



Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und Altlastensanierung · VEGAS  
Institut für Wasserbau · Universität Stuttgart · Pfaffenwaldring 61 · D-70550 Stuttgart

Universität Stuttgart  
**Institut für Wasserbau**

VEGAS Leitung  
Jürgen Braun, Ph.D. Tel.: 685-67018  
Dr.-Ing. H.-P. Koschitzky Tel.: 685-64716

Pfaffenwaldring 61  
D - 70550 Stuttgart

Telefon: +49 (0) 711 685 - 64717  
Telefax: +49 (0) 711 685 - 67020  
E-Mail: [vegas@iws.uni-stuttgart.de](mailto:vegas@iws.uni-stuttgart.de)  
[www.vegasinfo.de](http://www.vegasinfo.de)

## Forschungsberichtsblatt

**Thema:** Entwicklung eines Immobilisierungsverfahrens für Schwermetalle unter Nutzung des geogenen Sulfatgehalts im Grundwasser

**Förderprogramm:** Baden-Württemberg Programm Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung (BWPLUS)

**Förderkennzeichen:** BWR25004

### 1. Kurzbeschreibung des Forschungsergebnisses

Ziel des bei VEGAS durchgeführten Forschungsvorhabens war es, die Machbarkeit für ein Sanierungsverfahren zur Immobilisierung von Schwermetallen unter Nutzung des geogenen Sulfatgehalts zu untersuchen. Mit diesem Verfahren sollten mobile Schwermetallanteile im Boden und Grundwasser vorwiegend als schwerlösliche Metallsulfide dauerhaft immobilisiert werden oder zumindest die Mobilisierung so eingeschränkt werden, dass nur noch ökotoxikologisch irrelevante Konzentrationen in den Stoffkreislauf gelangen können. Als Spezialfall wurde Chromat untersucht, das zwar keine schwerlöslichen Sulfide bildet, aber nach Reduktion zu Chrom(III) als Hydroxid ebenfalls immobil wird.

Die Sulfidbildung soll im Feldfall unter Nutzung der geogene Sulfatgehalte und die damit verbundene natürlich ablaufende Sulfatreduktion in anaeroben Grundwässern erreicht werden. Im vorliegenden Forschungsvorhaben wurde zur Simulation sulfathaltigen Grundwassers (Trink-)Wasser mit Natriumsulfat versetzt. Zur Anaerobisierung aerober Zonen und der Sulfatreduktion wurde die Eignung von Molashine als organische Kohlenstoffquelle untersucht.

Folgende Ergebnisse konnten erarbeitet werden:

- Molashine ist geeignet, um reduzierende Verhältnisse und ein schnelles Einsetzen einer massiven Sulfatreduktion zu erreichen.
- Für Chrom wurden - wie auch in anderen Forschungsvorhaben - erfolgversprechende Ergebnisse erzielt. Reduzierende Verhältnisse verursachen eine Reduktion des 6-wertigen Chromats zu Chrom(III), welches schlecht löslich ist und auch toxikologisch als weniger relevant angesehen werden kann.

- Ebenso verursachen reduzierende Verhältnisse einen Konzentrationsrückgang von Quecksilber. Hier wird vermutet, dass das  $\text{Hg}^+$  zu  $\text{Hg}^0$  reduziert wurde, was eine deutlich geringere Löslichkeit aufweist. Der Einfluss der Sulfidbildung und damit einer potenziell weiteren Immobilisierung in Form von Hg-Sulfiden konnte aufgrund zu hoher Bestimmungsgrenzen nicht untersucht werden.
- Bei Cadmium und Zink kam es zur Bildung schwerlöslicher Sulfide und damit ebenfalls zu einer Immobilisierung der Schwermetalle.
- Fraglich ist eine Anwendung des geplanten Sanierungsverfahrens für Arsen, da im Zusammenhang mit abnehmendem Redox-Potential zunächst eine deutliche Zunahme der Austragskonzentrationen stattfand. Erst im weiteren Versuchsverlauf gehen die Konzentrationen auf die Ausgangskonzentrationen zurück bzw. fallen durch As-Sulfid-Bildung unter die Nachweisgrenze. Ob diese Methode sich für Arsen als aktive Maßnahme (Arsenmobilisierung und hydraulische Entfernung) eignet, konnte im Rahmen dieser Studie nicht untersucht werden; die erhaltenen Ergebnisse legen allerdings die Vermutung nahe, dass hier ein gewisses Potenzial vorhanden wäre.
- Der Konzentrationsverlauf von Blei konnte nicht schlüssig geklärt werden; eventuell ist das Verhalten durch die Verwendung von Bleisulfat als Kontaminationsquelle zu erklären.

## **2. Welche Fortschritte ergeben sich in Wissenschaft und/oder Technik durch Ihre Forschungsergebnisse?**

Bisher gibt es kein effektives und kostengünstiges Verfahren zur Sanierung von Schwermetallaltlasten. Die In-situ Immobilisierung durch Ausfällung schwerlöslicher Sulfide, bzw. im Fall von Chrom die Ausfällung als Hydroxid, ist ein neuer Ansatz, in den hohe Erwartungen gesetzt werden. Die Zugabe von Molashine als Elektronendonator bietet dabei eine kostengünstige und effiziente Möglichkeit, mit einfachen Mitteln eine mikrobielle Sulfatreduktion zu induzieren, die zu reduzierenden Bedingungen und daraus resultierend zur Bildung schwerlöslicher Sulfide führt.

Auf diese Weise können mit einer einfachen Verfahrenstechnik immense Kosten eingespart werden, die in bisherigen Fällen bei physikalischen Sanierungsverfahren aufgebracht werden müssen.

## **3. Welche Empfehlung ergibt sich aus dem Forschungsergebnis für die Praxis?**

Der Einsatzbereich dieses Immobilisierungsverfahrens ist nicht nur in Industriestaaten von Bedeutung. Auch in Entwicklungsländern kann der Einsatz eines solchen Verfahrens von großem Interesse sein. Hier können beispielsweise mit sehr geringem Kostenaufwand und geringem technischen Aufwand Sanierungen von kontaminierten Grundwassergebieten, die zur Trinkwassergewinnung herangezogen werden, durchgeführt werden.

Die Problematik der Arsen-Mobilisierung könnte möglicherweise mit dem beschriebenen Schwermetall-Immobilisierungsverfahrens als aktive Sanierungsmaßnahme ausgenutzt werden.