

Fakultät Umweltwissenschaften, Fachrichtung Hydrowissenschaften
Institut für Siedlungs- und Industrierwasserwirtschaft, Professur für Verfahrenstechnik in Hydrosystemen

innovat|ON

Selektive Entfernung monovalenter Ionen aus salzhaltigen Wässern für die Grundwasseranreicherung und Trinkwasseraufbereitung

Prof. Dr.-Ing. André Lerch

BMBF-Fördermaßnahme „Wassertechnologien: Wasserwiederverwendung“ im Themenfeld Aufbereitung von salzhaltigem Grund- und Oberflächenwasser - Auftaktveranstaltung 07./08.07.2021

Übersicht

1. Vorstellung des Projektansatzes und Ziele von innovatION
2. Vorstellung der Projektpartner
3. Ablauf: Arbeitspakete und Projektumfang
 1. Technologieentwicklung
 2. Technologieanwendung
4. Zusammenfassung
5. Poster & Kontaktmöglichkeiten

innovatION – Inhalte, Ablauf, Ziele
 Selektive Entfernung monovalenter Ionen aus salzhaltigen Wässern für die Grundwasseranreicherung und Trinkwasseraufbereitung

Projektinhalt
 Auf Grund des global ansteigenden Wasserbedarfs und dem immer weniger zur Verfügung stehenden Süßwasserressourcen besteht ein weltweites Interesse an effizienten Entsalzungsverfahren. Schüssler, das vom Meer oder von geogenen Salzvorkommen beeinflusst wird, enthält u. a. erhöhte Konzentrationen einwertiger (monovalenter) Ionen, wie Natrium und Chlorid, als auch mehrwertige Ionen, wie Magnesium und Calcium. Hohe Nitrat- und Sulfatkonzentrationen reduzieren hingegen meist aus landwirtschaftlichem Einfluss. Eine vollständige Entsalzung ist nicht sinnvoll, sondern birgt ein Verteilungs- der monovalenten Ionen nötig. Hierbei werden selektive Membranen für einen spezifischen Rückhalt monovalenter Salze entwickelt und in nachsozialer Modifikation für den Einsatz in einem ökologischen Verfahren in Labor- und Pilotanlagen gebaut (Abb. 1).

Ablauf
 Die Abbildung zeigt den Prozess der Entwicklung von der Identifizierung der Technologie bis zur Markteinführung. Die Phasen sind: Identifizierung der Technologie, Entwicklung der Technologie, Markteinführung, und Betrieb. Ein zentrales Element ist die 'Digitale Transformation'.

Ziele
 1. Entwicklung von monovalenten, permselectiven Ionenaustauschermembranen zur Entsalzung in kapazitiven geladen oder bipolaren Elektroden (mMCDI-Technologie).
 2. Identifizierung optimierter Prozess- und Anlagenparameter der mMCDI in Abhängigkeit der unterschiedlichen Süßwasserqualitäten und Aufbereitungsgrade sowie Transfer in die Praxis.
 3. Entsalzung der resultierenden Effekte und Herausforderungen möglicher Anwendungen.
 4. Entwicklung einer ganzheitlichen ökonomisch-ökologischen Nachhaltigkeitsbewertung zur Ressourcensteuerung der betrieblichen Ressourceneffizienz.

innovatION – Technologieentwicklung
 Selektive Entfernung monovalenter Ionen aus salzhaltigen Wässern für die Grundwasseranreicherung und Trinkwasseraufbereitung

Tätigkeitsbewertung
 Die Lebenszyklusanalyse (LCA) ist ein zentraler Bestandteil der Technologieentwicklung. Sie ermöglicht die Bewertung der Umweltauswirkungen der Technologie über den gesamten Lebenszyklus hinweg.

Modulentwicklung
 Die Entwicklung von monovalenten, permselectiven Ionenaustauschermembranen ist ein zentraler Bestandteil der Technologieentwicklung. Die Membranen werden in kapazitiven geladen oder bipolaren Elektroden (mMCDI-Technologie) eingesetzt.

Modellierung
 Die Modellierung der Membranmodule ist ein zentraler Bestandteil der Technologieentwicklung. Sie ermöglicht die Optimierung der Membranmodule in Abhängigkeit der unterschiedlichen Süßwasserqualitäten und Aufbereitungsgrade.

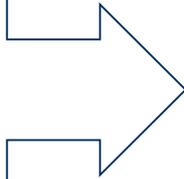
Laborversuche
 Die Laborversuche sind ein zentraler Bestandteil der Technologieentwicklung. Sie ermöglichen die Validierung der entwickelten Membranen in Kombination mit den kapazitiven Elektroden, der Entsalzung von Feuertag- und Sulfatverunreinigungen sowie die Entwicklung der Reinigungsprozesse. Darüber hinaus werden Pilotanlageversuche mit gleichen und erweiterten Einstellungen auch in Labor durchgeführt um den Untersuchungsraum des Pilotanlagensystems zu erweitern.

