



Wechselwirkungen zwischen Boden und Wasser bei der Infiltration eines monovalent-teilentsalzten Wassers in Dünenböden von Langeoog

Bräunig, L.¹, Schloo, M.¹, Longman, J.^{2,3}, Gäng, F.³, Greskowiak, J.¹ & Massmann, G.¹

¹ Institut für Biologie und Umweltwissenschaften, Universität Oldenburg; ² Northumbria University, Newcastle, UK; ³ Institut für Chemie und Biologie des Meeres, Universität Oldenburg

Motivation

Die globalen Süßwasserressourcen sind nicht nur durch steigende Entnahmen, sondern auch durch Verunreinigungen gefährdet. Die Grundwasserleiter an den Küsten sind besonders durch den Meeresspiegelanstieg, und somit der Gefahr der Versalzung, beeinträchtigt. Die Süßwasservorkommen unter Inseln (Fig. 1), wie die ostfriesische Insel Langeoog, sind besonders betroffen und stellen zudem meist die einzige Wasserressource auf Inseln dar.

Künstliche Grundwasseranreicherung (engl. Managed Aquifer Recharge = MAR) ist eine geeignete Methode um gefährdete Süßwasserressourcen zu stabilisieren (Fig. 2). Hierfür wird häufig entsalztes Wasser für die Infiltration in den Grundwasserleiter verwendet. Da oft die vollständige Entsalzung aber nicht nötig ist, wird in dem Projekt "innovatION" die Infiltration eines monovalent-teilentsalzten Wasser betrachtet [1]. Die Infiltration von einem nicht natürlichen Wasser führt zu Wechselwirkungen zwischen dem Bodenmaterial und dem infiltrierenden Wasser, welche untersucht werden müssen, da sie die Grundwasserqualität beeinflussen können [zB. [2], [3].

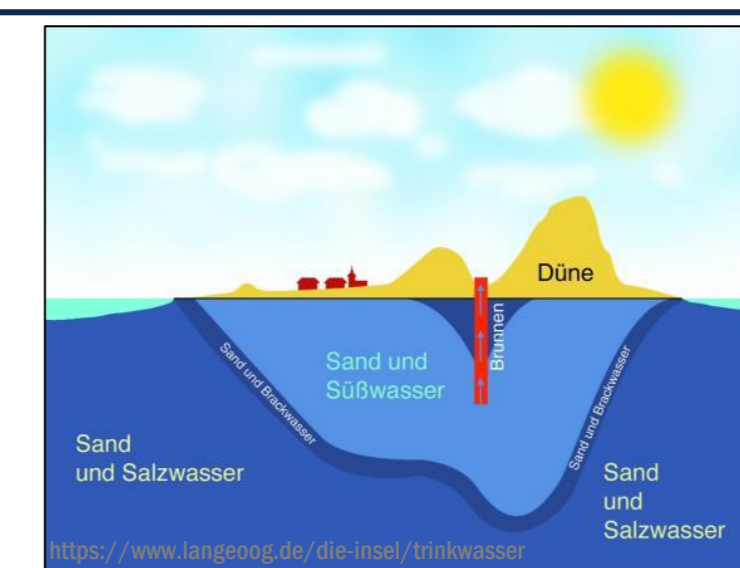


Fig. 1: Schematischer Aufbau der Insel Langeoog mit ihrer Süßwasserlinse, die aufgrund der geringeren Dichte, auf dem Meerwasser liegt.

