

Silja Rau

Behandlung von Konzentraten aus der Trinkwasseraufbereitung

Bei der Trinkwasseraufbereitung durch Nanofiltration und Umkehrosmose entstehen Konzentratsströme, für die verschiedene Entsorgungswege offenstehen. Als Alternative wurde die Behandlung des Konzentrats mittels Elektrodialyse Metathese untersucht.

Etwa ein Prozent der gesamten Trinkwasserabgabe in Deutschland wird durch Wasserwerke mit Nanofiltrations- und Umkehrosmoseanlagen bereitgestellt /1/. Die jährliche kumulative Trinkwasserproduktion durch diese Anlagen ist in den letzten Jahren angestiegen /2, 3/. Derzeit werden etwa 87,6 Mio. m³ x a⁻¹ durch fast 90 Anlagen bereitgestellt (Stand 06/2020) /3/.

Die Nanofiltration (NF) und Umkehrosmose (UO) werden in der Trinkwasseraufbereitung überwiegend zur Enthärtung oder zur Entfernung von Nitrat oder Sulfat eingesetzt /2, 3/. Insbesondere die in zunehmendem Maße notwendige Entfernung von Nitrat und anthropogenen Spurenstoffen ist eine Herausforderung in der Zukunft, die den Einsatz der Membrananlagen in den Fokus rückt.

Neben dem Permeat, das als Trinkwasser genutzt wird, entstehen Konzentratsströme /4/. Bei der Enthärtung von Grundwasser fallen etwa 10–20 % der Rohwasser-

menge als Konzentrat an /4/. Die Konzentrate enthalten die zurückgehaltenen Wasserinhaltsstoffe in aufkonzentrierter Form und Zusatzstoffe wie Antiscalants, zum Beispiel aus dem Betrieb der Umkehrosmose /4/. Für diese Konzentrate aus der Trinkwasseraufbereitung stehen verschiedene Entsorgungswege zur Verfügung. In Deutschland wird am häufigsten die Direkteinleitung in ein Gewässer eingesetzt. Als Alternative, aber kaum realisierte Methode, steht die Indirekteinleitung in die Kanalisation zur Verfügung. Eine weitere Aufbereitung der Konzentrate wird derzeit im Regelfall nicht durchgeführt /1, 3/. Für die Direkteinleitung ist eine Einleitungserlaubnis notwendig /1/. Eine Ablehnung resultiert meist in einem unwirtschaftlichen Betrieb und verhindert den Bau dieser Anlagen /3, 4/.

Als Alternative zur Entsorgung der Konzentrate wurde in dieser Arbeit die Behandlung des Konzentrats mittels Elektrodialyse Metathese untersucht. Das Ziel war die

Verringerung des Konzentratvolumens und die weitere Aufkonzentrierung mit Hinblick auf eine anschließende Kristallisation und Erhöhung der Trinkwasserausbeute. Die Elektrodialyse Metathese (EDM) gehört zu den Membranverfahren und ist eine erweiterte Form der konventionellen Elektrodialyse (ED) /5/. Das Verfahren ermöglicht die Synthese von zwei verschiedenen Konzentratsströmen aus hochlöslichen Salzen. Es findet neben der reinen Aufkonzentrierung zeitgleich eine Umsalzung statt /6/. Vorteil der EDM ist, dass sich das Potenzial für Scaling durch die Metathese reduziert /7/.

Untersuchungsschwerpunkte waren der Einfluss von der Konzentratzusammensetzung, der Spannung, des Konzentrationsniveaus und dem Volumenverhältnis von Feed zu Konzentrat. Diese wurden anhand von synthetischen Konzentraten erforscht. Darüber hinaus wurde die Anwendbarkeit und Wirtschaftlichkeit für drei reale Kon-

