Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung

WavE

WASSER. WIEDERVERWENDUNG. ENTSALZUNG.

THEMENFELD Wasserwiederverwendung durch Nutzung von behandeltem kommunalem Abwasser

Ergebnisse kompakt

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Wasserwiederverwendung durch Nutzung von behandeltem kommunalem Abwasser

Die Wiederverwendung von behandeltem kommunalem Abwasser als eine alternative Wasserressource gewinnt zunehmend an Bedeutung. In Europa ist sie bereits in europäische und nationale Strategien eingebettet. Gegenwärtig werden in Europa etwa 2,4% der behandelten kommunalen Abwässer recycelt; das Potenzial ist jedoch deutlich höher. In „WavE“ wurden Lösungen entwickelt, die es ermöglichen, diese alternative Quelle für die Wasserversorgung in verschiedenen Anwendungsbereichen zu nutzen.

Die sichere Verfügbarkeit von Wasser ist der Schlüssel für eine nachhaltige Entwicklung und somit ein kritischer Faktor für die Entwicklung von Gesellschaft und Wirtschaft. Wasserknappheit und Wasserverschmutzung bedrohen zunehmend die Ökosysteme und beeinträchtigen die wirtschaftliche und politische Stabilität ganzer Regionen und Länder. Die trockenen Sommer der letzten Jahre haben gezeigt, dass vielerorts Lösungen benötigt werden, um einem regionalen Wassermangel entgegenzuwirken.

Vor diesem Hintergrund wurden in der **BMBF-Fördermaßnahme „Zukunftsfähige Technologien und Konzepte zur Erhöhung der Wasserverfügbarkeit durch Wasserwiederverwendung und Entsalzung“ (WavE)** zwischen 2016 und 2021 innovative Technologien, Verfahrenskonzepte und Managementstrategien entwickelt, um die Wasserverfügbarkeit nachhaltig zu erhöhen.

Die Forschungsschwerpunkte lagen in den folgenden drei Themenfeldern:

(I) Wasserwiederverwendung durch Nutzung von behandeltem kommunalem Abwasser,

(II) Aufbereitung von salzhaltigem Grund- und Oberflächenwasser,

(III) Kreislaufführung von industriell genutztem Wasser.

Die **Wiederverwendung von behandeltem kommunalem Abwasser** als eine alternative Wasserressource für die weitere Verwendung – etwa in der Landwirtschaft – ist in vielen ariden Ländern schon gängige Praxis. Barrieren für eine Verbreitung in der EU sind vor allem das geringe Bewusstsein über die potenziellen Vorteile sowie die mangelnde gesellschaftliche Akzeptanz einer Mehrfachnutzung. EU-weite Mindestanforderungen für eine Wasserwiederverwendung sollen die Umsetzung solcher Maßnahmen vorantreiben.

Im Themenfeld „Wasserwiederwendung durch Nutzung von behandeltem kommunalem Abwasser“ hat das BMBF **vier Verbundprojekte** gefördert. Diese haben Lösungsansätze für eine Vielzahl an Anwendungsmöglichkeiten in unterschiedlichen Sektoren (Landwirtschaft, Industrie, Kommunen oder zur Grundwasseranreicherung) erarbeitet. Entwickelt wurden Konzepte und technische Lösungen, die zum einen eine flexible Anpassung an die Anforderungen zur Wasserwiederverwendung ermöglichen, zum anderen die Akzeptanz einer Wasserwiederverwendung unterstützen.

Die wichtigsten Ergebnisse und Produkte aus den vier Forschungsprojekten, deren Anwendungsmöglichkeiten sowie die sich daraus ergebenden Potenziale zur Einsparung von Wasser und Ressourcen sind auf den folgenden Seiten zusammengefasst.