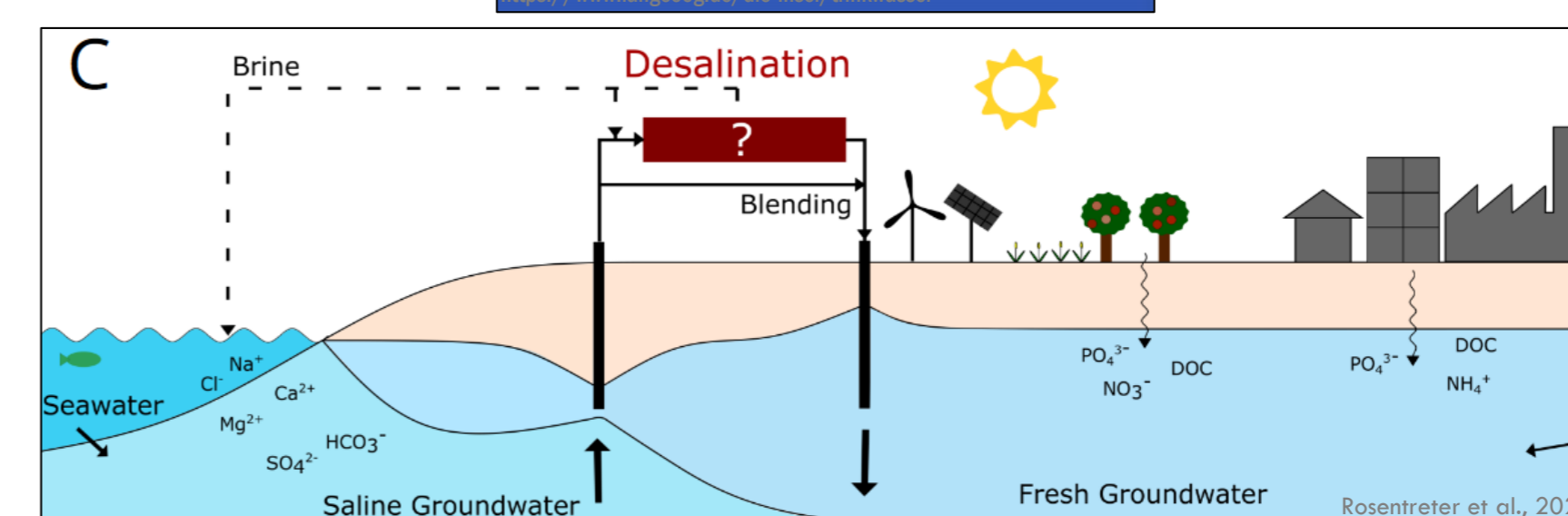


Fig. 2: Entsalzung von Meerwasser mit anschließender Grundwasseranreicherung zum Erhalt eines hohen Grundwasserstandes und der Verdrängung des Meerwassers [2].

