

# fbr - wasserspiegel

Zeitschrift der Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e. V.

2/18





MULTI-ReUse-Versuchscontainer auf der Kläranlage Nordenham

Barbara Zimmermann, IWW Mülheim/Ruhr

## Das MULTI-ReUse-Verfahren

### Häusliches Betriebswasser aus Siedlungsabwasser

Engelbert Schramm, Martin Zimmermann

Die Verfügbarkeit von Wasser ist ein Schlüsselfaktor für Gesellschaften überall auf der Welt. Der Wettbewerb um Wasserressourcen nimmt zu, insbesondere zwischen Landwirtschaft, Industrie und öffentlicher Wasserversorgung. Bei den meisten Nutzungen von Wasser fällt Abwasser an. Das Siedlungsabwasser gewinnt angesichts der steigenden Nachfrage als alternative Wasserquelle zunehmend an Bedeutung, zumal es saisonal zuverlässig anfällt. In den Zielen für eine nachhaltige Entwicklung, die die Vereinten Nationen aufstellten, wird „zur Sicherstellung einer angemessenen und nachhaltigen Wasserversorgung“ beispielsweise eine Wasserwiederverwendung gefordert, von der keine weiteren Risiken ausgehen. Betriebswasser spielt dabei eine zentrale Rolle.

Geleitet durch das Motto „Wasser ist zu kostbar, um es zu verschwenden“ hat auch die Europäische Union die Bedeutung des Wasserrecyclings als alternative Wasserquelle entdeckt. In den im Vorfeld zum „Blueprint für den Schutz der europäischen Wasserressourcen“ von 2012 durchgeführten Konsultationen wurde der Rückgriff auf Siedlungsabwasser zur Herstellung von Betriebswasser als wichtige Versorgungsoption betont und festgestellt, dass sie im Vergleich zur Meerwasserentsalzung umweltneutral ist. Stärkere regulatorische

und finanzielle Anreize sollen nach dem Willen der Europäischen Kommission dazu beitragen, dass in Europa bis 2025 jährlich mehr als 6.000 Mio. m<sup>3</sup> Wasser pro Jahr wiederverwendet werden. Im Rahmen der europäischen Kreislaufwirtschaftsstrategie soll es daher – voraussichtlich noch in diesem Jahr – zu Regelungen der Wiederverwendung von behandeltem Abwasser kommen. Ausgangspunkt der EU-Politik sind dabei zentrale Kläranlagen. Die Debatte in Deutschland hat in der Vergangenheit bezüglich der Wiederverwendung von Wasser im Siedlungs-

bereich jenseits von Inselstandorten („wasserautarkes Haus“) insbesondere die Möglichkeit der Aufbereitung von Grauwasser zu Betriebswasser betont. Die Nachfrage internationaler Märkte (USA, Mexiko, arabische Halbinsel, Japan und Australien, aber auch Südeuropa) weitet die Perspektive und richtet neben einer Teilstromtrennung im Abwasserbereich ebenso den Fokus auf herkömmliche Abwassersysteme. Im letztgenannten Fall dient die zentrale Kläranlage als Ressource für Betriebswasser.

>>

## Das MULTI-ReUse-Verfahren

Das vom BMBF unter Leitung des IWW Mülheim (Ruhr) geförderte Verbundvorhaben MULTI-ReUse setzt hier an: Grundsätzlich, so die Projektidee, soll das Siedlungsabwasser je nach gerade vorliegendem Bedarf für unterschiedliche Nutzungen in der Landwirtschaft und Landschaftspflege, der Industrie und der Siedlungswasserwirtschaft nebeneinander eingesetzt werden (Abbildung 1).

Keinesfalls wird dabei das behandelte Abwasser, nachdem es eine dreistufige Kläranlage durchlaufen hat, direkt einer Nutzung zugeführt, wie das häufig in Zypern und Spanien, seltener auch in Italien und Griechenland zu beobachten ist. Vielmehr wird vom Vorsorgeprinzip ausgegangen, weil orientiert an den Zielen einer nachhaltigen Entwicklung von der Wasserwiederverwendung keine weiteren Risiken ausgehen sollen, seien sie für die menschliche Gesundheit (pathogene Abwasserkeime) oder für die Umwelt (z. B. Umweltchemikalien, Spurenstoffe). Vielmehr wird aus konventionell gereinigtem kommunalem Abwasser über modular aufgebaute Verfahrensketten Betriebswasser mit klar definierten Qualitäten für die Wiederverwendung in verschiedenen Sektoren produziert.

