


Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung

Wave

WASSER. WIEDERVERWENDUNG. ENTSALZUNG.



THEMENFELD

Aufbereitung von salzhaltigen Grund- und Oberflächenwässern

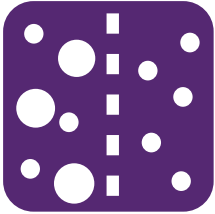
Ergebnisse kompakt

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Aufbereitung von salzhaltigen Grund- und Oberflächenwässern



Trinkwasserknappheit sowie ein steigender Wasserbedarf sind Herausforderungen in vielen Regionen weltweit. Durch das Eindringen von Meerwasser in viele küstennahe Regionen oder schwindende Süßwasserressourcen besteht immer mehr Bedarf an effizienten Verfahren zur Wasserentsalzung. In „WavE“ wurden Lösungen für die Nutzung von salzhaltigen Grund- und Oberflächenwässern als alternative Wasserressource für verschiedene Verwendungszwecke entwickelt.

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.

Vor allem in ariden und semiariden Gebieten, aber auch in gemäßigten Klimazonen, werden heutzutage Entsalzungstechnologien zur Trink- und Brauchwassergewinnung eingesetzt. Bei der **Aufbereitung von salzhaltigem Grund- und Oberflächenwasser** mit dezentralen Anlagen bestehen vielfältige Herausforderungen. Diese betreffen vor allem die Verringerung von Betriebs- und Instandhaltungskosten, die Steigerung der Energieeffizienz, den umweltgerechten Umgang mit der entstehenden Sole sowie die Verminderung und das gezielte Management von anfallenden Reststoffen.

Im Themenfeld „Aufbereitung von salzhaltigen Grund- und Oberflächenwässern“ hat das BMBF **zwei Verbundprojekte** gefördert. Diese haben zukunftsfähige Technologien und Konzepte für dezentrale Lösungen erarbeitet. Die Effektivität und Lebensdauer von Membransystemen konnte gesteigert werden; ein innovatives modulares System zur autonomen Trinkwassergewinnung ermöglicht eine Entsalzung und Arsenentfernung von Grund-, Brack- und Meerwasser.

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

VERBUNDPROJEKTE

REMEMBER Ressourcen- und energieeffiziente Wasser-Membranfiltration mittels Dielektrophorese

WaKap Modulares Konzept zur nachhaltigen Wasserentsalzung mittels kapazitiver Entionisierung am Beispiel Vietnam

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.

Ressourcen- und Energie-Effiziente Wasser-Membranfiltration mittels Dielektrophorese



SAUBERES WASSER DANK NEUARTIGER MEMBRANEN

Derzeit haben weltweit etwa 1,2 Milliarden Menschen keinen gesicherten Zugang zu Trinkwasser. Aufgrund des zunehmenden Wasserbedarfs spitzt sich die Trinkwasserknappheit in trockenen und halbtrockenen Gebieten immer mehr zu. Vorhandene Grund- und Oberflächenwässer können durch geeignete Filtrationsverfahren für Trinkwasser oder Bewässerungswasser nutzbar gemacht werden. Ein Problem der Membranfiltration ist das Verblocken der Membranoberfläche durch die Ablagerung des abzutrennenden Stoffes (Fouling bzw. Scaling). Im Projekt REMEMBER wurden daher Membransysteme entwickelt, welche durch den physikalischen Effekt der Dielektrophorese (Manipulation von Partikeln durch angelegte inhomogene, elektrische Felder) Ablagerungen auf der Filteroberfläche verringern und somit eine deutlich gesteigerte Effektivität und Lebensdauer aufweisen. Durch die Dielektrophorese können die Filtermembranen länger stabil arbeiten, ohne auf eine chemische Reinigung der Filtermembranen zurückgreifen zu müssen.



ERGEBNISSE

Projektpartner aus Forschung und Praxis haben **funktionalisierte Membranmodule** entwickelt, die durch das Erzeugen von lokalen elektrischen Felder eine Ablagerung von Partikeln auf der Filteroberfläche (Fouling) minimieren. Bei niedrigem Energieeintrag lässt sich so der Durchfluss durch die Membran erhöhen und die Zeit bis zur Membranreinigung verlängern. Die Funktion der neuartigen Membranen wurde für die Aufbereitung des Ablaufwassers einer städtischen Kläranlage erfolgreich aufgezeigt.

Für die Herstellung solcher „Dielektrophorese-Membranmodule“ werden zuerst polymere Membranoberflächen über ein Siebdruckverfahren mit Elektroden ausgestattet. Anschließend werden die Membranen durch einen innovativen Prozess mit einer dünnen Schutzschicht aus Titanoxid versehen. Durch Anlegen einer geringen Wechselspannung erzeugen die Elektroden ein lokales elektrisches Feld über der Membranfläche, was, ohne dabei den Filterprozess zu stören, Schwebstoffe durch elektrokinetische Kräfte bei der Filtration von der Ablagerung abhält.