Material & Methode

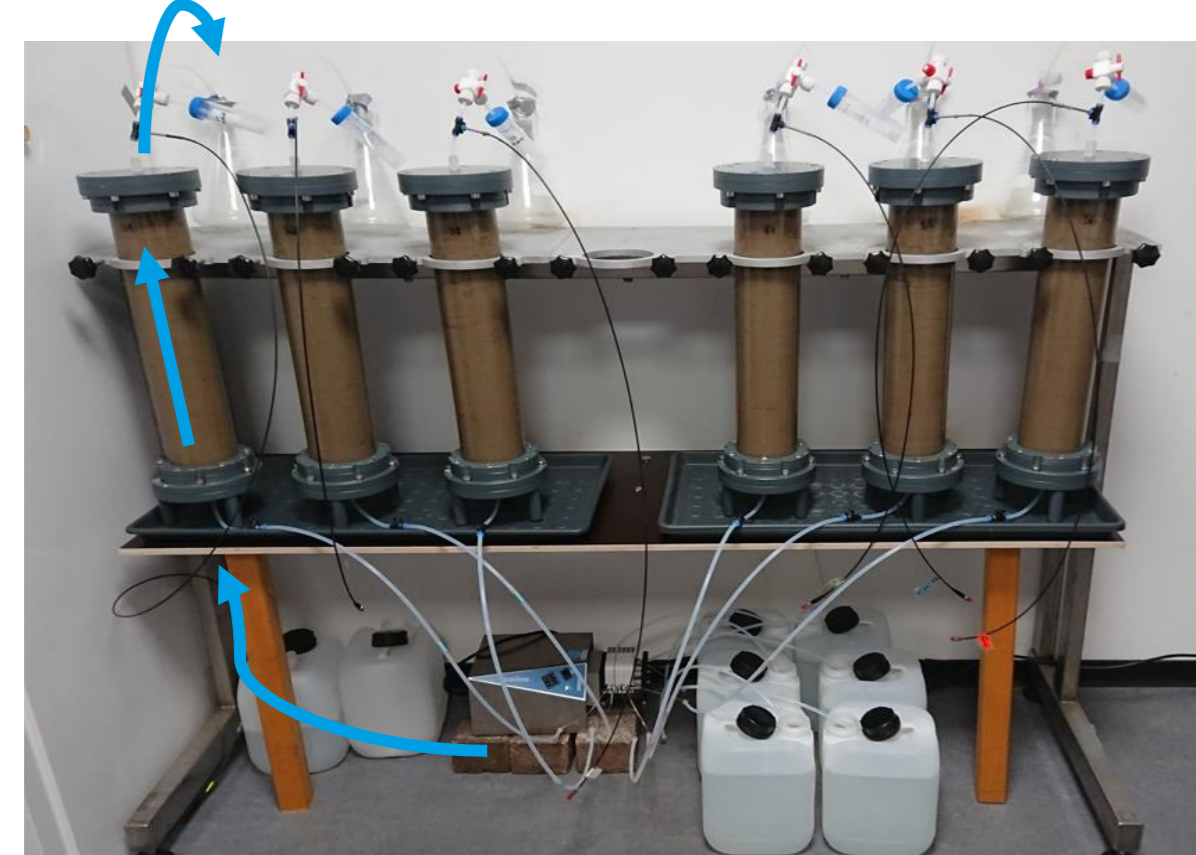


Fig. 3: Experimenteller Aufbau der Säulenversuche mit Fließrichtung des Infiltrationswassers durch die Bodensäulen.

Um diese Wechselwirkungen zu untersuchen, wurden Säulenexperimente (Fig. 3) mit unterschiedlichem Dünenböden (Strandsand, Graudünenboden, Braundünenboden (Fig. 4) der ostfriesischen Insel Langeoog (Deutschland) durchgeführt, ebenso wie ein Vergleich von unterschiedlichen Infiltrationswässern mit verschiedenen chemischen Zusammensetzungen: einem süßen Grundwasser, einem vollentsalzten und einem monovalent-teilentsalzten Wasser.

Die Eluate der Säulen wurden auf Hauptionen, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, gelöste organische Substanz und (Spuren-)Metalle analysiert