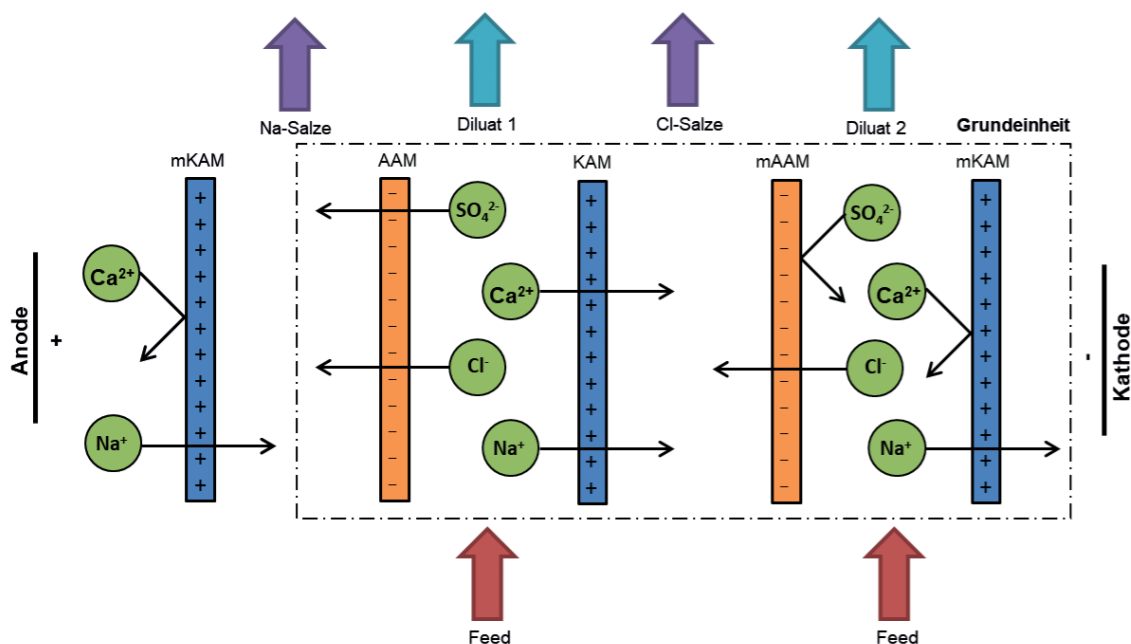


Bild 1 Prinzip der EDM mit monoselektiven Membranen
Quelle: eigene Darstellung nach /8/



Bild 2 Aufbau der EDM-Anlage
Quelle: Rau/TU Berlin

zentrate aus der Trinkwasseraufbereitung in Deutschland untersucht. Alle Versuche wurden als Batchversuch unter einem spannungskonstanten Betrieb durchgeführt.

Fazit der Untersuchungen

Durch das Elektrodialyse Metathese Verfahren ist die Aufkonzentrierung und Umwandlung von Konzentraten aus der Trinkwasseraufbereitung realisierbar. Es werden zwei verschiedene Konzentrate gebildet (Natrium- und Chloridsalze). Eine vollständige Trennung von Calcium und Sulfat sowie die Trennung von mehrwertigen Kationen und Hydrogencarbonat ist nicht möglich. Dadurch wird die Aufkonzentrierung aufgrund von Calciumsulfat- und Carbonat-Scaling begrenzt. Die Zugabe von Säure im Zulauf kann jedoch über die pH-

Wert Regulierung das Carbonat-Scaling verringern. Das Verhältnis von mehrwertigen zu einwertigen Ionen hat aufgrund der Ladungsbilanz einen entscheidenden Einfluss auf die Reinheit der Konzentrate und damit auch auf die maximale Konzentration. Eine NaCl-Zugabe zum Feed verschiebt das Verhältnis zu den einwertigen Ionen. Das wirkt sich positiv auf die Reinheit und das erreichbare Konzentrationsniveau aus. Eine Erhöhung der Spannung erhöht den Flux. Gleichzeitig sinkt jedoch die Stromausbeute und der spezifische Energiebedarf steigt. Es besteht ein proportionaler Zusammenhang zwischen dem Energiebedarf und der transportierten Ladung. Weiterhin bleibt die Reinheit der Konzentrate bei Verringerung des Konzentratvolumens und damit einhergehend höheren Konzentrationen in den Konzentraten erhalten. Durch die Verwendung von deionisiertem Wasser, anstelle von NF- oder UO-Konzentrat, als Konzentratvorlage in der EDM wird die Reinheit der EDM-Konzentrate erhöht und es können höhere Konzentrationsfaktoren erreicht werden. Daher hat sich die Verwendung von deionisiertem Wasser als Konzentratvorlage als vielversprechend erwiesen. Als Nachteil ist der Einsatz von Frischwasser und ein damit steigender Ressourcen- und Kostenaufwand zu sehen. Der Einsatz von Trinkwasserkonzentrat als Konzentratvorlage in der EDM wird auf Grund der begrenzten Aufkonzentrierung als eingeschränkt geeignet eingestuft. Weitere Forschungen zur Integration der EDM in die Trinkwasserproduktion sind erforderlich. Diesbezüglich ist der Verbleib von Spurenstoffen, insbesondere im Hinblick auf die Nutzung des Diluats

