU |
| Kosten | 0,44 \$/m ³ (39% des Trinkwasserpreises von 1,13 \$/m ³) |

G.2.14 La Cañada Water Reclamation Plant (LCWRP) (lcwrep, 2022; lcwrep, 2021)

Die La Cañada Water Reclamation Plant (WRP) reinigt 757 m³/d Abwasser und versorgt damit den La Cañada Flintridge Country Golf Club und 425 umliegende Häuser mit dem Recyclingprodukt. Dafür durchläuft das Abwasser einen Zwei-Stufigen Klärprozess bestehend aus Rechen, Belebung und Nachklärung und wird anschließend in einem Kontaktbecken mit Chlor Desinfiziert. Das gesamte desinfizierte Wasser wird anschließend in die vier Seen des 105 Hektar großen Country Club Golfplatzes geleitet. Das Wasser aus den Seen (das im Sommer durch Trinkwasser ergänzt wird) wird für die Bewässerung des Golfplatzes verwendet. Die Betreiber des Country Club sind verpflichtet, das gesamte aufbereitete Wasser für die Bewässerung zu verwenden und erhalten das aufbereitete Wasser kostenlos.

Tabelle 34: La Cañada Water Reclamation Plant (LCWRP)

| Name der Anlage | La Cañada Water Reclamation Plant |
|--|---|
| Standort | La Cañada, Kalifornien, USA |
| Baujahr | 1962 |
| Kurzbeschreibung | Aufbereitung des Kommunalen Abwassers aus La Cañada zur Bewässerung des La Cañada Flintridge Country Golf Club und 425 umliegende Häuser mit dem wiederverwendeten Wasser |
| Herkunft des zu behandelnden Abwassers | La Cañada |
| Ziel | Schonung der belasteten Trinkwasserressourcen durch urbane Wiederverwendung zur Bewässerung von Sportanlagen und Gärten |
| Wassermenge | 757 m ³ /d |

| Name der Anlage | La Cañada Water Reclamation Plant |
|-----------------------------|---|
| Erzeugte Recyclingprodukte | Bewässerungswasser für einen Golfplatz und 425 Gärten sowie Unterstützung von künstlichen Seen |
| Verfahrensschritte | Rechen Belebung Nachklärung <u>Aufreinigung</u> Chlor-Desinfektion Speicherung in den Seen des Golfplatzes |
| Erreichte Zielkonzentration | BSB ₅ 181 mg/l, 36 mg/l N _{ges} , AFS 212, E. coli nicht nachgewiesen |
| Kosten | Kostenlose Abgabe |

G.2.15 Valencia Water Reclamation Plant (VWRP) (vwrp, 2022; vwrp, 2021)

Die Valencia Water Reclamation Plant reinigt 81.764 m³/d Abwasser von über 130.000 Menschen, wobei 1.892 m³/d Landschaftsbewässerung im Santa Clarita Tal wiederverwendet werden, der Rest wird in den Santa Clara Fluss geleitet. Das Abwasser wird dafür nach einem Vier-Stufigen Klärprozess bestehend aus Sandfang, Vorklärung, Belebung (inkl. Nitrifikation / Denitrifikation) und Nachklärung mittels Chlordesinfektion, Zwei-Schicht-Sand-Schnellfilter und erneuter Chlordesinfektion zum Recyclingprodukt aufbereitet. Das Valencia WRP verarbeitet darüber hinaus alle Klärschlämme, die im Santa Clarita Tal Sanitation District anfallen.

Tabelle 35: Valencia Water Reclamation Plant (VWRP)

| Name der Anlage | Valencia Water Reclamation Plant |
|--|---|
| Standort | Valencia, Kalifornien, USA |
| Baujahr | 1967 |
| Kurzbeschreibung | Aufbereitung des Kommunalen Abwassers aus dem Santa Clarita Tal zur Landschaftsbewässerung im selben Tal und Unterstützung des Santa Clara Flusses |
| Herkunft des zu behandelnden Abwassers | Santa Clarita Tal |
| Ziel | Schonung der belasteten Trinkwasserressourcen durch urbane Wiederverwendung zur Bewässerung von Landschaften und Stützung Natürlicher Oberflächengewässer |
| Wassermenge | 81.164 m ³ /d |
| Erzeugte Recyclingprodukte | Bewässerungswasser für Landschaftsbewässerung und Stützung des Santa Clara Flusses |
| Verfahrensschritte | Rechen Sandfang Vorklärung Belebung (inkl. Nitrifikation / Denitrifikation) Nachklärung |

| Name der Anlage | Valencia Water Reclamation Plant |
|-----------------------------|--|
| | <u>Aufreinigung</u> Chlor-Desinfektion Zwei-Schicht-Sand-Schnellfilter Chlor-Desinfektion |
| Erreichte Zielkonzentration | BSB ₅ nicht nachgewiesen, < 8 mg/l N _{ges} , ~ 0,8mg/l P _{ges} , AFS nicht nachgewiesen, E. coli nicht nachgewiesen, Trübung 0,62 NTU |
| Kosten | 0,55 \$/m ³ (86% des Trinkwasserpreises von 0,64 \$/m ³) |

G.2.16 Los Coyotes Water Reclamation Plant (LCOWRP) (Icowrp, 2022; Icowrp, 2021)

Die Los Coyotes Water Reclamation Plant Reinigt das Abwasser der Bevölkerung von etwa 370.000 Menschen aus dem Raum Los Coyotes und besitzt eine Reinigungskapazität von 141.952 m³/d. Davon werden 22.712 m³/d an über 270 Standorten zur Wiederverwendung für die Grünflächenbewässerung von Schulen, Golfplätzen, Parks, Gärtnereien und Grünstreifen sowie die industrielle Nutzung in lokalen Unternehmen zur Teppichfärbung und Betonmischung genutzt. Der Rest des aufbereiteten Wassers wird in den Santa Gabriel Fluss eingeleitet und dient somit der Stützung der Oberflächengewässer. Dafür wird das Abwasser ähnlich wie in der Pomona Water Reclamation Plant nach einem dreistufigen Klärprozess bestehend aus Vorklärung, Belebung (inkl. Nitrifikation / Denitrifikation) und Nachklärung mittels Chlordesinfektion, Anthrazit-Raumfiltration und erneuter Chlordesinfektion zum Recyclingprodukt aufbereitet.

Tabelle 36: Los Coyotes Water Reclamation Plant (LCOWRP)

| Name der Anlage | Los Coyotes Water Reclamation Plant |
|--|---|
| Standort | Cerritos, Kalifornien, USA |
| Baujahr | 1970 |
| Kurzbeschreibung | Aufbereitung des Kommunalen Abwassers Cerritos und der Metropolregion LA für die urbane Grünflächenbewässerung von Schulen, Golfplätzen, Parks, Gärtnereien und Grünstreifen, der industrielle Nutzung sowie Stützung des Santa Gabriel Flusses |
| Herkunft des zu behandelnden Abwassers | Cerritos und Metropolregion LA |
| Ziel | Schonung der belasteten Trinkwasserressourcen durch urbane Wiederverwendung zur Bewässerung von urbaner Landschaften und Stützung Natürlicher Oberflächengewässer |
| Wassermenge | 141.952 m ³ /d |
| Erzeugte Recyclingprodukte | Grünflächenbewässerung von Schulen, Golfplätzen, Parks, Gärtnereien und Grünstreifen, der industrielle Nutzung sowie Stützung des Santa Gabriel Flusses |

| Name der Anlage | Los Coyotes Water Reclamation Plant |
|-----------------------------|--|
| Verfahrensschritte | Vorklärung Belebung (inkl. Nitrifikation / Denitrifikation) Nachklärung <u>Aufreinigung</u> Chlor-Desinfektion Anthrazit-Raumfiltration Chlor-Desinfektion |
| Erreichte Zielkonzentration | BSB ₅ nicht nachgewiesen, < 9 mg/l N _{ges} , < 0,3mg/l P _{ges} , AFS nicht nachgewiesen, E. coli nicht nachgewiesen, Trübung 0,8 NTU |
| Kosten | 0,80 \$/m ³ (63% des Trinkwasserpreises von 1,28 \$/m ³) |

G.2.17 Long Beach Water Reclamation Plant (lbwrp) (lbwrp, 2022; lbwrp, 2021)

Die Long Beach Water Reclamation Plant reinigt das Abwasser von etwa 250.000 Menschen aus dem Raum Long Beach in der Metropolregion LA und besitzt eine Reinigungskapazität von 94.635 m³/d. Davon werden 22.712 m³/d an über 60 Standorten zur Wiederverwendung für die urbane Grünflächenbewässerung von Schulen, Golfplätzen, Parks, Gärtnereien und Grünstreifen sowie zur Förderung von Öl durch druckbehaftete Zugabe des aufbereiteten Wassers in ölhaltigen Schichten vor der Küste von Long Beach genutzt. Zudem wird ein Teil des aufbereiteten Wassers in der Leo J. Vander Lans Advanced Water Treatment Facility mittels Mikrofiltration, Umkehrosmose und UV-Desinfektion weiter aufbereitet und zur Stützung des Trinkwasserreservoirs des „Central Basin“ genutzt oder zur Stützung der Alamitos Seawater Barrier genutzt, um das Grundwasserbecken vor dem Eindringen von Meerwasser zu schützen. Der Rest wird in den Coyote Creek abgeleitet. Dafür wird das Abwasser exakt wie in der Los Coyotes Water Reclamation Plant nach einem dreistufigen Klärprozess bestehend aus Vorklärung, Belebung (inkl. Nitrifikation / Denitrifikation) und Nachklärung mittels Chlordesinfektion, Anthrazit-Raumfiltration und erneuter Chlordesinfektion zum Recyclingprodukt aufbereitet.

Tabelle 37: Long Beach Water Reclamation Plant (lbwrp)

| Name der Anlage | Long Beach Water Reclamation Plant |
|--|--|
| Standort | Long Beach, Kalifornien, USA |
| Baujahr | 1973 |
| Kurzbeschreibung | Aufbereitung des Kommunalen Abwassers von Long Beach und der Metropolregion LA zur urbane Grünflächenbewässerung von Schulen, Golfplätzen, Parks, Gärtnereien und Grünstreifen, der Ölförderung, Stützung des Coyote Creeks sowie als Wasserressource zur weitergehenden Aufbereitung zur Stützung von Trinkwasserreservoirs |
| Herkunft des zu behandelnden Abwassers | Long Beach und Metropolregion LA |

| Name der Anlage | Long Beach Water Reclamation Plant |
|-----------------------------|---|
| Ziel | Schonung der belasteten Trinkwasserressourcen durch urbane Wiederverwendung zur Bewässerung urbaner Grünflächen, Stützung Natürlicher Oberflächengewässer und Erdölförderung. |
| Wassermenge | 94.635 m ³ /d |
| Erzeugte Recyclingprodukte | Grünflächenbewässerung von Schulen, Golfplätzen, Parks, Gärtnereien und Grünstreifen, der Erdölförderung, Stützung des Coyote Creeks und Rohstoff zur weitergehenden Aufbereitung zur Stützung von Trinkwasserreservoirs. |
| Verfahrensschritte | Vorklärung Belebung (inkl. Nitrifikation / Denitrifikation) Nachklärung <u>Aufreinigung</u> Chlor-Desinfektion Anthrazit-Raumfiltration Chlor-Desinfektion |
| Erreichte Zielkonzentration | BSB ₅ nicht nachgewiesen, < 11 mg/l N _{ges} , < 0,5mg/l P _{ges} , AFS nicht nachgewiesen, E. coli nicht nachgewiesen, Trübung 0,76 NTU |
| Kosten | 0,80 \$/m ³ (63 % des Trinkwasserpreises von 1,28 \$/m ³) |

G.2.18 Lancaster Water Reclamation Plant (lac wrp) (lac wrp, 2022; lac wrp 2021)

Die Lancaster Water Reclamation Plant hat eine Reinigungskapazität von 68.137 m³/d und entsorgt damit das Abwasser von etwa 160.000 Menschen. Ungefähr 47.696 m³/d an aufbereitetem Wasser wird dabei an über 55 verschiedenen Standorten für die Landschaftsbewässerung und andere kommunale und industrielle Zwecke in der Stadt Lancaster sowie zur Aufrechterhaltung des Wasserstands im Apollo Lakes Regional Park und in den Piute Ponds verwendet. Das restliche aufbereitete Wasser wird für die Bewässerung in der Landwirtschaft verwendet. Dafür wird das Abwasser einem vierstufigen Klärprozess bestehend aus Sandfang, Vorklärung, Belebung (inkl. Nitrifikation / Denitrifikation) und Nachklärung mittels Chlordesinfektion, Anthrazit-Raumfiltration und erneuter Chlordesinfektion zum Recyclingprodukt aufbereitet.

Tabelle 38: Lancaster Water Reclamation Plant (lac wrp)

| Name der Anlage | Lancaster Water Reclamation Plant |
|-----------------|-----------------------------------|
| Standort | Lancaster, Kalifornien, USA |
| Baujahr | 1959 – Wasseraufbereitung 2012 |

| Name der Anlage | Lancester Water Reclamation Plant |
|--|--|
| Kurzbeschreibung | Aufbereitung des Kommunalen Abwassers von Lancester urbane Grünflächenbewässerung, Prozesswasser in der Industrie, Stützung von Oberflächen Gewässern und Landwirtschaftlichen Bewässerung |
| Herkunft des zu behandelnden Abwassers | Lancester |
| Ziel | Schonung der belasteten Trinkwasserressourcen durch urbane Wiederverwendung |
| Wassermenge | 68.137 m ³ /d |
| Erzeugte Recyclingprodukte | Urbane Grünflächenbewässerung, Straßenreinigung, Prozesswasser in der Industrie, Stützung von Oberflächen Gewässern und Landwirtschaftlichen Bewässerung |
| Verfahrensschritte | Sandfang Vorklärung Belebung (inkl. Nitrifikation / Denitrifikation) Nachklärung <u>Aufreinigung</u> Chlor-Desinfektion Anthrazit-Raumfiltration Chlor-Desinfektion |
| Erreichte Zielkonzentration | BSB ₅ nicht nachgewiesen, < 6 mg/l N _{ges} , P _{ges} nicht bestimmt, AFS nicht nachgewiesen, E. coli nicht nachgewiesen. Trübung 0,66 NTU |
| Kosten | Betrieb & Wartung 0,48 \$/m ³ (Abgabepreis k. A.) |

G.2.19 Palmdale Water Reclamation Plant (pdwrp) (pdwrp, 2022)

Die Palmdale Water Reclamation Plant hat eine Reinigungskapazität von 45.424 m³/d und Entsorgt damit das Abwasser von etwa 150.000 Menschen aus Palmdale und Umgebung. Ungefähr 26.497 m³/d an aufbereitetem Wasser wird dabei an über 35 verschiedenen Standorten wiederverwendet. Zu den Anwendungen gehören die Bewässerung von Bäumen und Futterpflanzen auf dem Gelände des City of Los Angeles Department of Airports sowie die urbane Bewässerung von Parks in der Stadt Palmdale. Dafür wird das Abwasser in einem vierstufigen Klärprozess bestehend aus Sandfang, Vorklärung, Belebung (inkl. Nitrifikation / Denitrifikation) und Nachklärung geklärt und anschließend mittels Ausgleichtank, Tuchfiltration und Chlor-Desinfektion zum Recyclingprodukt aufbereitet.

Tabelle 39: Palmdale Water Reclamation Plant (pdwrp)

| Name der Anlage | Palmdale Water Reclamation Plant |
|-----------------|----------------------------------|
| Standort | Palmdale, Kalifornien, USA |
| Baujahr | 1953 – Wasseraufbereitung 2011 |

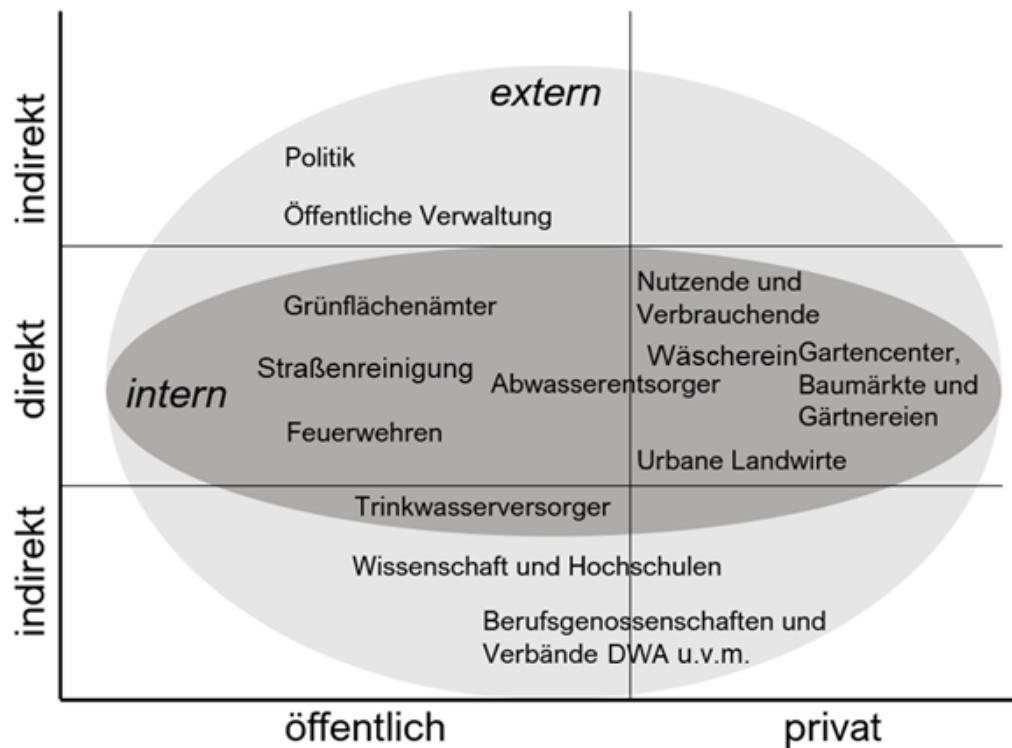
| Name der Anlage | Palmdale Water Reclamation Plant |
|--|--|
| Kurzbeschreibung | Aufbereitung des Kommunalen Abwassers von Palmdale zur urbanen Bewässerung von Parks, Bäumen und Futterpflanzen |
| Herkunft des zu behandelnden Abwassers | Palmdale |
| Ziel | Schonung der belasteten Trinkwasserressourcen durch urbane Wiederverwendung |
| Wassermenge | 45.424 m ³ /d |
| Erzeugte Recyclingprodukte | Urbane Park- und Baum- und Futterpflanzenbewässerung |
| Verfahrensschritte | Sandfang Vorklärung Belebung (inkl. Nitrifikation / Denitrifikation) Nachklärung <u>Aufreinigung</u> Ausgleichsbecken Tuchfiltration Chlor-Desinfektion |
| Erreichte Zielkonzentration | BSB ₅ nicht nachgewiesen, < 5 mg/l N _{ges} , P _{ges} nicht bestimmt, AFS nicht nachgewiesen, E. coli nicht nachgewiesen, Trübung 0,88 NTU |
| Kosten | Betrieb & Wartung 0,76 \$/m ³ (Abgabepreis k. A.) |

H Anhang: Stakeholderbefragung zur Wasserwiederverwendung im urbanen Raum – Methodik und Auswertung der einzelnen Umfrageergebnisse

H.1.1 Methodik der Stakeholderbefragung

Für die Stakeholderbefragung wurden zuerst die verschiedenen Stakeholder hinsichtlich des Handlungsfeldes der Wasserwiederverwendung im urbanen Raum durch eine Stakeholderanalyse identifiziert und kategorisiert (Krips, 2017). Stakeholder sind wie folgt definiert: "Stakeholder sind all jene Gruppen und Individuen, die die Erreichung der Ziele einer Organisation oder eines Projekts beeinflussen können oder von der Organisation bzw. vom Projekt beeinflusst werden" (Freeman, 1984). Des Weiteren kann zwischen privaten und öffentlichen Stakeholdern unterschieden werden. vgl. Abbildung 1.

Abbildung 1: Übersicht und Kategorisierung der Stakeholder der urbanen Wasserwiederverwendung. Eigene Darstellung in Anlehnung an Krips, 2017.



Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Im nächsten Schritt wurden im Zuge der Befragungen Daten gesammelt, um anschließend die Stakeholder analysieren zu können. Dabei wurden ihre Ziele und Interessen, die Ansprüche, Kritikpunkte und mögliche Gefahren, von konkreter- bis zur putativen Gefahr, im Hinblick auf die Wiederverwendung erfasst. Des Weiteren wurden die Bereitschaft, der Kenntnisstand und mögliche Anreize zur Wasserwiederverwendung ermittelt.

Dadurch sollen die Weichen für einen adäquaten Umgang mit den Stakeholdern im Bezug zu Wasserwiederverwendungsprojekten gestellt, sowie die Grundlagen für einen erfolgreichen

Vorhabenhergang geschaffen werden. Weiterhin kann die Analyse im späteren Vorhabengeschehen ggf. Rückschlüsse über die Stakeholderzufriedenheit liefern. Diese entspricht der „Differenz zwischen den Erwartungen der Stakeholder und der von ihnen wahrgenommenen Leistung.“ (Heydenreich, 2021). Ferner lassen sich aus der Zufriedenheit der Stakeholder Konsequenzen für das Projektmanagement in Bezug auf die Erwartungskoordinierung, die Planung von Projektmeilensteinen sowie der aktiven Kommunikationen von (erfolgreichen) Zwischenergebnissen ableiten. So soll die Akzeptanz für das Thema erhöht werden und das Risikomanagement an die Erwartung der Stakeholder angepasst werden (Heydenreich, 2021).

Methoden

In diesem Kontext wurde folgender Fragenkatalog aus fünf offenen und 26 geschlossenen Fragen, erarbeitet:

Rubrik: Hintergrund Stakeholder

- ▶ Welche der nachstehenden Kategorien repräsentieren Sie? (Grünflächenämter, Politik, Wasserversorger, Entsorger, etc.)
- ▶ Aus welchem Bundesland beantworten Sie diese Umfrage?

Rubrik: Allgemeine Erfahrung / Kenntnisstand der der Stakeholder zu Wasserwiederverwendung (inkl. Wassermarktsituation)

- ▶ Wissen Sie was Waterreuse ist?
- ▶ Woher und in welchem Zusammenhang haben Sie davon erfahren?
- ▶ Woher beziehen Sie Ihr Wasser?
- ▶ Haben Sie bereits Erfahrungen mit der Verwendung von recyceltem Wasser?
- ▶ Stehen Sie im Wettbewerb/Konkurrenz bzgl. der Nutzung von Wasser?
- ▶ Wer sind ihre Mitbewerber und für welche Anwendungen stehen Sie im Wettbewerb?

Rubrik: Bedarf und Bereitschaft zur Wiederverwendung

- ▶ Können Sie sich unter Berücksichtigung aller hygienischen- und gesundheitlichen Vorschriften vorstellen, recyceltes Wasser zu nutzen?
- ▶ Besteht Ihrerseits ein Interesse recyceltes Wasser zu verwenden?
- ▶ Welche Ziele haben sie bzgl. der Wasserwiederverwendung? (Bisher nicht thematisch mit befasst, kein Bedarf an Wiederverwendung, höhere Sicherheit der Wasserverfügbarkeit in zukünftigen Dürrezeiten, Förderung der Nachhaltigkeit, Kosteneinsparung, Wettbewerbsvorteil / Image.)
- ▶ Wie hoch ist Ihrerseits die Bereitschaft recyceltes Wasser (z.B. Klar- oder Grauwasser) anstatt Trinkwasser für qualitativ entsprechende Nutzungen (z.B. Bewässerung von Grünflächen, Löschwasser, Toilettenspülwasser) zu verwenden?

- ▶ Können Sie sich vorstellen, dass recyceltes Wasser mit der für die jeweilige Nutzung erforderlichen Qualität für folgende Verwendungszwecke verwendet wird?
(Toilettenspülung, Löschwasser, Bewässerung, Kühlwasser, Kanal- / Straßenreinigung, Prozesswasser (ohne Lebensmittelindustrie), Autowaschanlagen, Brunnen / Fontänen)
- ▶ Diese Eigenschaften würden meine Bereitschaft erhöhen recycelten Wassers zu verwenden? (Kosten, Image, Hygienische Unbedenklichkeit, Handhabung, Verfügbarkeit, Rechtsicherheit der Anwendung, Wasserknappheit, Farb- und Geruchlosigkeit)
- ▶ Welche sonstigen Ansprüche stellen Sie an die urbane Wasserwiederverwendung?
- ▶ Wie viel Prozent müsste die Kostenersparnis von recyceltem Wasser gegenüber derzeitigen Trinkwasserpreisen betragen, um es für Sie attraktiv erscheinen zu lassen? (0 – 20%, 20 – 40%, 40 – 60%, 60 – 80%)
- ▶ Inwieweit sind Sie durch finanzielle Anreize motiviert, recyceltes Wasser der entsprechenden Qualität für entsprechende Nutzungen zu verwenden anstelle von Trinkwasser (z.B. Bewässerung, Toilettenspülung) oder ggf. zu veräußern? (z.B. Klarwasser, Duschwasser)
- ▶ Diese Faktoren sind mir im Bezug auf Wasserwiederverwendung wichtig? (Geregelter Rechtslage, Verfügbarkeit, Wirtschaftlichen Nutzen, Ökologischen Nutzen, Wasserqualität, Positive Einstellung der Öffentlichkeit)

Rubrik: Aufwandsabschätzung

- ▶ Wie hoch ist der Informationsaufwand für die Schulung von Menschen (bzw. Ihrer Mitarbeiter*innen) die ggf. direkt mit recyceltem Wasser in Kontakt kommen könnten, um sie über die adäquate Verwendung aufzuklären?
- ▶ Fänden Sie es gut, wenn das Thema der Wasserwiederverwendung intensiver in der Öffentlichkeit diskutiert werden würde?
- ▶ Stehen Ihnen Möglichkeiten zur Verfügung recyceltes Wasser zu speichern? (z.B. Stellflächen für Speichercontainer in Hof, Keller, unterirdisch etc.) Rubrik: Welche Anreize sind nötig um Wasserwiederzuverwenden
- ▶ Haben Sie die logistischen Voraussetzungen, um recyceltes Wasser geliefert zu bekommen? (Anfahrt mit dem LKW etc.)
- ▶ Liegt die Einsparung von Trinkwasser im Verhältnis mit dem einhergehenden sozialen und ökologischen Aufwand der Bereitstellung von recyceltem Wasser? (z.B. Aufklärungsarbeit, Transport recyceltes Wasser)
- ▶ Liegt die finanzielle Einsparung an Trinkwasserkosten Ihrer Meinung nach im Verhältnis mit dem einhergehenden Kostenaufwand? (z.B. Transportkosten, Organisationskosten)

Rubrik: Risikoabschätzung

- ▶ Wie schätzen Sie die Umweltverträglichkeit im Rahmen der Bewässerung durch Klarwasser ein?
- ▶ Wie schätzen Sie die Risiken für Boden- oder Grundwasserqualität durch die Nutzung von recyceltem Wasser ein?

- ▶ Wie schätzen Sie die Risiken für die Menschliche Gesundheit beim Umgang mit recyceltem Wasser ein?
- ▶ Was sind Ihrer Meinung nach weitere zu berücksichtigende Risiken durch die Wasserwiederverwendung?
- ▶ Welche Vorbehalte ggü. der urbanen Wasserwiederverwendung haben Sie?
- ▶ Haben Sie zusätzlich generelle Anmerkungen?

Die Daten wurde im Zeitraum vom 16.06.2022 bis zum 01.09.2022 mit einer empirischen Stakeholderbefragung über eine digitale Onlineumfrage gesammelt. Die adressierten Kreise wurden auf verschiedenen Wegen kontaktiert, wobei über 400 Stakeholder persönlich via E-Mail mit dem darin befindlichen Link zur Umfrage angeschrieben wurden. Darüber hinaus wurde die Umfrage auch während DWA-Fachveranstaltungen geteilt und über die Onlinepräsenz der Fachzeitschrift wasserwirtschaft wassertechnik (wwt) verbreitet. Von den so erreichten Stakeholdern besuchten 170 die Onlineumfrage, 128 davon nahmen teil.

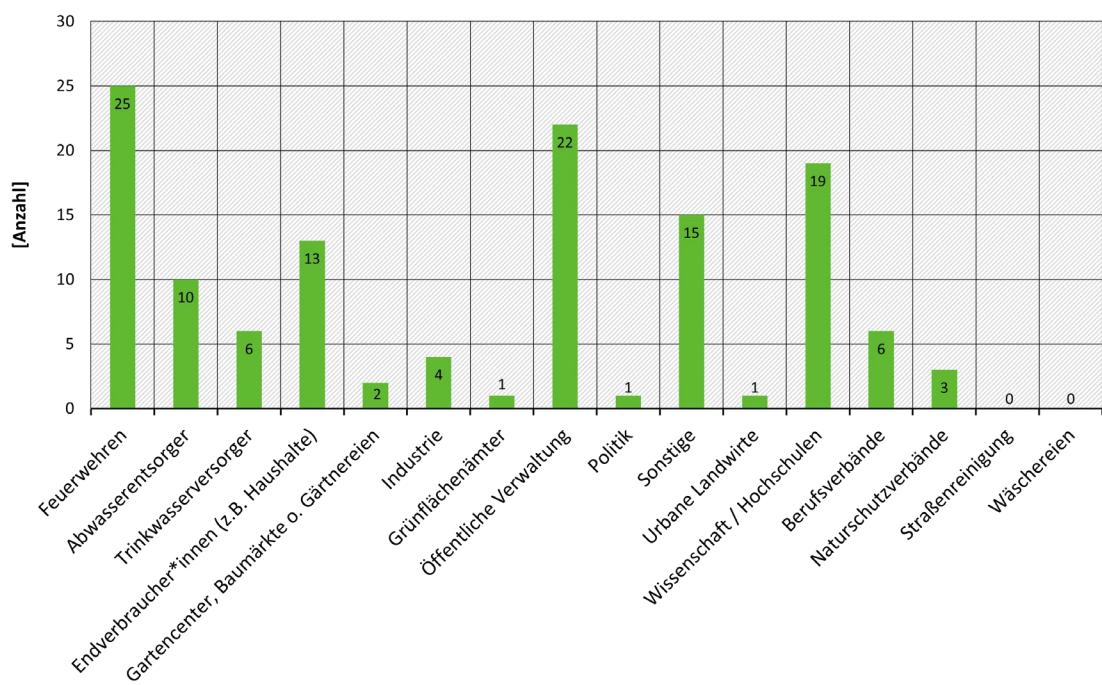
H.1.2 Umfrageergebnisse

Im Folgenden werden die Umfrageergebnisse gemäß der Fragenabfolge dargestellt und diskutiert.

Abbildung 2 zeigt die Anzahl der jeweiligen Stakeholder. Bis auf Wäschereien und Straßenreinigungen sind alle Gruppen vertreten. Am häufigsten wurde die Umfrage von Feuerwehren mit 25 Beteiligungen beantwortet, gefolgt von der öffentlichen Verwaltung mit 22 Beteiligungen, Hochschulen mit 19 Beteiligungen und Sonstige mit 15 Beteiligungen. Dabei beschrieben sich die sonstigen Stakeholder im Freitext meist als Gärtner*innen oder Planer*innen. Von den möglichen zukünftigen Wasseraufbereitern beantworteten 10 Abwasserentsorger und sechs Trinkwasserversorger die Umfrage. Von den Verantwortlichen für das urbane Grün antwortete zwei Gärtnereien, ein Grünflächenamt und ein urbaner Landwirt.

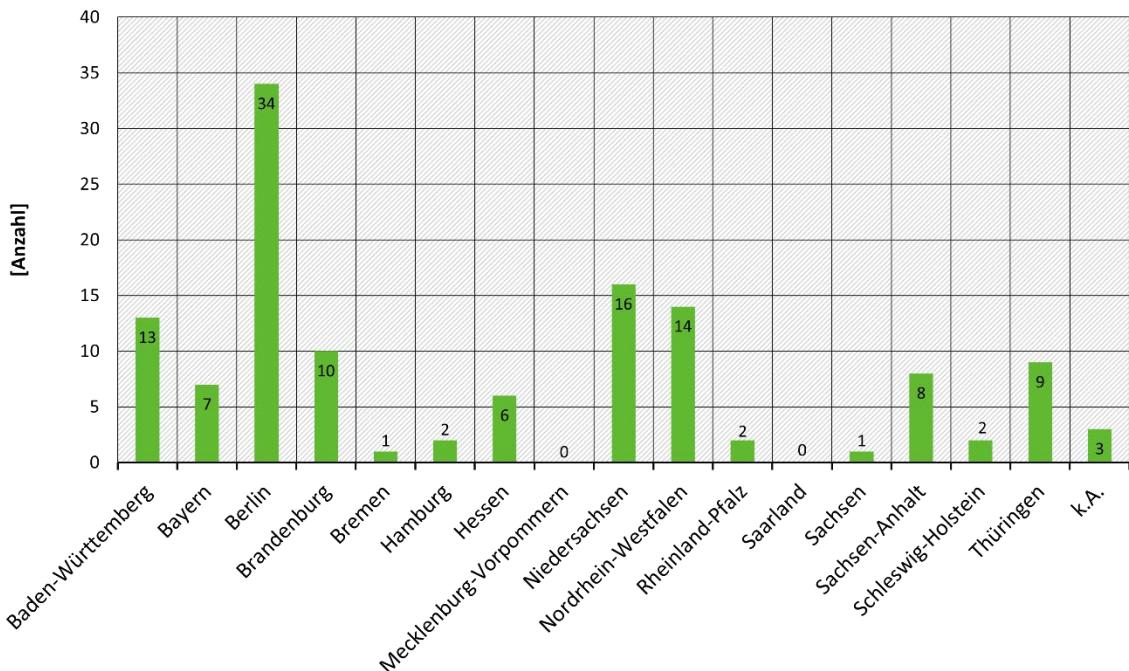
Die Herkunftsverteilung der befragten Stakeholder kann Abbildung 3 entnommen werden. Bis auf Mecklenburg-Vorpommern und dem Saarland sind alle Bundesländer vertreten. Die meisten Stakeholder kommen mit 34 Teilnehmer*innen aus Berlin, gefolgt von Niedersachsen mit 16, Nordrhein-Westphalen mit 14, Baden-Württemberg mit 12 und Brandenburg mit 10. Aus Thüringen kommen neun, aus Sachsen-Anhalt acht, aus Bayern sieben und aus Hessen sechs Stakeholder. Aus den restlichen Bundesländern kamen nur drei oder weniger Antworten, wobei drei Stakeholder die Herkunft unbeantwortet ließen. Damit ergibt sich mit 25% der Antworten ein Schwerpunkt auf das besonders von Dürre betroffene Berlin. Zum Teil von Dürre betroffene Bundesländer wie Nordrhein-Westphalen, Niedersachsen, Baden-Württemberg, Brandenburg, Thüringen oder Sachsen-Anhalt sind mit jeweils ca. 10% ebenfalls gut vertreten. Damit kann davon ausgegangen werden, dass die Stakeholder mit dem Thema Wasserknappheit und den damit verbundenen konkreten Einschränkungen der qualitativen- und quantitativen Wasserverfügbarkeit Erfahrung machen werden bzw. schon gemacht haben. (Spieler, 2022)

Abbildung 2: Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Wen repräsentieren Sie?“.



Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Abbildung 3: Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Aus welchem Bundesland beantworten Sie diese Umfrage?“

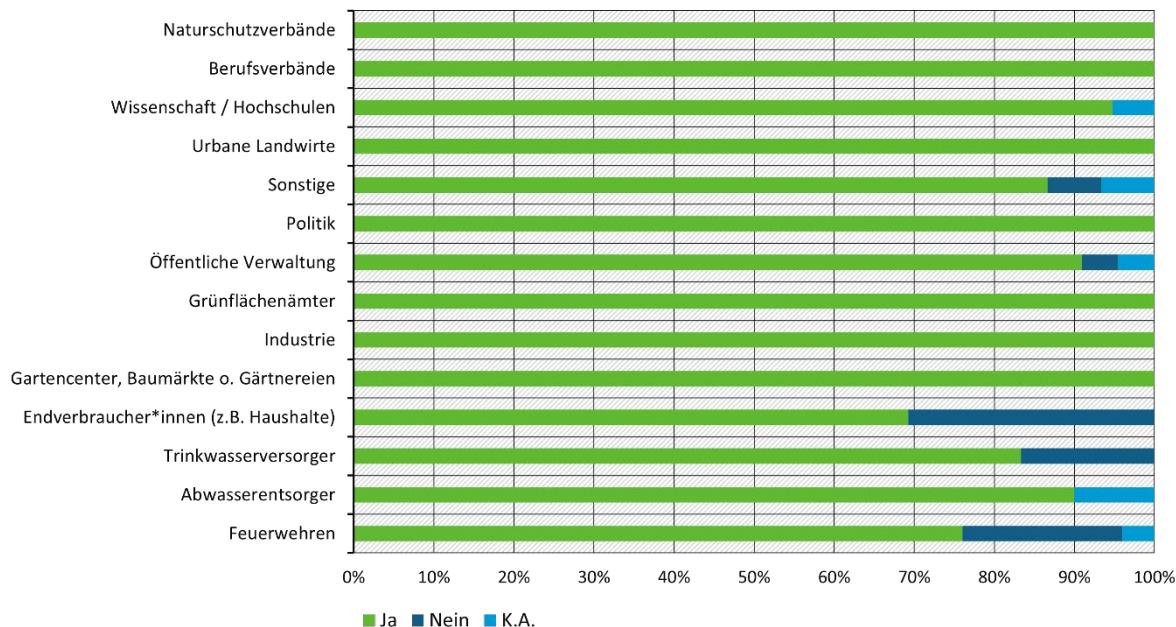


Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Die erste konkrete Frage an die Stakeholder bzgl. der Wasserwiederverwendung war, ob diese wissen, was Wasserwiederverwendung ist. Diese Frage wurde von 111 (87%) Stakeholdern mit „Ja“, von 12 (9%) mit „Nein“ und von fünf (4%) nicht beantwortet. Eine genaue Übersicht zu den Antworten der einzelnen Stakeholder kann Abbildung 4 entnommen werden.

Bis auf fünf Teilnehmer*innen von den Feuerwehren (20%), vier von den Endverbraucher*innen (31%), jeweils einen von den Trinkwasserversorgern (17%), der Öffentlichen Verwaltung (5%) und den Sonstigen Stakeholder (7%), wussten alle Stakeholder, was Wasserwiederverwendung ist. Das zeigt, dass die Thematik zu einem sehr großen Anteil schon angekommen ist. Vor allem potenzielle Endnutzer wie Feuerwehren, Grünflächenämter, Gärtnereien und Urbane Landwirte wussten mit dem Thema etwas anzufangen. Aber auch zukünftige Entscheidungsträger wie die öffentliche Verwaltung, die Politik und die Wissenschaft / Hochschulen konnten mit dem Begriff umgehen.

