

# „Monitored Natural Attenuation“ als Sanierungskonzept eines BTEX-Grundwasserschadens an einem ehemaligen Militärflughafen

Reinhard Schmitt, Hartwig Reisinger, Michael Blesken und Wilhelm Püttmann

## Zusammenfassung

*Die Anwendung von „Natural Attenuation“ als Grundwasser-sanierungskonzept wird derzeit in Deutschland zunehmend diskutiert. Dabei kommt dem Nachweis des natürlichen mikrobiologischen Abbaus der Schadstoffe und der Bewertung eventuell nachweisbarer Zwischenprodukte (Metabolite) eine entscheidende Funktion zu. Weitere Voraussetzungen sind ein Langzeitüberwachungsprogramm („Monitored Natural Attenuation“), ein Notfallprogramm sowie meistens eine Beseitigung der Schadstoffquelle.*

*An dem ehemaligen Militärflughafen Wegberg-Wildenrath wird seit 1998 „Monitored Natural Attenuation“ als Grundwasser-sanierungsmethode angewendet. Die Kontamination im Abstrom zweier ehemaliger Tanklager besteht überwiegend aus aromatischen Kohlenwasserstoffen wie BTEX und anderen alkylierten Aromaten. Die Kontaminationsquelle wurde mittels Bodenaustausch beseitigt. Durch hydro-chemische Spezialuntersuchungen konnte ein mikrobiologischer Abbau der Kontaminanten belegt werden. Auftretende Zwischenprodukte werden mit einer zeitlichen Verzögerung weiter umgesetzt. Die bisherigen Ergebnisse des Monitorings zeigen, daß die Kontaminationsfahne mit gewissen Fluktuationen ortsfest ist und keine Gefährdung über ihre derzeitige Verbreitung hinaus darstellt. Als Notfallprogramm wurden zwei Brunnen zur hydraulischen Sicherung konzipiert.*

Das in letzter Zeit auch in Deutschland zunehmend diskutierte Konzept des „Natural Attenuation“ wird vor allem in den USA etwa seit Anfang der 90er Jahre intensiv wissenschaftlich erforscht und verstärkt als Sanierungsmethode angewendet (Doll & Püttmann 1999). Im Deutschen wird dieser Begriff häufig mit „Natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen“ übersetzt.

Die US-amerikanische Umweltbehörde EPA definiert ihn folgendermaßen: „Natural Attenuation“ ist die Eigenschaft eines Aquifers, durch Prozesse wie biologischer Abbau, Dispersion, Verdünnung, Sorption, Verflüchtigung, und/oder chemischer oder biochemischer Stabilisierung von Schadstoffen die Masse, Toxizität, Mobilität oder das Volumen der Schadstoffe so weit zu reduzieren, daß die menschliche Gesundheit und das Ökosystem nicht gefährdet sind.“ (OSWER Directive 9200417, 1999).

Dabei kommt vor allem dem biologischen Abbau eine entscheidende Funktion zu, da Prozesse wie Dispersion, Sorption oder Verflüchtigung nach deutschen Umweltstandards kaum als akzeptable Sanie-

rungsmethode angesehen werden können. Verschiedentlich ist das derzeitig verstärkte Interesse an „Natural Attenuation“ - teilweise zu Recht - als ein tendentieller umweltpolitischer Rückschritt in die Zeit der Überschätzung „natürlicher Selbstreinigungsprozesse“ des Untergrunds kritisiert worden (Lühr 1999).

