

# TrinkWave

## Planungsoptionen und Technologien der Wasserwiederverwendung zur Stützung der Trinkwasserversorgung in urbanen Wasserkreisläufen

### Kurzbeschreibung

Die Auswirkungen des Klimawandels sowie die Verschmutzung und Übernutzung vorhandener Trinkwasserressourcen verstärken die Wasserknappheit weltweit. Hinzu kommt eine zunehmende Verstädterung sowie wachsende industrielle und landwirtschaftliche Aktivitäten, die den Anteil an Abwasser in Oberflächengewässern steigen lassen. Dies stellt insbesondere für die Trinkwasserversorgung in Großstädten eine große Herausforderung dar. Daher rückt weltweit die Wiedernutzung von gebrauchtem Wasser als alternative Wasserressource zunehmend in den Fokus. Schon heute gibt es dafür viele Beispiele, vornehmlich in trockenen und halbtrockenen Regionen in denen lokal anfallendes weitergehend gereinigtes Abwasser als nachhaltige und kostengünstige Alternative anstelle herkömmlicher Frischwasserressourcen, wie Oberflächen- oder Grundwasserressourcen, verwendet wird. Auch in klimatisch gemäßigten Gegenden wie Deutschland kann als Folge des Klimawandels zu Zeiten extremer Trockenheit das Wasser regional knapp werden und so eine geplante Wasserwiederverwendung ökonomisch und ökologisch sinnvoll werden.

Vor diesem Hintergrund sowie aufbauend auf den langjährigen Erfahrungen in der Grundwasserbewirtschaftung, Grundwasseranreicherung und Uferfiltration in Deutschland wurden in dem Verbundvorhaben ‚TrinkWave‘ durch die enge Zusammenarbeit von zwölf Projektpartnern aus Wissenschaft, Behörden und Industrie neue energieeffiziente, naturnahe Aufbereitungsverfahren auf Basis einer sequentiellen Grundwasseranreicherung (engl. *„sequential managed aquifer recharge technology, SMART“*) entwickelt, die ohne den Einsatz von Hochdruckmembranen eine sehr gute Wasserqualität liefern können. Die Alleinstellungsmerkmale der SMART Pro-

zesse liegen in der kontrollierten Einstellung von aeroben Redoxbedingungen unter kohlenstofflimitierten Bedingungen wodurch ein verstärkter Selektionsdruck auf die vorhandene Biozönose entsteht, der die mikrobiologische Transformation von organischen Spurenstoffen aber auch den Rückhalt pathogener Keime positiv begünstigen kann. Daher lag der Fokus der Untersuchungen auf der Optimierung dieser neuen naturnahen Multi-Barriere-Aufbereitungsverfahren bezüglich der Inaktivierung von Krankheitserregern, der Reduktion von Antibiotikaresistenzen sowie der Entfernung gesundheitsrelevanter organischer Mikroverunreinigungen. Zudem war darauf zu achten, dass die Verfahren einen hohen Grundwasserschutz sowie hohe Versickerungsraten und damit einen reduzierten Flächenbedarf erzielen können.

Das Forschungsvorhaben hatte die folgenden Ziele:

- ▶ Optimierung alternativer naturnaher Verfahrenskombinationen mit Hilfe von technisch modifizierten Hybridbiofiltrationssystemen, welche gleichzeitig multiple Barrieren für mikrobielle und chemische Kontaminanten sowie eine hohe Prozessstabilität repräsentieren
- ▶ Entwicklung von technischen Richtlinien für Planung und Betrieb innovativer Multibarrierensysteme für die Grundwasseranreicherung
- ▶ Entwicklung eines multidisziplinären Bewertungssystems für den Gesundheitsschutz auf der Grundlage eines adäquaten Risikomanagements für eine geplante Wasserwiederverwendung