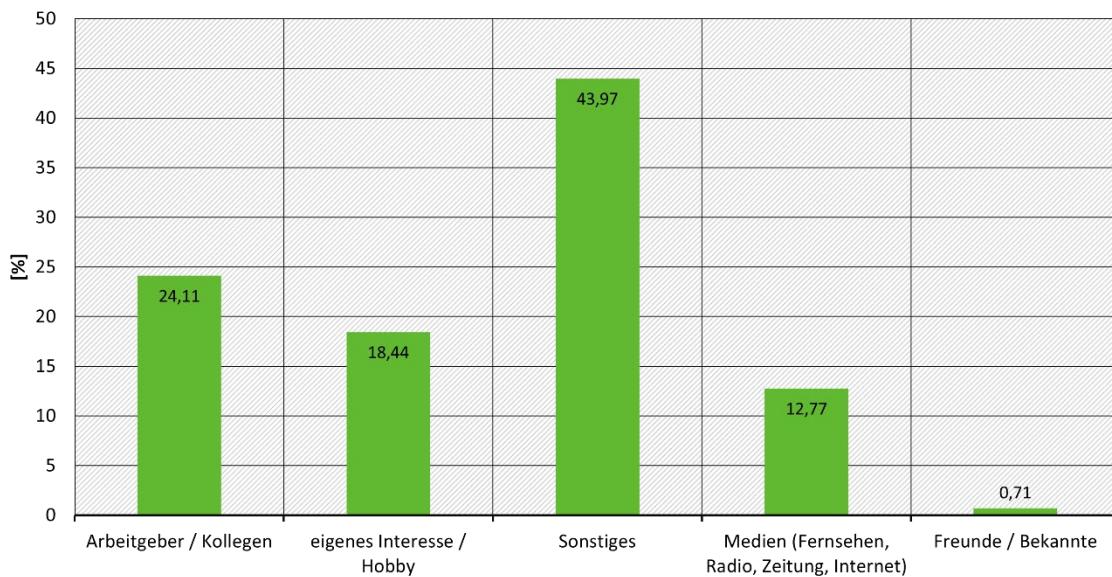
Abbildung 4: Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Wissen Sie was Waterreuse ist?“



Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Auf die Frage, woher die Stakeholder über die Thematik Wasserwiederverwendung Bescheid wussten, antworteten sie entsprechend der Abbildung 5. Dabei wird deutlich, dass mit 44% fast die Hälfte der Befragten nicht genau sagen konnte, woher sie von Wasserwiederverwendung wussten. Mit 24% wurde fast ein Viertel der Befragten durch ihren Arbeitgeber bzw. Kollegen informiert und mit 18% knapp jeder fünfte Befragte aus eigenem Interesse. Aus den Medien wurden nur 13% der Befragten über Wasserwiederverwendung informiert und durch Freunde und Bekannte wurde mit 1% lediglich ein Stakeholder informiert. Diese Ergebnisse zeigen zum einen, dass viele Stakeholder mit der Thematik Wasserwiederverwendung schon in Kontakt gekommen sind aber die Informationsquelle nicht mehr genau zuordnen konnten. Zum anderen wird aber auch deutlich, dass die Thematik medial noch deutlich mehr Verbreitung finden kann. Gerade im Hinblick auf die zunehmende Trockenheit und der damit verbundenen Erarbeitung alternativer Wasserressourcen besteht hier noch ein deutliches Informationspotenzial über die Medien.

Abbildung 5: Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Woher und in welchem Zusammenhang haben Sie von Waterreuse erfahren?“



Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Um abschätzen zu können inwiefern die Stakeholder von zukünftigen Dürren direkt betroffen sind, wurden sie als nächstes gefragt, woher sie ihr Wasser beziehen, wobei Mehrfachantworten möglich waren, vgl. Abbildung 6. Dabei wurde deutlich, dass die Wasserversorgung über die Trinkwasserleitung, also über die öffentlich Trinkwasserversorger, mit 113 Stimmen (88%) die am weitverbreitetste Wasserquelle bei allen Stakeholdern war. Vor allem die Grünflächenämter, Gärtnereien, Berufsverbände und Industrien gaben an, vollständig aus den Trinkwasserleitungen versorgt zu werden. Die Trinkwasserversorger selbst beziehen 88% aus Brunnen, also aus Grundwasser, gefolgt zu je 33% aus Seen, Flüssen oder Bächen und Talsperren. Darüber hinaus gaben 16% der Trinkwasserversorger an ihr Wasser ebenfalls aus der Trinkwasserleitung zu beziehen, womit hier nur die werksinterne Versorgung gemeint sein kann. Eine ähnlich differenzierte Wasserversorgung nannten die Feuerwehren und die Abwasserentsorger, wobei hier die Wasserversorgung über die Trinkwassernetze ebenfalls dominiert. Die urbanen Landwirte beziehen ihr Wasser zu gleichen Teilen aus dem Trinkwasserleitungsnetz und Brunnen. Insgesamt wird hier deutlich, dass zukünftige Dürren alle Stakeholder betreffen werden. Auch wenn eine differenzierte Wasserversorgung hier mehr Resilienz schafft, werden dennoch alle abgefragten Wasserquellen unter den kommenden Dürren leiden. Vor allem die Grundwasserleiter werden durch vermehrten Gebrauch bei gleichzeitig rückläufiger Grundwasserneubildung abnehmen (Riedler, 2021)

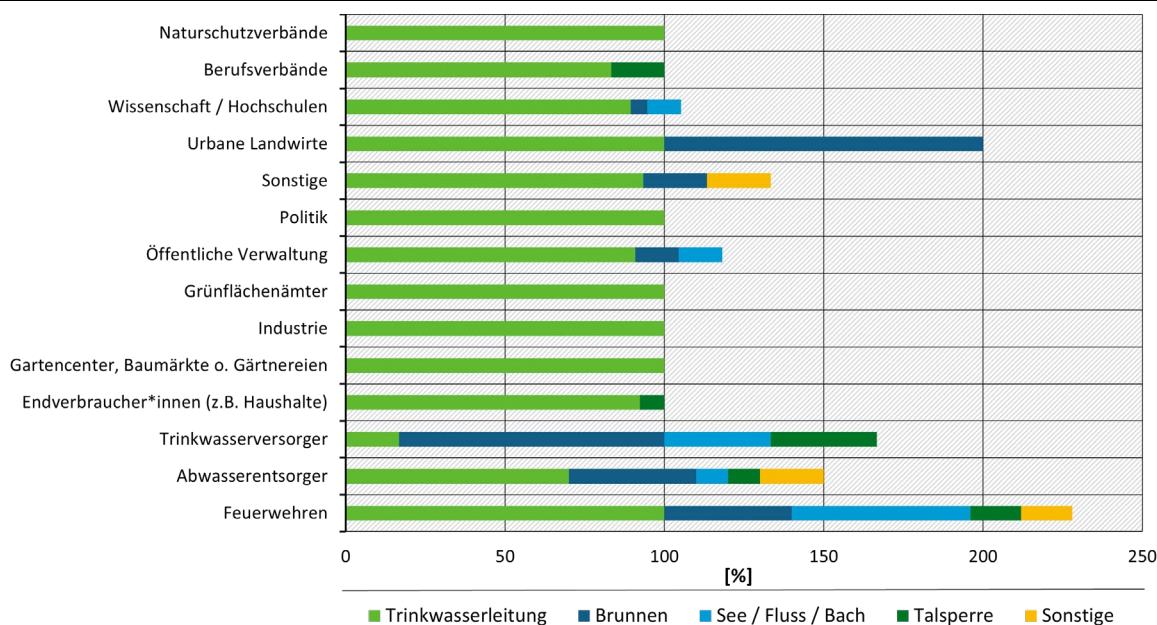
Daraufhin wurden die Stakeholder gefragt, ob sie bereits Erfahrung mit eigener Wasserwiederverwendung haben, denkbar wäre hier z.B. Blumengießen mit Spülwasser. Darauf antworteten 47 (37%) mit „Ja“, 77 (60%) mit „Nein“ und 4 (3%) gaben keine Antwort. Damit haben dreiviertel der Befragten noch keine Erfahrung mit Wasserwiederverwendung. Eine detaillierte Übersicht zu den Antworten der jeweiligen Stakeholder kann Abbildung 7 entnommen werden. Es zeigt sich, dass die Politik und die Grünflächenämter keine Erfahrung mit Wasserwiederverwendung haben. Die sonstigen Stakeholder haben mit 53% die meiste Erfahrung, gefolgt von den Abwasserentsorgern, Trinkwasserversorgers, Industries, Gärtnereien

und der Wissenschaft mit je 60% bzw. 50%. Naturschutzverbände und Berufsverbände haben zu je 33% Erfahrung mit Wasserwiederverwendung. Die öffentliche Verwaltung und die Endverbraucher*innen haben mit je 22% die geringste Erfahrung.

Dass trotz der momentan sicheren Wasserversorgung und des relativ geringen Trinkwasserpreises in Deutschland schon jeder dritte Stakeholder Erfahrung mit Wasserwiederverwendung hat, kann dabei als nachhaltiges Bewusstsein der Stakeholder interpretiert. Allerdings müssen auch noch 77% der Befragten zu dem Thema Erfahrung sammeln, was in zukünftigen Vorhaben bzgl. der richtigen Schulungs- und Verbreitungstechniken Rücksicht finden muss.

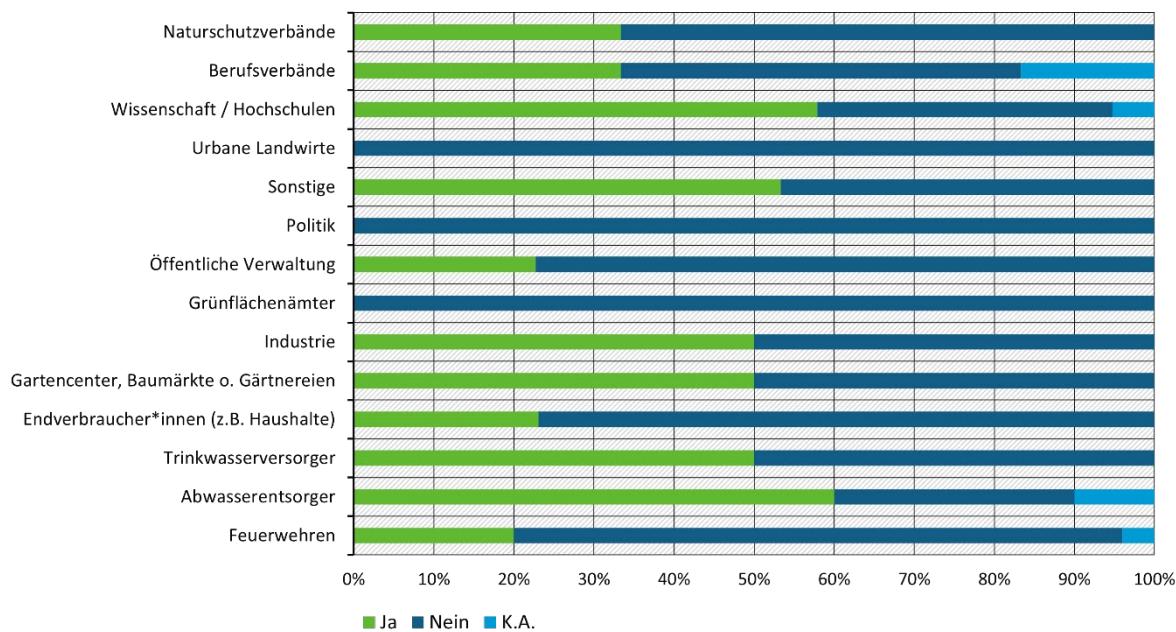
Als nächstes wurden die Stakeholder gefragt, ob sie im Wettbewerb/Konkurrenz bzgl. der Nutzung von Wasser stehen, worauf lediglich 10 (8%) der Befragten mit „Ja“ antworteten. Mit 112 (88%) der Befragten antwortete die große Mehrheit mit „Nein“ und sechs (5%) antworteten gar nicht auf die Frage. Das zeigt, dass die zukünftige Entwicklung des Wasserdargebots bei den meisten Stakeholdern noch nicht angekommen ist, zumindest nicht im alltäglichen Leben. Schaut man sich die detaillierte Übersicht zu den Antworten der jeweiligen Stakeholder an, vgl. Abbildung 8, fällt auf, dass vor allem die Stakeholder mit intensiver Wassernutzung bzw. Aufbereitung, wie Trinkwasserversorger (50%), Abwasserentsorger (10%) und die Industrie (25%) im Wettbewerb bzgl. der Wassernutzung stehen. Die Wissenschaft (5%), Öffentliche Verwaltung (9%) und Endverbraucher*innen (7%) geben in geringem Umfang an in Konkurrenz zu stehen, was vermutlich mehr mit der thematischen Auseinandersetzung zu begründen ist, als mit einer echten Konkurrenzsituation.

Abbildung 6: Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Woher beziehen Sie Ihr Wasser?“



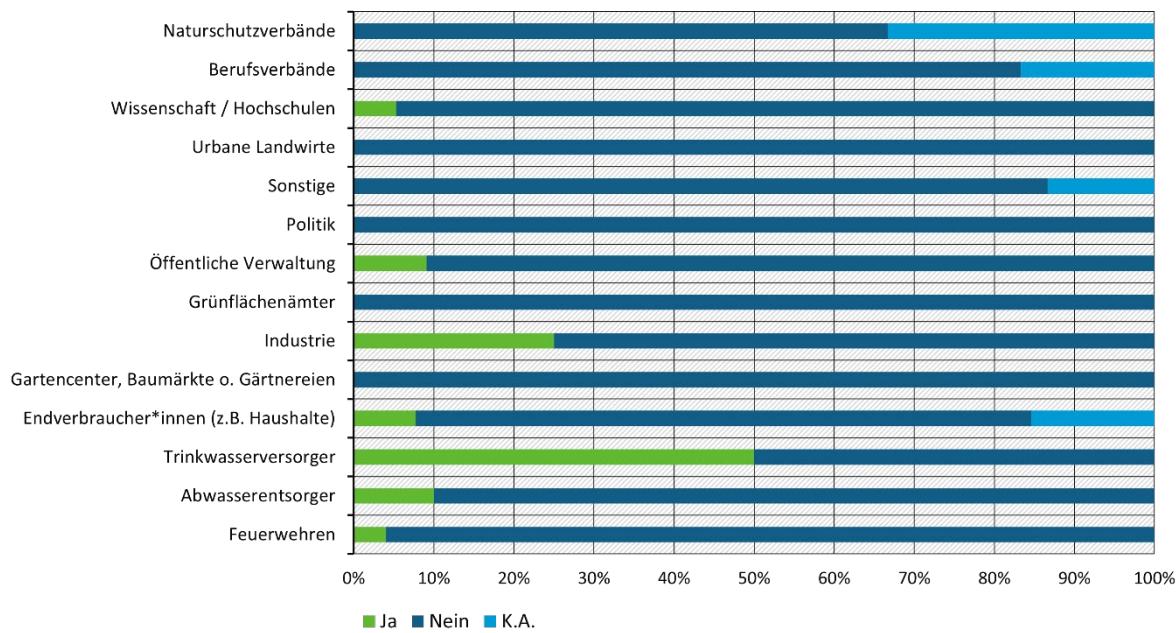
Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Abbildung 7: Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Haben Sie bereits Erfahrungen mit der Verwendung von recyceltem Wasser?“



Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Abbildung 8: Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Stehen Sie im Wettbewerb/Konkurrenz bzgl. der Nutzung von Wasser?“



Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Daraufhin wurden die Stakeholder gebeten anzugeben, wer ihre Konkurrenten bzgl. der Wassernutzung sind, vgl. Tabelle 40. Die Trinkwasserversorger und Abwasserentsorger gaben mit Naherholung/Tourismus, Schifffahrt und Naturschutz die gleichen Konkurrenten an. Dabei wird deutlich, dass ihr Fokus hier auf die aquatische Umwelt im Allgemeinen gerichtet ist, die sie durch ihre Tätigkeit intensiv (mit-)nutzen und andere Systemnutzer als Konkurrenten

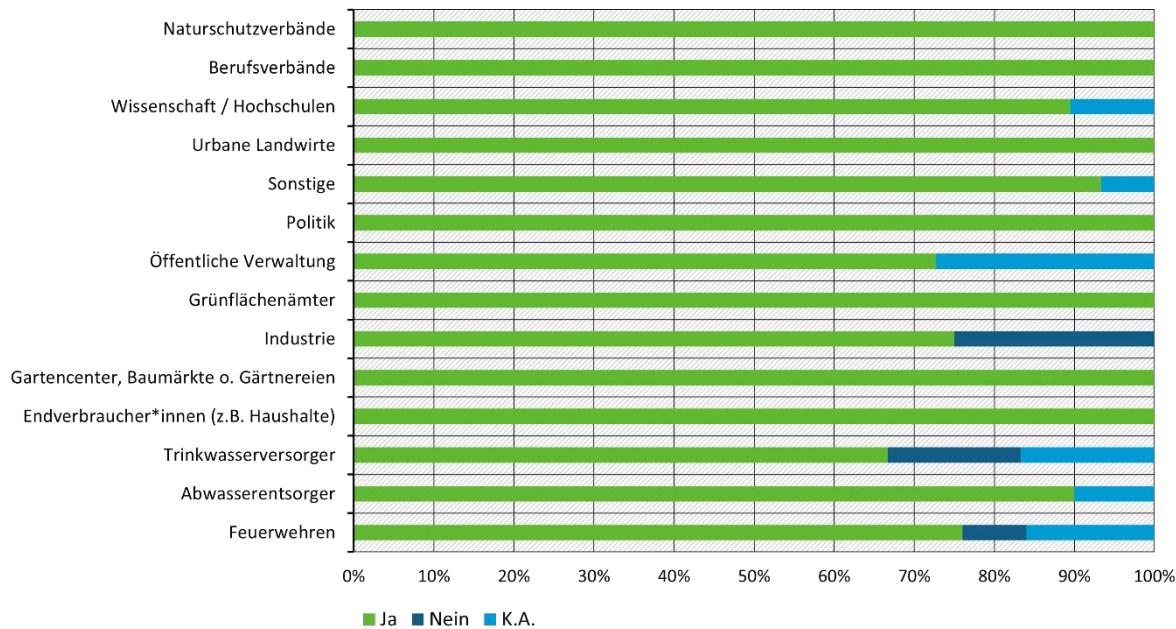
identifizieren, die jedoch nicht im Wettbewerb zur Wasserentnahme stehen. Die Feuerwehren, Endverbraucher*innen und Industrien sehen dahingegen mit privaten Pool-Nutzern, private Haushalte, Landwirtschaft und unspezifischen „andere Nutzer“ ihre Konkurrenz bei anderen Wasserverbrauchern. Dabei wurden die Landwirtschaft und andere Nutzer von den Stakeholdern mehrfach genannt.

Tabelle 40: Freitext Angaben der Stakeholder zur Frage: „Wer sind ihre Mitbewerber und für welche Anwendungen stehen Sie im Wettbewerb?“

| Wassernutzer, die Umfrage beantwortet haben | Konkurrenten für die Wassernutzung aus Sicht der jeweiligen Wassernutzer |
|---|--|
| Feuerwehren | Anderen Nutzer |
| Abwasserentsorger | Naherholung Naturschutz Schifffahrt |
| Trinkwasserversorger | Tourismus Naturschutz Schifffahrt |
| Endverbraucher*innen | Poolnutzer Landwirtschaft |
| Öffentliche Verwaltung | Andere Nutzer |
| Industrie | Private Haushalte Landwirtschaft |

Um nun die grundsätzliche Bereitschaft der Stakeholder zur Wasserwiederverwendung zu ergründen, wurden sie gefragt, ob sie sich unter Berücksichtigung aller hygienischen- und gesundheitlichen Vorschriften vorstellen können, „recyceltes Wasser“ zu nutzen. Dies beantworteten 109 (85%) mit „Ja“, 4 (3%) mit „Nein“ und 15 (12%) der Befragten nicht. Damit zeigt sich hier die große Mehrheit der befragten Stakeholder bereit Wasserwiederverwendung zu praktizieren, sollten keine gesundheitlichen und hygienischen Einschränkungen daraus folgen. Lediglich zwei Befragter von der Feuerwehr und jeweils einer von der Industrie und der Trinkwasserversorgung lehnte dies ab, vgl. Abbildung 9. Unter Berücksichtigung, dass der Großteil der Stakeholder keine Konkurrenz bzgl. der Wasserversorgung angegeben hat, zeugt die hohe Bereitschaft von einer geringen Hemmschwelle gegenüber der Nutzung von aufbereitetem Klarwasser. Dies kann als positive Voraussetzung für zukünftige Wasserwiederverwendungsprojekte interpretiert werden.

