

Porositäts- und Reaktivitätsverluste in reaktiven Eisenfestbettfiltern durch Gaseinschlüsse und Korrosionsprodukte und mögliche Maßnahmen

Dissertation von Aki Sebastian Ruhl, betreut von Prof. Dr. Martin Jekel, Fachgebiet Wasserreinhaltung, Institut für technischen Umweltschutz, TU Berlin. Erschienen als Band 21 der ITU-Schriftenreihe (2013).

In kontaminierte Grundwasserleiter eingebrachte Festbettfilter aus Eisengranulat, sogenannte Reaktionswände, stellen eine wirtschaftlich und ökologisch interessante Alternative zu herkömmlichen Sanierungsverfahren dar. Bislang nicht vollständig verstandene Risiken im Langzeitbetrieb verhindern jedoch eine weitere Verbreitung dieser Technologie in Europa. Permeabilitäts- und Reaktivitätsverluste durch Korrosionsprodukte, Ausfällungen und Gasakkumulationen stellen bislang nicht vollständig kalkulierbare Risikofaktoren dar. In großtechnischen Anwendungen wurden sowohl Verblockungen als auch unvollständige Schadstoffentfernungen beobachtet. Eingriffe sind oftmals nicht möglich oder stellen durch den erforderlichen technischen und finanziellen Aufwand die Vorteile von Reaktionswänden in Frage.

Im Rahmen der Doktorarbeit wurde zunächst das in Deutschland übliche Graugussgranulat mit unterschiedlichen Methoden charakterisiert. In Langzeitsäulenversuchen wurden mit Modelllösungen gezielt die Einflüsse unterschiedlicher Wasserinhaltsstoffe und weiterer Randbedingungen auf die Korrosion, die Gasentwicklung und die Passivierung durch Sekundärminerale untersucht. Unter den abiotischen Bedingungen zeigte Hydrogencarbonat in für Grundwasser üblichen Konzentrationen einen starken Einfluss auf die Gasentwicklung. Nitrat wurde zu Ammonium reduziert und die Konkurrenz um Elektronen führte dazu, dass in Gegenwart von Nitrat kein Wasserstoff gebildet wurde. Weitere für Grundwasser typische Inhaltsstoffe zeigten nur geringe Effekte auf das Ausmaß der anaeroben Korrosion.

Die Korrosionsprodukte wurden mit unterschiedlichen Analysetechniken charakterisiert, und Chukanovit (Eisenhydroxidcarbonat, $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{CO}_3$) konnte als das einflussreichste passivierende Mineral identifiziert werden. Gaseinschlüsse in der reaktiven Schüttung zeigten einen deutlichen Effekt auf die Sättigung, doch eine signifikante Abnahme der Permeabilität konnte nicht nachgewiesen werden. Die Bildung von Chukanovit als dominierendem Korrosionsprodukt führte im Langzeitbetrieb zu einer Bedeckung des Graugussgranulats und zu einer vollständigen Passivierung. Ausfällungen im Anstrombereich führten zu deutlichen Permeabilitätsverlusten. Bei der Behandlung von kontaminiertem Grundwasser eines Standortes führte die Aktivität sulfatreduzierender Mikroorganismen in unterschiedlichen Versuchsansätzen zu vollständigen Verbräuchen des bei der anaeroben Korrosion gebildeten Wasserstoffs. Gleichzeitig wurden in einer Vielzahl von Säulenversuchen Anstiege der Konzentrationen des unvollständig dechlorierten cis-Dichlorethens beobachtet.

Fraktionierte und mit inerten oder reaktiven Granulaten gemischte Fe^0 -Schüttungen wurden als mögliche Weiterentwicklungen konventioneller Reaktionswände untersucht. Zusätzliche Oberflächen inerte Komponenten in Mischschüttungen schienen die Aktivität von Bakterien zu verstärken, wirkten jedoch nicht als Aufwuchsflächen für passivierende Minerale und verzögerten die Passivierung des reaktiven Graugussgranulats demnach nicht signifikant. Eine Fraktionierung des Graugussgranulats zeigte vielversprechende Vorteile durch verringerte Schüttdichten.

Die Dissertation entstand im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Forschungsverbundes RUBIN (Förderkennzeichen 02WR0752).

Detaillierte Informationen über die Arbeit sind in folgenden Beiträgen zu finden:

Ruhl, A.S., Jekel, M., Franz, G. and Steiof, M. (2009) Untersuchung passivierender Korrosionsprodukte in Fe(0)-Horizontalfiltern zur reduktiven Grundwasserbehandlung. *Vom Wasser* 107, 12-16.

Ruhl, A.S., Kotré, C., Gernert, U. and Jekel, M. (2011) Identification, quantification and localization of secondary minerals in mixed Fe⁰ fixed bed reactors. *Chemical Engineering Journal* 172(2-3), 811-816.

Ruhl, A.S., Weber, A. and Jekel, M. (2012) Influence of dissolved inorganic carbon and calcium on gas formation and accumulation in iron permeable reactive barriers. *Journal of Contaminant Hydrology* 142-143, 22-32.

Ruhl, A.S., Ünal, N. and Jekel, M. (2012) Evaluation of Two-Component Fe(0) Fixed Bed Filters with Porous Materials for Reductive Dechlorination. *Chemical Engineering Journal* 209(15), 401-406.

Ruhl, A.S. and Jekel, M. (2012) Impacts of Fe(0) grain sizes and grain size distributions in permeable reactive barriers. *Chemical Engineering Journal* 213, 245-250.

Ruhl, A.S. and Jekel, M. (2013) Influence of hydronium, sulfate, chloride and other non-carbonate ions on hydrogen generation by anaerobic corrosion of granular cast iron. *Water Research* 47(16), 6044-6051.

Ruhl, A.S., Ünal, N. and Jekel, M. (2013) Combination of Fe(0) with additional reactive materials in fixed bed reactors for TCE removal. *Chemical Engineering Journal* 222(0), 180-185.

Ruhl, A.S. and Jekel, M. (2014) Degassing, gas retention and release in Fe(0) permeable reactive barriers. *Journal of Contaminant Hydrology* 159, 11-19.

Ruhl, A.S., Franz, G., Gernert, U. and Jekel, M. (2014) Corrosion product and precipitate distribution in two-component Fe(0) permeable reactive barriers. *Chemical Engineering Journal* 239, 26-32.

Ruhl, A.S. and Jekel, M. (2014) Micro-structural characterization of granular cast iron for permeable reactive barriers. *Ground Water Monitoring and Remediation*, accepted.