

WaKap

Modulares Konzept zur nachhaltigen Wasserentsalzung mittels Kapazitiver Deionisierung am Beispiel Vietnam

Kurzbeschreibung

Das Ziel des Verbundprojektes ist ein modulares und kombinierbares Konzept zur nachhaltigen Wasserentsalzung und Arsenentfernung zu entwickeln und im Pilotmaßstab in Vietnam zu überprüfen. Das Projekt wurde am Beispiel Vietnam durchgeführt, da die Verhältnisse dort als repräsentativ für viele Länder in Südostasien angesehen werden können. Durch die Eindringung von Meerwasser in viele küstennahe Regionen weist das Grundwasser, insbesondere während der Trockenzeiten, einen hohen Salzgehalt auf. Das Grundwasser in der Region ist außerdem mit teilweise sehr hohen Arsen-Konzentrationen belastet, ein sehr giftiger Stoff der aus dem natürlichen Sedimentgestein ausgewaschen wird.

Die Behandlung von arsenhaltigem Grundwasser erfolgt durch eine In-situ-Behandlung. Hierfür wird Sauerstoff im Grundwasser angereicht und somit Arsen unterirdisch in einer Eisen-Oxid-Matrix eingebunden. Wesentliche Vorteile dieses Verfahrens sind der niedrige Energiebedarf, der geringe Wartungsaufwand und vor allem die Tatsache, dass es sich um einen chemikalien- und abfallfreien Prozess handelt. Die Aufbereitung von versalztem Grundwasser erfolgt durch die Kombination von Kapazitiver Deionisierung (Engl.: Capacitive Deionisation, CDI) und Membranfiltration (Niederdruck-UO, NF), um den Energieverbrauch zu reduzieren sowie die Flexibilität des Prozesses bei wechselnden Salzkonzentrationen zu erhöhen (Trockenzeit, Regenzeit).

Die Grundwasseraufbereitung mit dem In-Situ-Verfahren zur Arsenentfernung und der CDI zur Entsalzung von Brackwasser wurde im Mekong Delta im Landesinneren und an der Küste getestet. Im Projekt wurde außerdem eine Nachhaltigkeitsbewertung des gesamten Konzeptes durchgeführt. Auf Basis der Projekt-Ergebnisse soll nach Projektende ein marktfähiger Prototyp für Kommunen und private Nutzer in Südostasien entwickelt werden.

Ergebnisse

Zur Konzipierung und Planung der Pilotanlagen in Vietnam wurden Laborversuche zur Untersuchung der Einflüsse von Betriebsparametern auf den CDI Prozess sowie computerbasierte Modellberechnungen für die Kombination mit UO/NF durchgeführt. Der spezifische Energieverbrauch (SEC) für Salzkonzentrationen bis 2 g/l (NaCl) lag bei < 2 kWh/m³. In diesem eingeschränkten unteren Konzentrationsbereich zeigt der CDI Prozess Vorteile gegenüber der herkömmlichen UO. In den Versuchen mit verschiedenen kommerziellen CDI Modulen ergaben sich bei höheren Salz-Konzentrationen jedoch deutlich höhere SEC Werte. Eine energetisch konkurrenzfähige Meerwasserentsalzung zur UO mittels einstufigem CDI-Modul ist nach derzeitigem Stand der Technik nicht möglich. Allerdings kann der CDI Prozess beispielsweise einer Niederdruck UO zur Nachbehandlung zugeschaltet werden („Polisher“).

Im Juni 2017 wurde die erste Pilotanlage zur Arsen-, Eisen-, Mangan- und Ammoniumentfernung in der An Giang Provinz (Mekong-Delta) in Betrieb genommen (Abb. 13 links). Die Arsenkonzentrationen lagen zu Beginn des Aufbereitungsprozesses bei ca. 0,08 mg/l und somit um das 8-fache oberhalb des WHO-Grenzwerts von 0,01 mg/l As. Nach der ersten Pilotierungsphase von etwa drei Monaten konnte – neben einer kompletten Eisenentfernung - bereits eine hervorragende Arseneliminierung von > 97 % beobachtet werden (Abb. 14 (1)). Eine Mangan- und Ammoniumentfernung zu Werten unterhalb der Trinkwassergrenze dauerte jedoch etwas länger (Abb. 14 (3)). Auch nach etwa 2,5 Jahre Betrieb konnte die hohe Arseneliminierung unterhalb des Grenzwerts bestätigt werden. Für die Wasseraufbereitung und -förderung verbraucht die Anlage weniger als 1,5 kWh/m³ pro Nutzwasser.

Die Stabilität der Arsenentfernung bei Überziehungen der Grundwasserentnahme, Betriebsstörungen, usw. (Abb. 14 (2)) wurde systematisch untersucht. Auch bei einer Überziehung

Pilot plant An Giang

Iron + Arsenic removal / Capacity: 2 m³/day



Pilot plant Tra Vinh

Iron + Arsenic removal / Capacity: 10 m³/day



Abb. 13: Pilotanlagen in An Giang (links) und Tra Vinh (rechts)

von bis zu 250%, bleibt die maximale Arsenkonzentration unterhalb der Trinkwassergrenze von 10 µg/l. Dies spricht für die Stabilität und Robustheit des Verfahrens.

