

Entwicklung eines neuen Verfahrens für die Wasserenthärtung auf der Basis eines elektrochemischen Ionenaustauschers

C. Weidlich*, K.-M. Mangold, K. Jüttner
 E-Mail: Weidlich@dechema.de
 gefördert durch: AiF
 Laufzeit: 01.11.2001 bis 30.04.2004



Zielsetzung

Calcium- und Magnesiumsalze verursachen als "Wasserhärte" jährlich hohe volkswirtschaftliche Schäden. Daher sind Verfahren zur Wasserenthärtung von großem wirtschaftlichen Interesse.

Es soll ein neues Verfahren zur Trinkwasserenthärtung mit einem elektrochemisch regenerierbaren Kationenaustauscher entwickelt werden. Dieser Ionenaustauscher auf der Basis des leitfähigen Polymers Polypyrrol (PPy) soll ohne den Zusatz von Chemikalien und ohne die Elektrolyse des Wassers regeneriert werden können.

Dabei wird die Eigenschaft leitfähiger Polymere, bei Redoxreaktionen Ionen auszutauschen, genutzt. PPy mit Polystyrenulfonat(PSS)-Ionen als Gegenionen nimmt bei der Reduktion des Polymers Kationen aus der umgebenden Lösung auf. Diese Kationen werden bei der Oxidation des Polymers wieder abgegeben (Abb.1).

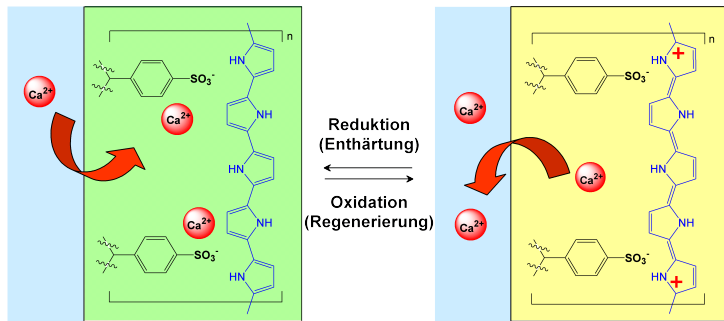


Abb.1: PPy mit PSS-Gegenionen als Kationenaustauscher bei der Wasserenthärtung.

Grundlegende Untersuchungen

Messungen mit der elektrochemischen Quarzmikrowaage belegen, daß PPy mit PSS-Gegenionen Kationen austauscht (Abb.2). Die Massenzunahme bei der Reduktion des Polymers in 0,1M CaCl₂-Lösung kommt durch die Aufnahme von Ca²⁺-Kationen zustande.

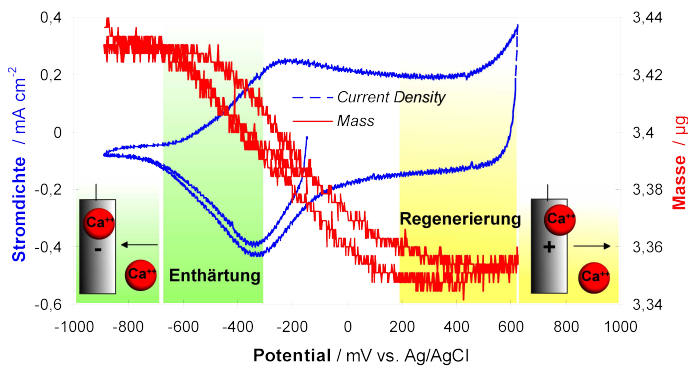


Abb.2: Cyclovoltammeterie und EQCM Messungen an PPy(PSS) in 0,1M CaCl₂, v = 0,1V/s.

Durch die chemische Herstellung von PPy(PSS) erhält man Partikel mit Größen im Nanometer-Bereich. Die dadurch erreichte Vergrößerung der Ionen austauschenden Oberfläche gegenüber einem elektrochemisch polymerisierten Film ist ein Vorteil für den technischen Einsatz in der Wasserbehandlung. Die PPy(PSS)-Partikel werden an eine Elektrode aus Kohlenstoff-Fasern gebunden (Abb.3 a). Die zunehmende elektrochemische Aktivität der Elektrode bei zunehmender Beladung mit PPy(PSS)-Partikeln (Abb.3 b) zeigt die erfolgreiche elektrochemische Anbindung der Partikel an die Elektrode.

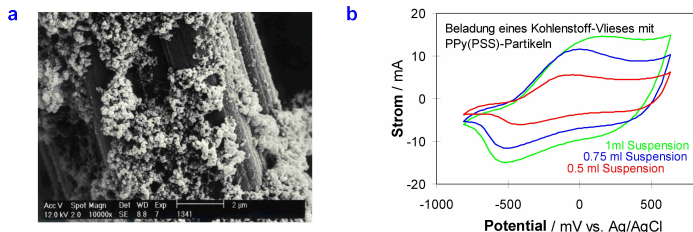


Abb.3: PPy(PSS)-Partikel auf der Faser einer Kohlenstoffvlies-Elektrode (a), CV-Messungen an Elektroden beladen mit steigendem Volumina PPy(PSS)-Partikel-Suspension (b). Messung in CaCl₂, v = 0,01V/s.