Abbildung 9: Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Können Sie sich unter Berücksichtigung aller hygienischen- und gesundheitlichen Vorschriften vorstellen, recyceltes Wasser zu nutzen?“



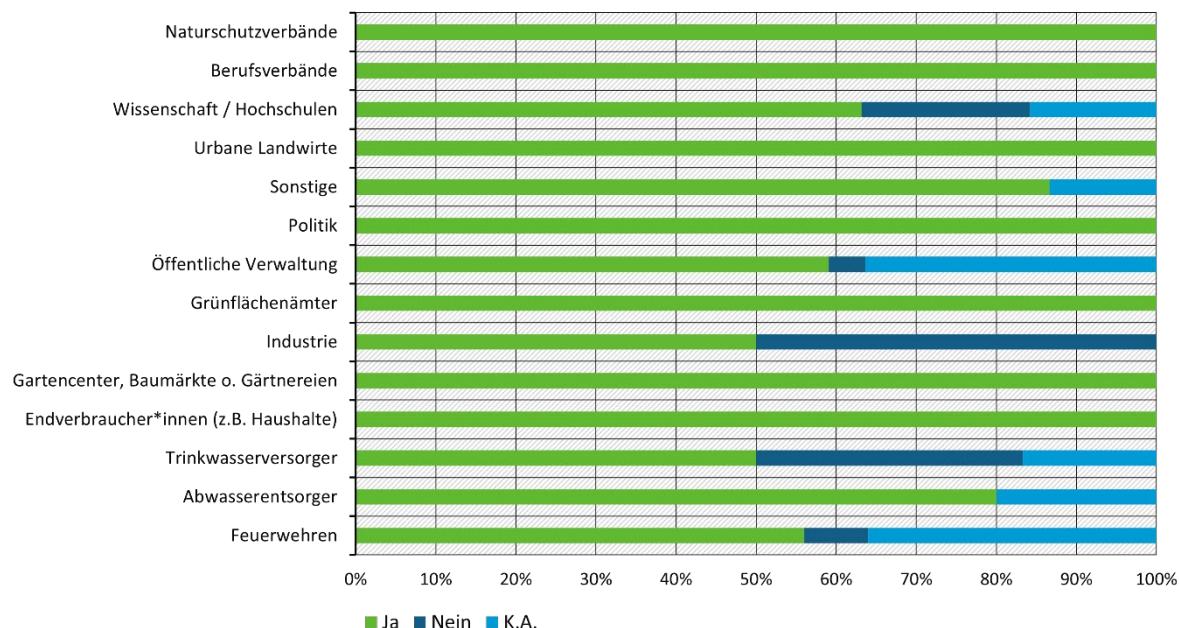
Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Als nächstes wurden die Stakeholder gefragt, ob ihrerseits überhaupt ein Interesse besteht „recyceltes Wasser“ zu verwenden. Auch hier antworteten mit 92 (72%) der Befragten eine große Mehrheit mit „Ja“, 11 (9%) mit „Nein“ und 25 (20%) enthielten sich. Nur aus dem Kreis der Wissenschaft, öffentliche Verwaltung, Industrie, Trinkwasserversorger und Feuerwehren gab es in einem geringen Umfang kein Interesse an Wasserwiederverwendung, vgl. Abbildung 10. Stakeholder aus dem möglichen Anwendungsfeld der urbanen Wasserwiederverwendung zur Bewässerung des urbanen Grüns hatte dabei mehrheitlich ein Interesse aufbereitetes Wasser für Ihre Zwecke wiederzuverwenden. Dieses Ergebnis untermauert nochmal die geringe Hemmschwelle bzgl. der Wasserwiederverwendung bei den befragten Stakeholdern und lässt vermuten, dass keine breiten Überzeugungskampagnen zur Schaffung von Akzeptanz notwendig sind.

Daraufhin wurden die Stakeholder gefragt, welche Ziele sie mit der Wasserwiederverwendung verfolgen würden, wobei Mehrfachantworten möglich waren, vgl. Abbildung 11. Dabei wollen 93 (73%) der Befragten „Nachhaltigkeit fördern“, 82 (64%) wollen eine „höhere Sicherheit der Wasserverfügbarkeit in zukünftigen Dürrezeiten“ sicherstellen und 63 (49%) wollen „Kosten einsparen“. Lediglich 11 (9%) Befragte verfolgen das Ziel der „Imageverbesserung“, 10 (8%) haben sich mit der Thematik noch nicht befasst und nur 2 (2%) haben „keinen Bedarf an Wasserwiederverwendung“ angegeben. Dabei wird deutlich, dass nur die Feuerwehren und Trinkwasserversorger keinen Bedarf als Ziel angegeben haben, was vermutlich mit deren Tätigkeitsfeld zu begründen ist, durch welches sie sich im Bedarfsfall immer bevorzugt sehen. Die Förderung der Nachhaltigkeit wurde von 56 – 100% und die Sicherheit im Dürrefall von 50 – 100% aller Stakeholdergruppen, bis auf die Trinkwasserversorger, als Ziel angegeben. Damit offenbaren sich mindestens zwei erfolgsversprechende Hebel, um die Wasserwiederverwendung zu fördern. Gleichzeitig spricht das für das bereits vorhandene

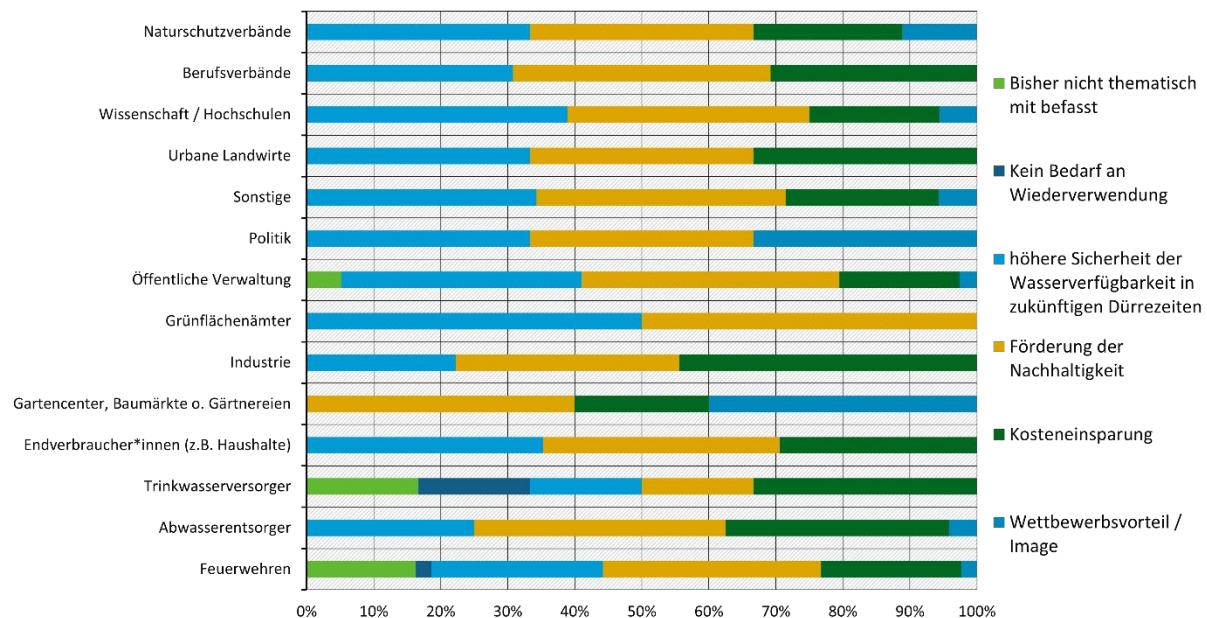
Bewusstsein über die bevorstehenden Probleme mit der zukünftigen Wasserversorgung. Kosteneinsparung gaben bis auf Grünflächenämter 30 -100% alle Stakeholdergruppen an, womit monetäre Anreize ebenfalls ein Hebel zur Förderung sein können – vor allem für die Industrie, Endverbraucher*innen, urbane Landwirte und Abwasserentsorger (in diesem Fall als Bereitsteller und zu einem geringen Teil auch als Nutzer).

Abbildung 10: Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Besteht Ihrerseits ein Interesse recyceltes Wasser zu verwenden?“



Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Abbildung 11: Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Welche Ziele haben sie bzgl. der Wasserwiederverwendung?“



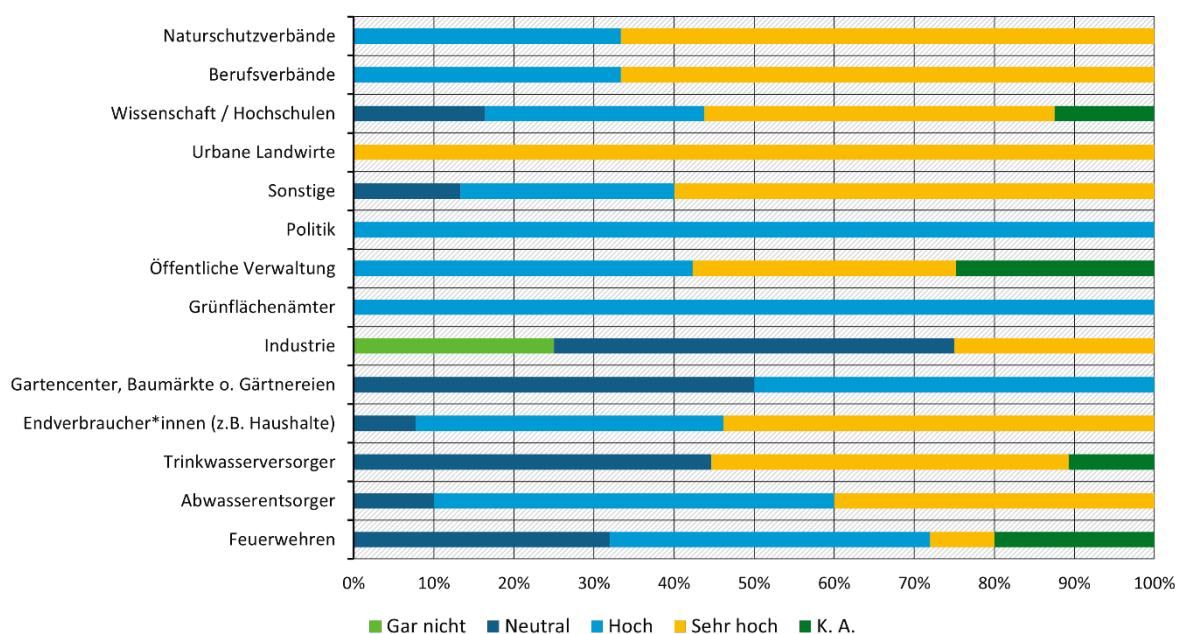
Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Nachdem nun die grundlegende Bereitschaft und das Interesse der Stakeholder ergründet wurden, wobei sich die Stakeholder mehrheitlich für die Wasserwiederverwendung ausgesprochen haben, wurden sie gefragt wie hoch denn ihre Bereitschaft ist. Darauf antworteten 47 (37%) Stakeholder mit „Sehr hoch“ und 44 (34%) mit „Hoch“ – womit insgesamt 91 (71%) Stakeholder mindestens eine hohe Bereitschaft indizierten. 20 (16%) gaben an Neutral, also weder bereit noch ablehnend zu sein, ein Stakeholder (1%) lehnte es ab und 16 (13%) enthielten sich, vgl. Abbildung 12. Damit wird nicht nur wieder die geringe Hemmschwelle der Stakeholder ersichtlich, sondern auch eine hohe bis sehr hohe Bereitschaft, was erneut für eine breite Akzeptanz gegenüber dem Thema der Wasserwiederverwendung spricht. Die ablehnende Haltung der Industrie kann nicht genau ergründet werden, ist jedoch mit nur einer Stimme nicht wirklich aussagekräftig. Denkbar wären Bedenken bzgl. der Wasserqualität oder die Befürchtungen, dass die Produktqualität darunter leiden könnte.

Als nächstes wurden die Stakeholder gefragt, ob sie sich vorstellen können, „recyceltes Wasser“ mit der für die jeweilige Nutzung erforderlichen Qualität für die Anwendungen Toilettenspülung, Löschwasser, Bewässerung, Kühlwasser, Kanal-/Straßenreinigung, Prozesswasser (ohne Lebensmittelindustrie), Autowaschanlagen und Brunnen/Fontänen zu nutzen, vgl.

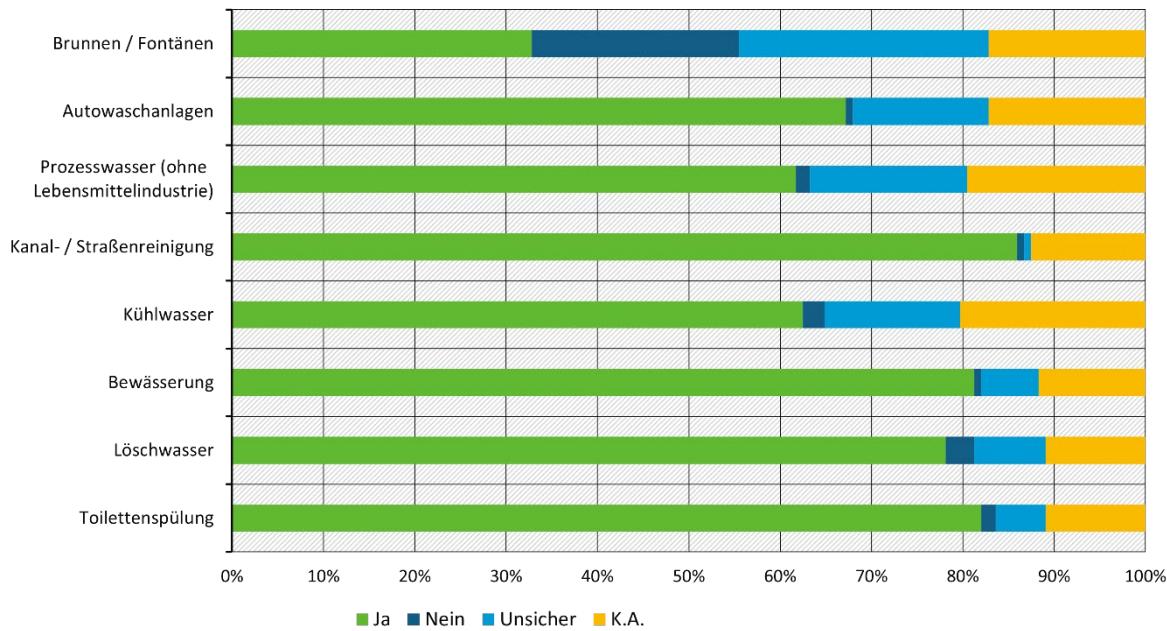
Abbildung 13. Dabei zeigt sich, dass sich eine Mehrheit der Stakeholder vorstellen kann für die genannten Verwendungszwecke „recyceltes Wasser“ zu nutzen, bis auf für Brunnen und Fontänen. Die größte Akzeptanz besteht mit 110 (85%) Befürwortern für Kanal- und Straßenreinigung, gefolgt mit 105 (82%) für die Toilettenspülung, 104 (81%) für die Bewässerung und 100 (78%) für Löschwasser. Autowaschanlagen mit 86 (67%), Kühlwasser mit 80 (62,5%) und Prozesswasser (ohne Lebensmittelindustrie) mit 79 (61%) Befürwortern erhalten auch deutlich über 50% der Stimmen. Damit wird deutlich, dass die befragten Stakeholder sich vielfältige urbane Anwendungsszenarien vorstellen können, die über die reine Bewässerung hinausgehen.

Abbildung 12: Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Wie hoch ist Ihrerseits die Bereitschaft recyceltes Wasser (z.B. Klar- oder Grauwasser) anstatt Trinkwasser für qualitativ entsprechende Nutzungen (z.B. Bewässerung von Grünflächen, Löschwasser, Toilettenspülwasser) zu verwenden?“



Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

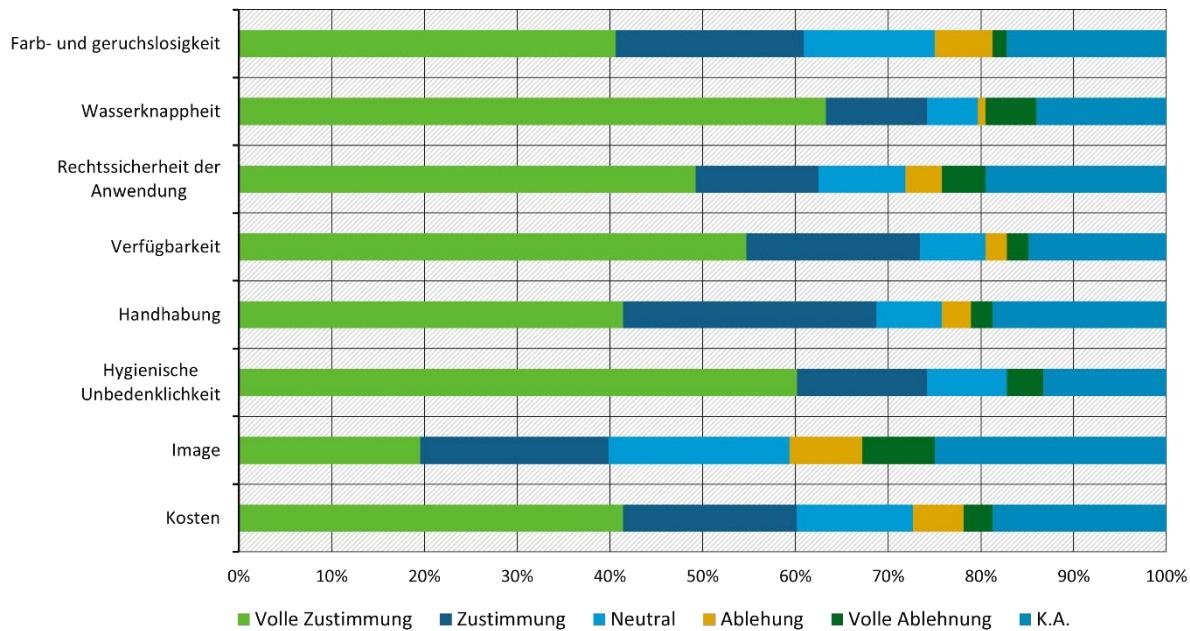
Abbildung 13: Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Können Sie sich vorstellen, dass recyceltes Wasser mit der für die jeweilige Nutzung erforderlichen Qualität für folgende Verwendungszwecke verwendet wird? (Toilettenspülung, Löschwasser, Bewässerung, Kühlwasser, Kanal- / Straßenreinigung, Prozesswasser (ohne Lebensmittelindustrie), Autowaschanlagen, Brunnen / Fontänen)?“



Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Um nun zur erfahren, welche Eigenschaften im Kontext des gesamten Wasserwieder-verwendungssystems die Anreize und Bereitschaft zur Wasserwiederverwendung erhöhen können, wurden die Stakeholder gebeten, die Eigenschaften Farb- und Geruchslosigkeit, Wasserknappheit, Rechtsicherheit, Verfügbarkeit, Handhabbarkeit, hygienische Unbedenklichkeit, Image und Kosten als Faktoren diesbezüglich zu bewerten, vgl. Abbildung 14. Dabei wird deutlich, dass Wasserknappheit mit 81 (63%) vollen- und 14 (11%) Zustimmungen, sowie die hygienische Unbedenklichkeit mit 77 (60%) vollen- und 18 (14%) Zustimmungen die beiden wichtigsten Faktoren zur Förderung der Wasserwiederverwendung sind. Die Verfügbarkeit ist mit 70 (55%) vollen- und 24 (19%) Zustimmungen auf Platz drei der Faktoren, gefolgt von der Handhabbarkeit mit 53 (41%) vollen- und 35 (27%) Zustimmungen und der Rechtssicherheit der Anwendung mit 63 (49%) vollen- und 17 (13%) Zustimmungen. Die Farb- und Geruchslosigkeit sowie Kosten spielen mit je 52 (40%) vollen- und 26 (20%) Zustimmungen eine wichtige aber sekundäre Rolle. Das Image ist mit 25 (20%) vollen- und 26 (21%) Zustimmungen und 10 (8%) Ablehnungen ein kaum treibender Faktor. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die drohende Wasserknappheit an sich schon Anreiz genug ist, um die Stakeholder hygienisch unbedenkliches Wasser verwenden zu lassen. Gepaart mit der reinen Verfügbarkeit, Handhabbarkeit, einer rechtlichen Sicherheit und angemessenen Kosten sind die meisten mit großer Zustimmung bereit Wasserwiederverwendung zu praktizieren. Imagefragen erscheinen deutlich zweitrangig. Das spricht sehr dafür, dass durch eine ausreichende Verfügarmachung und gleichzeitiger administrativer Absicherung, Gesetzlich inkl. ausreichender Qualitätssicherung, Wasserwiederverwendung bereitwillig praktiziert werden würde.