Die entwickelten Verfahren sind kostengünstig und können in Regionen mit Wasserstress zur Sicherung der Versorgung mit Trinkwasser oder Bewässerungswasser beitragen.



ANWENDUNGEN

Die Ergebnisse liefern einen neuen Ansatz zur nachhaltigen Aufbereitung von Grund- und Oberflächenwässern in Regionen, in denen Frischwasservorkommen durch eindringendes Salzwasser (z.B. an Küsten oder durch tiefere, salzhaltige Grundwasservorkommen) in ihrer Qualität gefährdet sind.

Die Technologie ist langfristig in stationären genauso wie mobilen Systemen zur Trinkwasserbereitstellung integrierbar. Dort steigert sie die Effizienz und Einsatzzeit von Membranen für die Aufbereitung von Trinkwasser aus Oberflächenwasser oder Grundwasser in ariden Regionen. Die Dielektrophorese-Membranmodule könnten zusätzlich auch für die Abwasserbehandlung (MBR-Technologie) und in Grauwasseranlagen eingesetzt werden. Wegen des geringen Energiebedarfs kann die entwickelte Technik später sowohl für kompakte, tragbare Filtersysteme, z.B. für Krisensituationen, als auch für dezentrale oder stationäre Systeme eingesetzt werden.

Die Anwendung der Dielektrophorese-Membranmodule in der Kläranlage Osterholz bei Bremen hat gezeigt, dass der funktionalisierte Membranaufbau für den dauerhaften Einsatz in der Praxis geeignet ist.

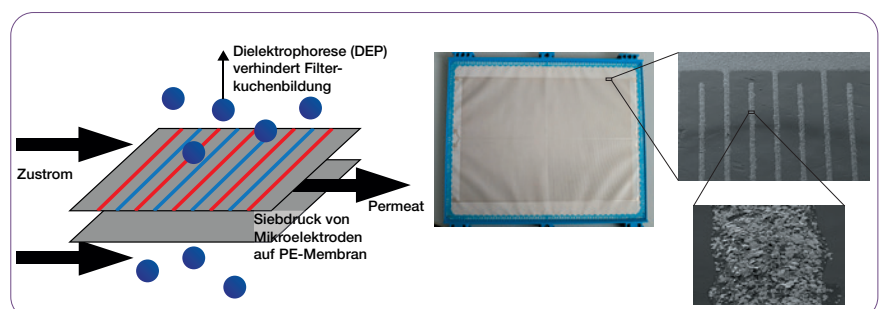


EINSPARPOTENZIALE

Mit Hilfe der in REMEMBER entwickelten Dielektrophorese-Membranmodule wird durch die Verringerung des Foulings die Leistung der Filtration erhöht. Damit wird sowohl der Chemikalienbedarf zur Wartung wie auch der Energiebedarf zum Betreiben der Module reduziert.

In Labortests unter Idealbedingungen konnte die Standzeit – also die Zeitspanne, die vergeht, bis der Permeatstrom durch das Modul auf einen Drittel des Anfangswerts abgefallen ist – um das Fünffache verlängert werden. In einer Pilotanlage mit einem Durchsatz von ca. 1 m³ pro Tag wurde im Ablauf der kommunalen Abwasserbehandlungsanlage in Osterholz-Scharmbeck eine um 50% höhere Permeabilität (Durchfluss in Abhängigkeit von der angelegten Druckdifferenz) im Vergleich zu regulären Modulen erzielt.

Links: Schematische Darstellung einer funktionalisierten Membranoberfläche; Mitte: DEP-funktionalisierte Membran (Typ: MiniCube Filterplatte mit PES-funktionalisierter Filterlage); rechts: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von mittels Siebdruck hergestellten Elektroden.
© Universität Bremen.



KONTAKT:

Dr.-Ing. Jose Ordonez,
MARTIN Systems GmbH, Berlin
www.remember-projekt.de

Modulares Konzept zur Wasserentsalzung mittels Kapazitiver Entionisierung am Beispiel Vietnam



WASSERENTSALZUNG UND ARSENENTFERNUNG ZUR NACHHALTIGEN WASSERVERSORGUNG

In vielen Ländern Südostasiens sind zahlreiche Wasserquellen in küstennahen Regionen durch das Eindringen von Meerwasser versalzt und teilweise durch sehr hohe natürlich vorkommende Konzentrationen an Arsen kontaminiert. Dadurch ist die Wasserversorgung in diesen Ländern bedroht. Um diesen Problemen nachhaltig zu begegnen, entwickelte das Verbundprojekt WaKap ein innovatives modulares System für die autonome Trinkwassergewinnung durch Wasserentsalzung und Arsenentfernung von Grund- und Brackwasser. Hierfür wurden die kapazitive Entionisierung und die unterirdische Entarsenierung als neuartige Kerntechnologien verwendet. Die in Deutschland konzipierten modularen Anlagen wurden in Vietnam aufgebaut und getestet. Die dortigen Verhältnisse können dabei als repräsentativ für viele Länder in Südostasien angesehen werden. Eine Nachhaltigkeitsbewertung für das gesamte modulare Verfahrenskonzept begleitete die experimentellen Untersuchungen und Pilotierungen.



