

Fate of dissolved organic carbon and organic trace pollutants in the artificial groundwater recharge site Lange Erlen (Basel)

vorgelegt von Dipl.-Geoökologe **Florian Rüdiger Storck** aus Lindenfels im Odenwald

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 01.04.2014, Fakultät III der TU Berlin

Abstract zur Dissertationsschrift

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die künstliche Grundwasseranreicherung Lange Erlen der Stadt Basel (Schweiz) untersucht. Rheinwasser wird dort in bewaldeten Wässerstellen (IS) zur Aufbereitung und anschließenden Trinkwassergewinnung versickert. Das infiltrierte Wasser wird während der Untergrundpassage von den IS zu den Brunnen auf natürliche Weise gereinigt und die Konzentration von gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) und von zahlreichen organischen Spurenstoffen nimmt stark ab. Der Beitrag einzelner Mechanismen wie Verdünnung mit natürlichem Grundwasser, biologischer Abbau und Sorption zu diesem Reinigungsprozess wurde in Feldstudien und in Perkolationsversuchen mit Bodensäulen untersucht. Ein besonderes Augenmerk wurde auf Parameter gerichtet, die die Reinigungsleistung der künstlichen Grundwasseranreicherung bezüglich DOC und Spurenstoffen vermindern oder steigern können.

Im Feld war die DOC-Konzentration im Abstrom der IS gegenüber dem Infiltrat um 47 ± 14 % verringert. Verdünnung mit natürlichem Grundwasser (Mischungsrechnung mit stabilen Isotopensignaturen $\delta^{18}\text{O}$ und $\delta^2\text{H}$ sowie der Chloridkonzentration) bewirkte eine Verminderung der DOC-Konzentration von 12 %, weitere 35 % wurden durch Sorption und biologischen Abbau entfernt. Biologisch besonders aktive Zonen wurden mit Hilfe von Bodengasuntersuchungen (Konzentration und stabile Isotopenzusammensetzung $\delta^{13}\text{C}$ von CO_2) in einer Tiefe von 1,3 bis 2,6 m lokalisiert. Konzentrationen von N_2O und CH_4 bis zu 3,5 ppm und 39 ppm deuteten auf Denitrifikation und Methanbildung in dem ansonsten oxidischen Milieu von ungesättigter Zone und Aquifer.

Massenbilanzen für DOC, Nitrat, gelösten Sauerstoff (DO) und anorganischen Kohlenstoff (TIC) ließen darauf schließen, dass DOC vor allem durch oxidativen biologischen Abbau aus dem infiltrierenden Wasser entfernt wird. Temporäre Nitratdefizite deuteten zudem auf Denitrifikation hin. Der Vergleich von organischem Kohlenstoffgehalt (SOC) und Kohlenstoffvorräten im Boden unter IS (Wässerung seit 26 bzw. 40 Jahren) und Flächen ohne Wässerung ergab keine Hinweise auf eine langfristige Sorption des aus dem Infiltrat entfernten DOC. Vielmehr zeigten die Isotopensignaturen $\delta^{13}\text{C}$ von TIC, SOC und CO_2 eine bevorzugte Freisetzung von leichtem ^{12}C in die Gas- (CO_2) und Wasserphase (TIC) aus dem Abbau von SOC/DOC und eine Anreicherung von ^{13}C in der residualen SOC-Festphase an. Die Anreicherung folgte dabei teilweise einem Rayleigh-Prozess. Überschüsse an TIC in der Massenbilanz ergaben zusätzliche Hinweise auf einen biologischen Abbau von SOC.

In Perkolationsexperimenten mit Bodensäulen unter ungesättigten Bedingungen mit kiesig-sandigem Substrat aus den IS und filtriertem Rheinwasser wurde die Entfernung von DOC und Spurenstoffen untersucht. Die über den gesamten Versuchszeitraum gemittelte Entfernungsleistung der Säulen für Iohexol, Iomeprol, Iopromid, Ioxitalaminsäure, Koffein und Galaxolid lag in einem Bereich von >30 bis >73 %. Atrazin, Tris-(2-chloroethyl)phosphat (TCEP), Iopamidol und Amidotrizoensäure wurden dagegen nicht zurückgehalten. Eine Verschmutzung des Rheins mit leicht abbaubaren organischen Substanzen wurde durch Zugabe von Saccharose nachgestellt. Eine moderate Saccharosebelastung kompensierte das System durch erhöhte DOC-Entfernung, so dass die residualen DOC-Konzentrationen im Säulenablauf nicht erhöht waren. Der DOC-Rückhalt lag bei fehlender und moderater Saccharosegabe bei 21-42 %. Moderate Saccharosezufuhr stimulierte die Entfernung von Iohexol, Iomeprol, Ioxitalaminsäure, Iopromid und Galaxolid. Eine hohe Saccharosebelastung hielt das Substrat in den Säulen nur kurzfristig zurück und das

Redoxmilieu änderte sich von oxisch nach anoxisch/reduzierend. Dieser Zustand stimulierte die Entfernung von Iopamidol und minderte den Rückhalt von Iomeprol, Ioxitalaminsäure und Iopromid.

Insgesamt werden der DOC und die in dieser Arbeit untersuchten Spurenstoffe in den Langen Erlen größtenteils effizient entfernt, wobei Unterbodenhorizonte eine wichtige Rolle spielen. Die Reinigungsleistung beruht dabei vor allem auf einem biologischen Abbau, was eine langfristige Nutzung des Systems ermöglicht. Faktoren wie Temperatur, Verschmutzung mit leicht biologisch abbaubaren Substanzen oder verkürzte Aufenthaltszeiten durch kleine Beeinträchtigungen des Oberbodens haben neben dem Redoxmilieu einen Einfluss auf die Reinigungsleistung. Bis zu einem gewissen Grad haben Veränderungen dieser Faktoren aber keine negativen Auswirkungen auf die Trinkwasserproduktion bezüglich DOC und der untersuchten Spurenstoffe, da sich das System entsprechend anpasst. Trotz der teilweise stimulierenden Wirkung einer Saccharoseverschmutzung auf die Spurenstoffentfernung können aus einer solchen Verschmutzung auch langanhaltende Zustandsänderungen und Probleme für die künstliche Grundwasseranreicherung resultieren. Freisetzungen von leicht biologisch abbaubaren Substanzen sollten beim Monitoring von Oberflächengewässern besonders berücksichtigt werden.