als Trinkwasser, sowie das Potenzial für die Erhöhung der Trinkwasserausbeute relevant und die Wirtschaftlichkeit ist zu prüfen. Darüber hinaus ist das Verhalten der Antiscalants, die häufig in Konzentraten aus der Trinkwasseraufbereitung vorhanden sind, zu untersuchen. Die Technologie ist insbesondere für Wasser, die ein hohes Verhältnis von ein- zu mehrwertigen Ionen besitzen, vielversprechend. Für diese wird eine hohe Reinheit der Produkte und eine hohe Aufkonzent-

rierung erwartet, ohne dass eine NaCl-Zugabe nötig ist. Dadurch wird die Zugabe an Zusatzstoffen verringert und eine künstliche Aufsalzung vermieden. Als vielversprechende Anwendung zeichnet sich die Behandlung von Brackwasser ab.

■ Silja Rau
TU Berlin,
Fachgebiet Umweltverfahrenstechnik
silja.rau@web.de

Betreuerin der Masterarbeit

Malena Kieselbach
(TU Berlin, FG Umweltverfahrenstechnik)

Literatur:

- /1/ Bergdolt, U. (2019): Beurteilung von Konzentrateinleitungen aus Membrananlagen für die zentrale Trinkwasserenthärtung: Fachinformationen für die Wasserbehörden, Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW)
- /2/ Müller, U.; Wurm, K.; Sacher, F. (2016): Auswirkungen der Konzentrateinleitung aus Membrananlagen für die zentrale Trinkwasserenthärtung auf die Fließgewässerbeschaffenheit. In: gwf Wasser – Abwasser, 157(01):68–75
- /3/ Tuczinski, M.; Stetter, D.; Egner, S. (2021): Status quo: Verfahrenstechnische Optionen, Abschlussbericht Arbeitspaket 1. Projektergebnisse des BMBF-Verbundprojekts Kontrisol
- /4/ Baur, A.; Fritsch, P.; Hoch, W.; Merkl, G.; Rautenberg, J.; Weis, M.; Wricke, B. (2019): Mutschmann/Stimmelmayer Taschenbuch der Wasserversorgung. Springer Fachmedien, Wiesbaden
- /5/ Camacho, L. M.; Fox, J.A.; Ajeddegba, J. O. (2017): Optimization of electrodialysis metathesis (edm) desalination using factorial design methodology. In: Desalination, 403:136–143
- /6/ Chen, Q.-B. et al. (2019): Conversion and pre-concentration of swro reject brine into high solubility liquid salts (hsls) by using electrodialysis metathesis. In: Separation and Purification Technology, 213(3):587–598
- /7/ Bond, R.; Batchelor, B.; Davis, T.; Klayman, B. (2011): Zero liquid discharge desalination of brackish water with an innovative form of electrodialysis: Electrodialysis metathesis. In: Floridwater Resources Journal
- /8/ Kieselbach, M. et al. (2020): Highcon – Konzentrate aus der Abwasserwiederverwendung: Gemeinsamer Abschlussbericht aller Verbundpartner. BMBF-Förderkennzeichen 02waw1406a bis h

Warum habe ich mich um den Nachwuchspreis beworben?

„Ich habe mich um den Nachwuchspreis beworben, um die Elektrodialyse Metathese interessierten Lesern vorzustellen, meine Ergebnisse zu präsentieren und die Potenziale dieses Verfahrens auch für andere Anwendungsgebiete aufzuzeigen.“