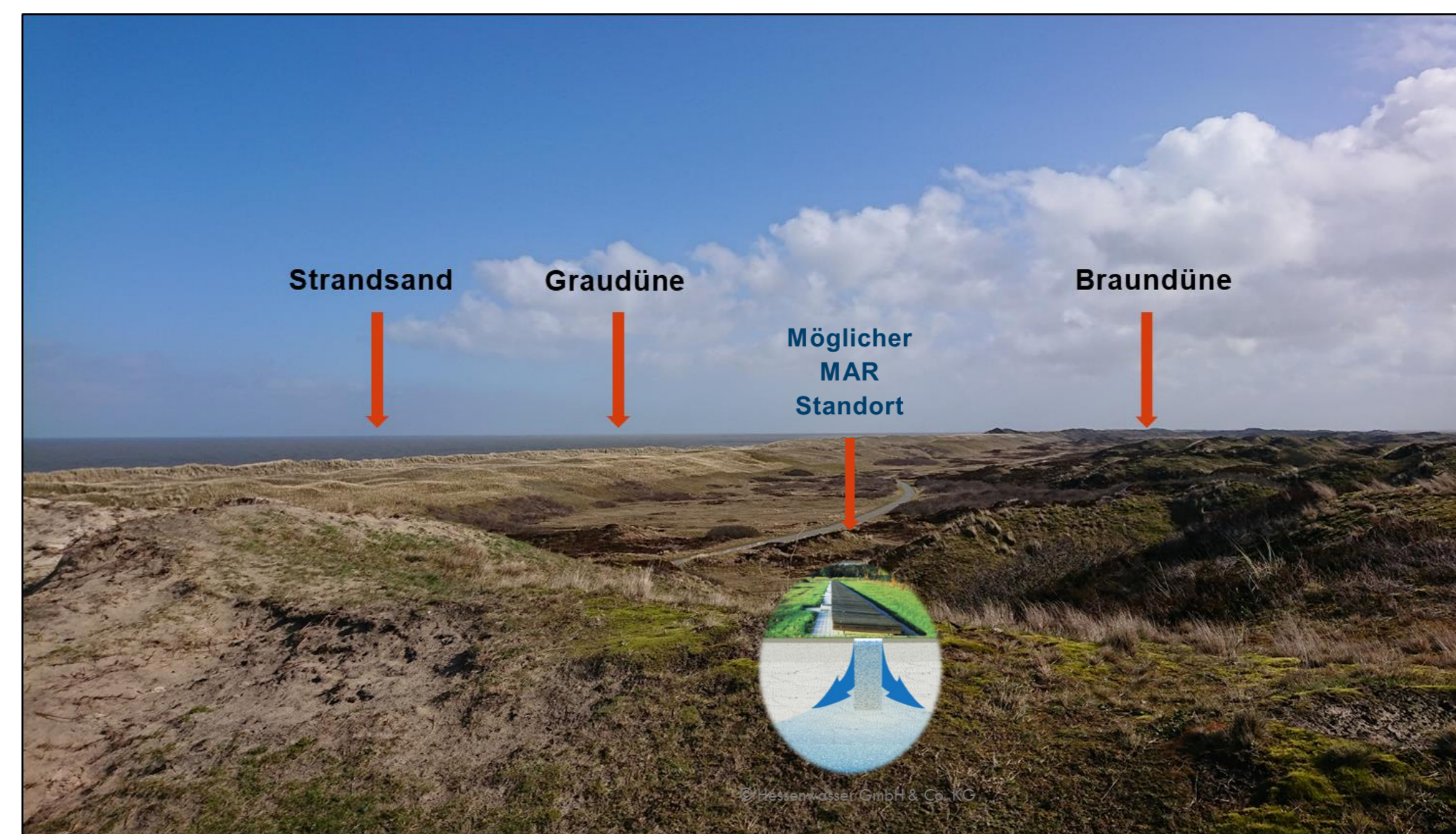


Fig. 4: Dünenlandschaft mit den unterschiedlichen Dünenböden von Langeoog in Richtung Osten.

Ergebnisse & Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass die Infiltration von einem monovalent-teilentsalzten Wasser in die Dünenböden von Langeoog zu Kationenaustauschprozessen führt. Hierbei wurde über einen zeitlich begrenzten Zeitraum Natrium und Kalium desorbiert und Calcium und Magnesium adsorbiert. Erhöhte Konzentrationen von Calcium in den Eluaten des Strandsandes und dem Boden der Graudüne, sind Hinweise für die Auflösung von Karbonaten. Bei den Experimenten mit dem Boden der entkalkten Braundüne kommt es hingegen zur Calcium Adsorption, also einer Anreicherung in der Bodensäule.

