

Phosphat-Elimination aus kommunalem Abwasser mittels Elektrolyse

Optimierung der elektrochemischen Magnesium-Dosierung

Diplomand



Jan Kuratli

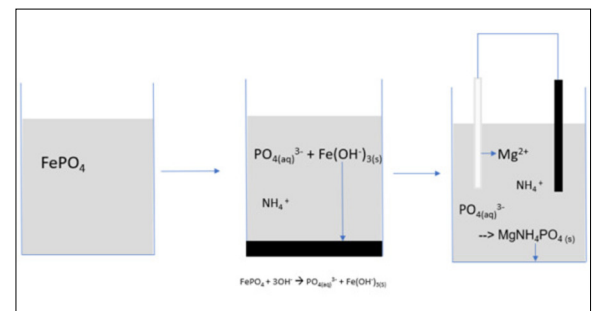
Ausgangslage: Phosphor ist ein essenzieller Nährstoff für Pflanzen, ohne den eine moderne Landwirtschaft nicht denkbar ist. Die Schweiz strebt einen geschlossenen Phosphorkreislauf an, um die Abhängigkeit vom Ausland zu minimieren und die schwindenden Primärressourcen zu schonen. Jährlich gelangt knapp die Hälfte der importierten Phosphormenge ins Siedlungsabwasser. Phosphor ist problematisch für Gewässer und wird in Kläranlagen mit Eisensalzen gefällt und mit dem Klärschlamm entsorgt. Dies ist zwar effizient, jedoch kann Phosphor, an Eisen gebunden, nicht wiederverwendet werden. Das UMTEC hat ein Verfahren entwickelt, wobei das im Klärschlamm gebundene Eisenphosphat aufgelöst und anschliessend durch elektrochemische Magnesiumbeigabe als Struvit ausgefällt wird. Struvit ist ein schwerlösliches, gut pflanzenverfügbares Salz. Es kann Primärphosphat aus dem Bergbau als Ausgangsprodukt für die Düngerproduktion substituieren oder direkt als Dünger verwendet werden. Vorstudien zeigten, dass die elektrochemische Fällung von Struvit mit Hilfe von Magnesium Opferanoden möglich ist, Magnesium jedoch überwiegend in Form von Brucit (Magnesiumhydroxid) ausfällt. Als problematisch gilt die Passivierung der Opferanode und der daraus folgende Einbruch der Rückgewinnung.

Vorgehen: Durch mehrere Versuchsreihen wurden die Einflüsse von Zellspannung, Zellaufbau, sowie Zusammensetzung des Elektrolyten im Labor untersucht. Die Versuche wurden mit künstlichem Abwasser durchgeführt, um die Vergleichbarkeit der Resultate zu gewährleisten. Die entstandenen Feststoffe wurden rückgelöst und photometrisch auf ihre Zusammensetzung untersucht. Mit Hilfe der Röntgenbeugungsanalyse (XRD) konnten die Feststoffe auf ihre Kristallstruktur untersucht und bekannten Stoffen zugeordnet werden. Eine Phosphor Massenbilanz erlaubte die Beurteilung der Rückgewinnung.

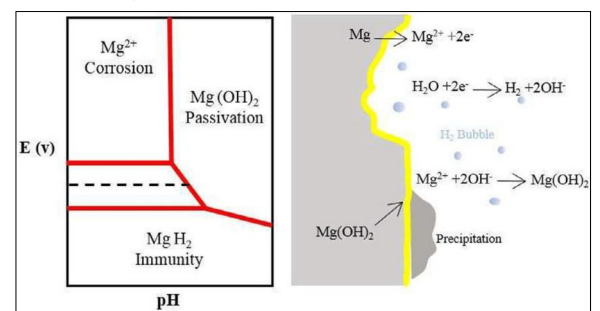
Ergebnis: Die Laborversuche bestätigten, dass die elektrochemische Beigabe von Magnesium funktioniert. Als Fällungsprodukte entstanden Struvit und Brucit. Diese bildeten sich bevorzugt nahe der Anode und lagerten sich auf deren Oberfläche ab. Es bildeten sich Schichten, wodurch der elektrische Widerstand der Zelle stark anstieg und der Strom einbrach. Die Anionen Chlorid und Sulfat beeinflussten die Dissoziation des Magnesiums und die Art des Fällungsproduktes massgeblich. Chlorid griff die Anodenoberfläche an und verursachte Lochfrass. Der Strom brach dadurch weniger stark ein. Die Fällungsprodukte enthielten tendenziell zu viel Magnesium in Form von Brucit. Sulfat begünstigte die Bildung von Struvit.

Die höchsten Phosphor-Eliminationsraten wurden bei pH 10.7 festgestellt. Anhand der Farbe und Struktur der Anodendeckschicht liess sich abschätzen, welche Produkte entstehen. Nach 5 h Betrieb sank die Phosphorkonzentration in Lösung um bis zu 50%. Die Fällung wurde analysiert und als Struvit identifiziert. Als Hauptproblem wurde der Schichtaufbau an der Opferanode durch Fällungsprodukte erkannt. Die Reaktion hemmt sich dadurch selbst. Durch andere Elektrodengeometrien, starke Strömungen oder abrasive Medien könnte die Schichtbildung bekämpft werden. Hierfür sind weitere Untersuchungen nötig.

Prozess zur Gewinnung von Struvit aus Klärschlamm: pH anheben, Eisen ausfällen, mit Mg-Opferanoden Struvit ausfällen
T. Nydegger, 2022



Korrosionsverhalten von Magnesium abhängig von Spannung und pH (links), Magnesium Korrosion in Wasser (rechts)
Journal of Magnesium and Alloys, Vol 9, Issue 1, 15.01.2021



Schichtbildung auf den Anoden (rechte Elektroden), links Brucit, rechts Struvit; Kathoden (linke Elektroden) unverändert
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Jean-Marc Stoll

Korreferent

Dr. Adrian Schneider,
Hitachi Zosen Inova
AG, Zürich, ZH

Themengebiet

Umwelttechnik
allgemein