Auf der Kläranlage der Stadt Nordenham hat MULTI-ReUse im letzten Jahr eine Versuchsanlage eingerichtet, die Betriebswasser produziert, welches benachbarte Industriekunden, aber auch die Siedlungswasserwirtschaft einsetzen können. Im Probetrieb wird derzeit die Leistungsfähigkeit der eingesetzten Aufbereitungstechnologie untersucht.

Es ist beabsichtigt, aus dem Kläranlagenabfluss zielgerecht ein risikoarmes Betriebswasser (einschließlich Bewässerungswasser) zu erzeugen, das die Qualitätsstandards im jeweiligen Nutzungsbereich entsprechend des Vorsorgegrundsatzes garantiert einhält. Dabei wird im Industriebereich auch an Betriebswasser in Kesselspeisewasserqualität gedacht; damit werden aufwändige Herstellungsverfahren er-

forderlich. Die eingesetzte Technik ist dabei nicht neu, jedoch ist ihr Anwendungsbereich ungewöhnlich: Es wird erprobt, ob abwasserbürtiges Wasser sich mit avancierter Wasseraufbereitung, z. B. Ultrafiltration oder Umkehrosmose, erfolgreich behandeln lässt. Zusätzlich muss in Nordenham die Verfahrenssicherheit, bezogen auf einen Betrieb im Bereich der Abwasserbeseitigung, umgedacht werden: Bisher wurde Abwasser so aufbereitet, dass es in das aufnehmende Gewässer eingeleitet werden kann; durch den Verdünnungsgrad waren dabei in der Regel Schwankungen im Betrieb hinnehmbar. Im MULTI-ReUse-Verfahren geht es hingegen um die Produktion eines für die Nutzer in den jeweiligen Anwendungsbereichen risikoarmen Betriebswassers von immer gleicher Güte. Daher ist die stetige Einhaltung definierter Qualitätsstandards zu gewährleisten. Für zahlreiche Anwendungen sind dabei auch gesundheitliche Aspekte in Betracht zu ziehen (z.B. beim Arbeitsschutz in der Industrie oder bei der Beregnung von Pflanzen für die Lebensmittelproduktion).

Die Abnehmer des Betriebswassers benötigen für fast alle Verwendungszwecke eine gleichbleibende Aufbereitungsqualität. Letztlich spielt die Güte des aus Abwasser gewonnenen Betriebswassers und ihre Sicherung im Aufbereitungsprozess die entscheidende Rolle, wenn auch für hochwertige Zwecke wiederverwendetes Betriebswasser eingesetzt werden soll.

Daher werden im Projekt MULTI-ReUse auch für die Keimfreiheit Monitoringverfahren entwickelt, die nicht mit einem großen zeitlichen Verzug von ungefähr drei Tagen einhergehen, wie sie bei der mikrobiologischen Wasseranalyse bis heute üblich sind. Nur auf diese Weise kann (ohne eine mehrtägige Zwischenlagerung des Betriebswassers) garantiert werden, dass z. B. hygienische Grenzwerte, die bei der Wasserwiederverwendung zu beachten sind, bei der Nutzung tatsächlich eingehalten werden.

## Betriebswasser im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft

Eine Versorgung mit Betriebswasser ist im Bereich der Industrierwasserwirtschaft immer schon eine Selbstverständlichkeit. Insbesondere im Chemiebereich versorgen Industrieparks die dort ansässigen Unternehmen traditionell sogar mit mehreren Betriebswasserqualitäten nebeneinander.

In den letzten Jahren wurde weltweit deutlich, dass die Nutzung von Betriebswasser auch im Siedlungsbereich in vielen Fällen erstrebenswert und häufig auch bereits sinnvoll ist. Für zahlreiche Insellösungen wurde in den letzten Jahren demonstriert, dass sich die gesonderte Bereitstellung von Betriebswasser rechnet. Bei so genannten Insellösungen wird das anfallende Betriebswasser im Allgemeinen auf dem eigenen Grundstück verwendet; die Versorgung wird daher im Regelfall durch den Grundstückseigner selbst oder von ihm beauftragte Dritte betrieben. Hingegen werden bei einer grundstückübergreifenden Versorgung mit Betriebswasser häufig Schlüsselakteure der Siedlungswasserwirtschaft (z. B. der kommunale Wasserversorger) tätig. Bei der Bereitstellung von Betriebswasser aus einer zentralen Kläranlage, auf der das MULTI-ReUse-Verfahren aufbaut, könnte das auch das betreffende Abwasserunternehmen sein.