VERBUNDPROJEKTE

EPoNa	Ertüchtigung von Abwasser-Ponds zur Erzeugung von Bewässerungswasser am Beispiel des Cuvelai-Etosha-Basins in Namibia
HypoWave	Einsatz hydroponischer Systeme zur ressourceneffizienten landwirtschaftlichen Wasserwiederverwendung
MULTI-ReUse	Modulare Aufbereitung und Monitoring bei der Abwasser-Wiederverwendung
TrinkWave	Planungsoptionen und Technologien der Wasserwiederverwendung zur Stützung der Trinkwasserversorgung in urbanen Wasserkreisläufen

Weitere Informationen zur Fördermaßnahme finden Sie unter www.bmbf-wave.de.

Detailbeschreibungen zu den einzelnen Produkten der Verbundprojekte finden Sie im Innovationsatlas Wasser unter www.innovationsatlas-wasser.de.

Ertüchtigung von Abwasser-Ponds zur Erzeugung von Bewässerungswasser am Beispiel des Cuvelai-Etosha-Basins in Namibia

EPoNa

ERTÜCHTIGUNG VON ABWASSERTEICHANLAGEN IM NORDEN NAMIBIAS

Das starke Bevölkerungswachstum in vielen afrikanischen Städten führt oft zur Überlastung der Abwasserbehandlung, bei der oft unbelüftete Teichanlagen eingesetzt werden. Unzureichend behandeltes Abwasser birgt gesundheitliche Risiken für Mensch und Tier. Gleichzeitig stellt Abwasser in diesen Regionen aufgrund der geringen Wasserverfügbarkeit eine vielversprechende Ressource dar, um Bewässerungslandwirtschaft z. B. für Futtermittelanbau zu betreiben und so auch die enthaltenen Nährstoffe zu nutzen. Mit den Entwicklungen in EPoNa wurde aufgezeigt, welche Möglichkeiten für die Sanierung und Erweiterung von vorhandenen Abwasserteichen in Namibia bestehen. Im Projekt wurde eine Teichanlage in Outapi durch eine Vorbehandlung, eine Nachbehandlung sowie mit einfachen technischen Maßnahmen erweitert und saniert. Dadurch wurde eine Wasserqualität erreicht, die eine Wiederverwendung des gereinigten Wassers für die landwirtschaftliche Bewässerung ermöglicht.

ERGEBNISSE

Das EPoNa-Projektteam entwickelte und demonstrierte integrierte Systemlösungen zur Erweiterung und Ertüchtigung von Abwasserteichen am Beispiel einer Anlage in Outapi im Norden Namibias. Einbezogen wurden technische, wirtschaftliche, ausbildungsrelevante, soziale und ökologische Aspekte.

Mit einer Kombination von Maßnahmen, die der bestehenden Teichkläranlage vor- und nachgeschaltet wurden, konnte eine Produktionsanlage für Bewässerungswasser (z. B. für Futtermittel) etabliert werden. Dazu wurden u. a. für die Vorbehandlung eine vorgeschaltete Feststoffentnahme (Mikrosieb) und ein UASB-Reaktor zur anaeroben Fermentation installiert sowie ein Steinfilter für die Nachbehandlung integriert. Diese Maßnahmen wurden durch intensive Messkampagnen begleitet und bewertet.

Wesentliche Erkenntnisse aus dem gesamten Projekt und insbesondere zur Auswahl des Bewässerungssystems und geeigneter Futterpflanzen sowie zur Klärschlammverwertung wurden in einem Leitfaden zusammengefasst, der den lokalen Behörden und Akteuren zur Verfügung gestellt wurde.

ANWENDUNGEN

Die Nachfrage zur Verbesserung der Abwasserbehandlung in Namibia und in vielen ariden Ländern ist sehr groß. Insbesondere die Nutzung des gereinigten Abwassers in der Landwirtschaft stellt eine wichtige Perspektive dar. Über die aus dem Projekt heraus initiierte Kläranlagennachbarschaft besteht bereits Kontakt zu über zehn Gemeinden, die eine ähnliche Ausgangslage und Bedarf an Bewässe-rungswasser haben.