Vorstellung des Projektansatzes und Ziele von innovatION

Ziele von innovatIOn

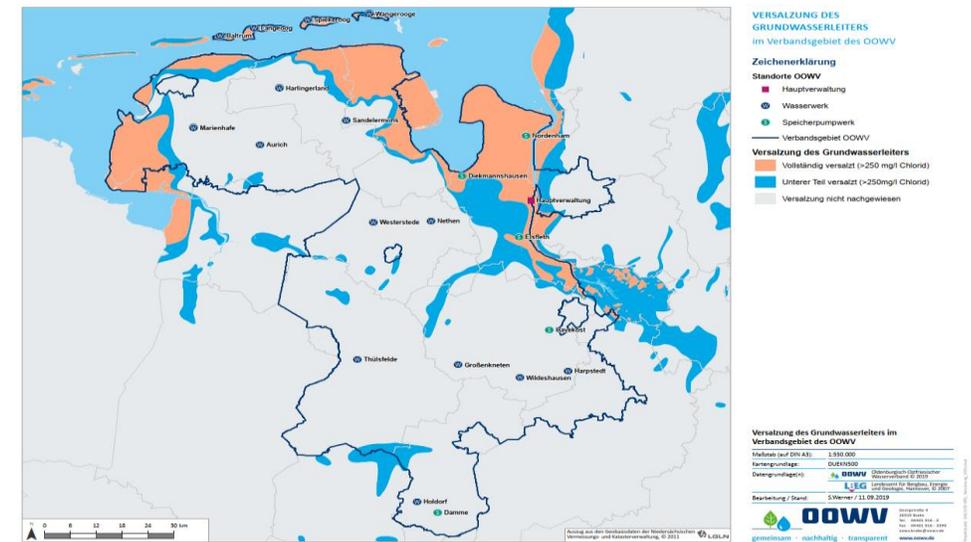


Global ansteigender
Wasserbedarf
weniger Süßwasser-
ressourcen

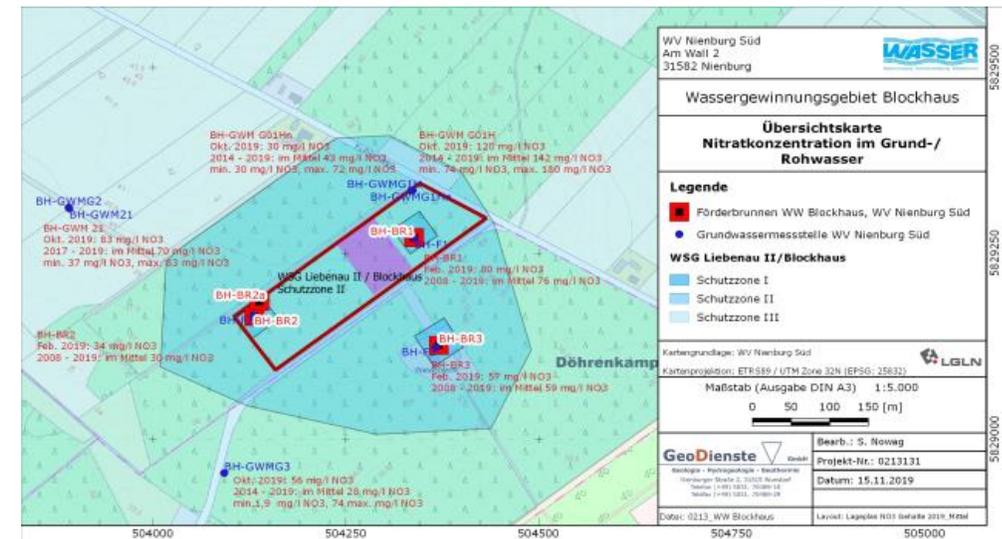


weltweites Interesse
an effizienten
Entsalzungsverfahren

1. Entwicklung eines energieeffizienten, selektiven, **Entsalzungsverfahrens zur gezielten Entfernung monovalenter Ionen** aus salzhaltigem Grund- und Oberflächenwasser
2. Überprüfung **potenzieller Anwendungen und Einsatzgebiete** unter Berücksichtigung wasserchemischer, ökonomischer und ökologischer Aspekte.



Darstellung der Versalzung des Grundwasserleiters im Verbandsgebiet der OOWV [NIBIS® Kartenserver 2021 LBEG, Hannover]

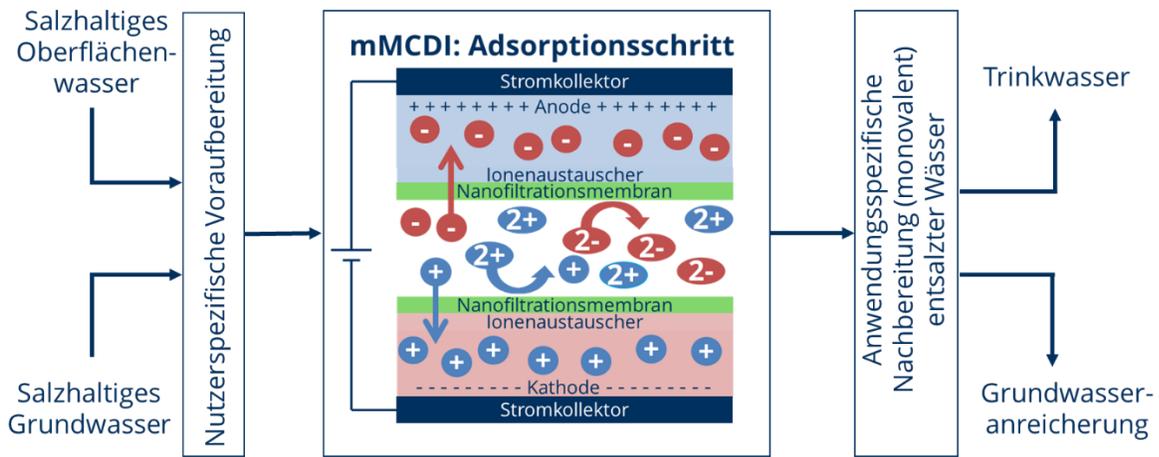


Auszug aus der Übersichtskarte Nitratkonzentration im Grund- und Rohwasser im Wassergewinnungsgebiet Blockhaus der KWN [KWN]