## Einsatzmöglichkeiten von wiederaufbereitetem Betriebswasser und ihre Logistik

Grundsätzlich ist im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft die Verwendung von Betriebswasser für verschiedene Einsatzzwecke möglich:

- für die Bewässerung von städtischem Grün (Parks), weiteren Grünanlagen (z. B. Golfplätzen, Friedhöfen) sowie Vorgärten und zur Landschaftspflege,
- für die innerhäusliche Verwendung (insbesondere zur Toilettenspülung; evtl. auch weitere Anwendungszwecke, z. B. Waschmaschinen, aber

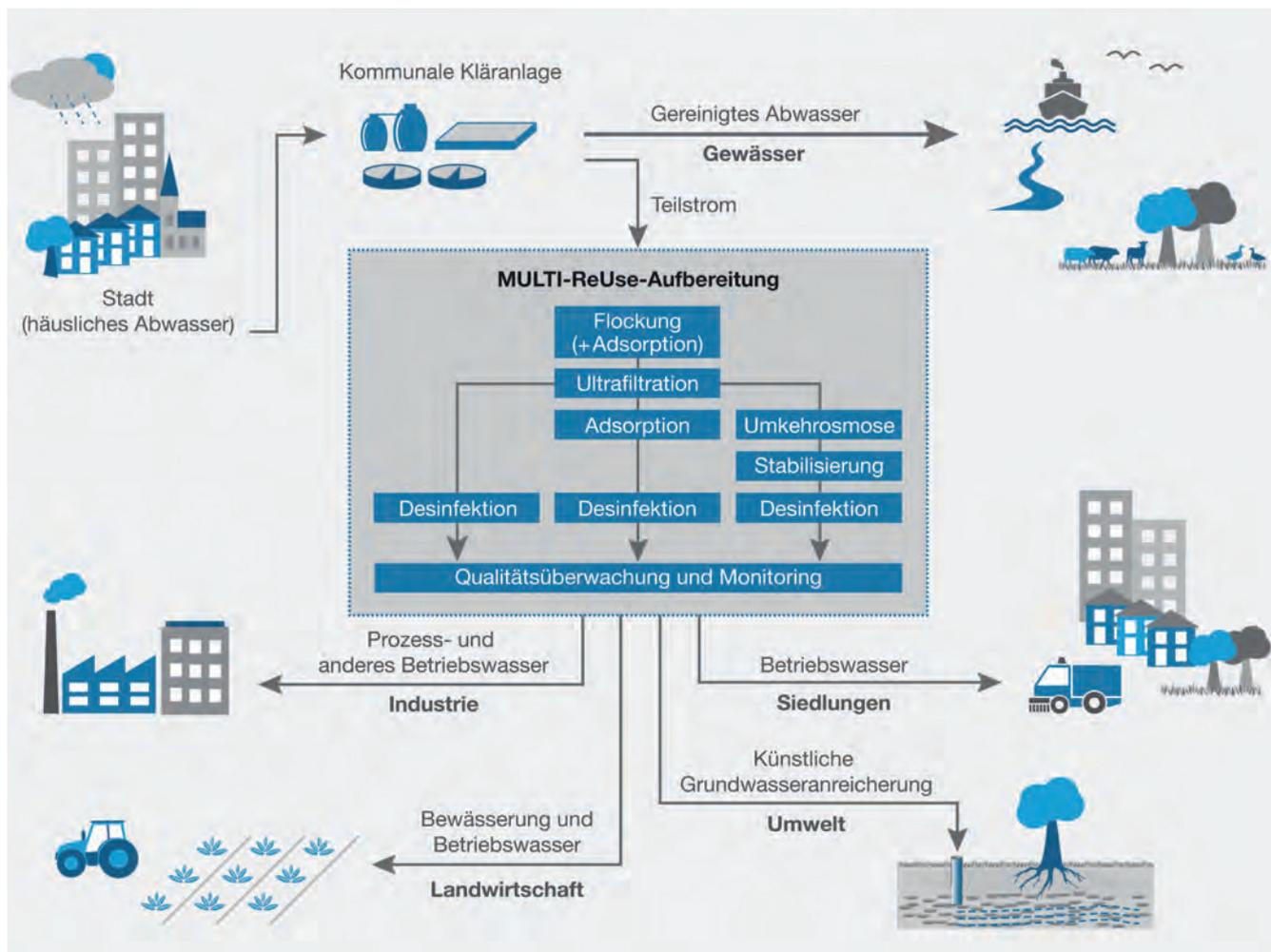


Abbildung 1: MULTI-REUSE -Aufbereitungsverfahren für die Wasserwiederverwendung in den Sektoren Industrie, Landwirtschaft und Siedlungswasserwirtschaft sowie für die Grundwasseranreicherung  
 Grafik: ISOE

