

Entwicklung eines Bio-Elektro-Verfahrens zur in-situ Sanierung von LCKW-Schäden

D. Becker, C. Weidlich, K.-M. Mangold, K. Jüttner
 E-Mail: dbecker@dechema.de
 gefördert durch: AiF
 Laufzeit: 01.06.2004 - 30.11.2006



Zielsetzung

Ziel dieses Forschungsprojektes, das in Kooperation mit dem Technologiezentrum Wasser - Abteilung Umweltbiotechnologie und Altlasten - in Karlsruhe durchgeführt wird, ist die Entwicklung eines in situ Verfahrens zur Stimulation des biologischen Abbaus von LCKW in kontaminierten Böden durch die Elektrolyse des Grundwassers. Als besonders problematisch erweisen sich Kontaminationen mit leichtflüchtigen Chlorkohlenwasserstoffen LCKW (z.B. Perchloroethen PER, Trichloroethen TRI), die aufgrund ihrer vielfältigen Einsatzgebiete (Lösungsmittel, Entfettung) und ihrer Persistenz die am häufigsten nachgewiesenen Schadstoffe in Grundwasser und Boden von Industriestandorten und Altablagerungen sind. In den letzten Jahren wurde die mikrobiologische Abbaubarkeit von Chlroethenen im Labor nachgewiesen. Dabei konnten in Bioreaktoren hohe Abbauraten erzielt werden. Im Boden wird die Reinigungsleistung jedoch durch den Mangel an verfügbaren Elektronendonatoren und -akzeptoren limitiert. Durch die Elektrolyse von Grundwasser wird an der Kathode Wasserstoff, der für den reduktiven anaeroben Abbau benötigt wird, und an der Anode Sauerstoff, der für den oxidativen aeroben Abbau benötigt wird, gebildet.

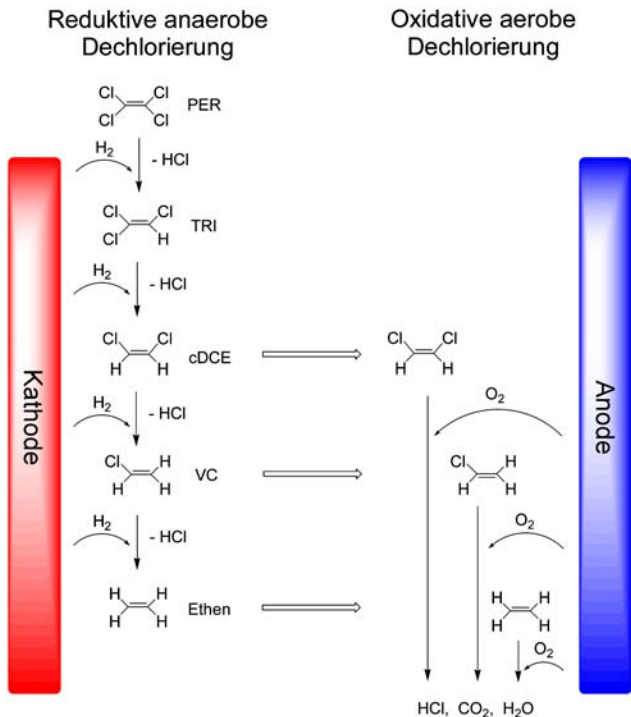


Abb.1: Schema der elektrochemisch stimulierten reduktiven anaeroben und oxidativen aeroben Dechlorierung von LCKW im Grundwasser. Anstelle von O₂ kann auch Fe³⁺ an einer Opferanode gebildet werden. (PER = Perchloroethen; TRI = Trichloroethen; cDCE = *cis*-Dichloroethen; VC = Vinylchlorid).