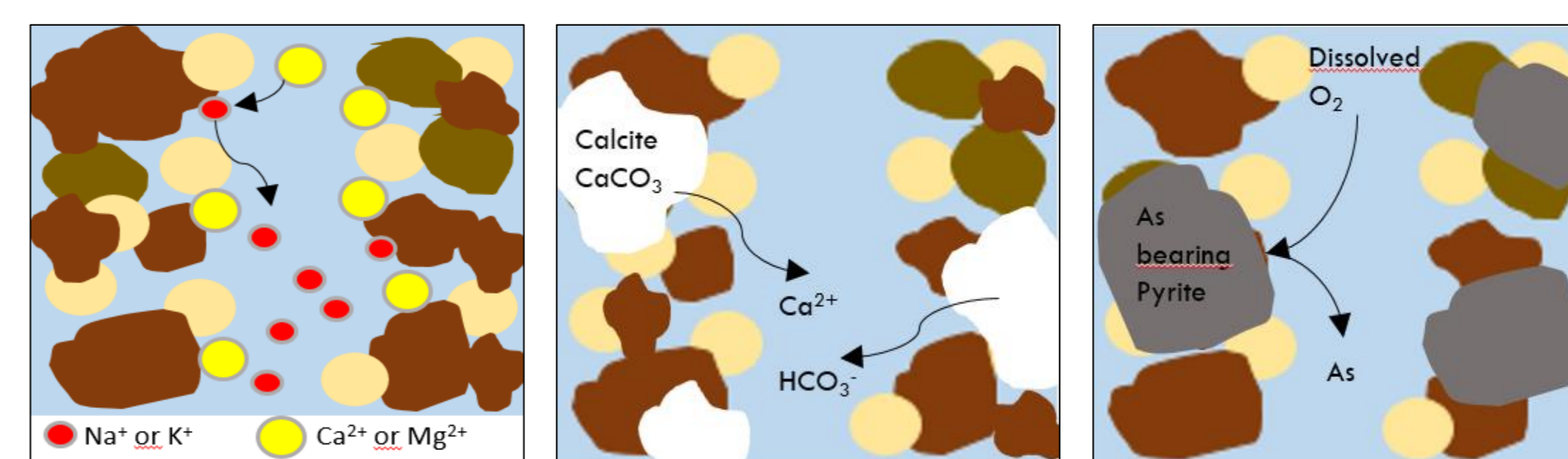


Fig. 5: Konzeptuelle Darstellung der geochemischen Wechselwirkungen zwischen Boden und Infiltrationswasser.