ERGEBNISSE

Das modulare Verfahrenskonzept wurde im Pilotmaßstab an drei Demonstrationsstandorten in Südvietnam überprüft (An Giang, Tra Vinh und Can Gio).

Bei der Behandlung von arsenhaltigem Grundwasser wurden durch den unterirdischen Oxidationsprozess (**Subsurface Arsenic Removal, SAR**) Arsen- und Eisenentfernungsgrade von bis zu 98% bzw. 75% erzielt. Der wesentliche Vorteil dieses Prozesses ist der chemikalien- und abfallfreie Betrieb sowie der niedrige Energiebedarf von $<1 \text{ kWh/m}^3$.

Für die Aufbereitung von hoch- und niedersalinem Wasser wurde eine Kombination von Kapazitiver Deionisierung (MCDI) und Niederdruck-Umkehrosmose (ND-UO) eingesetzt. Im Vergleich zur Hochdruck-Umkehrosmose (UO) konnte, durch die modulare Erzeugung von Produkt- und Trinkwasser, der spezifische Energiebedarf um 0,6 bzw. $5,2 \text{ kWh/m}^3$ gesenkt werden. Gleichzeitig wurde die Flexibilität des Prozesses bei wechselnden Salzkonzentrationen (Trockenzeit, Regenzeit) erhöht. Zur Bewertung relevanter Nachhaltigkeitsaspekte einer Umsetzung des Konzepts wurde eine angepasste multidimensionale Methodik erstellt.

Die Erkenntnisse aus dem Projekt sind in verschiedenen Veröffentlichungen und über die Projekt-Homepage verfügbar.

Erste WaKap-Pilotanlage zur Arsenentfernung in An Giang (Südvietnam). ©Tan Vu Luong.



ANWENDUNGEN

Die Brackwasserentsalzung mittels MCDI und ND-UO hat ein großes Potential in allen Regionen weltweit, in denen Grund- und Oberflächenwasserversalzung auftritt vor allem in Küstenregionen.

Die positiven Ergebnisse des SAR zeigen das enorme Potential des Prozesses als nachhaltige Option zur Arsenentfernung. Die In-situ-Behandlung kann in vielen Gebieten mit hoher Arsenbelastung im Grundwasser zum Einsatz kommen, wie Südostasien, Indien, Bangladesch, China sowie in der EU (Ungarn, Bulgarien, Griechenland), etc. Eine vermarktungsfähige Prototypanlage wurde durch die beteiligten Unternehmen für Kommunen und private Nutzer in Südostasien entwickelt und zur Marktreife gebracht.

Die Versorgung mittels erneuerbarer Energien ermöglicht einen nachhaltigen Betrieb, jedoch sind die Investitionskosten für kleinskalierte Anlagen noch zu hoch, da die Strompreise und die Subventionen in Vietnam noch sehr gering sind. Das größte Nutzungspotenzial liegt für Photovoltaik vor allem im Süden und für Kleinwindkraftanlagen in Bergregionen und einigen Küstengebieten.



EINSPARPOTENZIALE

Durch das WaKap-Konzept kann der Bedarf an Frischwasser durch die Aufbereitung und Nutzung von salinem Grund- und Oberflächenwasser verringert werden. Das Potenzial variiert je nach Region, kann aber auf mehrere $1.000 \text{ m}^3/\text{Tag}$ für abgelegene Kommunen und Kleinstädten geschätzt werden.

Die In-Situ-Arsenentfernung hat alleine in der am meisten betroffenen Region „Red River Delta“ in Nord-Vietnam ein sehr hohes Potenzial: Es wird geschätzt, dass ca. 10 Millionen Menschen hier von Arsenhaltigem Grundwasser betroffen sind, was einem Wasserbedarf von $100.000 \text{ m}^3/\text{Tag}$ entspricht.

Zudem können durch den geringen Energie- und Chemikalienverbrauch des Behandlungsprozesses generell Kosten eingespart werden und durch den abfallfreien, nachhaltigen Betrieb die natürlichen Ressourcen geschont werden.

KONTAKT:

Prof. Dr. Jan Hoinkis,
Hochschule Karlsruhe (HKA),
Center of Applied Research, Karlsruhe
www.wakap.de

Impressum:

Herausgeber:

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

Ansprechpartner für die BMBF-Fördermaßnahme „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

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

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

NaWaM
Nachhaltiges Wassermanagement