International existieren viele Abwasserteichanlagen, die überlastet sind und deren Ablauf nicht zur Bewässerung geeignet ist. Die Ergebnisse aus EPoNa sind relevant für alle Regionen weltweit, in denen Abwasser durch Abwasserteiche gereinigt wird und in denen durch aride Klimabedingungen Bedarf an Bewässerungswasser (z. B. für den Anbau von Futterpflanzen) besteht. Dies ist insbesondere der Fall in Regionen mit starkem Bevölkerungswachstum und klimatischen Veränderungen wie z.B. in Sub-Sahara-Afrika.

EINSPARPOTENZIALE

Am Projektstandort kann das gesamte behandelte Wasser – ca. 200.000 m^3/a – für Bewässerungszwecke genutzt werden. Diese Wassermenge kann als Ersatz für Oberflächenwasser dienen und damit die Trinkwasserversorgung deutlich entlasten. Durch die Entwicklungen im Projekt können Umwelt und Bevölkerung geschützt werden. Die Ertüchtigung der Anlage trägt zur Minimierung der Methanemissionen und zu einer Verbesserung der Ablaufqualität bei. Weiterhin kann durch die Entwicklung und Demonstration einer angepassten Bewässerung und landwirtschaftlichen Nutzung des Wassers und der Nährstoffe für die Futtermittelproduktion die Nahrungsmittelsicherheit in der Region gewährleistet sowie ein ganzjähriger Anbau ermöglicht werden. Die Finanzierung des Betriebs der Abwasserbehandlung ist durch Erwirtschaftung von Einkommen in den Kommunen sichergestellt.

Vorbehandlung mit Mikrosiebung und Anaerob-Reaktor (UASB) (Hintergrund) und Fakultativteich mit Leitwand (Vordergrund) zur Verbesserung der Strömungsführung auf der Teichkläranlage in Outapi, Namibia. © EPoNa.

KONTAKT:

Prof. Susanne Lackner,
Institut IWAR, Fachgebiet Wasser und Umweltbiotechnologie,
Technische Universität Darmstadt

www.epona-africa.com

Einsatz hydroponischer Systeme zur ressourceneffizienten landwirtschaftlichen Wasserwiederverwendung

HYPOWAVE

NEUE WEGE ZUR WASSERSCHONENDEN LANDWIRTSCHAFT

Regionale Konkurrenzen um die Ressource Wasser sind keine Seltenheit. Durch Klimawandel, Urbanisierung und Verschmutzung der Wasserressourcen werden sich Nutzungskonflikte in den nächsten Jahrzehnten eher noch verschärfen. Um dem entgegenzuwirken, wurde in HypoWave erstmals ein wassersparendes Konzept für die Landwirtschaft umgesetzt, in dem die hydroponische Pflanzenproduktion (Kultivierung direkt in einer Nährlösung oder einem bodenlosen Substrat) unter Verwendung von aufbereitetem Abwasser erfolgt. Neben dem Wasser konnten auch die darin enthaltenen Nährstoffe ressourceneffizient als Produktionsmittel genutzt werden.

ERGEBNISSE

Ausgehend von einer Pilotierung auf der Kläranlage in Wolfsburg Hattorf und unter Berücksichtigung der nötigen Governance haben die Projektpartner ein hydroponisches System zur Produktion von Gemüse entwickelt, das mit aufbereitetem kommunalem Abwasser betrieben wurde. Das aufbereitete Wasser enthält noch viele der wertvollen Pflanzennährstoffe und ist gleichzeitig weitgehend frei von Schadstoffen und pathogenen Keimen. Es wurden keine zusätzlichen mikrobiologischen Belastungen in den Produkten nachgewiesen.