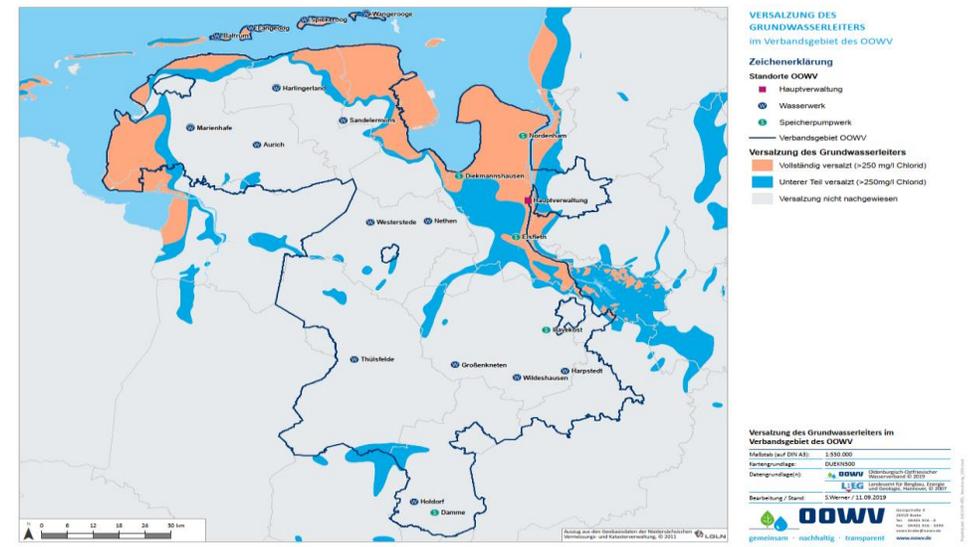
Ziele von innovatION



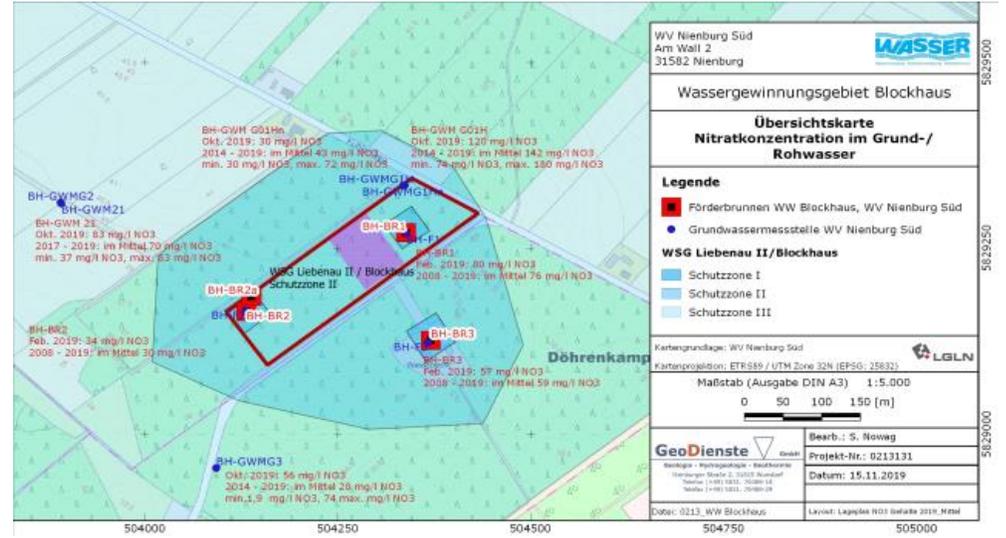
weltweites Interesse an effizienten Entsalzungsverfahren