- auch als Toilettenspülwasser für Bürogebäude, Sportanlagen, Schulen oder andere öffentliche Einrichtungen, wie z. B. Flughäfen,
- für die Bespeisung von Repräsentationsbrunnen und zur Straßenreinigung bzw. Staubbindung,
- als Löschwasser sowie zur Spülung der Kanalisation und zur
- Grundwasseranreicherung (aus Gründen des vorsorgenden Grundwasserschutzes wäre hier in Deutschland bei der Verwendung von abwasserbürtigem Wasser eine sehr weit gehende Aufbereitung erforderlich).

Mit Ausnahme von Straßenreinigung, Kanalspülung und Bewässerung von Straßenbäumen (z. T. auch des Löschwassers) ist es wenig zielführend, das Betriebswasser mit einem Tankwagen zum Einsatzort zu transportieren. Für

den Einsatz als Betriebswasser für den häuslichen Gebrauch, aber auch zur Bewässerung von Parks/Grünanlagen oder zur Verwendung in städtischen Brunnenanlagen wird es im Fall zentraler oder quartiersnaher Versorgung leitungsgebunden an den Gebrauchsort transportiert werden.

Auch wegen des Klimawandels wird die Landschaftspflege zunehmend wichtig: Insbesondere in mediterranen oder (sub)tropischen Gebieten mit hoher touristischer bzw. Naherholungsfunktion besteht ein hoher Bedarf an Bewässerungswasser für eine dauerhafte Pflege von grünen Rasenflächen in Park- und Ferienanlagen, Golfplätzen sowie von Baumbeständen. Zumeist ist der Beregnungsbedarf in den Jahreszeiten mit minimalen Niederschlägen und hoher Verdunstung am größten. Abwasserbürtiges Betriebswasser kann die Konkurrenz zur Trinkwasser-

versorgung, die etwa eine dezentrale Grundwasserförderung zur Bewässerung bedeutet, erheblich verringern, da es nicht nur dauerhaft anfällt, sondern der häusliche Wasserverbrauch (und damit auch der Abwasseranfall) an warmen und sehr warmen Tagen sogar noch zunimmt. Allerdings liegen Parks, Golfplätze, Ferien- und Grünanlagen häufig weit entfernt von den zentralen Anlagen zur Aufbereitung von Siedlungsabwasser. Insbesondere bei Ferienanlagen wird es daher zum Stand der Technik, hier Wasser aus der eigenen, dezentralen Abwasseraufbereitung einzusetzen. Für größere Gebiete mit Komplexen von Hotel- und Ferienanlagen oder städtische Grüngürtel kann aber auch der Bau und Betrieb von Verteilungsnetzen für das Betriebswasser lohnend sein. Entsprechende Leitungsstrecken hin zu wenigen Hauptverbrauchern >>

(z. B. städtischen Parks, Laufbrunnen usw.), die mit nur geringen Vernetzungen betrieben werden können, wurden an einigen Orten bereits errichtet; teilweise werden historische Betriebswasserleitungen wieder reaktiviert. Der flächendeckende Aufbau und Betrieb eines separaten Netzes zur Betriebswasserversorgung ist hingegen bisher die Ausnahme und nur in wenigen Fällen realisiert. Ein prominentes Beispiel ist die Stadt Hongkong, lange Jahrzehnte eine Enklave im chinesischen Gebiet und daher auf eine weitgehende Wasserautarkie angewiesen. Deshalb war dort der Aufbau und ist bis heute der Betrieb eines verdoppelten Versorgungsnetzes eine Selbstverständlichkeit: Ein Netz liefert dort Wasser in Lebensmittelqualität, das andere Betriebswasser zur Toilettenspülung. Die Leitungen des Betriebswassernetzes müssen verwechslungssicher gekennzeichnet werden.