Abbildung 14: Bewertung der Aussage: „Diese Eigenschaften würden meine Bereitschaft erhöhen recycelten Wassers zu verwenden? (Kosten, Image, Hygienische Unbenklichkeit, Handhabung, Verfügbarkeit, Rechtsicherheit der Anwendung, Wasserknappheit, Farb- und Geruchlosigkeit).“ durch die Stakeholder



Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Um sicher zu gehen, dass alle Anreize bzw. Voraussetzungen, die die Bereitschaft zur Wasserwiederverwendung erhöhen können, erfasst werden, sollten die Stakeholder nun in einer Freitext Angabe weitere wünschenswerte Faktoren aufzählen, die in Tabelle 41 zusammengefasst sind. Dabei wird ersichtlich, dass viele Stakeholder nochmal die Wasserqualität, die generelle Verfügbarkeit und das Vorhandensein einer passenden Infrastruktur erwähnen. Die Feuerwehr wünscht sich dabei besonders Feststofffreiheit, um ihre Pumpenanlagen zu schonen. Der Preis wurde von der Wissenschaft und den sonstigen Stakeholdern nochmal genannt, wobei Kosten-Nutzen bzw. Wartungs- und Betriebskosten der Anlagen explizit genannt wurden. Als weitere Anreize wurde eine offene Kommunikation und Transparenz im Wasserwiederverwendungssystem genannt. Darüber hinaus wurde auch nochmal der Schutz des Grundwassers angesprochen, womit auch weitere Umweltschutzgüter verstanden werden können. Als letzter Anreiz wurde geschrieben, dass „nur leicht verschmutztes Abwasser“ verwendet werde soll, eine vierte Reinigungsstufe obligatorisch auf den Kläranlagen installiert sein muss bzw. das Abwasser vorab schon in Grau- und Schwarzwasser getrennt werden soll. Damit wird der Wunsch deutlich, dass proaktiv, ähnlich wie bei NewWater, nur schwachbelastetes Abwasser zu Wiederverwendungszwecken genutzt werden soll, welches zusätzlich über vierte Aufreinigung behandelt worden sein soll.

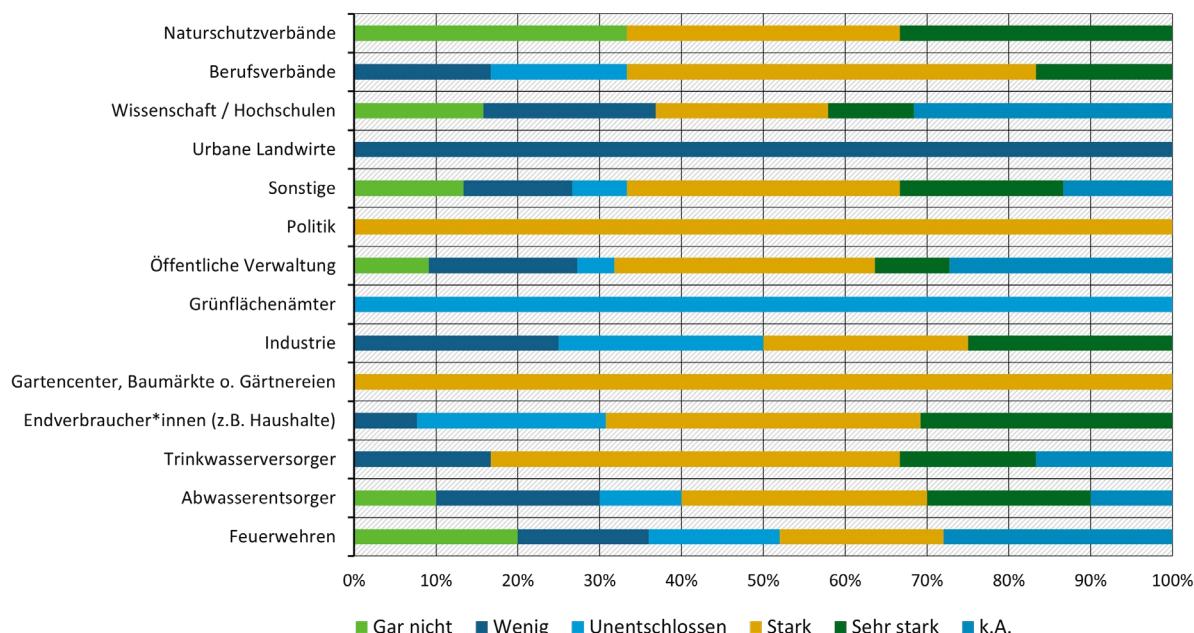
Tabelle 41: Freitext Angaben der Stakeholder zur Frage: "Welche sonstigen Ansprüche stellen Sie an die urbane Wasserwiederverwendung?".

| Stakeholdergruppe, welche Umfrage beantwortet hat | Antworten |
|---|---|
| Feuerwehren | Infrastruktur Feststofffreiheit (Pumpensicherheit) Nur leicht verunreinigtes Wasser wiederverwenden Verfügbarkeit |
| Abwasserentsorger | Infrastruktur Transparents Kommunikation Verfügbarkeit |
| Trinkwasserversorger | Wasserqualitäten Transparents Sicherheit der Grundwasserqualität |
| Endverbraucher*innen | Infrastruktur keine |
| Industrie | Wasserqualitäten Transparents |
| Öffentliche Verwaltung | Infrastruktur Transparents Kommunikation Wasserqualität obligatorische vierte Reinigungsstufe Kosten-Nutzen-Verhältnis |
| Politik | Sicherheit |
| Sonstige | Wasserqualität Betriebskosten Anlagenwartung Verfügbarkeit Preis Getrenntes Grau- und Schwarzwassersystem |
| Wissenschaft / Hochschulen | Wasserqualität Preis Verfügbarkeit |
| Berufsverbände | Wasserqualität Verfügbarkeit |
| Naturschutzverbände | Wasserqualität |

Da finanzielle Anreize häufig einen guten Hebel darstellen, um neue Technologien bzw. Anwendungen und Anwendungsfelder zu fördern und die Stakeholder diesen in Form von Kosten bereits bestätigt haben, wurden sie gefragt inwiefern explizit finanzielle Anreize sie zur Wasserwiederverwendung bewegen würden. Darauf antworteten 40 (31%) mit „stark“ und 17 (13%) mit „sehr stark“. 14 (11%) Stakeholder ließen sich damit „gar nicht“ bewegen und 21 (16%) „wenig“. 13 (10%) sind unentschlossen und 23 (18%) antworteten nicht auf die Frage.

Schaut man sich die Antworten der Stakeholder an, so fällt auf, dass Gärtnereien und Politik darin einen starken Anreiz erkennen, Grünflächenämter unentschlossen sind und Berufsverbände, urbane Landwirte, Industrie, Endverbraucher*innen und Trinkwasserversorger diese nicht vollständig verneinen, vgl. Abbildung 15. Dies bestätigt erneut, dass durch finanzielle Anreize Wasserwiederverwendung gefördert werden kann, dies aber nicht der einzige und stärkste Hebel zur Förderung ist.

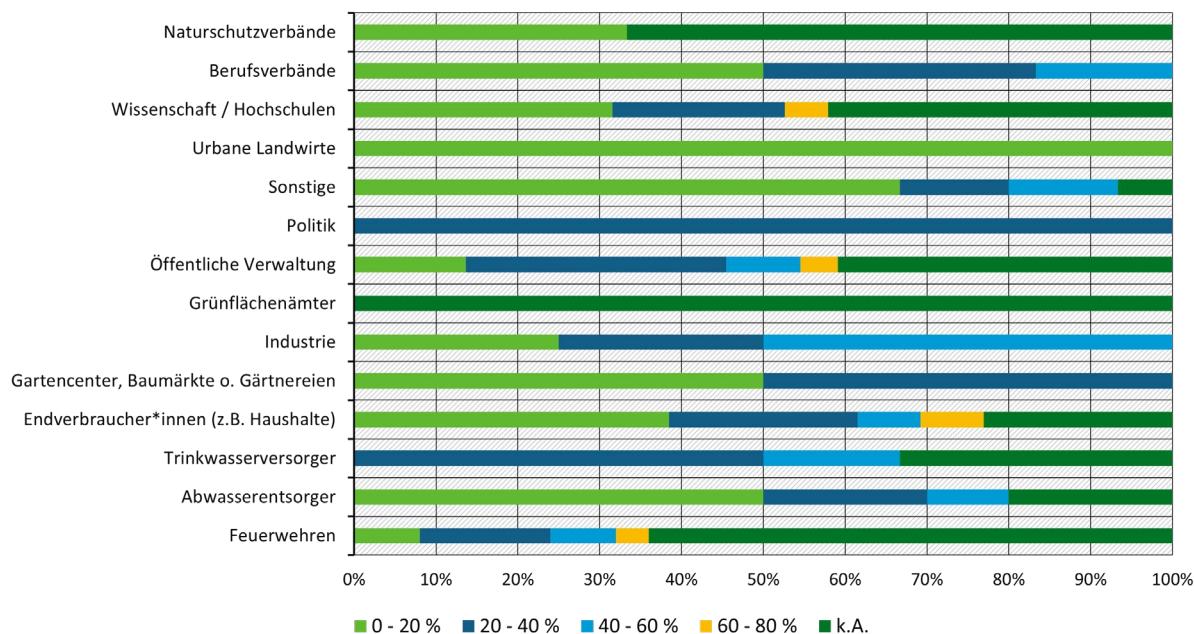
Abbildung 15: Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Inwieweit sind Sie durch finanzielle Anreize motiviert, recyceltes Wasser der entsprechenden Qualität für entsprechende Nutzungen zu verwenden anstelle von Trinkwasser (z.B. Bewässerung, Toilettenspülung) oder ggf. zu veräußern (z.B. Klarwasser, Duschwasser)?“



Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Darauf aufbauend sollten die Stakeholder einordnen, wieviel sie Einsparen müssten, damit sie Wasserwiederverwendung betreiben würden. Darauf antworteten 38 (30%) Stakeholder mit 0 – 20%, 30 (23%) mit 20 – 40%, 12 (9%) mit 40 – 60%, vier (3%) mit 60 – 80% und 44 (34%) antworteten darauf nicht. Damit erklären sich die meisten Stakeholder bereit schon bei geringen Einsparungen Wasserwiederverwendung zu praktizieren, wobei sich nur 12% Einsparungen über 40% angeben. Damit wird erneut deutlich, dass der finanzielle Anreiz da ist, aber nicht als dominierend zu verstehen ist. Eine detaillierte Übersicht zu den Angaben der einzelnen Stakeholder kann Abbildung 16 entnommen werden.

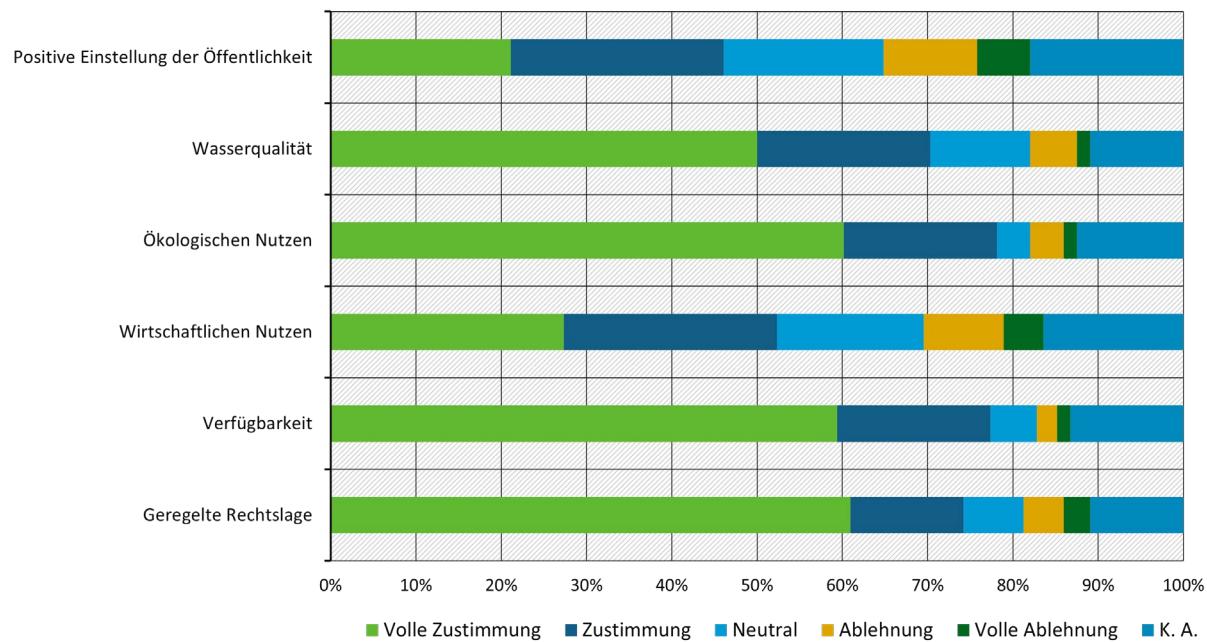
Abbildung 16: Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Wie viel Prozent müsste die Kostenersparnis von recyceltem Wasser gegenüber derzeitigen Trinkwasserpreisen betragen, um es für Sie attraktiv erscheinen zu lassen? (0 – 20%, 20 – 40%, 40 – 60%, 60 – 80%)?“



Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Als nächstes wurden die Stakeholder gefragt, welche weitere Faktoren ihnen im Bezug zur Wasserwiederverwendung wichtig sind. Diese sollten dann als Grundlage für Kommunikations- und Werbestrategien gelten und ggf. im Risikomanagementplan Berücksichtigung finden. Dazu wurden sie gebeten die Attribute „geregelte Rechtslage“, „Verfügbarkeit“, „wirtschaftlichen Nutzen“, „ökologischen Nutzen“, „Wasserqualität“ und „positive Einstellung der Öffentlichkeit“ zu bewerten. Dabei bekamen der ökologische Nutzen mit 77 (60%) vollen Zustimmungen und 23 (18%) Zustimmungen gefolgt von der Verfügbarkeit mit 76 (60%) vollen Zustimmungen und 23 (18%) Zustimmungen die größte Bedeutung von den Stakeholdern beigemessen. Danach kommt die geregelte Rechtslage mit 78 (61%) vollen Zustimmungen und 17 (13%) Zustimmungen, gefolgt von der Wasserqualität mit 64 (50%) Vollen Zustimmungen und 26 (20%) Zustimmungen. Als Eher unwichtig wird der wirtschaftliche Nutzen mit 35 (27%) vollen Zustimmungen und 32 (25%) Zustimmungen und die positive öffentliche Einstellung mit 27 (21%) vollen Zustimmungen und 32 (25%) Zustimmungen gewertet, vgl. Abbildung 17. Die vorgeschlagenen Faktoren wurden dabei mit nur 3 - 7% abgelehnt, bis auf die beiden letzten genannten, die mit jeweils 14% bzw. 17% von den Stakeholdern abgelehnt wurden. Damit wird erneut unterstrichen, dass ein nachgewiesener ökologischen Nutzen, ausreichende Verfügbarkeit, geregelte Rechtsgrundlage und gute Wasserqualität in den Augen der Stakeholder die wichtigsten Faktoren eines Wasserwiederverwendungssystems sind.

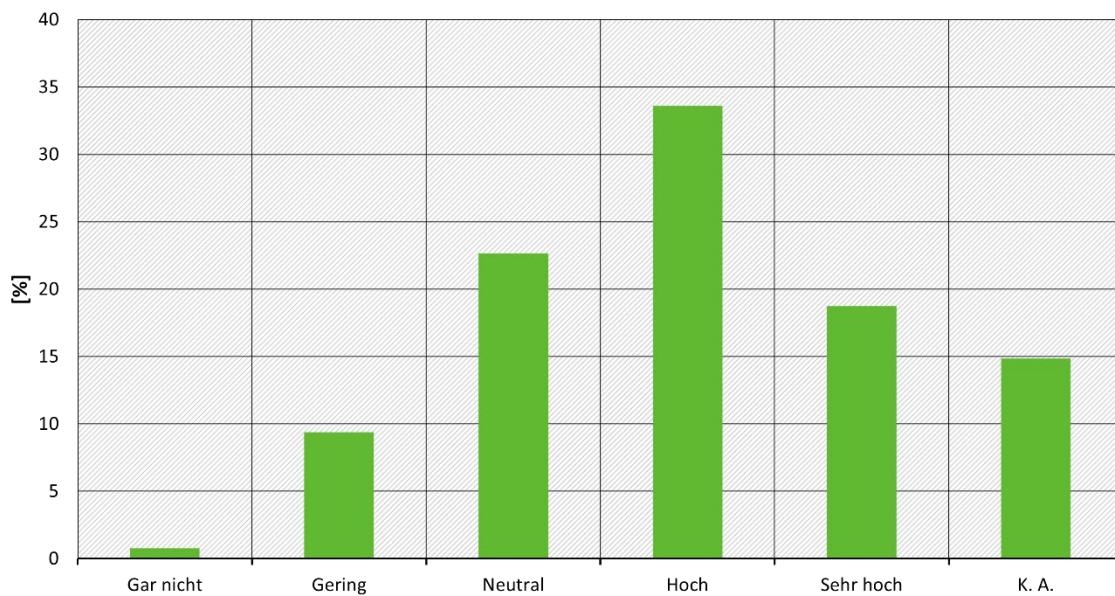
Abbildung 17: Bewertung der die Aussage: „Diese Faktoren sind mir in Bezug auf Wasserwiederverwendung wichtig? (Geregelte Rechtslage, Verfügbarkeit, Wirtschaftlichen Nutzen, Ökologischen Nutzen, Wasserqualität, Positive Einstellung der Öffentlichkeit).“ durch die Stakeholder.



Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Anschließend wurden die Stakeholder nach ihrer Aufwandseinschätzung bzgl. Wasserwiederverwendung befragt. Dazu sollte sie zuerst den Schulungs- und Informationsaufwand für Menschen abschätzen, die mit aufbereitetem Wasser umgehen bzw. diesem ausgesetzt sind. Dabei schätzen 43 (33%) Stakeholder den Aufwand hoch ein, 29 (23%) Neutral und 24 (19%) als sehr hoch. Lediglich 12 (9%) Stakeholder schätzen einen geringen Aufwand, einer (1%) sieht gar keinen Aufwand und 19 (14%) haben nicht geantwortet, vgl. Abbildung 18. Damit sieht jeder zweite Stakeholder mindestens einen hohen Schulungsaufwand als notwendig, was bei der Realisierung solcher Projekte, aber auch bei der Schulung der Bevölkerung im Allgemeinen berücksichtigt werden muss. Darüber hinaus kann das als Unsicherheit der Stakeholder bzgl. des Themas interpretiert werden, die zwar mehrheitlich wissen, was Wasserwiederverwendung ist, aber sich trotzdem nicht ohne weitere Einweisung einen sicheren Umgang mit aufbereitetem Wasser vorstellen können.