Prinzip der Einbindung einer mMCDI zur direkten Aufbereitung salzhaltiger Wasser

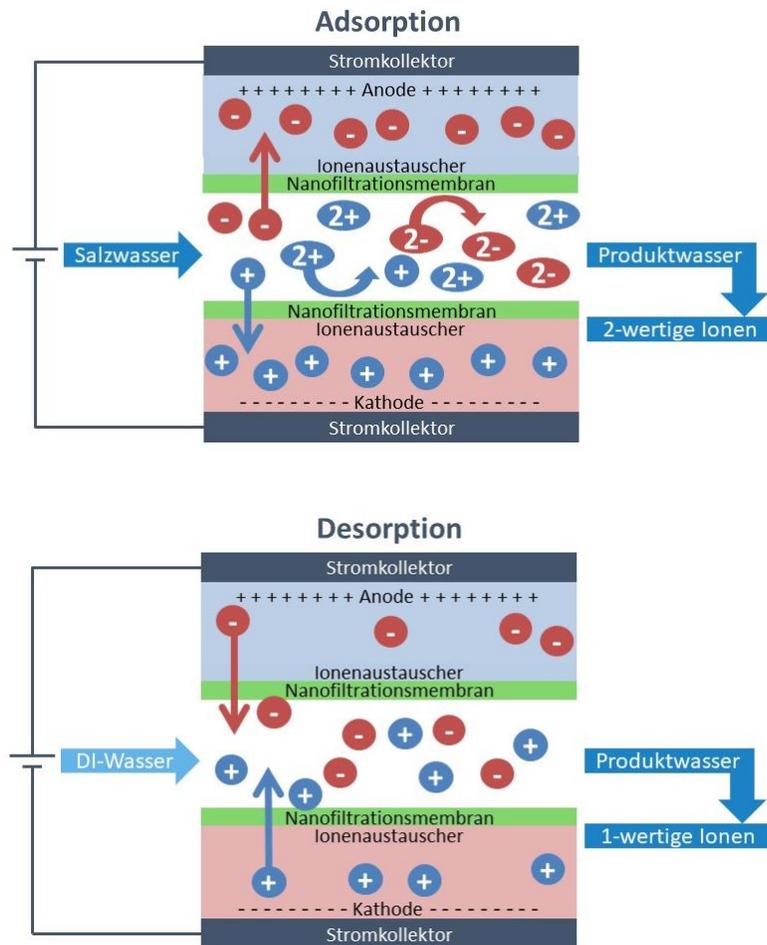


Darstellung der Versalzung des Grundwasserleiters im Verbandsgebiet der OÖVV [NIBIS® Kartenserver 2021 LBEG, Hannover]



Auszug aus der Übersichtskarte Nitratkonzentration im Grund- und Rohwasser im Wassergewinnungsgebiet Blockhaus der KWN [KWN]

Ziele von innovatION



Prinzip der geplanten mMCDI; oben: Adsorptionsschritt; unten: Desorptionsschritt

1. Entwicklung eines energieeffizienten, selektiven, **Entsalzungsverfahrens zur gezielten Entfernung monovalenter Ionen** aus salzhaltigem Grund- und Oberflächenwasser
2. Überprüfung **potenzieller Anwendungen und Einsatzgebiete** unter Berücksichtigung wasserchemischer, ökonomischer und ökologischer Aspekte.
3. Eruierung der **resultierenden Effekte** und Herausforderungen möglicher **Anwendungen**,
4. Entwicklung einer **ganzheitlichen** ökonomisch-ökologischen **Nachhaltigkeitsbewertung** zur Steuerung der betrieblichen **Ressourceneffizienz**.

Vorstellung der Projektpartner

Vorstellung der Projektpartner



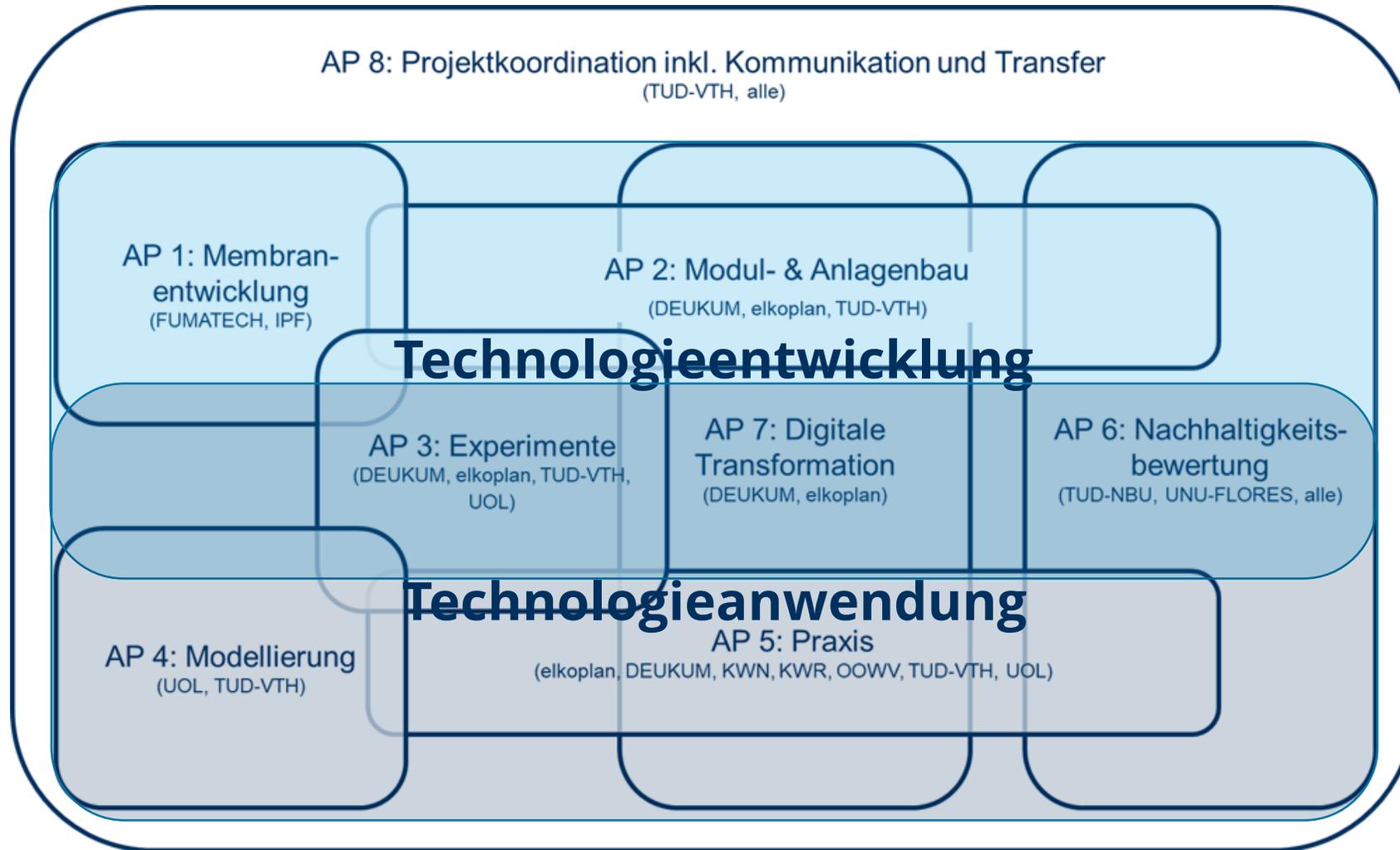
Selektive Entfernung monovalenter Ionen aus salzhaltigen Wässern

