

ELEKTROCHEMISCHE VERFAHREN FÜR WASSERBEHANDLUNG UND ROHSTOFFRECYCLING

Dipl.-Chem. Hans-Jürgen Friedrich

Elektrochemische Verfahren verfügen aufgrund ihrer Selektivität, eines relativ einfachen Aufbaus und einer guten Skalierbarkeit über ein erhebliches Anwendungspotenzial in den Bereichen Umwelt- und Rohstofftechnologie.

Für die Behandlung stark mineralisierter, sulfatreicher Bergbauwässer wurde das RODOSAN®-Verfahren entwickelt und für verschiedene Anwendungsfälle im technischen Pilotmaßstab erprobt (Bild 1 und 2). Dabei handelt es sich um ein Membranelektrolyse-Verfahren, das die weitgehend selektive Abtrennung von Sulfat bei gleichzeitiger Konversion in verwertbare Produkte (Sulfatdünger) zulässt. Damit kann ein unerwünschter Wasserinhaltsstoff in einen Wertstoff konvertiert werden. Dies stellt einen wesentlichen Vorteil gegenüber alternativen wenig selektiven Verfahrensansätzen wie Nanofiltration oder Umkehrosmose dar. So kann zwar Wasser von Trinkwasserqualität erzeugt werden, allerdings ist die Verwertung der erzeugten Konzentrate ein ungelöstes Problem. Auch energetisch bieten solche Verfahren hier keinen Vorteil.

Im technischen Pilotmaßstab konnte bislang gezeigt werden, dass eine Verminderung der Salinität um bis zu 60 % möglich ist, im Technikumsmaßstab werden zwischenzeitlich Werte von mehr als 80 % erreicht. Weiterhin werden Schwermetall- und Aluminiumionen quantitativ abgetrennt und Pufferkapazität erzeugt. Hierfür werden keine Prozesschemikalien benötigt.

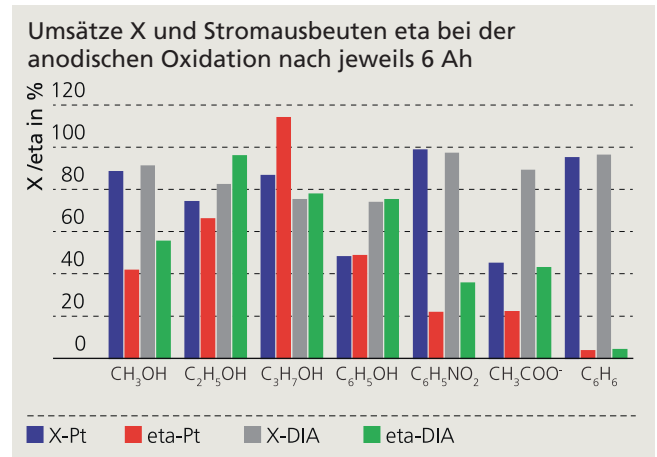
Anfänglich bereitete die Behandlung calciumreicher Wässer Probleme durch erhebliches Scaling in den Membranelektrolysezellen. Zwischenzeitlich konnten dafür wirkungsvolle Abwehrmaßnahmen entwickelt und im Pilotmaßstab erprobt werden. Das Verfahren ist vorrangig für die Behandlung größerer Wasservolumina konzipiert, wie sie für den Bergbau typisch sind. Die Anlagen sind jedoch modular aufgebaut, sodass eine breite Spannweite von Anlagengrößen im praktischen Einsatz realisiert werden kann (0,01–2 m³/s). Neben dem behandelten Wasser und dem dabei erzeugten Dünge-

mittel wird bei der Elektrolyse in nennenswertem Umfang H₂ erzeugt sowie CO₂ als Prozesschemikalie verwendet.

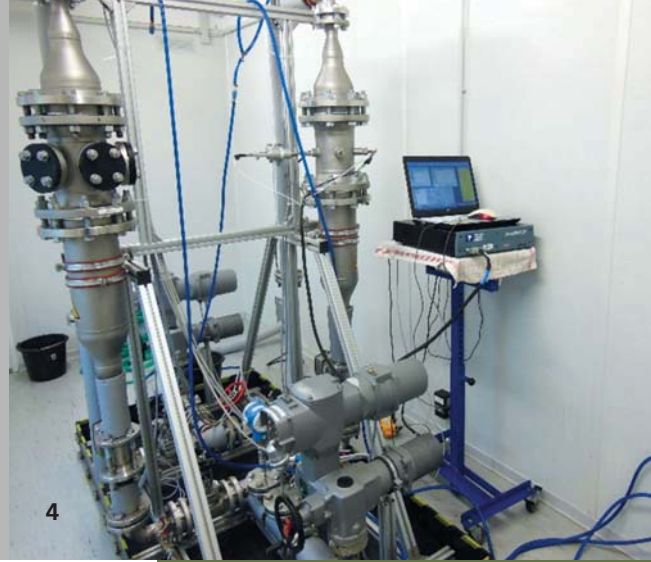
Membranelektrolyse-Verfahren eignen sich auch hervorragend für die Zerstörung persistenter organischer Schadstoffe in kontaminierten Wässern. Zahlreiche solcher Verbindungsklassen, z. B. Nitroaromaten können durch alternative Verfahren wie Photo- oder Ozonolyse nur unvollständig abgebaut werden. Ein biologischer Abbau findet kaum statt. Bei der elektrochemischen Totaloxidation werden organische Substanzen vollständig zu CO₂ umgesetzt. Aus Heteroatomen entstehen dabei die entsprechenden oxidierten Anionen wie das folgende Beispiel (Nitrobenzol) illustriert:



Die erfolgreiche Einsetzbarkeit wurde inzwischen für eine ganze Reihe von Anwendungsfällen, teils bis zum Pilotmaßstab, demonstriert (Behandlung von Chemieabwasser, Reinigung durch Sprengstoffe kontaminierter Grundwässer, Behandlung radioaktiver Abfälle).

