

Universität Leipzig

Fakultät für Chemie und Mineralogie

Institut für Technische Chemie

# **Bepflanzte Bodenfilter zur Reinigung CKW-belasteter Wässer - Monochlorbenzen und Perchlorethen als Modellsub- stanzen**

Diplomarbeit

Von: Eva Seeger

Leipzig, im Januar 2007

## **Zusammenfassung und Ausblick**

Ziel der vorliegenden Arbeit war die räumliche und jahreszeitliche Charakterisierung eines Pflanzenklärsystems, das zur Dekontamination eines Schadstoffgemisches mit den Modellsubstanzen Monochlorbenzen (MCB) und Perchlorethen (PCE) diente. Es sollten mögliche Zusammenhänge zwischen den Schadstoffkonzentrationen und den Milieuparametern aufgezeigt und diese interpretiert werden. Zudem galt es, die Auswirkungen von Perchlorethen auf das Verhalten von Monochlorbenzen bei der Passage der Bodenfilter festzustellen. Dabei sollte anhand eines Experimentes mit isotopisch markiertem Substrat der mikrobielle MCB-Abbau untersucht werden.

Die Untersuchungen zeigten, dass das Fließverhalten sowie die effektiven Konzentrationen der beiden Modellsubstanzen im Bodenfilter stark durch Sorptionsprozesse zwischen Schadstoff und in der Bodenmatrix enthaltenen Braunkohlepartikeln geprägt wurde. Hinweise dafür waren die deutliche Retardierung von PCE und die starke Konzentrationsabnahme von PCE, welche nicht ausschließlich auf mikrobiellen Abbau und Emission zurückzuführen ist. Auch das veränderte Verhalten von MCB entlang der Fließstrecke nach der PCE-Zudosierung lässt auf Sorptionsprozesse schließen.

Für PCE war bei der Bodenfilterpassage eine Konzentrationsverringerung um mehr als 90% festzustellen, wobei der bepflanzte Bodenfilter sich gegenüber dem unbepflanzten durch eine geringfügig stärkere Abnahme auszeichnete. Mindestens 10% der Abnahme

wurden durch mikrobiellen PCE-Abbau verursacht, da in diesen Größenordnungen umgesetztes PCE in Form von Metaboliten im Bodenfilter wiedergefunden werden konnte. Neben der Emission von PCE stellen vermutlich Sorptionsprozesse von PCE am Bodenmaterial eine von der maximalen Adsorptionskapazität begrenzte Schadstoffsenke dar. Durch die Schilfpflanzen initiierte Umverteilungs- sowie Transformationsprozesse sind weitere mögliche Ursachen für die PCE-Abnahme. Der mikrobielle Abbau von PCE konnte qualitativ durch die Existenz von TCE, DCE VC und Ethen, den Transformationsprodukten der anaeroben PCE-Abbausequenz, gezeigt werden. Dies lässt den Schluss zu, dass PCE in den Bodenfiltern der Pflanzenkläranlage

(PKA) reaktiv dechloriert wurde. Ob eine vollständige Dechlorierung stattfand, konnte durch das Auftreten von Ethen allerdings nicht bewiesen werden. Für MCB wurde ein unterschiedliches Verhalten bei der Bodenfilterpassage beobachtet. Über einen Zeitraum von 3 Monaten (Mitte Juli - Anfang Oktober 2006) war eine Zunahme der MCB-Konzentration entlang der Fließstrecke um bis zu 40% festzustellen, die auf eine vermehrte MCB-Desorption von den Kohlepartikeln zurückgeführt wurde. Als Ursache für die Veränderung des Sorptionsgleichgewichtes zwischen MCB und Kohlepartikeln wurden die PCE-Zugabe sowie jahreszeitlich bedingte höhere Bodentemperaturen vermutet. Ein toxischer Effekt von PCE und dessen Abbau

#### **Zusammenfassung und Ausblick 87**

produkten auf die Mikroflora sowie die Konkurrenz um Elektronenakzeptoren und Elektronendonoren wurden als minder-relevant in Bezug auf den mikrobiellen MCB-Umsatz im Bodenfilter eingestuft.

Ab Ende Oktober 2006 wurde zwischen 0,5 und 4 m Fließweg im obersten Bodenhorizont eine Abnahme der MCB-Konzentration um 50-65% beobachtet. Eine derart starke Verringerung kann allein durch Emission oder Metabolisierungs- und Verteilungsprozesse durch die Pflanzen nicht erklärt werden. Deshalb ist zu vermuten, dass mikrobielle Abbauprozesse eine bedeutende Rolle bei der Verringerung der Schadstoffkonzentration im Bodenfilter spielen. Die in den Monaten November und Dezember 2006 im Durchschnitt um 30-40% stärkere Konzentrationsverringering im bepflanzteten Bodenfilter gegenüber dem unbepflanzteten wurde auf eine den mikrobiellen Abbau unterstützende Wirkung der Pflanzen zurückgeführt.

Mit Hilfe von *in situ*-Mikrokosmen, die mit <sup>13</sup>C-MCB als Substrat beladen waren, konnte der mikrobielle MCB-Abbau im freien Wasserkörper des bepflanzteten Bodenfilters durch Inkorporation isotopisch schweren Kohlenstoffs in die mikrobielle

Biomasse bewiesen werden. Über einen analogen Abbau von MCB im bepflanzten Bodenfilter ließen sich keine Aussagen treffen, da auf den im Bodenfilter exponierten Mikrokosmen weder isotopisch angereicherte noch nicht-angereicherte mikrobielle Fettsäuren nachgewiesen werden konnten.

Durch die Erfassung der Milieuparameter - vorrangig der redoxsensitiven Parameter - war es möglich, Erkenntnisse zu gewinnen über potentielle mikrobielle Prozesse in der Pflanzenkläranlage. Die niedrigen Sauerstoffkonzentrationen von maximal 0,1 mg/l im Bodenporenwasser wiesen auf ein anaerobes Milieu hin. Die entlang der Fließstrecke ansteigenden Fe(II)-Konzentrationen sowie das integrale Redoxpotential von durchschnittlich 100 mV stellten charakteristische Merkmale für Eisen(III)-reduzierende Bedingungen dar. In einem solchen Redoxmilieu können PCE und TCE reduktiv dechloriert und gleichzeitig MCB oxidativ umgesetzt werden.

Aus den gewonnenen Ergebnissen der vorliegenden Arbeit ergeben sich neue Fragestellungen, zu deren Beantwortung weitere Untersuchungen notwendig sind. Zur genaueren Aufklärung der Wechselwirkung von MCB und PCE im Bodenfilter sollten Experimente zum Sorptionsverhalten beider Schadstoffe am Bodenmaterial der PKA durchgeführt werden. Diese könnten die aufgestellte These „PCE hat das Sorptionsgleichgewicht von MCB an den Braunkohlepartikeln verändert“ bestätigen oder widerlegen. Dabei wäre weiterhin zu untersuchen, inwiefern der Anstieg der MCBKonzentration auf jahreszeitliche Schwankungen der Temperatur zurückzuführen ist. Zudem könnten Elutionsversuche mit dem Aquifermaterial Aufschluss über die Beladung mit PCE und MCB geben. Schließlich könnten Versuche mit isotopisch markiertem PCE durchgeführt werden, um Aufschluss darüber zu erhalten, bis zu welcher Stufe die anaerobe Abbausequenz von PCE durchlaufen wurde. Diese grundlegenden Erkenntnisse bilden die Basis, um zukünftig den CKW-Abbau in Pflanzenkläranlagen zu beeinflussen und zu optimieren.