Anwendungsnahe Experimente

Ein Kohlenstoff-Vlies beladen mit PPy(PSS)-Partikeln wurde als Ionenaustauscher-Elektrode in einem Laborkreislauf getestet und der Einfluß des Potentials der Ionenaustauscher-Elektrode auf die Ca²⁺-Konzentration im Kreislauf mit einer Ca²⁺-selektiven Elektrode bestimmt. Bei negativer Polarisation der Ionenaustauscher-Elektrode werden Ca²⁺-Ionen in das Polymer aufgenommen und die Ca²⁺-Konzentration im Kreislauf sinkt. Dieser Vorgang entspricht der Wasserenthärtung. Wird das Polymer positiv polarisiert, werden die Ca²⁺-Ionen wieder abgegeben und die Ca²⁺-Konzentration im Kreislauf steigt wieder an. Dieser Vorgang entspricht der Regenerierung des Ionenaustauschers (Abb.4).

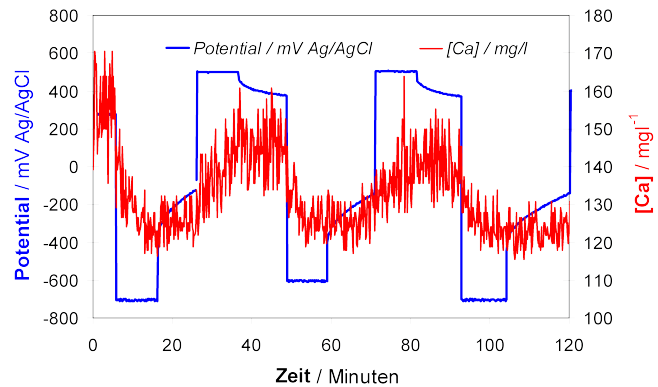


Abb.4: Einfluß des Potentials von PPy(PSS) auf die Ca²⁺-Konzentration in 0,004M CaCl₂-Lösung, gemessen mit einer Ca²⁺-selektiven Elektrode.

Durch die Kombination von zwei Kationenaustauscher-Elektroden, die als Arbeits- und Gegenelektrode verbunden und durch eine Anionenaustauschermembran voneinander getrennt sind, kann der Prozess der Wasserenthärtung kontinuierlich durchgeführt werden (Abb.5).

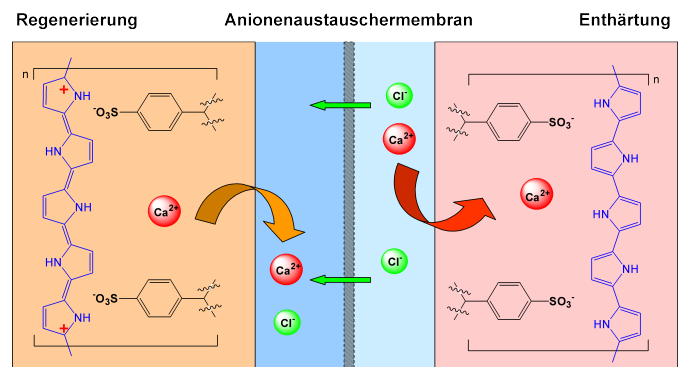


Abb.5: Kombination von Kationenaustauscher-Elektroden und Anionenaustauschermembran zur kontinuierlichen Prozessführung.

Zusammenfassung

Polypyrrol mit Polystyrenulfonat-Gegenionen tauscht bei Redoxreaktionen Kationen aus. Auf dieser Grundlage kann Polypyrrol mit Polystyrenulfonat-Gegenionen als elektrochemisch schaltbarer Ca²⁺-Ionenaustauscher zur Wasserenthärtung eingesetzt werden. Dieser Ionenaustauscher kann ohne den Zusatz von Chemikalien und ohne die Elektrolyse des Wassers regeneriert werden. Damit besitzt der elektrochemisch schaltbare Ionenaustauscher ökologische und ökonomische Vorteile gegenüber herkömmlichen Ionenaustauschern.

Literatur

K.-M. Mangold, K. Jüttner, C. Weidlich, DE 19942347.4, Deutsches Patentamt, Sept. 1999
 C. Weidlich, K.-M. Mangold, K. Jüttner, GDCh-Monographie, Bd.18, 1999, 277
 C. Weidlich, S. Schäfer, K.-M. Mangold, K. Jüttner, GDCh-Monographie, Bd.21, 2000, 314
 C. Weidlich, K.-M. Mangold, K. Jüttner, Synth. Met. 119, 2001, 263
 C. Weidlich, K.-M. Mangold, K. Jüttner, Electrochim. Acta 47, 2001, 741
 C. Weidlich, Shaker-Verlag, Juni 2002, ISBN 3-8322-0286-X