Daher sollten bei einer Anwendung von „Natural Attenuation“ als Sanierungsstrategie die Voraussetzungen dafür hinreichend geklärt werden (Martus & Püttmann 2000). So muß ein ausreichender mikrobiologischer Abbau der Kontaminanten nachgewiesen werden, der auch das Auftreten und die Bewertung von möglichen Zwischenprodukten (Metaboliten) umfaßt. In den meisten Fällen ist zudem die Sanierung der Kontaminationsquelle Voraussetzung. Weiterhin muß ein regelmäßiges Langzeit-Überwachungsprogramm („Monitored Natural Attenuation“) für die im Untergrund stattfindenden Prozesse durchgeführt werden. Letztendlich ist ein Notfallprogramm für den Fall zu entwickeln, daß durch unvorhergesehene Ereignisse die Ausbreitung der Schadstoffe vorab zu definierende Grenzen (z. B. Grundstücksgrenzen) überschreitet.

Ein Standort in Nordrhein-Westfalen, an dem seit 1998 „Monitored Natural Attenuation“ als Sanierungsmethode angewendet wird, ist eine Altlast im Bereich des ehemaligen Militärflughafens Wegberg/Wildenrath (Blesken & Reisinger 1999). Dort wurde im Bereich zweier ehemaliger Tanklager eine Boden- und Grundwasserkontamination mit Kerosin festgestellt.

Die Beseitigung der Schadstoffquelle erfolgte durch aktive Bodensanierung mittels Auskofferung des belasteten Materials bis in den Grundwasserbereich. Dem Grundwasser aufschwimmende Kerosinphase wurde abgeschöpft, bis sich keine Phase mehr zeigte. Im Grundwasserleiter verblieb eine Restkontamination, vor allem an aromatischen Kohlenwasserstoffen (BTEX und andere alkylierte Aromaten).

Die hydrogeologischen Verhältnisse im Bereich des ehemaligen Militärflughafens sind durch einen Grundwasserstockwerksbau gekennzeichnet. Die Kontamination ist auf die oberen Meter des ersten Grundwasserstockwerks aus pleistozänen Sanden und Kiesen (Jüngere Hauptterrasse) und miozänen Meeressanden (Neurather Sande) mit einer grundwassererfüllten Mächtigkeit von mehr als 20 m