Neben einer Pilotierung in Wolfsburg wurde in vier Fallstudien (Landkreis Gifhorn, Hessisches Ried, Drei-Länder-Eck/Raeren in Belgien und Evora in Portugal) die Übertragbarkeit des HypoWave-Konzeptes aufzeigt. Dabei wurden unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten, Abwassertypen und -behandlungen wie auch Pflanzenproduktionssysteme untersucht.

Blick ins Gewächshaus der Pilotanlage: hydroponischer Anbau von Salat. © Hypowave.

Die Ergebnisse aus dem Betrieb der Pilotanlage und den begleitenden technischen und landwirtschaftlichen Untersuchungen, vier Fallstudien und der Wirkungsanalyse, dem Stakeholderdialog und den institutionellen Analysen, zeigen, dass die Herstellung von Bewässerungswasser aus Abwasser für die Kultivierung verschiedener Gemüse oder auch von Schnittblumen geeignet ist.

ANWENDUNGEN

Das HypoWave-Konzept ist nicht auf einzelne Länder oder Regionen beschränkt. Technologisch sehr flexibel und adaptiv ist es überall einsetzbar, unabhängig von dem Vorhandensein bestimmter Verfahrensstufen (z.B. Belebungsverfahren).

Besonders fördernde Rahmenbedingungen für die Implementierung eines HypoWave-Systems sind Regionen, in denen zunehmender Wassermangel herrscht bzw. für die zukünftiger Wassermangel prognostiziert wird, bei einer gleichzeitigen wasserintensiven Landwirtschaft bzw. Obst-/Gemüsebau.

Der Ansatz lässt sich bei lokaler Wasserknappheit sowohl in einigen Gegenden Deutschlands als auch in mediteranen Ländern wie z.B. Portugal oder Spanien umsetzen.

Aus der Fallstudie in Wahrenholz (Landkreis Gifhorn) heraus hat sich die Möglichkeit einer großtechnischen Realisierung des HypoWave-Konzeptes ergeben. Die Umsetzung ist Bestandteil des Folgeprojektes HypoWave+. Hier soll auf einem Hektar eine hydroponische Gemüseproduktion mit Tomate und Paprika realisiert werden.

EINSPARPOTENZIALE

Hydroponische Systeme sind in ihrer Produktion hoch effizient und schaffen damit eine deutliche Steigerung der Flächenerträge. Im HypoWave-Konzept ersetzt die Nutzung von jedem m^3 aufbereitetem Abwasser die gleiche Menge an Frischwasser. Zudem wird weniger Wasser benötigt als in einem bodenbasierten Anbausystem, da es keine Versickerungs- und weniger Verdunstungsverluste gibt. Auch substituieren die im Bewässerungswasser enthaltenen Nährstoffe die entsprechende Menge an Mineraldünger. Durch die Wiederverwendung von Wasser und Nährstoffen lassen sich die entsprechenden Kosten gegenüber einem konventionellen System einsparen.

Im Vergleich zur konventionellen landwirtschaftlichen Bewässerung können in einem hydroponischen System die Wasserressourcen um den Faktor 4-5 effizienter eingesetzt werden.

Weitere signifikante Einsparpotenzialee ergeben durch die reduzierten Abwasserbehandlung, da das hydroponische System hier Aufgaben übernimmt. Die Wasseraufbereitung wird anders als bei der konventionellen Abwasserreinigung nicht mit dem Ziel einer weitergehenden Nährstoffelimination betrieben.