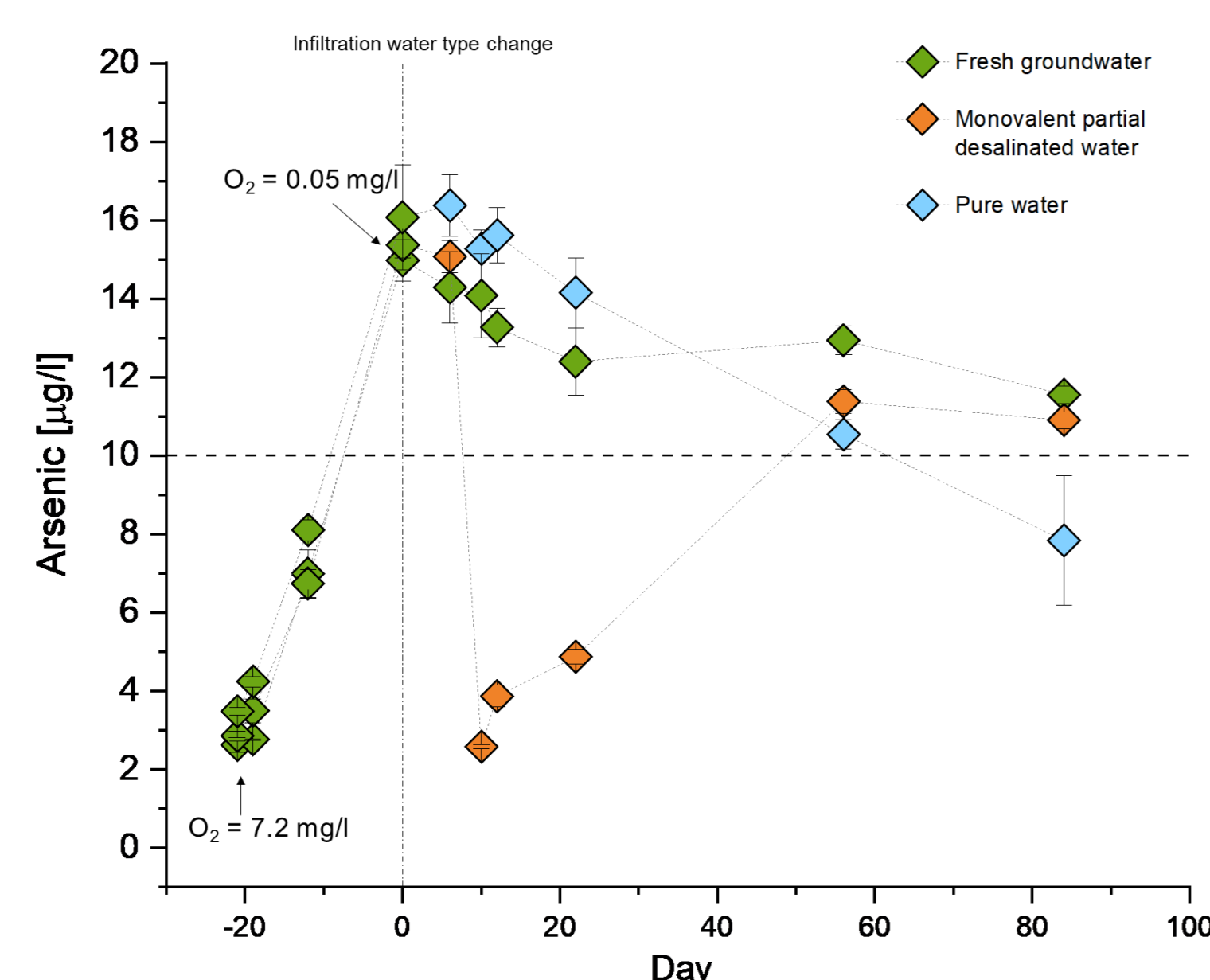


Fig. 6: Zeitlicher Verlauf der Arsenkonzentration der Eluate in Abhängigkeit verschiedener Infiltrationswässer.

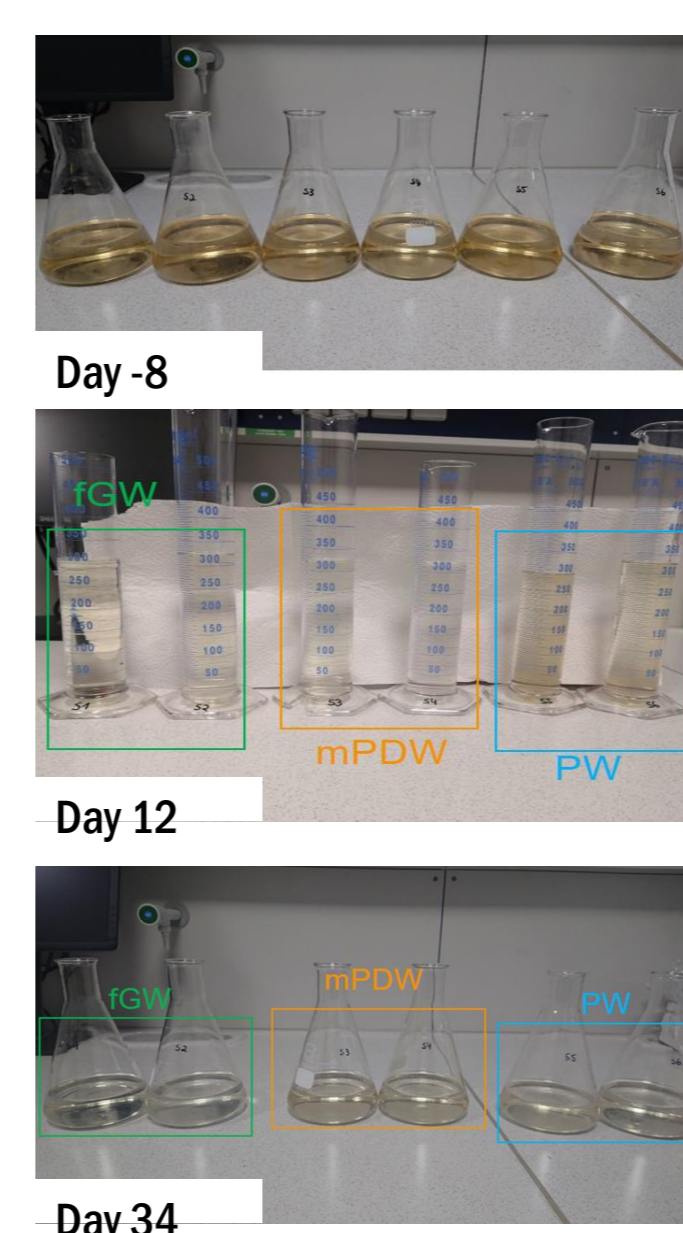


Fig. 7: Färbung der Eluate im Verlauf der Zeit des Experiments abhängig vom Infiltrationswasser.