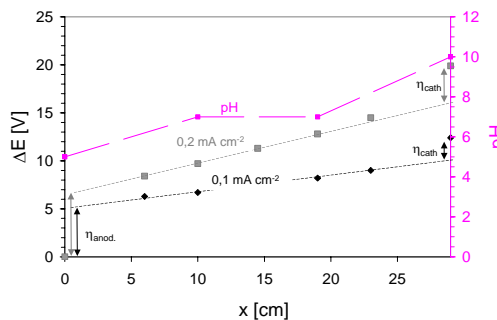


Abb.2: Zellspannungsanalyse und pH-Wert-Bestimmung in einem mit Quarzsand und Wasser gefüllten Modell-Aquifer. Der pH-Wert steigt aufgrund der Wasserelektrolyse im Bereich der Kathode an und sinkt im Bereich der Anode. Es wurde in galvanostatischer Betriebsweise mit Zellströmen von 0,1 mA cm⁻² bis 0,2 mA cm⁻² gearbeitet.

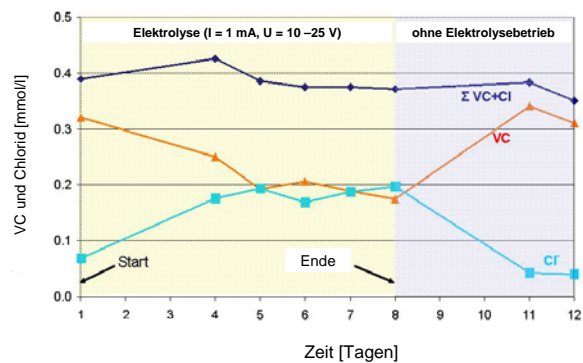


Abb.3: VC-Abbau und Chloridbildung während der Wasserelektrolyse.

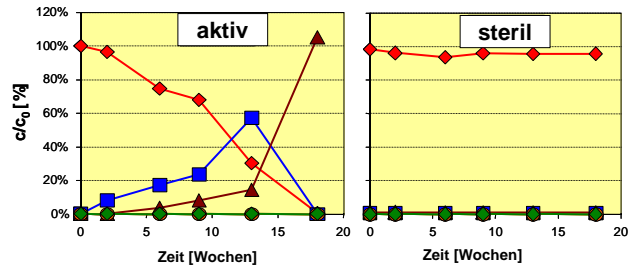


Abb.4: H₂-Stimulation von anaeroben PCE abbauenden Mikroorganismen

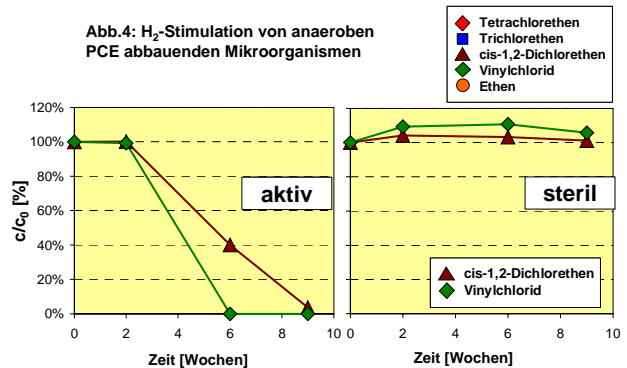


Fig. 5: O₂-Stimulation von aeroben VC und cis-DCE abbauenden Mikroorganismen

Elektrochemisch stimulierter mikrobiologischer LCKW-Abbau

Der mikrobielle Abbau von PER und TRI erfolgt unter anaeroben reduktiven Bedingungen (Abb. 1). Dabei entstehen als Zwischenprodukte *cis*-Dichloroethen (cDCE) und Vinylchlorid (VC). Dieser Abbau erfordert Wasserstoff und führt zu den Endprodukten Ethen und Ethan. PER und TRI sind bevorzugt dem anaeroben Abbau zugänglich. In diesem Forschungsprojekt wird der Wasserstoff in-situ an der Kathode erzeugt. Der LCKW-Abbau unter aeroben Bedingungen beschränkt sich auf die Zwischenprodukte cDCE und VC (Abb. 1). Dieser oxidative Abbau erfordert einen Elektronenakzeptor, z.B. Sauerstoff oder Eisen(III)-Ionen. In diesem Forschungsprojekt soll der Sauerstoff, bzw. die Eisenionen, an der Anode, bzw. Opferanode, in-situ erzeugt werden. Endprodukte des aeroben Abbaus sind CO₂ und Wasser. Eine vollständige Dechlorierung kann somit sowohl reduktiv als auch sequenziell reduktiv/oxidativ erfolgen.