KONTAKT:

Prof. Dr.-Ing. Thomas Dockhorn,
TU Braunschweig

Dr. Martina Winker,
ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung, Frankfurt am Main

www.hypowave.de

Modulare Aufbereitung und Monitoring bei der Abwasser-Wiederverwendung

AUFBEREITETES WASSER VIELFÄLTIG NUTZEN

Durch den weltweit steigenden Wasserbedarf gewinnt „Abwasser“ als alternative Wasserressource zunehmend an Bedeutung. Konkurrenzen um Wasser ergeben sich u. a. in Küstenregionen, wo salzhaltiges Grundwasser die Trinkwassergewinnung erschwert. Die Partner im Projekt MULTI-ReUse haben daher für den Standort Nordenham, nahe der Wesermündung, ein Konzept zur Wiederverwendung von gereinigtem kommunalem Abwasser erarbeitet. Verschiedene Aufbereitungstechnologien wurden modular miteinander kombiniert, um Wässer unterschiedlicher Qualitäten für verschiedene Nutzungszwecke erzeugen zu können. Das Einsatz-Spektrum reicht von der vielfältigen Nutzung in der Industrie über die landwirtschaftliche Bewässerung bis zur Grundwasseranreicherung. Das MULTI-ReUse-Konzept bietet damit vielfältige Anwendungsmöglichkeiten zur Wasserwiederverwendung – sowohl am Projektstandort als auch für andere nationale und internationale Regionen.

ERGEBNISSE

Die Projektpartner haben ein Konzept zur flexiblen Aufbereitung kommunaler Abwässer entwickelt und mit Hilfe einer Pilotanlage in Nordenham demonstriert. Das sogenannte MULTI-ReUse-Konzept beinhaltet die modulare Kombination der Verfahren Ultrafiltration, Umkehrosmose, Aktivkohlefiltration und UV-Desinfektion zu innovativen Aufbereitungsketten. Hierdurch können bedarfsgerecht Wasserqualitäten für verschiedene Nutzungszwecke erzeugt werden.

Für die mikrobiologische Überwachung der Wasserqualität wurden Verfahren zur Bestimmung der Bakterien-Konzentration mittels Online-Durchflusszytometrie und zur Abschätzung des Wiederaufkeimungspotenzials entwickelt und optimiert.

Weiterhin wurde ein Excel-Tool zur multikriteriellen Bewertung von Wasserwiederverwendungskonzepten sowie eine Entscheidungshilfe für geeignete Rohrwerkstoffe für Wasser-Verteilungsnetze entwickelt und ein Leitfaden dazu verfasst.

Die wesentlichen Erkenntnisse aus dem Projekt wurden vom Konsortium in insgesamt zwölf Factsheets und weiteren wiss. Veröffentlichungen zusammengefasst. Diese sind über die Projekt-Homepage verfügbar.

ANWENDUNGEN

Das aufbereitete Wasser kann sowohl im industriellen als auch im urbanen oder landwirtschaftlichen Bereich wiederverwendet werden, z. B. (I) als Waschwasser in der Industrie oder zur Straßenreinigung, (II) für Bewässerungszwecke oder zur Grundwasseranreicherung sowie (III) für industrielle Prozesse, bei denen Betriebswasser mit hohen Anforderungen benötigt wird.

Das MULTI-ReUse-Konzept kann sowohl in Deutschland als auch in anderen Ländern mit geringerer Wasserverfügbarkeit angewandt werden. Die Anforderungen an die Aufbereitung sind maßgeblich vom Zweck der Wasserwiederverwendung abhängig und müssen entsprechend den jeweiligen Mindestanforderungen angepasst werden.

Das Konzept wird langfristig gesehen vom Projektpartner Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband (OOWV) am Standort Nordenham großtechnisch umgesetzt, um die ortsansässige Industrie mit recyceltem Wasser zu versorgen und die küstennahen Trinkwasser-Ressourcen zu schonen.

EINSPARPOTENZIALE

Mit Hilfe des MULTI-ReUse-Konzeptes könnten zukünftig am Standort Nordenham (Landkreis Wesermarsch, mit ca. 26.000 Einwohnern) bis zu 1 Mio. m³ Trinkwasser pro Jahr eingespart werden – somit können wertvolle Grundwasserressourcen geschont werden. Diese Menge entspricht aktuell dem benötigten Brauchwasser vor Ort.