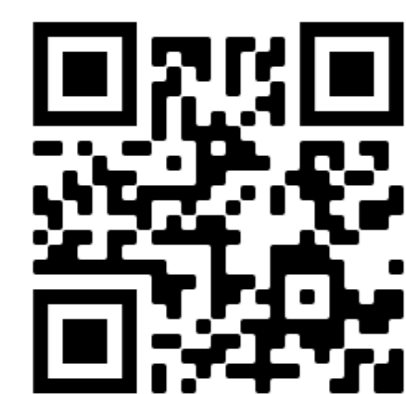
Während der Infiltration wurden die Bodensäulen zunehmend wassergesättigt, weshalb die Sauerstoffkonzentration in der Bodensäule und schließlich auch in den Eluaten von 7 mg/l auf 0 mg/l gesunken ist. Dies zeigt sich verändernde Redoxbedingungen, die zur Auflösung von Eisenoxiden führen. Somit konnte an ihnen gebundenes Arsen (As) freigesetzt und mobilisiert werden, was anhand steigender As Konzentrationen in den Eluaten zu erkennen ist (Fig. 6). Im Vergleich zwischen einem süßen Grundwasser, einem Reinstwasser und dem monovalent-teilentsalzten Wasser ist zu erkennen, dass das monovalent-teilentsalzte Wasser den As Transport mindert. Dies kann verknüpft werden mit der Färbung (somit der gelösten organischen Substanz, Fig. 7) und deutet darauf hin, dass die divalenten Ionen (Calcium und Magnesium) im Infiltrationswasser Komplexe mit Arsen und der organischen Substanz bilden welche in der Bodensäule zurück gehalten werden [4].

Schlussfolgerungen

- Kationenaustausch und Karbonatlösung zu sind erwartende Prozesse bei einer künstlichen Grundwasseranreicherung in Dünenböden von Langeoog
- Der Bereich zwischen Grau- und Braundünengürtel würde sich als potentieller Standort für eine Infiltration anbieten
- Während der Infiltration von einem monovalent-teilentsalztem Wasser können (Spuren-)Metalle mobilisiert werden
- Das monovalent-teilentsalzte Wasser mindert offenbar den Transport von toxischen Metallen wie zum Beispiel Arsen
- Durch die künstliche Grundwasseranreicherung mit einem monovalent-teilentsalztem Wasser könnte der Versalzung der Süßwasserlinse entgegengewirkt werden, ohne Beeinträchtigungen der Grundwasserqualität hervorzurufen

Literatur:

- [1] Rosentreter H., Walther M. & Lerch A. Partial Desalination of Saline Groundwater: Comparison of Nanofiltration, Reverse Osmosis and Membrane Capacitive Deionisation. *Membranes* 2021, 11, 126.
 [2] Fakhreddine et al. (2015): Geochemical triggers of Arsenic Mobilization during Managed Aquifer Recharge. *Environ. Sci. Technol.* 2015, 49, 7802 – 7809.
 [3] Stuyfzand et al. (2017): Observations and Prediction of Recovered Quality of Desalinated Seawater in the Strategic ASR Project in Liwa, Abu Dhabi. *Water* 2017, 9, 177.
 [4] Grolmund and Borkovec (2006): Release of colloidal particles in natural porous media by monovalent and divalent cations. *Journal of Contaminant Hydrology* 87 (2006) 155- 175.



Das Verbundprojekt
innovatION wird vom BMBF
gefördert (02WV1572A)

Ein gemeinsames Projekt
von:



Carl von Ossietzky
Universität
Oldenburg



fumatech
Funktionelle Membranen und Anlagentechnologie
BWT GROUP



elkoplan
staiger GmbH
Automation



ooww



KWR