## „Monitored Natural Attenuation“ als Sanierungskonzept

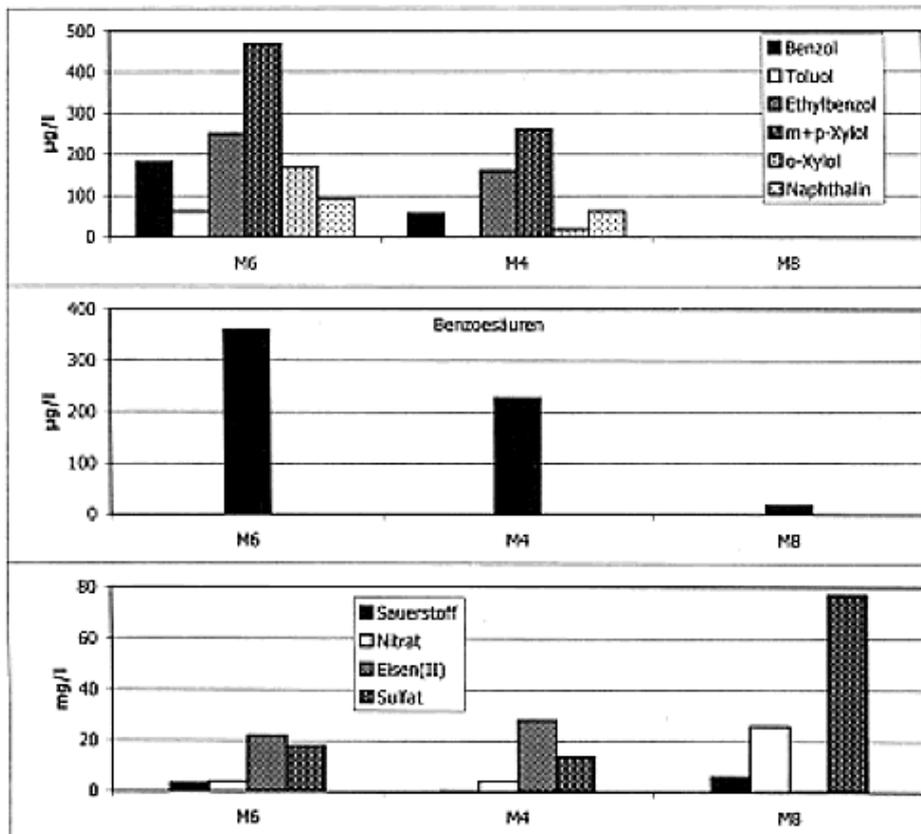


Abbildung 1: Konzentrationsprofil von BTEX und Naphthalin (oben), Benzoessäuren (Mitte) und Elektronenakzeptoren (unten) in der Kontaminationsfahne (Messstellen M6 und M4) und im Abstrom (Messstelle M8). Toluol ist an M4 nicht mehr nachweisbar, o-Xylol wird wahrscheinlich kometabolisch degradiert. An M8 sind keine Aromaten mehr nachweisbar, jedoch noch geringe Konzentrationen an Benzoessäuren. Sauerstoff, Nitrat und Sulfat werden in der Kontaminationsfahne deutlich reduziert, der Eisengehalt steigt an.

beschränkt. Der Grundwasserflurabstand beträgt etwa 3 bis 5 m, die mittlere Grundwasserfließgeschwindigkeit etwa 0,8 m pro Tag.

1997 wurde der mikrobiologische in-situ-Abbau dieser Aromaten im Grundwasser mittels hydrochemischer Spezialanalysen durch das Institut für Mineralogie - Umweltanalytik der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen ergaben ein spezifisches hydrochemisches Muster, das einen mikrobiologischen Aromatenabbau belegt (Abb. 1):

- Die Konzentrationen der als besonders reaktiv bekannten Verbindungen (z. B. Toluol) nehmen mit zunehmender Transportweite relativ zu resistenten Verbindungen mit vergleichbaren physikalisch-chemischen Eigenschaften („konservative Tracer“) signifikant ab.

- Aus der mikrobiologischen Transformation der aromatischen Kohlenwasserstoffe entstehen strukturell korrespondierende aromatische Säuren (Benzoessäuren), die als Zwischenprodukte aus dem Abbau aromatischer Kohlenwasserstoffe bekannt sind (Schmitt et al. 1996, 1998).

- Der signifikante Konzentrationsrückgang der im Grundwasser vorhandenen Elektronenakzeptoren Sauerstoff, Nitrat und Sulfat sowie der Anstieg der Eisenkonzentration im Grundwasser zeigen ein anoxisches Grundwassermilieu im Bereich der Kontaminationsfahne und die mit dem Abbau der Aromaten verbundenen Redoxprozesse an.

Die BTEX-Aromaten, die im Bereich der ehemaligen Kontaminationsquelle Konzentrationen von mehr als 1.000 µg/l zeigen, sind etwa 150 bis 200 m im Abstrom der Quelle nicht mehr nachweisbar. Die als Zwischenprodukte gebildeten aromatischen Säuren zeigen hingegen eine weitere Verbreitung als ihre aromatischen Ausgangsprodukte, werden jedoch mit einer zeitlichen Verzögerung auch weiter umgesetzt. Im Einvernehmen mit dem Eigner der Fläche und den beteiligten Behörden wurde Übereinkunft erzielt, keine weiteren aktiven Sanierungsmaßnahmen zu betreiben, sondern den natürlichen Abbau der Kontamination gezielt als Sanierungsstrategie einzusetzen. Dafür wurde ein Monitoringprogramm entwickelt, das den natürlichen Abbau regelmäßig kontrolliert.

Dazu werden halbjährliche Grundwasserbeprobungen und Analysen vorgenommen, die folgende Parameter umfassen: Elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert,

Redoxpotential, Gehalte an Sauerstoff, Nitrat, Sulfat, gelöstem Eisen, Kohlenwasserstoffen, BTEX und weiteren Aromaten sowie an Zwischenprodukten (nur jährlich).