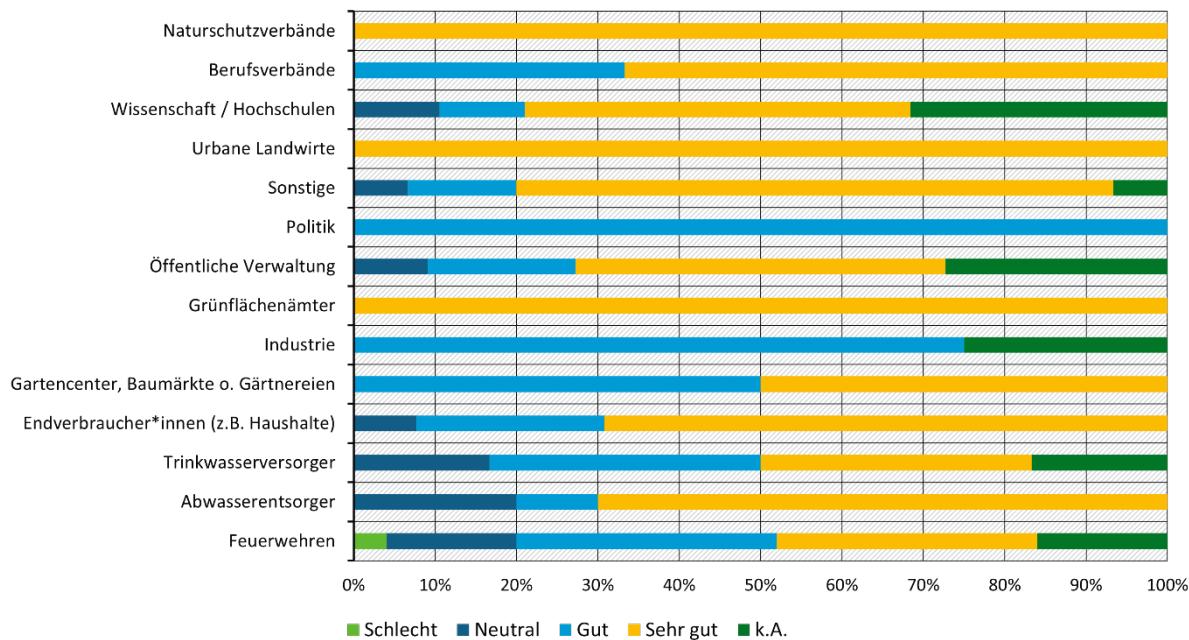
Abbildung 18: Antwort der Stakeholder auf die Frage: "Wie hoch ist der Informationsaufwand für die Schulung von Menschen (bzw. Ihrer Mitarbeiter*innen) die ggf. direkt mit recyceltem Wasser in Kontakt kommen könnten, um sie über die adäquate Verwendung aufzuklären?"



Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Darauf aufbauend, wurde die Stakeholder gefragt, ob sie es gut fänden, wenn das Thema der Wasserwiederverwendung intensiver in der Öffentlichkeit diskutiert werden würde. Dies fanden 66 (53%) „Sehr gut“, 29 (23%) „Gut“, 13 (10%) „Neutral“, einer (1%) „schlecht“ und 19 (16%) gaben keine Antwort. Damit begrüßt die große Mehrheit der Stakeholder einen breiten öffentlichen Diskurs, was wiederum auf eine positive Grundeinstellung zum Thema schließen lässt. Gleichzeitig könnten damit Schulungs- und Informationskampagnen gekoppelt werden und die Hemmschwellen zur Wasserwiederverwendung weiter gesenkt werden. Eine detaillierte Übersicht zu den Angaben der einzelnen Stakeholder kann Abbildung 19 entnommen werden.

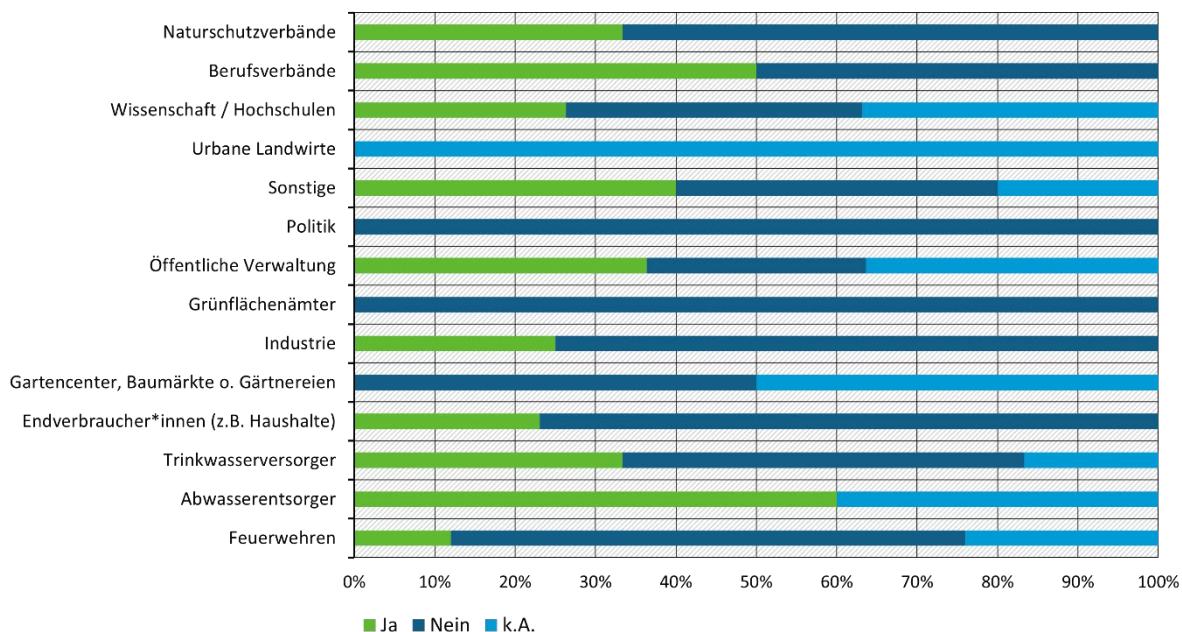
Abbildung 19: Antwort der Stakeholder auf die Frage: "Fänden Sie es gut, wenn das Thema der Wasserwiederverwendung intensiver in der Öffentlichkeit diskutiert werden würde?"



Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Als nächstes sollten die Stakeholder angeben, ob sie Möglichkeiten haben „recyceltes Wasser“ zu speichern. Dies beantworteten mit 59 (46%) Stakeholdern die meisten mit „Nein“, 38 (30%) mit „Ja“ und 31 (24%) gaben keine Antwort. Die Stakeholder spezifischen Angaben kann Abbildung 20 entnommen werden. Dabei zeigt sich, dass bis auf urbane Landwirte, Politik, Grünflächenämter und Gärtnereien ein gewisser Teil der restlichen Stakeholder die Möglichkeit besitzt „recyceltes Wasser“ zu speichern. Vor allem Abwasserentsorger mit 60%, Berufsverbände mit 50%, Sonstige mit 40% und Trinkwasserversorger mit 33%. Damit wird deutlich, dass die Stakeholder aus dem Einsatzfeld des urbanen Grüns keine Speichermöglichkeiten besitzen, was unterstreicht, dass die infrastrukturellen Voraussetzungen dafür noch geschaffen werden müssen. Dabei erscheint es als sinnvoll die Speichereinheiten über den Aufbereiter bzw. Verteiler bereit zu stellen, um die Bewässerung des urbanen Grüns möglichst vielen Stakeholdern zu ermöglichen und die Wiederverwendung möglichst schnell voranzutreiben.

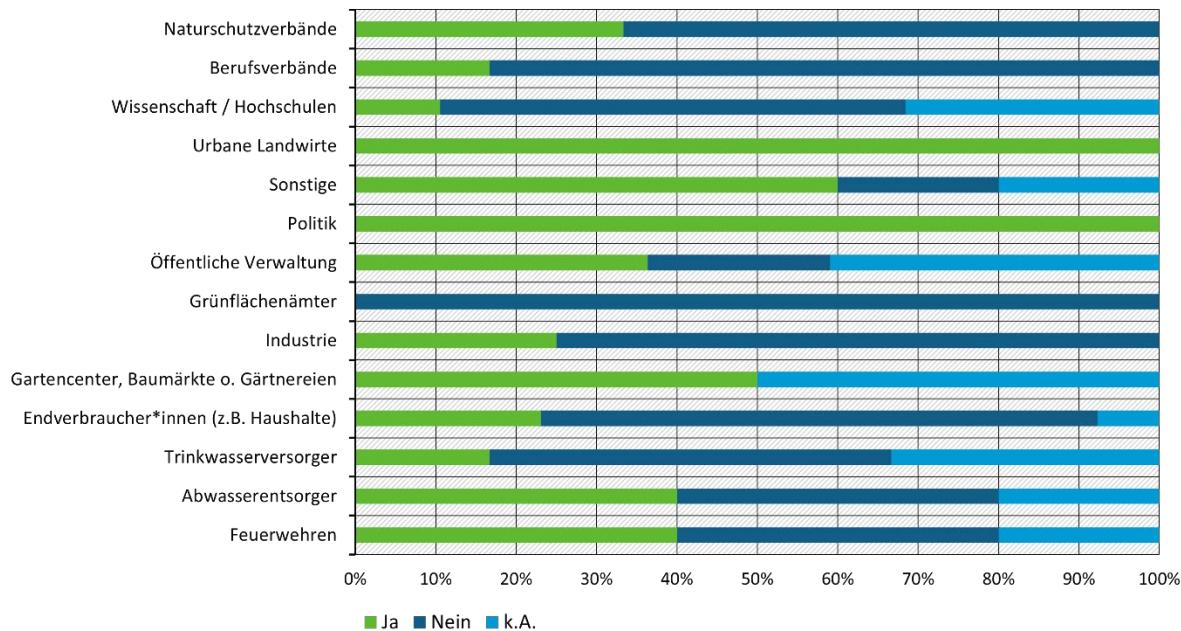
Abbildung 20: Antwort der Stakeholder auf die Frage: "Haben Sie Möglichkeiten das Wasser zu speichern?".



Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Aufbauend auf die Frage zu den Speichermöglichkeiten, wurden die Stakeholder gefragt, ob sie die logistische Voraussetzung (z.B. Anfahrtsmöglichkeiten für LKWs) haben „recyceltes Wasser“ geliefert zu bekommen. Dies beantworteten 56 (44%) mit „Nein“, 43 (33%) mit „Ja“ und 29 (23%) gaben keine Antwort. Die Stakeholder spezifischen Angaben kann Abbildung 21 entnommen werden. Dabei zeigt sich, dass bis auf Grünflächenämter ein gewisser Teil der restlichen Stakeholder die Möglichkeit besitzt „recyceltes Wasser“ entgegenzunehmen. Dabei bejahten alle Stakeholder aus Politik und urbaner Landwirtschaft die Frage. Sonstige Stakeholder bejahten mit 60%, Gärtnereien mit 50% und Feuerwehren, Abwasserentsorger, öffentliche Verwaltung und Naturschutzverbände mit ca. 40%. Damit zeigt sich hier erneut, dass der Hauptakteur für die Bewässerung des urbanen Grüns weitere Voraussetzungen zur Verwendung „recycelten Wassers“ benötigt. Damit wird deutlich, dass neben Infrastrukturmaßnahmen, die den Transport und die Speicherung sicherstellen, oft auch bauliche Maßnahmen bei den Endverbraucher*innen notwendig sind, um Wasserwiederverwendungsprojekte erfolgreich zu gestalten. Auch hier lohnt es sich zu überprüfen, ob zur Förderung der Wasserwiederverwendung die technische Lösung durch den Aufbereiter bzw. Verteiler bereitgestellt werden sollen.

Abbildung 21: Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Haben Sie die logistischen Voraussetzungen, um recyceltes Wasser geliefert zu bekommen? (Anfahrt mit dem LKW etc.)?“

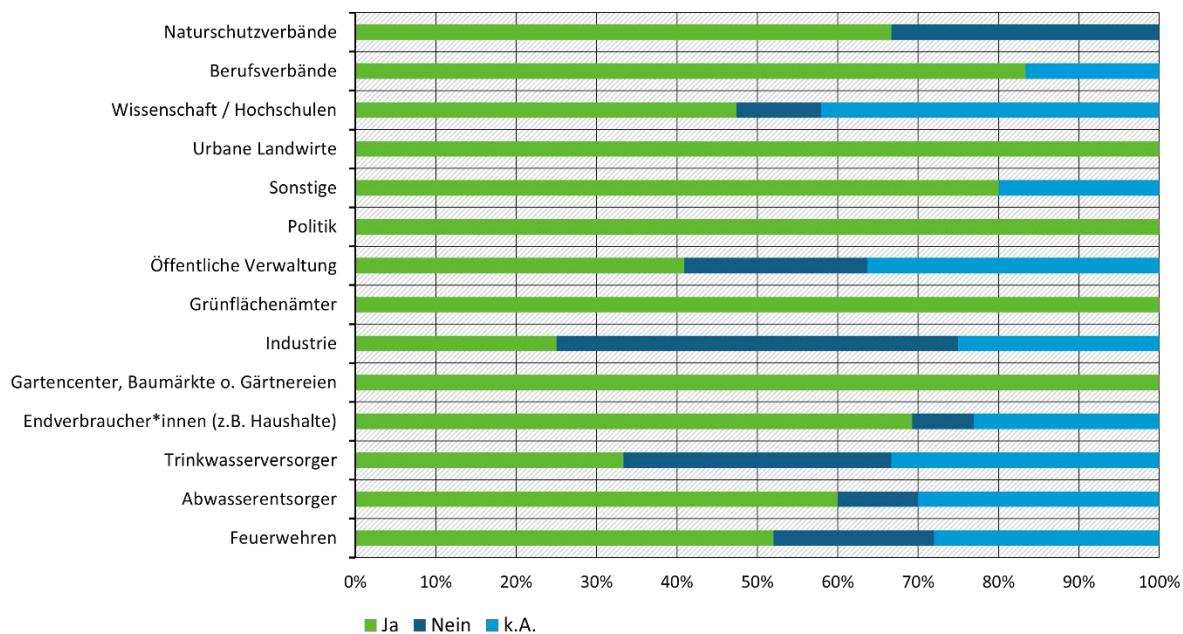


Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Anschließend wurden die Stakeholder gefragt, ob die Einsparung von Trinkwasser im Verhältnis zum einhergehenden sozialen und ökologischen Aufwand der Bereitstellung des „recycelten Wassers“ stehen. Dies bejahten 73 (57%) der Stakeholder, 19 (15%) verneinten es und 36 (28%) gaben keine Antwort. Damit sieht die Mehrheit der Stakeholder den sozialen- und ökologischen Aufwand gerechtfertigt, was wiederum für eine hohe Akzeptanz spricht. Bis auf die Industrie (25%), Trinkwasserversorger (33%), Öffentliche Verwaltung (41%) und Hochschulen (47%) sind die Stakeholder Mehrheitlich der Meinung, dass die Einsparungen verhältnismäßig sind, vgl. Abbildung 22. Bei den befragten Stakeholdern der urbanen Landwirtschaft, Politik, Grünflächenämter und Gärtnereien stimmten alle einstimmig zu. Dies lässt auf eine besonders hohe Akzeptanz zur Bewässerung des urbanen Grüns schließen.

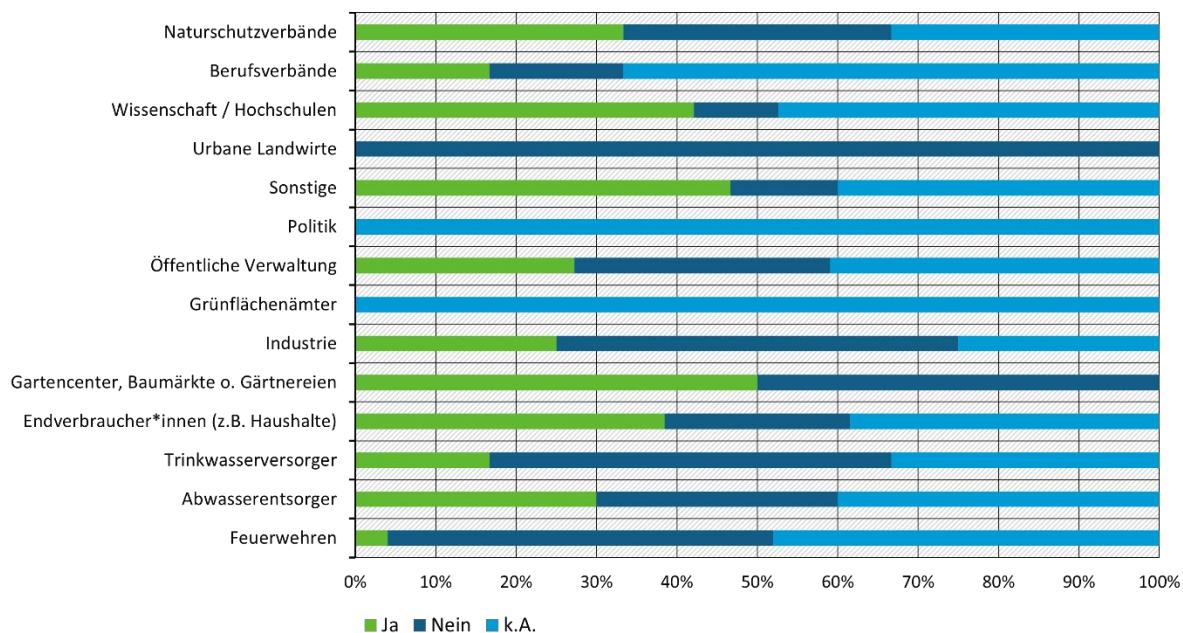
Danach wurden die Stakeholder gefragt, ob die Einsparung von Trinkwasser im Verhältnis mit dem einhergehenden Kostenaufwand der Bereitstellung des „recycelten Wassers“ stehen. Dies bejahten nur 35 (27%) Stakeholder, 38 (30%) verneinten es und 55 (43%) gaben keine Antwort. Damit sieht die Mehrheit der befragten Stakeholder den Kosten Aufwand nicht gerechtfertigt. Dass der Großteil der Befragten die Frage nicht beantwortete, könnte mit den z.Z. nicht bekannten Kosten zusammenhängen. Nur Gärtnereien gaben zur Hälfte an, dass die Kosten im Verhältnis stünden. Bei den Endverbraucher*innen, Sonstigen und bei der Wissenschaft gab es zwar mehr „Ja“ als „Nein“ Stimmen, diese waren jedoch deutlich unter 50%. Alle anderen Stakeholder gaben mehr „Nein“ Stimmen ab, vgl. Abbildung 23. Damit ergibt sich das Bild, dass für die Stakeholder trotz eines gerechtfertigten sozialen und ökologischen Aufwands, der Kostenaufwand nicht im Verhältnis zur Nutzung von „recyceltem Wasser“ steht. Zusammengefasst werden könnten dieses widersprüchliche Ergebnis damit, dass die Stakeholder Bereit sind einen erhöhten sozialen und ökologischen Aufwand zu betreiben bzw. betreiben zu lassen, aber der momentane Trinkwasserprijs die Kosten noch nicht rechtfertigt.

Abbildung 22: Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Liegts Ihrer Meinung die Einsparung von Trinkwasser im Verhältnis mit dem einhergehenden sozialen und ökologischen Aufwand der Bereitstellung von recyceltem Wasser? (z.B. Aufklärungsarbeit, Transport, erschaffen von Arbeitsanweisungen)?“



Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Abbildung 23: Antwort der Stakeholder auf die Frage: „Liegts Ihrer Meinung die Einsparung von Trinkwasser im Verhältnis mit dem einhergehenden Kostenaufwand der Bereitstellung von recyceltem Wasser?“

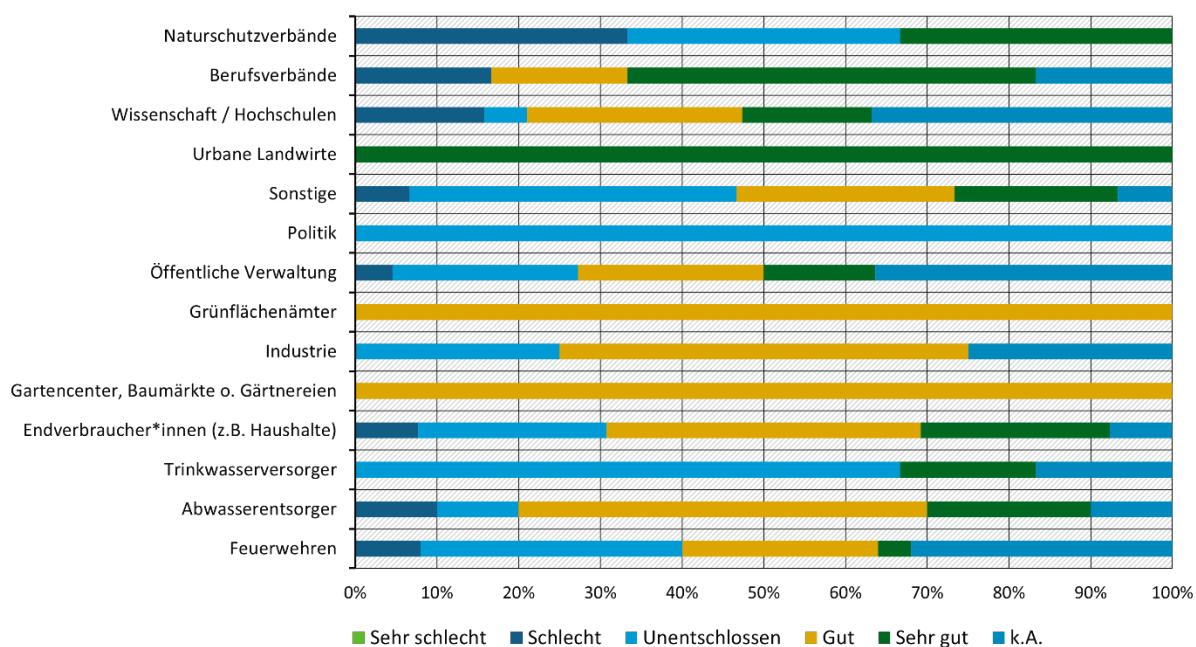


Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Als letzten Frageblock sollten die Stakeholder Angaben zu ihrer Risikoabschätzung geben. Dafür wurden sie zuerst gefragt, wie sie die Umweltverträglichkeit im Rahmen der Bewässerung durch „recyceltes Wasser“ einschätzen. Dabei erachteten 36 (28%) Stakeholder die

Umweltverträglichkeit als „Gut“ und 21 (16%) sogar als „Sehr gut“. 31 (24%) der Befragten war „Unentschlossen“, 11 (8%) erachtet sie als „schlecht“ und 29 (22%) gaben keine Antwort. Damit hat die Mehrheit der Befragten keine Bedenken bzgl. der Umweltverträglichkeit, auch wenn mit jedem vierten Befragten ein großer Teil sie nicht einschätzen konnte. Dabei erachten Grünflächenämter und Gärtnereien die Verträglichkeit zu 100% als gut, womit zwei hauptverantwortlichen Stakeholder für die Bewässerung des urbanen Grüns keine Vorbehalte dbzgl. zu haben scheinen. Politik, Industrie und Trinkwasserversorger haben ebenfalls keine Bedenken, waren jedoch Mehrheitlich unentschlossen. Die größten Bedenken haben Naturschutzverbände mit 33,33% und Wissenschaft und Berufsverbände mit je ca. 15%. Bei den restlichen Stakeholdern erachten nur 10 – 5% der Befragten die Umweltverträglichkeit als schlecht. Eine Übersicht zu den Angaben kann Abbildung 24 entnommen werden.