... das sind Partner aus Forschung und Praxis:



Arbeitspakete und Projektumfang

Arbeitspakete und Projektumfang



Projektstruktur und Arbeitspakete mit den beteiligten Verbundprojektpartnern

Arbeitspakete und Projektumfang

Technologieentwicklung

Nachhaltigkeitsbewertung

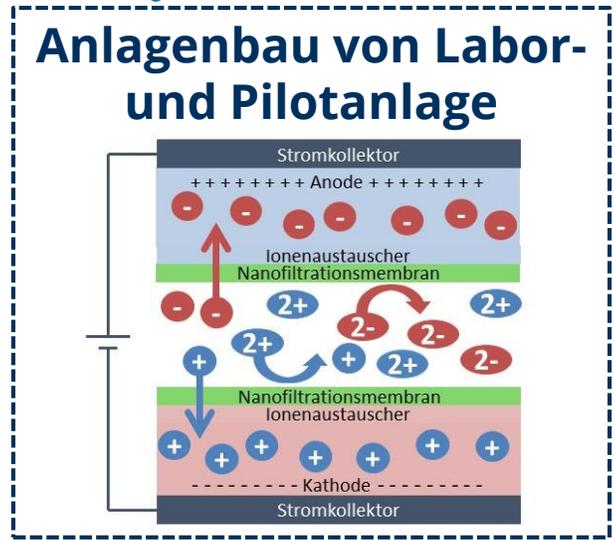
Ionenaustauscher -
Membranen
und Komposite



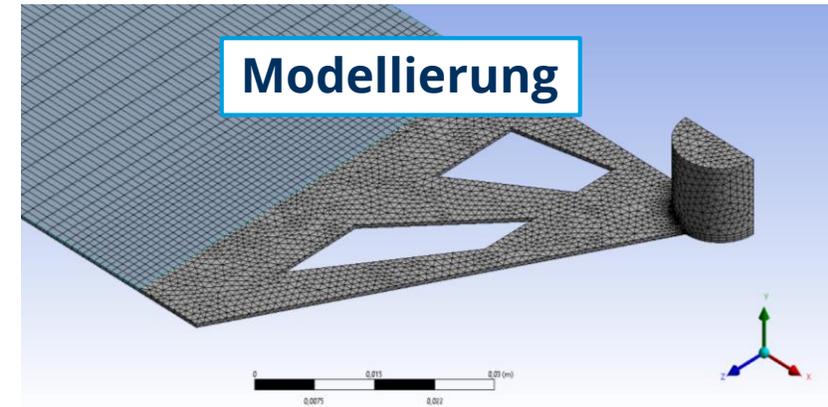
Modulentwicklung



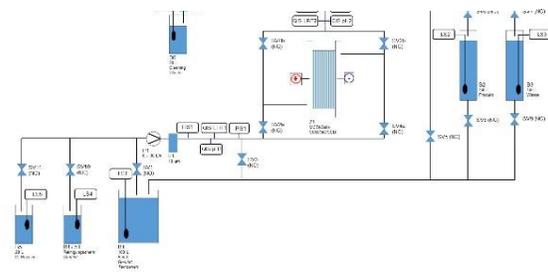
Automatisierung und
digitale Transformation



Laborversuche



Hybrides CFD Rechenetz

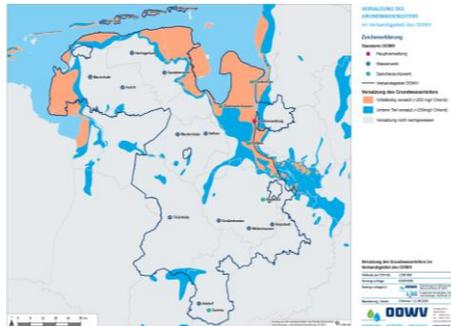


Verfahrensfließschema

Arbeitspakete und Projektumfang

Technologieanwendung

Praxisnahe Entsalzungs- und Infiltrationsversuche

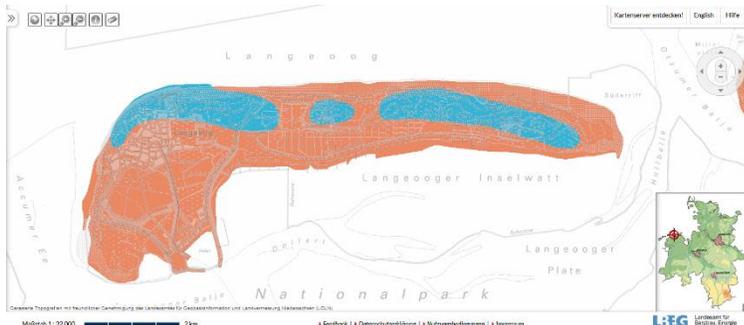


Versalzung im Verbandgebiet des OOWV [NIBIS® Kartenserver 2021 LBEG]