Eine umfassende Bewertung für den Fall Nordenham ergab, dass dort die Wiederverwendung von Wasser in größeren Mengen zu wirtschaftlich konkurrenzfähigen Preisen möglich ist.

Für die Industrie und die Landwirtschaft ergibt sich durch die Wiederverwendung von aufbereitetem kommunalem Abwasser zusätzliche Produktionssicherheit – besonders in Zeiten zunehmender Trockenheit. Dies trägt auch dazu bei, Kosten zu vermeiden, die in Folge von Wassermangel-Situationen entstehen können.

Innenansicht des MULTI-ReUse-Pilotanlagencontainers (inkl. der Verfahrensstufen Ultrafiltration und Umkehrosmose).
© IWW Zentrum Wasser, Mülheim an der Ruhr.

KONTAKT:

Anja Rohn,
IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gemeinnützige GmbH

www.water-multi-reuse.org

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

NATURNAHE VERFAHREN FÜR DIE WASSERWIEDERVERWENDUNG

Vor dem Hintergrund steigender Bevölkerungszahlen und klimabedingter langanhaltender Trockenphasen kann weitergehend gereinigtes Wasser aus kommunalen Kläranlagenabläufen eine nachhaltige und zuverlässige Wasserressource darstellen. Dennoch limitieren unter anderem die Besorgnis der Entscheidungsträger, eine fehlende wasserrechtliche Verankerung bzw. technische Regelwerke und Handlungsempfehlungen sowie oft auch die fehlende Akzeptanz in der Öffentlichkeit diese Art einer alternativen Wasserversorgung in der Praxis. Das Projekt TrinkWave verfolgte das Ziel, die wasserrechtlichen Anforderungen an eine Wiederverwendung zur Stützung von Trinkwasserressourcen in Deutschland zu ermitteln und mit Entscheidungsträgern zu diskutieren. Neue multidisziplinäre Beurteilungsansätze wurden für die Wasserwiederverwendung erarbeitet. Auf Basis von naturnahen Verfahren wurden neue Multibarrieren-Aufbereitungsprozesse entwickelt, die ohne den Einsatz von Hochdruckmembranen einwandfreies Trinkwasser liefern.

ERGEBNISSE

Aufbauend auf den langjährigen Erfahrungen der Projektpartner in der Grundwasserbewirtschaftung und Uferfiltration in Deutschland wurden neue Multibarrieren-Aufbereitungsprozesse auf Basis der sequentiellen Grundwasseranreicherung (SMART) entwickelt. Für die Wasserwiederverwendung wurden die Prinzipien von SMART in das neue Verfahrenskonzept SMART*plus* integriert. Dieses wurde im Rahmen des Projekts im halbtechnischen Maßstab in einem 6 m langen Reaktor im kontinuierlichen Betrieb über 2,5 Jahre getestet. Zentrale Weiterentwicklungen im horizontal durchströmten SMART*plus* Bioreaktor gegenüber SMART stellten – neben einer Infiltration über Sickerschlitze – die hydraulische Entkopplung vom Grundwasserleiter und der Einsatz von homogenem Filtermaterial dar. Hierdurch konnte eine hydraulisch kontrollierte Pfropfenströmung erreicht werden. Zudem wurde die Wiederbelüftung in-situ durch eine Sauerstoff-Dosierung über gaspermeable Membranen realisiert. Durch die hydraulische Optimierung konnte eine sehr effektive Entfernung von Viren (Bakteriophagen, murine Noroviren) innerhalb sehr kurzer Verweilzeiten (ca. 11 Stunden) erreicht werden.