Abbildung 24: Antwort der Stakeholder auf die Frage: "Wie schätzen Sie die Umweltverträglichkeit im Rahmen der Bewässerung durch Klarwasser ein?"

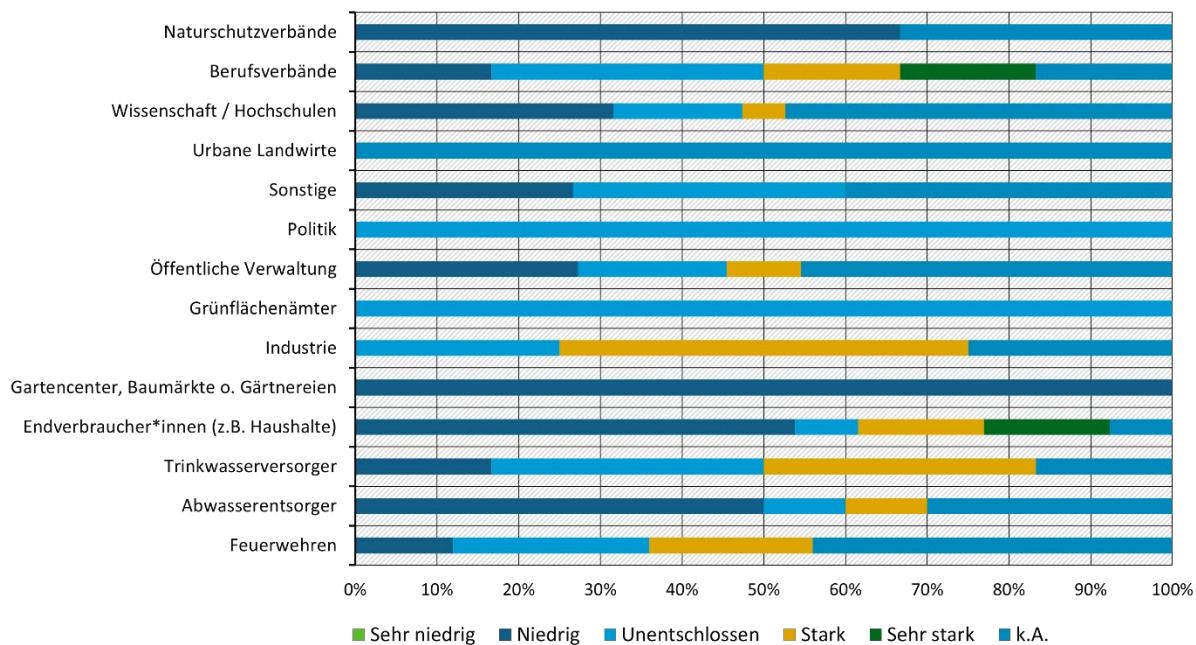


Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Also nächstes wurden die Stakeholder gebeten die Risiken für Boden- und Grundwasserqualität abzuschätzen. Diese Frage Beantworteten 37 (28%) mit „gering“, 27 (21%) mit „unentschlossen“, 16 (12%) mit „hoch“, drei (2%) mit „sehr hoch“ und 45 (35%) beantworteten die Frage nicht. Damit haben die meisten Stakeholder die Frage nicht beantwortet, gefolgt von einer geringen Risikobeurteilung. Jeder fünfte Befragte war unentschlossen, was zusammen mit der großen Zahl an nicht abgegebenen Antworten davon zeugt, dass die Befragten nicht über ausreichend Informationen bzw. das Wissen zur Beurteilung der Umweltrisiken haben. Damit sind diese Fragen maximal als Risikoeinschätzung und nicht als Risikobewertung zu beurteilen. Die Stakeholder spezifischen Antworten zeigen wieder, dass alle Gärtnereien das Risiko als niedrig erachten, allerdings sind alle Grünflächenämter unentschlossen, was das Risiko für die Boden- und Grundwasserqualität angeht, so wie auch die Politik. Die Naturschutzverbände erachten zu 66% das Risiko ebenfalls als gering. Ein starkes Risiko wird teilweise von der Wissenschaft, öffentlichen Verwaltung, Industrie, Trinkwasserversorgern, Abwasserentsorgern, Feuerwehren, Endverbraucher*innen und Berufsverbänden gesehen. Wobei die letzten zwei

genannten zum Teil ein sehr starkes Risiko sehen. Eine detaillierte Verteilung kann entnommen Abbildung 25 werden.

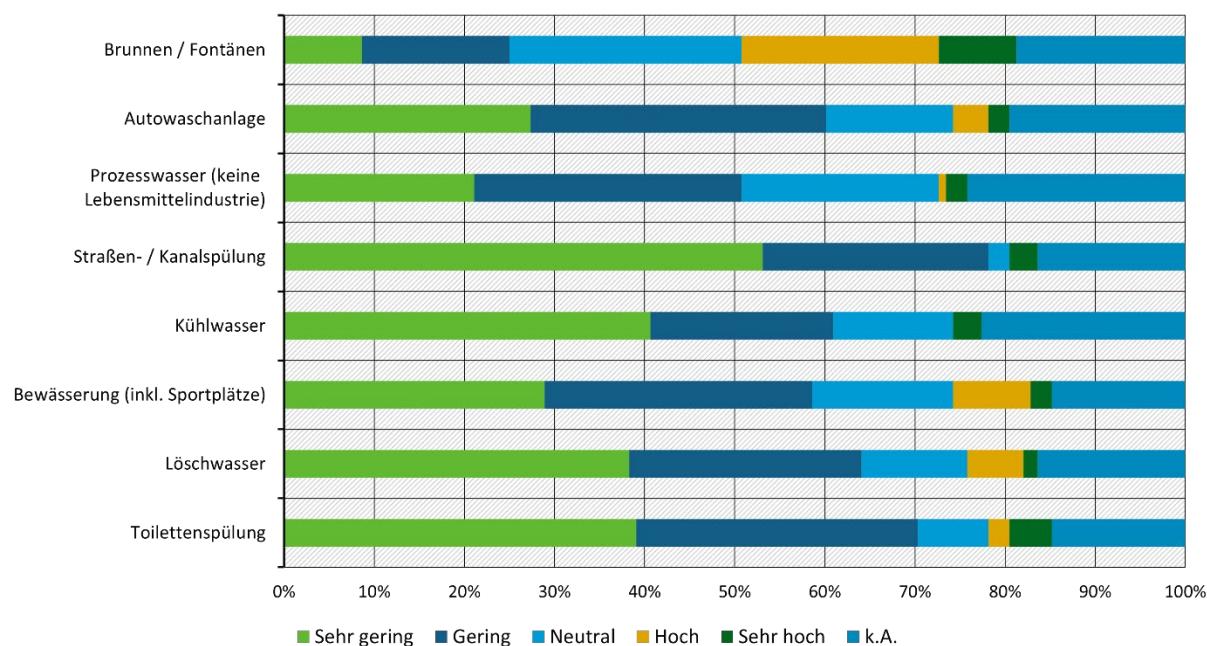
Abbildung 25: Antwort der Stakeholder auf die Frage: "Wie schätzen Sie die Risiken für Boden- oder Grundwasserqualität durch die Nutzung von recyceltem Wasser ein?"



Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Um anschließend die Abschätzung über das Risiko für die menschliche Gesundheit abzufragen, sollten die Stakeholder dieses in Verbindung zu den Nutzungsoptionen Toilettenspülung, Löschwasser, Bewässerung (inkl. Sportplätze), Kühlwasser, Straßen- / Kanalspülung, Prozesswasser (ohne Lebensmittelindustrie), Autowaschanlage und Brunnen / Fontänen bewerten. Dabei erachten 100 (78%) der Befragten das Risiko bei der Straßen- und Kanalisationsspülung als gering bis sehr gering, gefolgt von 90 (70%) bei der Toilettenspülung, 82 (64%) bei der Nutzung als Löschwasser, 78 (61%) bei der Nutzung als Kühlwasser, 77 (60%) bei der Nutzung in Autowaschanlagen und 75 (59%) bei der Nutzung als Bewässerungswasser. Die Nutzung als Prozesswasser (ohne Lebensmittelindustrie) erachten nur 65 (51%) Stakeholder und als wenig bis sehr wenig risikobehaftet und für Brunnen und Fontänen sehen nur 32 (25%) ein geringes bis sehr geringes Risiko, wohingegen 39 (30%) ein hohes bis sehr hohes Risiko empfinden, vgl. Abbildung 26. Damit bestätigen sich die Verwendungszwecke, die sich die Stakeholder unter Einhaltung der erforderlichen Wasserqualität vorstellen konnten erneut, vgl. Abbildung 7. Auch wird hier wieder deutlich, dass die Bewässerung nicht als die risikoärmste Nutzungsoption angesehen wird, was unterstreicht, dass die Gefahren im Zuge der Aufbereitung minimiert werden müssen und dies ausreichend kommuniziert werden muss. Nur so kann die Akzeptanz und Stakeholder Zufriedenheit für Wiederverwendungsprojekte zur Bewässerung erfolgreich verbessert werden.

Abbildung 26: Antwort der Stakeholder auf die Frage: "Wie schätzen Sie die Risiken für die Menschliche Gesundheit beim Umgang mit recyceltem Wasser ein?"



Quelle: eigene Darstellung, TU Berlin.

Zum Schluss konnten die Stakeholder im Freitext weitere Risiken benennen, weitere Vorbehalte kundtun und abschließend weitere Anmerkungen abgeben. Eine Übersicht weiterer von den Stakeholdern wahrgenommenen Risiken kann Tabelle 42 entnommen werden. Hier wird ersichtlich, dass die im Risikomanagement angesprochenen Risiken durch Pathogene und chemische Gefahrenstoffe von vielen Stakeholdern selber nochmal angesprochen wurden. Dabei wurden Spurenstoffe, Verunreinigungen durch Mikroplastik, Salze, antibiotikaresistente Keime oder der falschen pH-Wert nochmal explizit erwähnt. Darüber hinaus wurden Geruchsbelästigung als weiterer zu berücksichtigender Risikofaktor von der Feuerwehr benannt. Viele Stakeholder sehen zusätzlich ein Risiko durch falsche Kommunikation oder Beschriftung und der daraus resultierenden falschen Handhabung, z.B. falscher Verwendungszweck - wie die Nutzung als Trinkwasser. Ebenfalls identifizierten die Befragten auch die Transportinfrastruktur – hier Verteilungsnetz und Speichereinheiten – als Risiko. Explizit wurde hier Rückverkeimung und Überkreuzung mit Trinkwasserleitern genannt. Risiken durch Kosten wurden ebenfalls einmal genannt, so wie die Gefahren durch Aerosolbildung. Aber auch den vorsätzlichen Missbrauch sehen einige Stakeholder als Risiko an. Ebenfalls befürchten mehrere Stakeholder, dass zu stark kontaminiertes Abwasser eine Gefahr für das gesamte Wiederverwendungssystem darstellt, weil es nicht ausreichend aufgereinigt werden kann. Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass viele der Risiken bzw. Gefahren die von vielen Stakeholdern selber nochmal angesprochen wurden, durch das Risikomanagement bereits adressiert und minimiert werden. Diese müssen jedoch noch in der Praxis getestet werden, wobei es verbindliche Regelungen für die Überwachung bzw. ggf. einer Überprüfung durch geeignete Stellen (z.B. Umweltämter) bedarf. Zusätzlich müssen durch Kampagnen, die getroffenen Maßnahmen zur Risikominimierung den Stakeholdern erläutert werden und diese über tatsächliche Gefahren aufgeklärt werden. Nur so kann den Vorbehalten der Stakeholder begegnet werden.

Tabelle 42: Freitext Angaben der Stakeholder zur Frage: "Was sind nach Ihrer Meinung weitere zu berücksichtigende Risiken durch die Wasserwiederverwendung?"

| Stakeholdergruppen, die Umfrage beantwortet haben | Antworten |
|---|---|
| Feuerwehren | Pathogene chemische Gefahrenstoffe Abwasserquelle zu stark kontaminiert Rückbelastung der Trinkwasserleitung Kosten-Nutzen-Verhältnis Geruchsbelästigung |
| Abwasserentsorger | Pathogene |
| Trinkwasserversorger | Missbrauch |
| Endverbraucher*innen | Pathogene Aerosole |
| Industrie | Spurenstoffe |
| Öffentliche Verwaltung | Keine Transportinfrastruktur Verwechslungsgefahr mit Trinkwasser Störung des Wasserkreislaufs Falsche Kommunikation/Kennzeichnung |
| Sonstige | keine chemische Gefahrenstoffe Abwasserquelle zu stark kontaminiert Spurenstoffe Transportinfrastruktur Missbrauch Falsche Handhabung pH-Wert Falsche Kommunikation/Kennzeichnung |
| Wissenschaft / Hochschulen | Pathogene chemische Gefahrenstoffe Spurenstoffe Falsche Kommunikation/Kennzeichnung Transportinfrastruktur Wiederverkeimung Rückbelastung der Trinkwasserleitung Falsche Handhabung |
| Berufsverbände | Antibiotikaresistente Keime |
| Naturschutzverbände | Mikroplastik |

Danach sollten die Stakeholder ihre weiteren Bedenken ggü. der Wasserwiederverwendung mitteilen, vgl. Tabelle 43. Dabei wurde häufig pauschal „Keine“ geschrieben. Bedenken bzgl. der Transportinfrastruktur im Allgemeinen oder bezogen auf die Kostenaufwendung haben die Feuerwehren, Trinkwasserversorger, öffentliche Verwaltung, Sonstige, Wissenschaft / Hochschulen und die Berufsverbände. Darüber hinaus befürchtet die Feuerwehr eine schlechte

Ökobilanz, wenn das aufbereitete Wasser mit LKWs transportiert werden muss und sehen z.T. eine Regenwassernutzung als sinnvoller an. Die Trinkwasserversorger befürchten zusätzlich noch eine hohe Störanfälligkeit des Wasserwiederverwendungssystems. Rückverkeimung bzw. hygienische Probleme sehen Trinkwasserversorger, Endverbraucher*innen, öffentliche Verwaltung und Wissenschaft. Aber auch unzureichende Speicherkapazitäten im urbanen Raum wurden von den urbanen Landwirten angesprochen. Die öffentliche Verwaltung hatte Bedenken bzgl. rechtlicher Vorgaben, die die Wiederverwendung sehr aufwendig machen würden, sieht durch ein extra Leitungsnetz die Fehlanschlussquote steigen und damit die hygienischen Gefahren und hat Bedenken, dass sich Spurenstoffe im Wasserkreislauf akkumulieren, vor allem, wenn es für die Toilettenspülung verwendet wird. Die sonstigen Stakeholder haben Bedenken bzgl. fehlender Transparenz. Die Wissenschaft fordert z.T. eine „idiotensichere“ Anwendung, um Schaden zu verhindern und es für alle potenzielle Endnutzer*innen zugänglich zu machen. Zusammenfassend lässt hier festhalten, dass teilweise die angesprochenen Risiken aus der vorherigen Frage wiederholt wurden, wie hygienische Bedenken (Rückverkeimung, Spurenstoffe) und Befürchtungen bzgl. der Infrastruktur (Kosten, Aufwand, Speicherkapazitäten), aber auch falsche Handhabung. Dies sind Gefahren die durch eine sorgfältige Planung, Umsetzung und Instandhaltung des Wasserwiederverwendungssystems und Berücksichtigung des Risikomanagements stark minimiert werden können. Gepaart mit den richtigen Aufklärungskampagnen und Schulungen können so Risiken, auch putative, in weiten Teilen der Bevölkerung begegnet werden und die Akzeptanz weiter gesteigert werden.

Als letztes konnten die Stakeholder weitere generelle Anmerkungen machen, vgl. Tabelle 44. Dabei wurde das Thema der Wasserwiederverwendung positiv aufgenommen und gefordert das Thema „zu pushen“, „zu publizieren“, „zu multiplizieren“ oder die Bedeutung der Thematik unterstrichen mit Aussagen wie „packen wir es an“ oder „wichtiges Thema“. Die Feuerwehr hatte die Anmerkung, dass momentan genügend Löschwasser zur Verfügung steht und es daher keinen direkten Bedarf gibt. Es wurde aber gebeten, dass Löschwasser nicht nur urban, sondern auch an Randgebieten verfügbar gemacht wird. Zusätzlich wurde angemerkt, dass eine Löschwasserentnahme nur selten stattfindet und die Umsetzung nur lohnt, wenn die Infrastruktur auch für andere Zwecke (z.B. Brauchwasser) benutzt wird. Die Abwasserentsorger wollen das „recycelte Wasser“ auch für Flächenvernässung zur indirekten Stützung von Grundwasserleitern in der Stadt nutzen und die Trinkwasserversorger betonen nochmal die unterschiedlichen Qualitätsanforderung in Abhängigkeit der Nutzungsoption und der Einsatz / Bewässerungsart, so wie die momentan schon praktizierte indirekte Wasserwiederverwendung und nennen hier explizit Uferfiltrat. Die Endverbraucher*innen praktizieren z.T. schon Wasserwiederverwendung in Form von Grauwassernutzung für die Toilettenspülung und haben betont, dass der Wert des Grundwassers noch nicht richtig zu schätzen gewusst wird. Die Industrie sieht die Lösung des Problems bei wassersparenden Sanitärsystemen. Die öffentliche Verwaltung findet, dass die Installation eines Löschwassernetzes aufwendig wäre, aber zum Schutz der Ressource Wasser führen wird. Ein sonstiger Stakeholder ist der Meinung, dass unser momentanes Entwässerungssystem risikobehaftet sei und neue Technologien eingeführt werden müssten. Ein anderer sieht den Wasserpreis als zu gering an, weshalb Wasser nicht wiederverwendet wird, und der Grundwasserstand gefährdet ist. Die Wissenschaft merkt ähnlich an, dass wir über unseren Umgang mit Wasser reflektieren und diesen neudenken müssen, um dem Klimawandel besser zu begegnen. Eine weitere Stimme aus der Wissenschaft fordert, dass der Diskurs zur Blau-Grünen-Stadt (Wasserrückhalt in der Fläche / „Schwammcity“) das Potenzial hat das urbane Grün zu bewahren. Die Berufsverbände fordern

eine Ausdehnung von der reinen landwirtschaftlichen Wiederverwendung auf andere Anwendungsfelder. Die Naturschutzverbände sehen die Bevölkerung als Hemmnis, denen das Thema erst „schmackhaft“ gemacht werden muss.