Schema eines flachen küstennahen Grundwassersystems in einer städtischen Umgebung [Costall, A.R., Harris, B.D., Teo, B. et al. Sci Rep 10, 9866 (2020)]

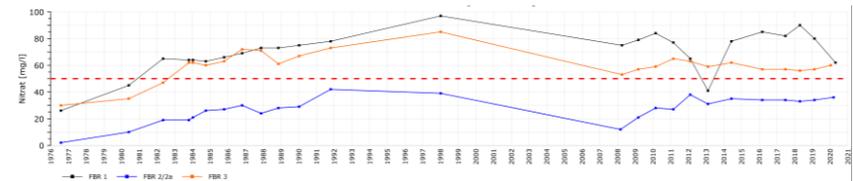
Bodensäulen [UOL]

Praxisbeispiele Langeoog und Nienburg



Versalzung im Grundwasser auf Langeoog [NIBIS® Kartenserver 2021 LBEG]

Förderbrunnen auf Langeoog [OOWV]



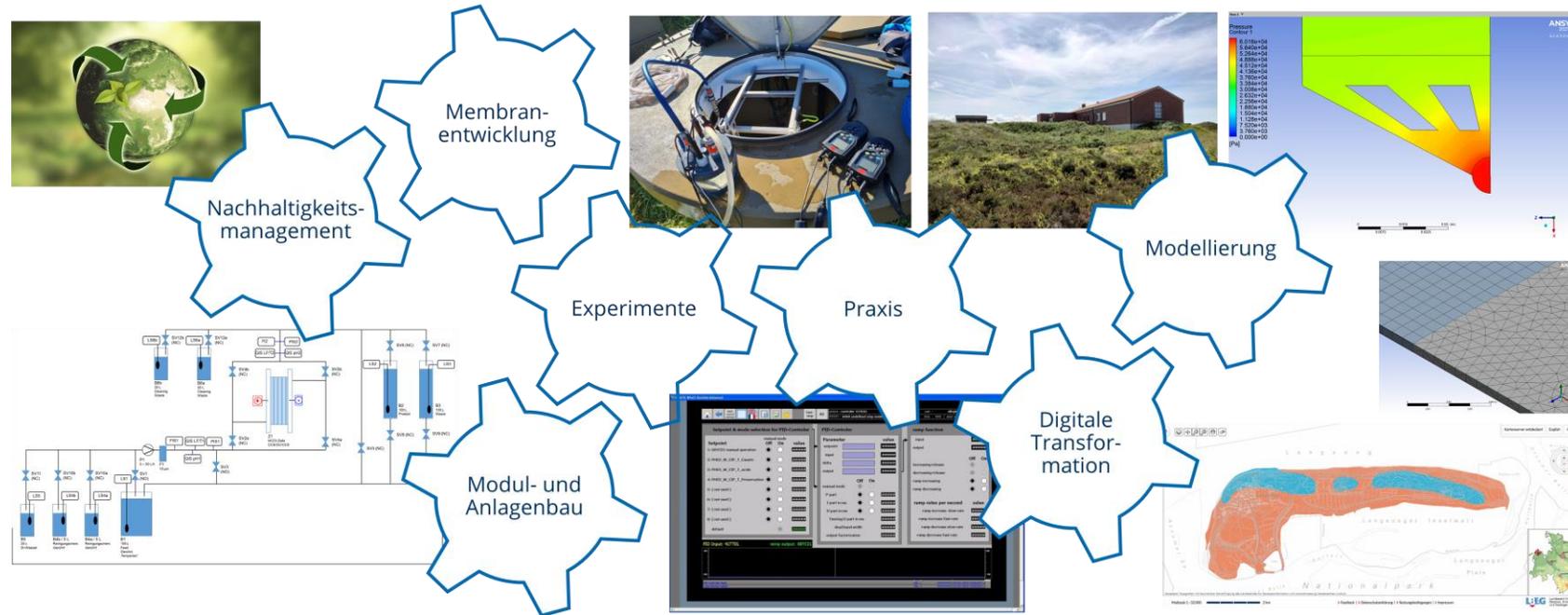
Nitratkonzentrationen der Förderbrunnen vom Wasserwerk Blockhaus [KWN]



Wasserwerk Blockhaus [KWN]

Zusammenfassung

Zusammenfassung



1. Effizientes Entsalzungsverfahrens zur gezielten Entfernung monovalenter Ionen.
2. Überprüfung potenzieller Anwendungen und Einsatzgebiete.
3. Eruierung der resultierenden Effekte und Herausforderungen möglicher Anwendungen.
4. Entwicklung einer ganzheitlichen ökonomisch-ökologischen Nachhaltigkeitsbewertung.