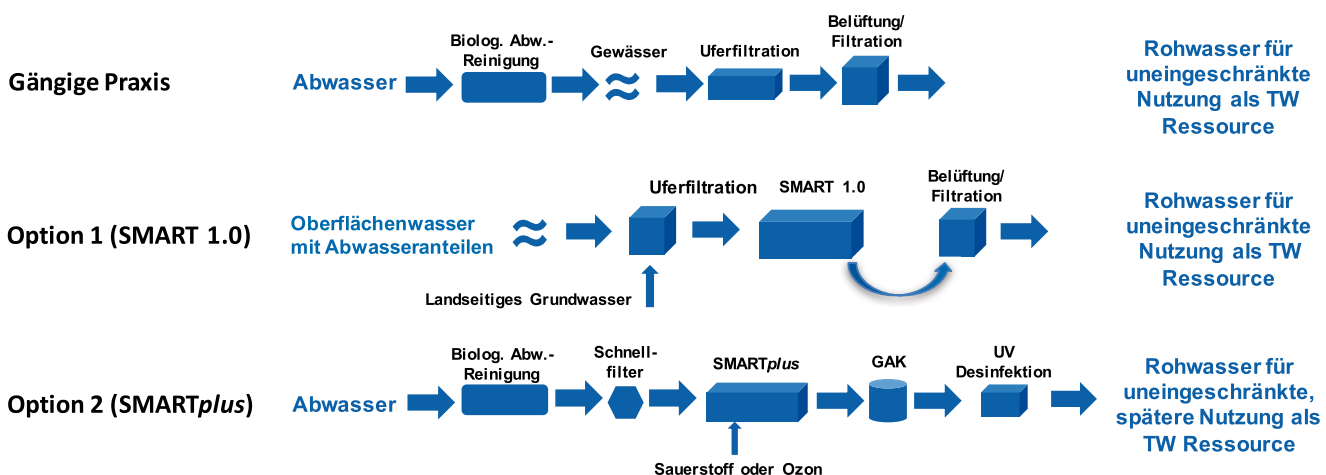


Abb. 4: Darstellung der gängigen Entsorgungspraxis und einer geplanten Wasserwiederverwendung (SMART 1.0 und SMARTplus) zur Stützung der Trinkwasserressourcen

- ▶ Entwicklung neuer chemischer und genetischer Leitparameter, basierend auf einem verbesserten Verständnis des mikrobiellen Abbaus organischer Spurenstoffe
- ▶ Entwicklung von Handlungsempfehlungen für den Umgang mit einer ungeplanten und geplanten Wasserwiederverwendung unter Berücksichtigung der wasserrechtlichen Anforderungen des Grundwasserschutzes, sowie die
- ▶ Ausarbeitung von Handlungsempfehlungen und Kommunikationskonzepten mit Blick auf die Etablierung einer nachhaltigen Wasserwiederverwendung zur Stützung von Trinkwasserressourcen

### Ergebnisse

Für die Etablierung des SMART-Konzeptes wurden in diesem Verbundvorhaben zwei Anwendungsstrategien entwickelt (Abb. 4). Im Gegensatz zur gängigen Praxis der Uferfiltration oder einer künstlichen Grundwasseranreicherung an Oberflächenwässern bei der pathogene Keime und einige organische Spurenstoffe während der Untergrundpassage reduziert werden, erfolgt beim SMART 1.0 Prozess nach einer herkömmlichen Uferfiltration eine Zwischenbelüftung und erneute Infiltration. Bei der ersten Uferfiltrationspassage reichen bereits sehr kurze Verweilzeiten um den biologisch abbaubaren gelösten organischen Kohlenstoff (BDOC) zu reduzieren. Durch die Zwischenbelüftung und niedrigen BDOC-Konzentrationen wird in der zweiten aeroben Passage ein Selektionsdruck auf die Mikroorganismen erzeugt, der in einem deutlich gesteigerten Spurenstoffabbau resultiert. Diese Leistungssteigerung konnte nicht nur in kontrollierten Laborbodensäulenversuchen sondern auch im Feld bei Versuchen auf einem Grundwasseranreicherungsstandort der Berliner Wasserbetriebe demonstriert werden. Allerdings wurde bei den Feldversuchen auch deutlich, dass das Einstellen stabiler aerober Redoxverhältnisse im Untergrund beim SMART 1.0 Verfahren bei instationären Zulaufbedingungen nicht immer gelingt.