Die bisherigen Ergebnisse des Monitorings haben gezeigt, daß die Kontaminationsfahne mit gewissen Fluktuationen innerhalb eines bestimmten Rahmens ortsfest ist und keine Gefährdung über ihre derzeitige Verbreitung hinaus darstellt. Zur Erhöhung der Sicherheit wurden zusätzlich zwei Sicherungsbrunnen im Bereich der Fahne konzipiert, die im theoretisch möglichen Fall einer über das tolerierbare Maß hinausgehenden Ausdehnung der Kontamination für eine hydraulische Sicherung einsatzbereit sind.

Das dargestellte Beispiel zeigt, daß „Monitored Natural Attenuation“ (MNA) unter bestimmten Voraussetzungen eine praktikable und meistens kostengünstigere Alternative zu herkömmlichen Grundwassersanierungsverfahren sein kann. Jedoch sind die Voraussetzungen jeweils kritisch zu prüfen. Eine langfristige regelmäßige fachgutachterliche Überwachung von Natural Attenuation als Sanierungsmaßnahme erscheint nachzeitigem Kenntnisstand unentbehrlich.

### Literatur

- Blesken, M. & Reisinger, H.* (1999): Flächenrecycling und Altlastsanierung am Beispiel eines ehemaligen Militärflughafens.- HdA: 1-20.
- Doll, A. & Püttmann, W* (1999): Natural Attenuation - Sanierung von Mineralölkontaminationen durch natürliche Rückhalte- und Abbauprozesse in den USA.-Altlastenspektrum 6/1999: 331-339.
- Lühr, H.-P* (1999): Natural Attenuation - Die Zauberformel zur Bewältigung von Altlasten?: Wasser & Boden 11(1999): 1.
- Martus, P & Püttmann, W* (2000): Anforderungen bei der Anwendung von 'Natural Attenuation' zur Sanierung von Grundwasserschadensfällen.- Altlasten Spektrum 2(2000): 87-105.
- Schmitt, R.; Langguth, H. R.; Püttmann, W; Rohns, H.P, Ecken, P. & Schubert, J.* (1996): Biodegradation of aromatic hydrocarbons under anoxic conditions in a shallow sand and gravel aquifer of the Lower Rhine Valley, Germany: Org. Geochem., 25: 41-50.
- Schmitt, R.; Langguth, H.-R.; Püttmann, W* (1998): Abbau aromatischer Kohlenwasserstoffe und Metabolitenbildung im Grundwasserleiter eines ehemaligen Gaswerkstandorts - Einfluß von Boden und Grundwassersanierung.- Grundwasser 2,3: 78-86.
- United States Environmental Protection Agency (EPA), Office of Solid Waste and Emergency Responses (OSWER):* Use of Monitored Natural Attenuation at Superfund, RCRA Corrective Action, and Underground Storage Tank Sites, OSWER Directive Number 9200.4-17P, April 21 1999.

### Anschriften der Autoren

Reinhard Schmitt, Hartwig Reisinger  
HYDR.O. Geologisches Ingenieur-Büro,  
Sigmundstr. 10-12, 52070 Aachen,  
Tel.: 0241-609020, Fax: 0241-601052,  
e-mail: Info@olzem-reisinger.de

Michael Blesken Landesentwicklungsgesellschaft  
NRW GmbH, Roßstraße 120, 40476 Düsseldorf,  
Tel.: 0241-4701923, Fax: 0241-4701930,  
e-mail: blesken-m@leg-nrw.de

Prof. Dr. Wilhelm Püttmann Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Frankfurt am Main / Institut für Mineralogie - Umweltanalytik,  
Georg-Voigt-Str. 14, 60054 Frankfurt am Main,  
Tel.: 069/79828701, Fax: 069/79828702,  
e-mail: puettmann@kristall.uni-frankfurt.de