Poster und Kontaktmöglichkeiten

Poster und Kontaktmöglichkeiten

Poster

innovatION – Inhalte, Ablauf, Ziele
 Selektive Entfernung monovalenter Ionen aus salzhaltigen Wässern für die Grundwasseranreicherung und Trinkwasseraufbereitung
 Projektkoordination: Prof. Dr.-Ing. André Lerch andrea.lerch@tu-dresden.de

Projektinhalt
 Auf Grund des global ansteigenden Wasserbedarfs und den immer weniger zur Verfügung stehenden Süßwasserressourcen besitzen ein weltweites Interesse an effizienten Entsalzungsverfahren. Süßwasser, das vom Meer oder von geeigneten Salzwasservorkommen bezogen wird, enthält u. a. erhöhte Konzentrationen einwertiger (monovalenter) Ionen, wie Natrium und Chlorid, aber auch mehrwertige Ionen, wie Magnesium und Calcium, Hohl-Nitrat- und Sulfatkonzentrationen. Insofern sind diese Ionen meist aus landwirtschaftlichem Erbsinn. Eine vollständige Entsalzung ist nicht sinnvoll, sondern lediglich eine Verminderung der monovalenten Ionen nötig. Hierzu werden selektive Membranen für einen spezifischen Rückhalt monovalenter Salze entwickelt und in modulare Anlagen für den Einsatz in einem elektrochemischen Verfahren in Labor- und Pilotanlagen gebaut (Abb. 1).

Ablauf

Ziele

- Entwicklung von monovalenten, permeablen Ionenaustauschermembranen mit Entsalzung an kapazitiven geladen oder bipolaren Elektroden (mMCDI-Technologie).
- Identifikation optimaler Prozess- und Anlagenparameter der mMCDI in Abhängigkeit der unterschiedlichen Rohwasserqualitäten und Aufbereitungsziele sowie Transfer in die Praxis.
- Entwicklung der resultierenden Effekte und Herausforderungen möglicher Anwendungen.
- Entwicklung einer ganzheitlichen ökonomisch-ökologischen Nachhaltigkeitsbewertung zur Bewertung der betrieblichen Ressourceneffizienz.

Ziele

Ein generiertes Projekt von: **UNIB - Innovationszentrum 0200V/1077**

Partners: **TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN**, **ipf**, **elkoplan**, **ooww**, **UNIVERSITÄT UNIV-FLORES**, **fumatotech**, **DEUJUM**, **UNIVERSITÄT OLEBURG**, **KWR**

Poster „Inhalte, Ablauf, Ziele“

innovatION – Technologieentwicklung
 Selektive Entfernung monovalenter Ionen aus salzhaltigen Wässern für die Grundwasseranreicherung und Trinkwasseraufbereitung
 Projektkoordination: Prof. Dr.-Ing. André Lerch andrea.lerch@tu-dresden.de

Ionenaustauscher – Membranen und Komposite
 Ausgehend von der Kapazität und der Adsorptionseffizienz von Ionenaustauschermembranen wird die Entwicklung einer Membran, die eine hohe Kapazität und ein geringes elektrisches Widerstand mit einem Komposit aus flüssigen Ionenaustauscherharz und speziell adaptierten Aktivkohlepartikeln erreicht werden. Darüber hinaus soll das neue mMCDI Modul mittels bipolaren Elektroden aufgebaut werden, um Betriebskosten zu vermindern.

Nachhaltigkeitsbewertung
 Ausgehend von der Kapazität und der Adsorptionseffizienz von Ionenaustauschermembranen wird die Entwicklung einer Membran, die eine hohe Kapazität und ein geringes elektrisches Widerstand mit einem Komposit aus flüssigen Ionenaustauscherharz und speziell adaptierten Aktivkohlepartikeln erreicht werden. Darüber hinaus soll das neue mMCDI Modul mittels bipolaren Elektroden aufgebaut werden, um Betriebskosten zu vermindern.

Modulentwicklung
 Ausgehend von der Kapazität und der Adsorptionseffizienz von Ionenaustauschermembranen wird die Entwicklung einer Membran, die eine hohe Kapazität und ein geringes elektrisches Widerstand mit einem Komposit aus flüssigen Ionenaustauscherharz und speziell adaptierten Aktivkohlepartikeln erreicht werden. Darüber hinaus soll das neue mMCDI Modul mittels bipolaren Elektroden aufgebaut werden, um Betriebskosten zu vermindern.

Automatisierung und digitale Transformation
 Die Erbringung digitaler Schnittstellen zur Datenabgabe werden genutzt, um die Prozesse an der Anlage digitalisiert zu visualisieren zu optimieren und zu automatisieren. Das hierfür notwendige MES-Konzept wird entwickelt, erprobt und optimiert.

Modellierung
 Für den Modus- und Anlagenbau werden CFD-Modellierungen durchgeführt. Zunächst wird der Fokus auf die Auslegung des Moduls gelegt, mit zunehmender Projektfortschritt kann durch Kopplung multiphysikalischer Modelle sowie Parametrisierung der Prozess- und Anlagenparameter gesamt werden.

Laborversuche
 Experimente zur Charakterisierung und Validierung der entwickelten Module werden in speziellen Laborsystemen und Bodenstellen durchgeführt. Sie dienen zur Evaluierung der entwickelten Membranen in Kombination mit den kapazitiven Elektroden der Entsalzung von Feulung- und Scalingvorgängen sowie Entwicklung der Reinigungsprozesse. Darüber hinaus werden Pilotversuche mit gleichen und erweiterten Einheiten auch in Labor durchgeführt um den Untersuchungsraum des Pilotanlagenbaus zu erweitern.