Um diesen Nachteil auszugleichen und um weitere Leistungssteigerungen zu erreichen wurde die zweite Anwendungsvariante SMART<sub>plus</sub> konzipiert (Abb. 4). Bei diesem Verfahren wird zum einen durch Hochleistungsinfiltrationsorgane der Flächenbedarf der Infiltration deutlich reduziert und zum anderen durch den Austausch des Substrates die hydraulischen Bedingungen sowie durch eine *in situ* Belüftung die Sequenz von aeroben Redoxbedingungen auch bei schwankenden Zulaufbedingungen sicher beherrschbar. Dieses Verfahren konnte im Pilotmaßstab bei kontinuierlicher Beschickung (300 l/h) mit konventionellem Kläranlagenablauf nach Schnellsandfiltration über mehr als 2 Jahre getestet werden. Auch hier wurde der verbesserte Abbau einer breiten Palette von Spurenstoffen unter aeroben Bedingungen bestätigt, allerdings ist für die weitergehende Elimination von nicht-biologisch abbaubaren Spurenstoffen eine nachgeschaltete Aktivkohleadsorption erforderlich, die sich aufgrund der geringen DOC Belastung durch lange Standzeiten auszeichnet. Bezüglich des Rückhaltes pathogener Keime, insbesondere von Viren, konnte sowohl im Regelbetrieb wie auch während Spike-Versuchen ein Rückhalt von mehr als 4-log Stufen bei einer hydraulischen Verweilzeit von weniger als 11 Stunden gezeigt werden. Diese Ergebnisse unterstreichen die Möglichkeit einer deutlichen Leistungssteigerung biologischer Verfahren für die Entfernung von Spurenstoffen und pathogenen Keimen bei einer Wasserwiederverwendung bei deutlich reduzierten Aufenthaltszeiten und Flächenbedarf ohne die Erzeugung nennenswerter Reststoffe.

#### Koordinator:

Prof. Dr.-Ing. Jörg E. Drewes, Technische Universität München

#### Projektpartner:

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz  
 Technische Universität Berlin (TUB), Berlin  
 Technologiezentrum Wasser (TZW), Karlsruhe  
 Carl von Ossietzky Universität Oldenburg (UO), Oldenburg  
 Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau  
 Universität Bayreuth (UBT), Bayreuth  
 Berliner Wasserbetriebe (BWB), Berlin  
 DHI-WASY GmbH, Berlin  
 Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH, Darmstadt  
 COPLAN AG, Eggenfelden  
 HYTECON GmbH, Herford

#### Laufzeit:

01.09.2016 – 30.04.2020

[www.wasser.tum.de/trinkwave/startseite](http://www.wasser.tum.de/trinkwave/startseite)

Wesentliche Hürden für die Wasserwiederverwendung sind bislang rechtliche Unsicherheiten zu Qualitätsanforderungen, eine mangelnde Kenntnis darüber, wie zuverlässig die eingesetzten Aufbereitungsverfahren sind sowie generelle Bedenken in der Fachöffentlichkeit. Daher wurden multidisziplinäre Bewertungsansätze entwickelt, anhand derer unterschiedliche Verfahrenskombinationen und die erzielten Wasserqualitäten beurteilt werden können. Dabei flossen technische, wasserrechtliche, ökonomische und sozialwissenschaftliche Aspekte ein und ermöglichten es so, eine mögliche Implementierung einer Wasserwiederverwendung ganzheitlich zu betrachten. Eine sozialwissenschaftliche Begleitforschung entwickelte Ansätze zur Risikokommunikation mit Nutzern und Interessengruppen, um so die Akzeptanz für eine Wiederverwendung zu erhöhen. Für Genehmigungsbehörden und Planer wurden konkrete Handlungsempfehlungen unter Berücksichtigung der wasserrechtlichen Anforderungen des Grundwasserschutzes bereitgestellt, die die entwickelten Instrumente und technischen Leitlinien vermitteln.

#### Perspektiven für die Praxis

Eine erste großtechnische Umsetzung dieser neuentwickelten Aufbereitungsverfahren wurden in Kooperation mit den Berliner Wasserbetrieben in Berlin direkt als Vorstufe der Trinkwasseraufbereitung getestet. Durch eine Implementierung dieses Verfahrens könnte einerseits zusätzliches Rohwasser für die Trinkwasseraufbereitung der Hauptstadt bereitgestellt und andererseits die Beeinflussung von Gewässern durch Einträge aus Kommunalabwässern vermieden werden. Darüber hinaus bestehen große Potenziale für eine Vielzahl von Standorten SMART-Konzepte bei einer Uferfiltration von qualitativbeeinträchtigten Oberflächenwässern aber auch bei einer direkten Wasserwiederverwendung von Kläranlagenabläufen einzusetzen.