Im Juni 2018 wurde die zweite In-Situ Pilotanlage zur Entfernung von Eisen, Arsen und zusätzlich zur Entsalzung von Brackwasser mit einer größeren Kapazität (10 m³/Tag) im Standort „Tra Vinh“ im Mekong Delta installiert. Dort weist das Grundwasser erhöhte Salzkonzentrationen von >1.5 g/L (NaCl) auf, sodass ein nachgeschaltetes CDI-Modul zur Entsalzung nachgeschaltet wurde (Abb. 13 rechts). Die dritte Pilotanlage zur hochsalinem Brackwasser wurde in Can Gio aufgebaut, um verschiedene UO-Membranen in Kombination mit CDI zu testen.

Die Pilotanlage in Tra Vinh wird außerdem mit Photovoltaik und Windenergie betrieben. Mit einer Wetterstation zur Aufzeichnung der Sonneneinstrahlung und Windgeschwindigkeit konnte die Leistung der installierten PV- und Windkraftanlage evaluiert werden. Zur Bewertung des Potentials von erneuerbaren Energien in Vietnam wurde vom Projektpartner Fraunhofer ISI auch ein Energiekonzept zum autarken Betrieb der Wasseraufbereitungsanlagen mittels regenerativer Energiequellen erstellt, inkl. die Bewertung verschiedener Technologien in Form eines Technologieradars.

Perspektiven für die Praxis

Die positiven Ergebnisse der In-situ Anlage zeigen die Umsetzbarkeit und das Potential der Anlage als nachhaltige Option zur Arsenentfernung in Vietnam. Eine vermarktungsfähige Prototypanlage zur Enteisung und Arsenentfernung wird in Zusammenarbeit mit dem deutschen Projektpartner Winkelkemper in Zusammenarbeit mit vietnamesischen Partnern auf den Markt gebracht.

Koordinator:
Prof. Dr. Jan Hoinkis, Hochschule Karlsruhe - Technik und Wirtschaft

Projektpartner:
Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe
Karl Spiegl GmbH & Co. KG, Nufringen
Winkelkemper GmbH, Wadersloh

Laufzeit:
01.09.2016 – 31.12.2019

www.wakap.de

Die Versorgung der CDI-Modul mittels PV ermöglicht, ein nachhaltigen Betrieb. Jedoch sind die Investitionskosten für kleinkalierte Anlagen noch zu hoch. Außerdem, aufgrund hochsubventionierter Energiekosten in bestimmten Bereichen scheinen regenerative Energiequellen in Vietnam derzeit wirtschaftlich wenig interessant zu sein. Die Pilotanlage zur Entsalzung von hochsalinem Brackwasser soll die Umsetzbarkeit der CDI-Anlage in Kombination mit einer Niederdruck-UO in größeren Maßstab aufzeigen sowie die bessere Energieeffizienz und weitere Vorteile im Vergleich zur Hochdruck-UO.

Konzentrationsverlauf As, Fe, Mn

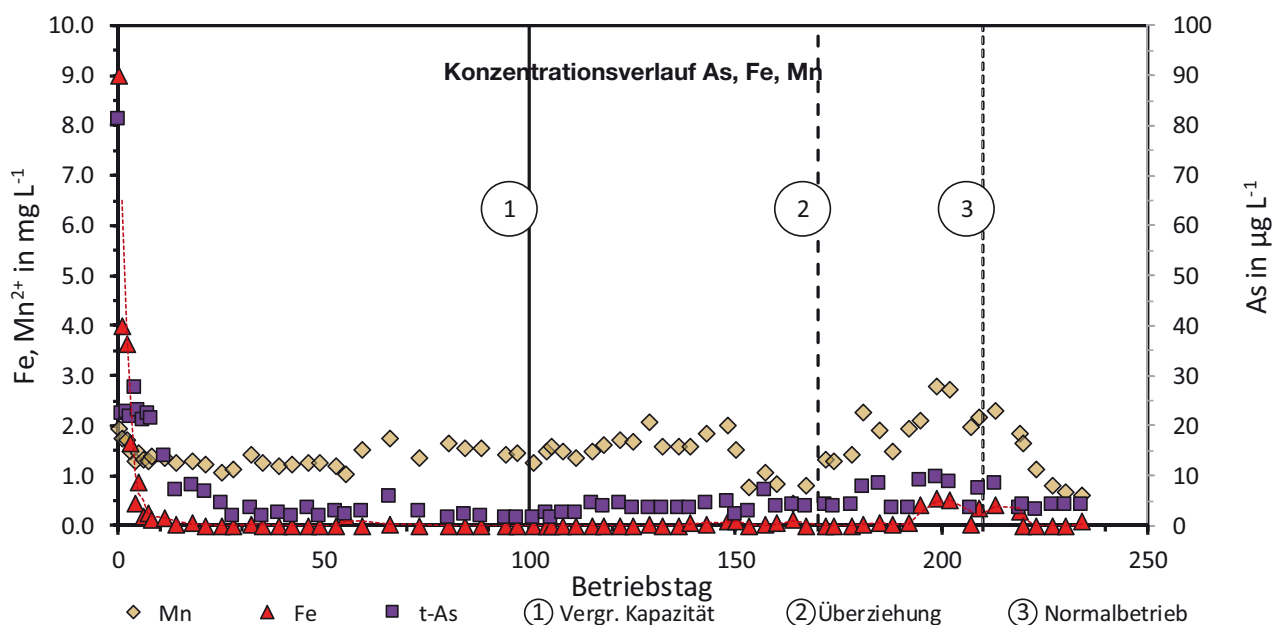


Abb. 14: Arsen-, Eisen- und Manganentfernung der ersten Pilotanlage mit drei gekennzeichneten Phasen: 1) Vergrößerung der Anlage auf 2 m³/Tag; 2) Erhöhte Grundwasserentnahme; 3) Normalbetrieb