#### Ein Beispiel: Der Betriebswassermarkt in Katalonien

Spanien ist in weiten Teilen naturräumlich von Wasserstress betroffen. In der Region Katalonien ist es seit 1989 mehrfach zu krisenhaften Situationen in der Wasserversorgung gekommen, zuletzt 2006/2008. Im Zentrum der Region liegt die Agglomeration Barcelona, in der 3,16 Millionen Menschen leben und versorgt werden müssen. Nachdem Versuche, mehr Trinkwasser aus anderen Einzugsgebieten (etwa aus Südfrankreich oder dem Einzugsgebiet des Ebro) zu erhalten, politisch gescheitert waren, wurde die Notwendigkeit deutlich, alternative Wasserquellen zu erschließen. Bereits 2002 hatte die Stadt Sant Cugat del Vallès Regelungen zum Wassersparen erlassen, in denen auch die Substitution des Trinkwassers durch Regen- bzw. Grauwasser vorgesehen war.

Der spanische Staat hat bereits frühzeitig durch rechtliche Setzungen für die Betreiber entsprechender Versorgungsicherheiten geschaffen und damit die Nutzung von Betriebswasser gefördert. Angestoßen durch die Kom-

munalabwasserrichtlinie der Europäischen Gemeinschaft, in der bereits allgemeine Überlegungen zur Wiederverwendung von Abwasser verankert sind, war dieses Prinzip bereits 1995 im Nationalen Abwasserplan Spaniens eingegangen. So kam es zur Wiederverwendung von aufbereitetem Abwasser in mehreren Regionen Spaniens, darunter auch in Katalonien. Seit 2007 gibt eine Verordnung für Spanien Qualitätskriterien für die Wasserwiederverwendung zum Zwecke der Toilettenspülung sowie für die öffentliche und private Gartenbewässerung vor, die für die mikrobiologischen Parameter denen des DWA/fbr-Merkblatts M 277 „Hinweise zur Auslegung von Anlagen zur Behandlung und Nutzung von Grauwasser und Grauwasserteilströmen“ entsprechen.

Im Rahmen des Agenda-21-Prozesses haben zahlreiche Kommunen in der Metropolregion Barcelona in den letzten 15 Jahren Entscheidungen gefällt, die Wiedernutzungen von Abwasser bzw. Grauwasser begünstigten. Zu-

nächst wurde in Nachbargemeinden Barcelonas insbesondere für neugebaute mehrstöckige Wohnhäuser die dezentrale Nutzung von Regen- oder Grauwasser vorgeschrieben. Seit der Wirtschaftskrise 2011 ist in Spanien aber die Bautätigkeit weitgehend erlahmt. Um die Ziele zur Ersetzung von Trinkwasser durch andere Wasserarten erreichen zu können, wird es folglich erforderlich, verstärkt zentral an der Kläranlage anzusetzen und von dort aus Betriebswasser zu verteilen und neben der Landschaftspflege auch für häusliche Zwecke zu verwenden. So wurde in der Abwasserbehandlungsanlage Gavà-Viladecans eine dritte Behandlungsstufe installiert, um Betriebswasser zu erzeugen, das in Viladecans, einer Stadt westlich Barcelonas, über ein rudimentäres Netz verteilt wird. In erster Linie wird das Wasser bisher zur Bewässerung der Grünanlagen und für die Straßenreinigung verwendet. Nach Umfragen ist eine Akzeptanz der Bürgerschaft für dieses Betriebswasser gegeben.



Vom Kläranlagenablauf (Probeflasche rechts vorne) zum stabilen Betriebswasser (linke Probeflasche)

In den öffentlichen Kläranlagen Kataloniens werden den Statistiken zufolge aktuell jährlich mehr als 620 Mio. m<sup>3</sup> Abwasser behandelt, davon mehr als 250 Mio. m<sup>3</sup> alleine in der Metropolregion Barcelona. Für abwasserbürtiges Betriebswasser sind in Katalonien noch erhebliche Potenziale erschließbar: Bei konservativer Schätzung beträgt der Bedarf für die Toilettenspülung, die (kommunale) Grünpflege, Straßenreinigung und Spülung der Kanalisation in jenen Gemeinden, die auf gereinigtes Abwasser zurückgreifen können, ein gutes Drittel der anfallenden Abwassermenge. Der Bedarf an Betriebswasser beträgt in Katalonien mehr als 200 Mio. m<sup>3</sup> und für den Großraum Barcelona mehr als 100 Mio. m<sup>3</sup>. 2014 wurden in der Metropolregion Barcelona nur 25,3 Mio. m<sup>3</sup> Abwasser wiederverwendet, davon nur 1 % im häuslichen Bereich, ein Großteil im Bereich der Landwirtschaft und auch für die Grundwasseranreicherung, also jenseits der siedlungswasserwirtschaftlichen Bedarfe. Neben der Metropolregion bie-