Versuchsanlage im Labor- und Pilotmaßstab

Ein generiertes Projekt von: UNIB - Innovationszentrum 0200V/1077

Partners: **TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN**, **ipf**, **elkoplan**, **ooww**, **UNIVERSITÄT UNIV-FLORES**, **fumatotech**, **DEUJUM**, **UNIVERSITÄT OLEBURG**, **KWR**

Poster „Technologieentwicklung“

innovatION – Technologieanwendung
 Selektive Entfernung monovalenter Ionen aus salzhaltigen Wässern für die Grundwasseranreicherung und Trinkwasseraufbereitung
 Projektkoordination: Prof. Dr.-Ing. André Lerch andrea.lerch@tu-dresden.de

Einleitung
 Durch erhöhte Konzentrationen an Natrium, Chlorid und Nitrat im Grund- und Oberflächenwasser können diese ohne eine Entsalzung nicht für die Deckung der für die Trinkwassererzeugung genützt werden. Im Vorprojekt innovatION wird ein monovalentes Entsalzungsverfahren entwickelt, geteilt und sowohl im Labor als auch unter praktischen Bedingungen an den Standorten der Pilotanlage getestet. Als Anwendungsgebiet wird hier die Aufbereitung zu Trinkwasser und die Stabilisierung des Landschaftswasserhaushalts durch Infiltration mit monovalent-salttoleranten Wasser untersucht.

Praxisnahe Entsalzungs- und Infiltrationsversuche
 Neben den Entsalzungsversuchen mit synthetischen Grundwasser wird die entwickelte monovalente membranbasierte kapazitive Desionisation (mMCDI) an Standorten des Übergangsbereichescher Wasserwerke (CCWV, Aue, 3) und des Kreisverbands für Wasserversorgung Nienburg (KWV) erprobt. So kann die Pilotanlage bei Nutzung der im Wasserwerk gelagerten Rohwasser kosteneffizient betrieben und die Langzeitstabilität mit einem Wasserstudiert werden. Sobald die Anlagen erste Produktwasser produzieren, werden diese ebenfalls an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg (OU) durch Bodenstellen geliebt (Abb. 4) um die resultierenden Effekte bei der Infiltration des monovalent-salttoleranten Wassers zu studieren.

Praxisbeispiele Langegoo und Nienburg
 Um die Ressourcen der Süßwasserseite und die Trinkwasserversorgung der Insel Langegoo in Zukunft zu sichern, ist ein aktiver Küstenschutz nötig. Die Feindtoren des CCWV liegen in einer hohen Lage, dem Projekt (Abb. 1-3), und sind durch die anliegenden Dünen vor Salzwasserüberschreitungen geschützt. Durch die Dünen werden immer schärfer, regelmäßige Sandaufspülungen und großflächige Strandverfestigungen wirken zum entgegen und schützen die Süßwasserlinie. Zur langfristigen Sicherung der Wasserversorgung sind aber auch weiterführende Überlegungen erforderlich. Die gezielte Versickerung bzw. Grundwasseranreicherung von salztoleranten Wasser kann dabei zur Stabilisierung der Süßwasserlinie in Zukunft ebenfalls eine Rolle spielen.

Internationale Anwendbarkeit
 Auch in dem Modellversuch ist ein Großteil des Grundwasserwerkens (Abb. 4). Um die natürlichen Süßwasserressourcen zu ergänzen, wird Oberflächenwasser in die Küstendünen infiltriert, um die Versickerung des Grundwassers zu verhindern (Abb. 5). Die räumliche Anreicherung kann jedoch nicht überall angewendet werden, und mehrere Trinkwasserproduktionsstätten in den Niederlanden sind nach wie vor anfällig für die Versickerung durch Aufbau von brackischem Grundwasser. Durch die Kooperation mit KWR Water Research Institute und UNU-FLORES werden bei innovatION internationale Ziele und Anwendungsmöglichkeiten integriert und das erprobte Wissen global geteilt.

Ein generiertes Projekt von: UNIB - Innovationszentrum 0200V/1077

Partners: **TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN**, **ipf**, **elkoplan**, **ooww**, **UNIVERSITÄT UNIV-FLORES**, **fumatotech**, **DEUJUM**, **UNIVERSITÄT OLEBURG**, **KWR**

Poster „Technologieanwendung“

Poster und Kontaktmöglichkeiten

Website und Kontakt

www.innovat-ion.de

Website geht demnächst online
(temporär auf TUD)

The screenshot shows the website interface for 'innovatION'. At the top, there is a navigation bar with 'DEU', 'ENG', 'BARRIEREFREI', and 'INTERN'. Below this is the 'innovatION' logo and a menu with 'ZIELE', 'PUBLIKATIONEN', and 'VERBUNDPARTNER'. The main content area features a 'News' section with three identical article cards, each dated '12.06.2021' and titled 'MIT "INNOVATION" NATIONALE UND INTERNATIONALE WASSERRESSOURCEN SICHERN'. Each card has a 'Weiterlesen' link. To the right, there is a 'GEFÖRDERT VOM' section with the logo of the 'Bundesministerium für Bildung und Forschung' and the 'Wave' logo (Wassertechnologien: Wiederverwendung). Below that is the 'Projektkoordination' section for 'TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN', listing 'Prof. Dr.-Ing. André Lerch' and his contact details. At the bottom, a blue bar contains 'Ziele des Projektes' and a navigation menu with 'Kurzbeschreibung', 'Ziele', 'Arbeitsschwerpunkte', and 'Hintergrundinformationen'.

Herzlichen Dank ...

... für die Förderung durch das BMBF

... für die Möglichkeit der Präsentation

... für Ihre Aufmerksamkeit!

Projektkoordination
Prof. Dr.-Ing, André Lerch
Tel.: +49 351 463-37537
E-Mail: andre.lerch@tu-dresden.de

www.innovat-ion.de