Tabelle 43: Freitext Angaben der Stakeholder zur Frage: „Welche Vorbehalte ggü. der urbanen Wasserwiederverwendung haben Sie?“

| Stakeholdergruppen, die Umfrage beantwortet haben | Antworten |
|---|---|
| Feuerwehren | Keine Regenwasserwiederverwendung ist besser als Klarwasserwiederverwendung Kosten für Infrastruktur und Logistik Fragwürdige Ökobilanz, wenn mit Transportfahrzeugen gearbeitet werden muss - separates Leitungsnetz macht mehr Sinn! |
| Abwasserentsorger | Keine |
| Trinkwasserversorger | Hohe Störanfälligkeit Hohe Kosten und hoher Zeitbedarf zur Installation des Leitungsnetzes Verkeimung von Speichertanks und Leitungen |
| Endverbraucher*innen | Rückverkeimung unzureichende Speicherkapazitäten im urbanen Umfeld |
| Industrie | Keine |
| Öffentliche Verwaltung | Keine Fehlanschlussquote führt zu Gesundheitsrisiken Rechtliche – Zuviel Aufwand Akkumulation von Arzneimitteln und ihrer Metaboliten im Abwasser (Toilettenspülung) Hygienische |
| Sonstige | Keine fehlende Transparenz |
| Wissenschaft / Hochschulen | Keine Hygienische Wasserversorgung muss "Idiotensicher" und für jede Person zugänglich sein Potenziell hoher technischer und Unterhaltungsaufwand könnte sehr teuer sein Falscher (unüberwachter) Einbau kann zu Problemen in der Versorgung führen |
| Berufsverbände | Keine Transportwege |
| Naturschutzverbände | Keine |

Tabelle 44: Freitext Angaben der Stakeholder zur Frage: „Haben Sie zusätzlich generelle Anmerkungen“

| Stakeholdergruppen, die Umfrage beantwortet haben | Antworten |
|---|---|
| Feuerwehren | <p>Technische Recycle-Möglichkeiten sollten publiziert werden.</p> <p>Viel Spaß beim Generieren konkreter Ergebnisse!</p> <p>Löschwasserversorgung im urbanen Gebiet momentan gut - sollte in Zukunft aber in Randgebieten (z.B. Wald) verfügbar gemacht werden.</p> <p>Da wenig Löschwasser benötigt wird, wäre ein Hydranten-Netz nur interessant, wenn es auch für andere Anwendungen (Brauchwasser) genutzt werden kann</p> |
| Abwasserentsorger | <p>Das Thema deutlich pushen und stärker in die Öffentlichkeit bringen und den Zusammenhang mit Wassersparen und Wasserknappheit herstellen</p> <p>Verwendung von „recyceltem Wasser“ /Klarwasser zur Wiedervernässung von Flächen / Feuchtgebieten im urbanen Raum nutzen</p> |
| Trinkwasserversorger | <p>Wasserwiederverwendung ist in vielen Formen und Varianten denkbar und erfolgt bereits indirekt</p> <p>Differenzierte Betrachtung und Kommunikation wichtig.</p> <p>Risiken abhängig von der verwendeten Wasserqualität, angewendeten Bewässerungssystemen (insb. hinsichtlich der Aerosolbildung) etc.</p> |
| Endverbraucher*innen | <p>Ich fange mein Duschwasser bereits auf, um es für die Toilettenspülung zu nutzen.</p> <p>Der Wert der natürlichen Ressource ""sauberes Grundwasser"" wird in Deutschland leider noch immer beträchtlich unterschätzt.</p> <p>Bin am Thema interessiert</p> |
| Industrie | <p>Ressourcenorientierte Sanitärsysteme (ROSS) sind der Schlüssel zur Reduktion des Trinkwasserbedarfs!</p> |
| Öffentliche Verwaltung | <p>Löschwasserbereitstellung würde sehr aufwendige Leitungsverlegungen bedeuten, entlastet aber die Trinkwasserleitungen.</p> |

| Stakeholdergruppen, die Umfrage beantwortet haben | Antworten |
|---|--|
| Sonstige | <p>Packen wir es konstruktiv an, bevor es zu spät ist. Unser bisheriges System ist hygienisch höchst bedenklich; Brutstätte für Viren, Bakterien und multiresistenter Keime. Technische Lösungen sind vorhanden und sollten so schnell wie möglich eingeführt werden.</p> <p>Absehbar sinken die Grundwasserreserven aufgrund geringerer Neubildung. Um auch zukünftigen Generationen Wasserzugang zu gewährleisten, müssen nun die Preise erhöht werden, um den Verbrauch zu verringern. Sobald sich die Wiederverwendung lohnt, wird sie auch weitgehend umgesetzt werden.</p> |
| Wissenschaft / Hochschulen | <p>wichtiges Thema</p> <p>Unser bisheriger Umgang mit Wasser muss grundsätzlich reflektiert werden und die Bevölkerung zunehmend darauf vorbereitet werden, dass hier neu gedacht werden muss - als eine Folge des Klimawandels. Wasserrückhalt in der Landschaft ist recht selten diskutiert, kann aber in urbanen Räumen großes Potenzial haben</p> |
| Berufsverbände | <p>Umsetzung der EU-Verordnung zur Wasserwiederverwendung muss deutlich über den Bereich Bewässerung in der Landwirtschaft ausgedehnt werden.</p> |
| Naturschutzverbände | <p>Die Idee muss jetzt per Multiplikatoren der Bevölkerung "schmackhaft" gemacht werden.</p> |

I Anhang: Vorschlag eines Risikomanagementplans für die Bewässerung mit aufbereitetem Wasser im urbanen Raum - in Anlehnung an die Elemente der EU-Reuse Verordnung 2020/741

Aufbauend auf den Ausführungen im Hauptteil des WADKlim-Abschlussberichts Kapitel 4.4.2 könnten die Elemente für einen Risikomanagementplan für die urbane Bewässerung wie folgt lauten:

1. Beschreibung des gesamten Wasserwiederverwendungssystems, von der Abwasserquelle der kommunale Abwasserbehandlungsanlage bis zum Zeitpunkt der Nutzung, einschließlich der Art, Anzahl und Einleitkonzentration, ggf. inkl. Sondererlaubnissen, industrieller und gewerblicher Indirekteinleiter, der Behandlungsschritte und -techniken, die in der Aufbereitungseinrichtung zur Anwendung kommen, der Versorgungs-, Verteilungs- und Speicherinfrastruktur, der beabsichtigten Verwendung, der Verbrauchsstelle inkl. der Nutzungsart und -tätigkeiten, Zugangszeiten und -berechtigter-Personen, und des Verbrauchszeitraums (z. B. vorübergehender oder punktueller Verbrauch), der Bewässerungsmethode und -zeit, der Pflanzenart, anderer Wasserquellen, wenn eine Mischung verwendet werden soll, und der Menge an aufbereitetem Wasser, die bereitzustellen ist.
2. Ermittlung aller am Wasserwiederverwendungssystem beteiligten Parteien und klare Beschreibung ihrer Aufgaben und Zuständigkeiten. Die möglichen Parteien können folgende sein:
 - ▶ Quelle des Klarwassers / Betreiber der kommunalen Abwasserbehandlungsanlage
 - ▶ Betreiber der Aufbereitungseinrichtung
 - ▶ Betreiber des Verteilernetzes
 - ▶ Betreiber der Speicher Infrastruktur
 - ▶ Bereitsteller des aufbereiteten Wassers
 - ▶ Verbraucher/Nutzer (z.B. Grünflächenpflegedienste (ggf. Grünflächenämter), Gärtnereien, Baumschulen, Friedhöfe, Schulen und Universitäten, Botanische Gärten, Sportvereine, Straßen- und Verkehrsdienste, Hausverwaltungen und -besitzer)
 - ▶ Einschlägige Behörden (z.B. Wasserbehörde, Verbraucherschutzbehörde, Umwelt- und Naturschutzbehörde, sowie Gesundheitsbehörde, Grünflächenamt, Friedhofamt, Straße- und Verkehrsamt, Sportamt u.a.)Dabei können alle oder auch mehrere Teilschritte von einer Partei getätigt werden.
3. Ermittlung von Gefahren, insbesondere das Vorhandensein von Schadstoffen und Pathogenen, und des Potenzials für gefährliche Ereignisse, wie Versagen von Behandlungen, unbeabsichtigte Leckagen oder Kontaminationen des Wasserwiederverwendungssystems.

4. Identifizierung der gefährdeten Umweltgegebenheiten und Bevölkerungsgruppen und der Wege, auf denen die Exposition gegenüber den identifizierten Gefahren erfolgt, unter Berücksichtigung spezifischer Umweltfaktoren wie örtliche Hydrogeologie, Topologie, Bodenart und Ökologie, und von Faktoren im Zusammenhang mit der Flächennutzung, Zugangsberechtigungen und zugangsberechtigter Gruppen, Bewässerungsmethoden und Aufenthaltszeiten. Berücksichtigung möglicher irreversibler oder langfristiger negativer Auswirkungen der Wasseraufbereitung auf die Umwelt und die Gesundheit, gestützt durch wissenschaftliche Erkenntnisse.
5. Durchführung einer Bewertung der Umweltrisiken und der Risiken für die Gesundheit von Mensch und Tier, unter Berücksichtigung der Art der ermittelten potenziellen Gefahren, der Dauer der beabsichtigten Verwendungen, der Umweltgegebenheiten und Bevölkerungsgruppen, die dem Risiko einer Exposition gegenüber diesen Gefahren ausgesetzt sind, der Schwere der möglichen Auswirkungen der Gefahren, in Anbetracht des Vorsorgeprinzips sowie aller einschlägigen Rechtsvorschriften, Leitlinien und Mindestanforderungen zum Erhalt und der Pflege des urbanen Grüns, dem Schutz der Arbeitnehmer*innen auf europäischer- und nationaler Ebene, sowie alle betroffener Umweltkompartimente. Die Risikobewertung könnte sich auf eine Übersicht der vorhandenen wissenschaftlichen Studien und Daten stützen.
6. Über die Anforderungen an die betroffenen Umweltkompartimente aus den jeweiligen Gesetzen und Verordnungen (z.B. BBodSchG, BNatSchG, WHG, OGewV, BBodSchV, AbwV, GrwV, DüMV, TrinkwV, Baumschutzsatzung und Grünanlagengesetze) an die Wasserqualität und an die Überwachung hinaus können zusätzliche oder/und strengere Anforderungen an die Wasserqualität und an die Überwachung in Betracht gezogen werden, wenn es für die Sicherstellung eines angemessenen Schutzes der Umwelt und der Gesundheit von Mensch und Tier erforderlich und zweckmäßig ist, insbesondere wenn es eindeutige wissenschaftliche Belege dafür gibt, dass das Risiko seinen Ursprung in dem aufbereiteten Wasser und nicht in anderen Quellen hat.

Entsprechend den Ergebnissen der Risikobewertung gemäß Nummer 5 können die zusätzlichen Anforderungen insbesondere Folgendes betreffen:

- a) Schwermetalle;
 - b) Pestizide;
 - c) Desinfektionsnebenprodukte;
 - d) Arzneimittel;
 - e) andere Stoffe, die zunehmend Anlass zu Besorgnis geben, einschließlich Spurenstoffe, Mikroplastik, PFAS, PAK
 - f) antimikrobielle- und Antibiotika Resistenzen
 - g) Pathogene Viren oder deren Surrogat-Paramatern und weitere Pathogene
 - h) Nährstoffe – bei vorbelasteten und gefährdeten Grundwasserleitern und Böden
7. Festlegung von Vorsorgemaßnahmen, die zur Risikobegrenzung bereits eingeführt wurden oder eingeführt werden sollten, damit alle ermittelten Risiken angemessen bewältigt werden können. Besondere Aufmerksamkeit gilt dem Schutz der Menschlichen Gesundheit und Wasserkörpern, aus denen Wasser für den menschlichen Gebrauch entnommen wird, bzw. einschlägigen Schutzgebieten.

Diese Vorsorgemaßnahmen können Folgendes umfassen:

- a) Zugangskontrollen;
 - b) zusätzliche Desinfektions- oder Schadstoffbeseitigungsmaßnahmen;
 - c) spezifische Bewässerungstechniken, die das Risiko der Aerosolbildung und Kontaktmöglichkeiten verringern (z. B. Tropfbewässerung);
 - d) besondere Anforderungen an die künstliche Beregnung (z. B. maximale Windgeschwindigkeit, Abstand zwischen Beregnungsanlage und empfindlichen Gebieten);
 - e) besondere Anforderungen an die urbanen Grünflächen (z. B. Hangneigung, Wassersättigung des Bodens);
 - f) Förderung des Absterbens von Pathogenen vor dem freien Zugang zu den urbanen Grünflächen;
 - g) Festlegung von Mindestsicherheitsabständen (z. B. vom Oberflächenwasser, Schwimm- oder anderen Wassersportaktivitäten, Wohngebäude, Schulen, Altenheime, Krankenhäuser; Landwirtschaftliche Produktionsstätten, Trinkwasserbrunnen);
 - h) Beschilderung an Bewässerungsflächen, die darauf hinweisen, dass aufbereitetes und nicht als Trinkwasser geeignetes Wasser verwendet wird.
 - i) Bewässerungszeiten im Verhältnis zu Öffnungszeiten oder Besucherzahlen
8. Angemessene Qualitätskontrollsysteme und -verfahren, einschließlich für die Überwachung der einschlägigen Parameter für aufbereitetes Wasser, und angemessene Wartungspläne für die Ausstattung.
Es wird empfohlen, dass der Betreiber der Aufbereitungseinrichtung ein nach ISO 9001 oder einer gleichwertigen Norm zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem einrichtet und unterhält
9. Umweltüberwachungssysteme zur Sicherstellung, dass ein Überwachungs-Feedback zur Verfügung gestellt wird und dass alle Prozesse und Verfahren ordnungsgemäß validiert und dokumentiert werden.
10. Geeignete Systeme zur Bewältigung von Vorfällen und Notfällen, einschließlich Verfahren zur angemessenen Unterrichtung aller relevanten Kreise in solchen Fällen und regelmäßige Aktualisierung des Notfallplans.
11. Sicherstellung, dass zwischen den verschiedenen Akteuren Koordinierungsmechanismen eingerichtet werden, um eine sichere Erzeugung und Verwendung von aufbereitetem Wasser zu gewährleisten.

Literaturverzeichnis

- Arahuetes (2016). Wastewater treatment and reuse in Alicante (Spain), doi:10.2495/WM160331, 13 pp.
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (2022). Wie grün sind deutsche Städte?. BBSR-Online-Publikation 03/2022, Bonn, Februar 2022.
- Drewes, J.; Karakurt, S.; Schmid, L.; et al. (2018). Dynamik der Klarwasseranteile in Oberflächengewässern und mögliche Herausforderung für die Trinkwassergewinnung in Deutschland. TEXTE 59/2018, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2018. ISSN: 1862-4804
- Edwards, S.; Layi, F. (2013). A double dose of water reuse in the middle of the Pacific Ocean – how Honolulu is supplying a growing population and industry". Milestones in Water Reuse, Kapitel 9, IWA Publishing, London, 2013.
- Feiler, A. (2022). Schriftverkehr mit Armin Feiler, Dezernat 3 / Grün & Umwelt der Stadt Lübbecke.
- Freeman, R.E. (1984). Strategic Management: A Stakeholder Approach. Pitman, Boston.
- IÖR, (2018). Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor): Grünanteil in Siedlungs- und Verkehrsflächen.
https://monitor.ioer.de/?raeumliche_gliederung=gebiete&opacity=0.8&zoom=6&lat=51.337475662965225&lng=10.458984375000002&time=2018&glaettung=0&baselayer=topplus&ind=P02RT&raumgl=g50&klassenanzahl=7&klassifizierung=haeufigkeit&darstellung=auto&ags_array=&. Zugriff: 22.12.22.
- IÖR (2021a). Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor): Anteil Siedlungs- und Verkehrsfläche an Gebietsfläche (2022).
https://monitor.ioer.de/?raeumliche_gliederung=gebiete&opacity=0.8&zoom=6&lat=52.221069523572794&lng=7.91015625000001&time=2021&glaettung=0&baselayer=topplus&ind=S11RG&raumgl=g50&klassenanzahl=7&klassifizierung=haeufigkeit&darstellung=auto&ags_array=&. Zugriff: 22.12.22.
- IÖR (2021b). Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor): Anteil Grünlandfläche an Gebietsfläche.
https://monitor.ioer.de/?raeumliche_gliederung=gebiete&opacity=0.8&zoom=6&lat=50.9791824266019&lng=11.271972656250002&time=2021&glaettung=0&baselayer=topplus&ind=F04RG&raumgl=g50&klassenanzahl=7&klassifizierung=haeufigkeit&darstellung=auto&ags_array=&. Zugriff: 22.12.22.
- IÖR (2021c). Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor): Grünanteil in Siedlungs- und Verkehrsflächen.
https://monitor.ioer.de/?raeumliche_gliederung=gebiete&opacity=0.8&zoom=6&lat=50.9791824266019&lng=11.271972656250002&time=2021&glaettung=0&baselayer=topplus&ind=F02RG&raumgl=g50&klassenanzahl=7&klassifizierung=haeufigkeit&darstellung=auto&ags_array=&. Zugriff: 22.12.22.
- Krips, D. (2017). Stakeholdermanagement. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-55634-4>
- Kurths, A.; Schwemmer, C.; Pütz, G. (2017). Handbuch Gute Pflege - Pflegestandards für die Berliner Grün- und Freiflächen. Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Referat Naturschutz, Landschaftsplanung und Forstwesen und Referat Freiraumplanung und Stadtgrün, Berlin, 2017.
- Lahnsteiner, J.; du Pisani, P.; Menge, J.; et. al. (2013). More than 40 years of direct potable reuse experience in Windhoek. Milestones in Water Reuse, Kapitel 29, IWA Publishing, London, 2013.
- Lazarova, V.; Sturny, V. und Tong Sang, G. (2012). Relevance and Benefits of Urban Water Reuse in Tourist Areas. Water, 2012, Issue 4, S 107 – 122, DOI:10.3390/w4010107

Lim, M.-H.; Seah, H. (2013). NEWater: A key element of Singapore's water sustainability. Milestones in Water Reuse, Kapitel 3, IWA Publishing, London, 2013.

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2020). Zahl der Woche Nr. 37.

https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Zahl-der-Woche/2020/PD20_37_p002.html. Zugriff: 22.12.2022.

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2021). Flächennutzung: Fläche für Siedlung nach Nutzungsarten in Deutschland. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/Tabellen/siedlungsflaeche.html> . Zugriff: 22.12.22.

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2022). Umwelt - Erhebung der öffentlichen Wasserversorgung und öffentlichen Abwasserentsorgung 2019. Wiesbaden, Statistisches Bundesamt, 2022.

Sun, Y.-X.; Hu, H.-J.; Lahnsteiner, J.; et. al. (2013). Creation of a new recreational water environment: the Beijing Olympic Park. Milestones in Water Reuse, Kapitel 23, IWA Publishing, London 2013.

Walters, J.; Oelker, G.; Lazarova, V. (2013). Producing designer recycled water tailored to customer needs. Milestones in Water Reuse, Kapitel 2, IWA Publishing, London, 2013.

WHO (2017). Guidelines for Drinking-water Quality: fourth edition incorporating the first addendum. World Health Organization, Geneva.

Yanjin, L.; Giraldo, E.; LeChevallier, M. E. (2013). Water reuse in the America's first green high-rise residential building – the Solaire. Kapitel 13, IWA Publishing, London, 2013.

Zhang, Y.; Tang, F.; Li, D. Et. al. (2013). Role of water reuse for Tianjin, a megacity suffering from serious water shortage. Milestones in Water Reuse, Kapitel 6, IWA Publishing, London, 2013.

Zierath, F. (2022). Schriftverkehr mit Frank Zierath, Werksleiter Eigenbetriebe WABAU, Stadt Baruth/Mark