ten sich insbesondere die touristisch geprägten Küstenregionen Kataloniens, die Costa Brava und die Costa Dorada, für die Einführung von Betriebswassersystemen an.

### Mehr Wasserrecycling in Siedlungen möglich

Die Wiederverwendung von Siedlungsabwasser als Betriebswasser für unterschiedliche, u. a. häusliche Zwecke birgt große Potenziale zu einem schonenderen Umgang mit Wasserressourcen, solange gesundheitliche und umweltbezogene Risiken im Blick behalten werden. Dies gilt insbesondere dort, wo aufgrund naturräumlicher und/oder gesellschaftlicher Rahmenbedingungen erhöhte Nutzungskonkurrenzen um die Ressource Wasser vorhanden sind. Bei einer Vermarktung entsprechender Systeme zur Wasserwiederverwendung sollten die Vorteile gegenüber den praktizierten wasserwirtschaftlichen Alternativen zur Trinkwassersubstitution klar benannt werden:

- deutlich geringerer Energieverbrauch als bei der Meerwasserentsalzung
- konstantes Volumen, unabhängig von Niederschlag und Temperatur
- leichte Nachrüstbarkeit im Siedlungsbestand (im Vergleich zu Regenwasser/dezentraler Grauwasserwiederverwendung), da nur ein zweites Verteilnetz eingebaut werden muss, aber keine doppelten Abwasserleitungen und auch keine Speicher in den Häusern; Zielkonflikte um den Platz für die Speicher bei den Investoren werden vermieden
- geringerer finanzieller und Arbeitsaufwand als beim Betrieb dezentraler Anlagen (insbesondere zur Grauwasseraufbereitung, Monitoring und Wartung der Anlagen)

Vor einer Vermarktung sind evtl. Finanzierungsmodelle zu entwickeln, mit denen die Kosten für das neue Verteilnetz leichter aufgebracht und getragen

werden können. Wo, wie z. B. in Katalonien ein gesellschaftliches Interesse an einer „neuen Wasserkultur“ besteht, könnte eine Option darin bestehen, hierfür Anleihen bei interessierten lokalen Bürgerinnen und Bürgern aufzunehmen. Auch in anderen Regionen der Welt können Märkte für häusliches Betriebswasser aus Kläranlagen entstehen, insbesondere in solchen mit mangelhafter Wasserverfügbarkeit (meist aride und evtl. auch semiaride Gebiete), mit stark belastetem oder anthropogen gestörtem Grundwasserhaushalt (z.B. Bergbaureviere), mit sehr kleinen oder tendenziell erschöpften Grundwasserleitern (wie Inseln, Küstenregionen) oder mit sehr hoher Bevölkerungsdichte (z.B. Ballungsräume). Aufgrund der Risiken, die bei einer Versorgung mit abwasserbürtigem Betriebswasser ausgeschlossen werden müssen, sollten in der Zielregion Behörden im Bereich der Öffentlichen Gesundheitspflege und andere Institutionen zur Risikovorsorge gut etabliert sein.

### Autor:

Dr. Engelbert Schramm  
Dr. Martin Zimmermann  
Institut für sozial-ökologische  
Forschung GmbH, Frankfurt/Main  
[schramm@isoe.de](mailto:schramm@isoe.de), [www.isoe.de](http://www.isoe.de)

### Literatur:

Dennis Becker et al. (2017). Marktpotenziale der Wasserwiederverwendung - Anforderungen und Kriterien in unterschiedlichen Sektoren und mögliche Zielmärkte für das MULTI-ReUse-Verfahren. ISOE-Materialien Soziale Ökologie, 49

*Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben „MULTI- ReUse: Modulare Aufbereitung und Monitoring bei der Abwasserwiederverwendung“ wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung in der Fördermaßnahme WavE unter dem Förderkennzeichen O2WAV1403 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.*



Barbara Zimmermann, IWW Mülheim/Ruhr