

Entfernung von natürlichen organischen Substanzen (NOM) mittels Anionenaustauscherharzen in Reinst- und Trinkwasseraufbereitungsanlagen

Die Entfernung von natürlichen organischen Substanzen (NOM) ist ein wichtiges Ziel für die Herstellung von Reinstwasser im Kraftwerksbetrieb, da diese sich im Wasser/Dampf-Kreislauf zu niedermolekularen Säuren und Kohlenstoffdioxid zersetzen können und so ein potentiell Korrosionsrisiko darstellen. Außerdem ist die Elimination von natürlichen organischen Substanzen einer der Schwerpunkte in der Trinkwasseraufbereitung, da NOM im Trinkwasser folgende Konsequenzen verursachen können: i) Farb-, Geschmacks- und Geruchsprobleme, ii) Bildung von halogenierten Desinfektionsnebenprodukten nach der Desinfektion mit Chlor und iii) Wiederverkeimung im Wasserverteilungsnetz.

In früheren Untersuchungen wurde festgestellt, dass Anionenaustauscherharze (anion exchange resins, AERs) die NOM-Fraktionen in der Regel erfolgreich aufnehmen können. Nur NOM-Fraktionen mit geringer Ladungsdichte (niedermolekulare Neutralstoffe und hydrophobe organische Kohlenstoffverbindungen) und/oder großer Molekülgröße (Biopolymere und partikulärer organischer Kohlenstoff) können unter bestimmten Bedingungen nicht in zufriedenstellender Menge entfernt werden. Ziel dieser Arbeit war es, das Aufnahmeverhalten unterschiedlicher AERs hinsichtlich problematischer NOM-Fraktionen zu untersuchen. Die untersuchten AERs unterschieden sich vor allem in ihren funktionellen Gruppen (tertiäre versus quaternäre Amine) und ihrer Matrix (Polystyren-versus Polyacryl-Harze). Die Verwendung unterschiedlicher AERs erlaubte es, mögliche Wechselwirkungen zwischen Adsorptiv (NOM-Fraktionen) und Adsorber (AERs) und die Mechanismen, die die NOM-Aufnahme entscheidend bestimmen, zu identifizieren.

Die Entfernung von NOM-Fraktionen durch AERs wurde in Gleichgewichts- und Festbettversuchen mittels dreier Stärketyten mit unterschiedlicher Molekülgrößenverteilung (Modellsubstanzen für die Biopolymere) und 2-Naphthol (Modellsubstanz für die Neutralstoffe) unter sauren pH-Bedingungen (typisch für den Kationenaustauscherablauf bei der Herstellung von Reinstwasser im Kraftwerksbetrieb) und neutralen pH-Bedingungen (typisch für die Rohwässer der Trinkwasseraufbereitung) untersucht. Außerdem sollte das Adsorptionsverhalten von AERs gegenüber verschiedenen NOM-Fraktionen unter Einsatz von neutralen und sauren Realwasserproben aus einer Wasseraufbereitungsanlage eines Kraftwerksbetriebes eingeschätzt werden. Die Ergebnisse wurden diskutiert mit Bezug auf Größenausschluss, Anionenaustausch und hydrophile/hydrophobe Wechselwirkungen.

In dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass, falls Größenausschluss die NOM-Aufnahme von AERs beeinflusst, die Adsorption der NOM-Fraktionen umso größer ist, je kleiner die NOM-Moleküle sind und je höher der Wassergehalt der AERs ist. Daher kann für die Entfernung von größeren Biopolymeren der Einsatz von AERs mit Polyacryl-Matrix und hohem Wassergehalt die beste Option sein. AERs mit Polystyren-Matrix besitzen die höchste Aufnahmekapazität für NOM-Fraktionen, falls kein Größenausschluss auftritt. Es scheint für diese AERs möglich zu sein, sowohl hydrophile NOM-Fraktionen aufzunehmen als auch hydrophobe NOM-Fraktionen zu binden. Im ersten Fall sind polare/ionische Wechselwirkungen zwischen aciden NOM-Struktureinheiten und den tertiären/quaternären Aminen der AERs und im zweiten Fall π - π -Wechselwirkungen mit der Polystyren-Matrix und/oder hydrophobe Wechselwirkungen anzunehmen. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass mit steigender Gesamtvolumenkapazität der AERs die NOM-Entfernung auf Grund von polaren/ionischen Wechselwirkungen zunimmt. Es gilt, dass schwach/mittel basische AERs im Vergleich zu stark basischen AERs höhere Gesamtvolumenkapazitäten unter sauren pH-

Bedingungen besitzen und stark basische AERs die höchsten Gesamtvolumenkapazitäten unter neutralen pH-Bedingungen aufweisen.

Auf Grund dieser Ergebnisse ist die Verwendung von AERs mit Polyacryl-Matrix und hohem Wassergehalt für die Entfernung von NOM-Fraktionen mit großer Molekülgröße in Reinst- und Trinkwasseraufbereitungsanlagen zu empfehlen. Falls es einen höheren Anteil von kleineren NOM-Fraktionen, insbesondere Neutralstoffen, gibt, sollte die Verwendung von schwach/mittel basischen AERs in Vollentsalzungsanlagen von Kraftwerksbetrieben und stark basischen AERs in Trinkwasseraufbereitungsanlagen bevorzugt werden.

Vor allem im Hinblick auf technische Anwendungen ist es wichtig, Durchbruchskurven vorausberechnen zu können. In der vorliegenden Arbeit wurden zwei Modellansätze für die Berechnung von Durchbruchskurven für die Einkomponentenadsorption getestet: i) das homogene Oberflächendiffusionsmodell mit linearer Triebkraft (LDF), bekannt aus Untersuchungen zur Aufnahme von NOM an Aktivkohle, und ii) die Glueckauf/Helfferich-Formeln, primär verwendet für die Beschreibung von Ionenaustauschprozessen. Es konnte gezeigt werden, dass der Glueckauf/Helfferich-Ansatz nicht nur ein geeignetes Instrument für die schnelle Berechnung von Durchbruchskurven für ionische Komponenten ist, sondern dass dieser, nach Berücksichtigung des Freundlich-Ansatzes in der Massenbilanz, auch erfolgreich angewendet werden kann, um Durchbruchskurven für die Einkomponentenadsorption von Organika an Ionenaustauschern zu berechnen. Für die Vorausberechnung von Durchbruchskurven für Mehrkomponentensysteme wurde die Theorie der ideal adsorbierten Lösung (IAST) innerhalb des LDF-Modells genutzt. Die berechneten Durchbruchskurven stimmten in guter Qualität mit den experimentell ermittelten überein. Die Ergebnisse verdeutlichten, dass die untersuchten Durchbruchskurvenmodelle eingesetzt werden können, um Durchbruchpunkte für die jeweiligen AERs zu bestimmen und damit die Gefahr des Schlupfes von NOM ins Trink- bzw. Reinstwasser zu minimieren.

Dissertation von Madlen Pürschel, Betreuer: Prof. Dr. Eckhard Worch, Institut für Wasserchemie, TU Dresden. Koreferenten: Prof. Dr. Gert Bernhard, TU Dresden, Prof. Dr. Volker Ender, Hochschule Zittau-Görlitz. 2014. Download: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-132955>.