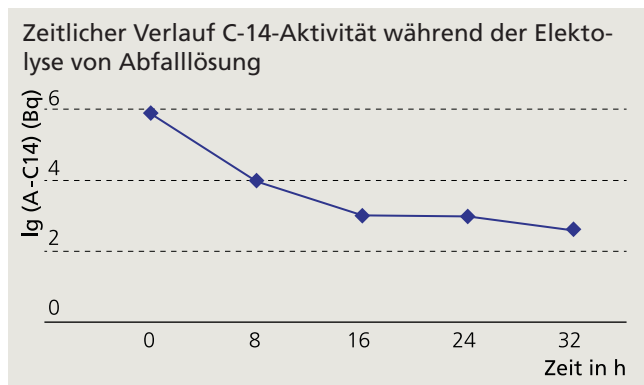


Letzteres ist Gegenstand eines aktuellen BMBF-Projekts mit dem Ziel einer Pilotierung (FKZ 02S9154). Innerhalb dieses Pro-



jekts wurden in breiterem Umfang Untersuchungen zum Einfluss des Elektrodenmaterials und der Reaktionsbedingungen auf die Umsetzung diverser chemischer Verbindungen durchgeführt. Dabei erwies sich zumeist bordotierter Diamant als überlegenes Anodenmaterial.

Bei der Totaloxidation stofflich teilweise unbekannter Proben radioaktiver C-14-Abfälle konnte in ersten kleinmaßstäblichen Tests (Bild 3) ein Umsatz erreicht werden, der eine Entsorgung der dekontaminierten flüssigen Phase als konventioneller Abfall zulässt. Das freigesetzte C-14-CO₂ wird dabei in einem nachgeschalteten Absorptionsschritt in endlagerfähige Erdalkalicarbonate überführt.

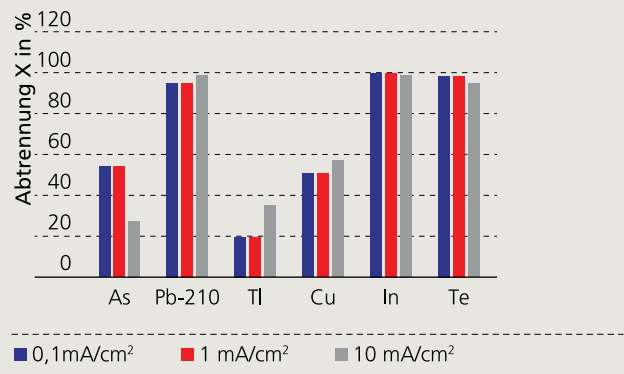


Mit dem Projekt sollen zugleich die Grundlagen für ein C-14-Recycling geschaffen werden.

Ein weiteres Anwendungsgebiet, bei dem sowohl die Abtrennung von Radionukliden als auch die Gewinnung seltener Metalle auf elektrochemischem Wege im Fokus steht, ist die Konditionierung von Thermalsolen in der Tiefen-Geothermie (BMW-Projekt FKZ 0325696). Im Vordergrund steht dabei die Vermeidung von sogenanntem Scaling durch natürlich vorkommende Radionuklide wie Pb-210 und toxische Schwermetalle. Scaling führt in der Praxis zu Betriebsstörungen bis hin zu sicherheitsrelevantem Bauteilversagen und zu erheblichen Zusatzkosten für Wartung und Entsorgung. Entwicklungsziel ist hier die Abtrennung der unerwünschten Komponenten, vorzugsweise noch untertage. Andererseits enthalten Thermalsolen teilweise auch seltene Metalle in Konzentrationen, die eine Gewinnung prinzipiell möglich erscheinen lassen.

Im Rahmen eines Förderprojektes der DBU (FKZ 31916/01) werden beide Ansätze gegenwärtig näher untersucht. Die bisherigen Untersuchungsergebnisse in Modellsole zeigen, dass sowohl die elektrochemische Abtrennung toxischer Schwermetalle als auch die Abscheidung von seltenen Metallen auch bei den typischerweise vorliegenden Konzentrationen <1 mg/l meist mit hoher Ausbeute möglich ist.

Elektrochem. Abscheidung von Scalents aus Modellsole, Verweilzeit je 240 s (10 mA/cm² = 120 s)



Vor allem die Abscheidung des kritischen Nuklids Pb-210 erscheint als sehr aussichtsreich. Ebenso können Indium und Tellur nahezu vollständig abgetrennt werden. Bei Arsen und Thallium werden weitere Verbesserungen angestrebt, was Gegenstand derzeitiger FuE-Arbeiten ist. Für die anstehenden Praxistests wird ein mobiler Teststand, ausgelegt in PN 40 mit TÜV-Abnahme und bergrechtlicher Zulassung genutzt, der ebenso für In-situ-Korrosionsuntersuchungen verwendet wird (Bild 4).

Weitere Arbeitsgebiete sind die Rückgewinnung von Laugungschemikalien aus der Extraktion von Sekundärrohstoffen durch Elektrodialyse und die Entwicklung elektrochemischer Selektionsschritte bei der Trennung von Seltenen Erden und von anderen seltenen Metallen.

- 1 Pilotanlage elektrochemische Sulfat-abtrennung.
- 2 Übersicht Anlagenstandort.
- 3 Laborversuchsstand C-14-Totalmine-ralisation.
- 4 Teststand Tiefe Geothermie.