ANWENDUNGEN

Aufgrund der hohen Betriebssicherheit, der Skalierbarkeit und der flexiblen Anwendung der unterschiedlichen Technologieelemente besteht großes Potenzial, SMART-basierte Konzepte in verschiedenen Regionen weltweit einzusetzen. Anwendung finden diese Konzepte bei einer Uferfiltration von qualitativ beeinträchtigten Oberflächenwässern, aber auch bei einer indirekten Wasserwiederverwendung von Kläranlagenabläufen. Das gereinigte Wasser kann für die Wiederverwendung, z.B. für Bewässerungszwecke, zur Stützung ökologischer Mindestabflüsse oder bei Maßnahmen zur Abwehr von Meerwasserintrusionen, eingesetzt werden.

Untersuchungen im Feldmaßstab in Berlin haben gezeigt, dass die Verbesserung des Spurenstoffabbaus durch SMART auch großtechnisch umsetzbar ist, sofern die optimalen Bedingungen (d.h. oxisch und kohlenstofflimitiert) im Untergrund zuverlässig eingestellt werden. 2D- und 3D-Grundwassermodelle des Wasserwerks Tegel konnten zeigen, dass eine zusätzliche Versickerung von 2,8 Mio. m^3/a Wasser über SMART ohne signifikante Änderungen der Grundwasserstände möglich ist und zu einer Verringerung der Konzentration organischer Spurenstoffe durch diese naturnahe Aufbereitung führen würde.

EINSPARPOTENZIALE

Durch eine Implementierung des SMART*plus*-Verfahrens besteht einerseits das Potenzial, zusätzliches Rohwasser für die Trinkwasseraufbereitung bereitzustellen und andererseits die Beeinflussung von Gewässern durch Einträge aus Kommunalabwässern zu vermeiden.

Die SMART-basierten Konzepte (v.a. SMART*plus*) stellen eine energetisch günstige Alternative zu momentan üblichen technischen Konzepten dar. Zudem fallen keine Reststoffe und Konzentrate an, die aufwendig entsorgt oder behandelt werden müssen. Damit ergeben sich Vorteile gegenüber alternativen Aufbereitungskonzepten für die Wasserwiederverwendung, die überwiegend auf dem Einsatz von Hochdruckmembranen basieren. Weiterhin ist der Wartungsaufwand gering. Ein wesentlicher Nachteil von SMART ist der relativ hohe Flächenbedarf, der durch den Einsatz von Sickerschlitzgräben jedoch deutlich reduziert werden kann.

Probenahme des Filtermaterials aus der SMART*plus*-Anlage. © TU München.

KONTAKT:

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

www.wasser.tum.de/trinkwave

Impressum:

Herausgeber:

DECHEMA

DECHEMA e.V.
Theodor-Heuss-Allee 25
60486 Frankfurt am Main

Ansprechpartner für die BMBF-Fördermaßname „Zukunftsfähige Technologien und Konzepte zur Erhöhung der Wasserverfügbarkeit durch Wasserwiederverwendung und Entsalzung“ (WavE):

Beim BMBF:
Dr. Helmut Löwe
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat 726 – Ressourcen, Kreislaufwirtschaft; Geoforschung
53170 Bonn

Beim Projektträger:
Dr.-Ing. Markus Delay, Dr. Daniel Jost
Projektträger Karlsruhe (PTKA)
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Editor:
Vernetzungs- und Transfervorhaben der BMBF-Fördermaßnahme „Zukunftsfähige Technologien und Konzepte zur Erhöhung der Wasserverfügbarkeit durch Wasserwiederverwendung und Entsalzung“ (WavE)

Verantwortlich im Sinne des Presserechts:
Dr. Thomas Track
DECHEMA e.V.
Tel.: +49 (0)69 7564-427
Fax: +49 (0)69 7564-117

Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Förderkennzeichen: 02WAV1400

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren der einzelnen Beiträge.
Die Broschüre ist nicht für den gewerblichen Vertrieb bestimmt.

Erschienen im März 2022

Bildnachweis Titelseite:
© shutterstock_1024670731

www.bmbf-wave.de
www.innovationsatlas-wasser.de

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

NaWaM
Nachhaltiges Wassermanagement