



BTU

# Experimentelle und modellgestützte Entwicklung von Verfahren der geochemischen Grundwasser- und Untergrundbehandlung zur Gefahrenabwehr im Nordraum des Senftenberger Sees



Teilprojekt 1: Untersuchung und Bewertung der durch die Flutung der Restseen im Norden von Senftenberg bewirkten Gefährdung von Schutzgütern.



BMBF 02-WB 0068

Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2000 – 31.08.2003 mit kostenneutraler Weiterbeobachtung bis 2005

Teilprojekt 2: Gefährdungsminde rung durch Maßnahmen zur Untergrundbehandlung des nördlich den Senftenberger See zu strömenden Grundwassers



## Veranlassung

Untersuchungen des DGFZ mit der BTUC ermittelten eine Gefährdung des Senftenberger Sees. Mit dem Erreichen der Endwasserstände in den nördlich gelegenen Tagebauseen (Ilse-See und Sedlitzer See), die über denen des Senftenberger Sees liegen werden, strömt in Zukunft potenziell saures Kippengrundwasser von Norden dem See zu.

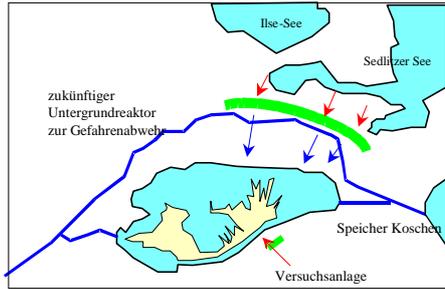


Abb. 1 Mögliche Lage des Untergrundreaktors zum Schutz des Senftenberger Sees und Standort der Versuchsanlage

Die mit dem Zustrom von Kippengrundwasser verbundene Säurefracht (bis 50 mmol/L) lässt sich nicht mehr durch den Zufluss der Schwarzen Elster (um 0,5 mmol/L Pufferung) kompensieren.

Tab.1: Wasserbeschaffenheiten bergbauversauerter Grundwässer und dem Tagebausee RL111

Parameter	Versuchs-anlage	Kippe Sedlitz	RL111	
pH	1	4,3	4,9	<b>2,5</b>
K <sub>S4,3</sub>	mmol/L	0,03	1,0	<b>-11</b>
Fe	mg/L	<b>180</b>	<b>1110</b>	<b>131</b>
S <sup>2-</sup>	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1
SO <sub>4</sub>	mg/L	<b>1600</b>	<b>3750</b>	<b>1560</b>
NP	mmol/L	<b>-7,3</b>	<b>-31,6</b>	<b>-15,4</b>

Im Rahmen des Teilprojektes 2 wurde ein Verfahren zur Untergrundbehandlung bergbauversauerter Grundwässer durchgeführt. Die Wirkung konnte in einem mehrjährigen Versuchsbetrieb bestätigt werden.

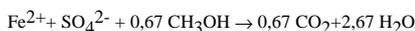
## Grundlagen

Die Acidität von Grund- und Oberflächenwasser wird über das Neutralisationspotenzial NP quantifiziert, das die säurebildende Wirkung von Eisen-, Aluminium- und Manganionen mit berücksichtigt.

$$NP \approx K_{S_{4,3}} - 3 \cdot c_{Al^{3+}} - 2 \cdot c_{Fe^{2+}} - 2 \cdot c_{Mn^{2+}}$$

Das Neutralisationspotenzial eignet sich zur Definition von Sanierungszielen und zum Vergleich verschiedener Sanierungsverfahren. Die Säuremenge von NP = -1 mol entspricht einem Kalkbedarf von 28g CaO bei der chemischen Neutralisation.

Die Sulfatreduktion mit Methanolsubstrat läuft im Grundwasser wie folgt ab.



Dabei wird der bei der Sulfatreduktion entstehende Schwefelwasserstoff mit gelöstem Eisen(II) in Form von Eisensulfid abgeschieden. Wenn nicht ausreichend Eisen zur Verfügung steht, entsteht unerwünschter Schwefelwasserstoff.

## Versuche

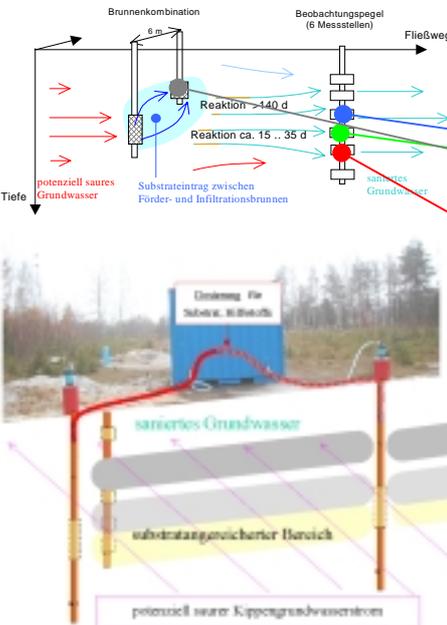


Abb. 2 Versuchsanlage im südlichen Grundwasseranstrom des Senftenberger Sees

Durch Einmischen von Methanol (Substrat) und Nährstoffen in den Grundwasserstrom wird im Abstrom ein diffuser sulfatreduzierender Untergrundreaktor geschaffen. Für die Behandlung des anströmenden Grundwassers, mit NP ≈ -7,3 mmol/L, werden stöchiometrisch 165 mg/L Methanol benötigt.

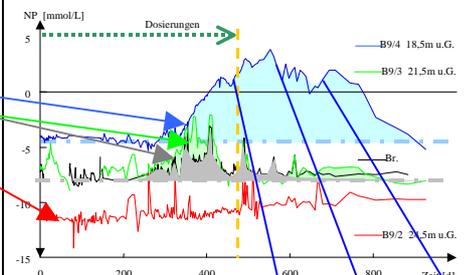
Im Abstrom der Brunnenkombination wurde der Multilevelpegel B9 zur Kontrolle des Behandlungseffektes mit 6 Messstellen installiert (Abb. 2). Die periodische Einmischung erfolgte in die relativ gut durchlässige Schicht um 20 m u. G.

Der Kernbereich der substratangereicherten Wasserwolken floss durch eine hypothetische Stromröhre, die ihren Verlauf während der Versuchszeit nach oben verlagerte. Die vier betrachteten Messstellen (Br., B9/4, B9/3 und B9/2) erhielten in unterschiedlichem Maße Substrat. Die Fließzeit lag zwischen 7 bis 140 Tagen.

Das verzögerte Einsetzen der Sulfatreduktion wird auf den niedrigen pH-Wert des anströmenden Grundwassers und der Pufferwirkung der Feststoffmatrix zurückgeführt. Diese Effekte ließen sich auch in geochemischen Modellrechnungen nachvollziehen.

Abb. 4: Schnitt durch eine mögliche Anwendung für die Grundwasserbehandlungsanlagen zur Gefahrenabwehr am Senftenberger See

## Ergebnisse



Versuchstag	d	476-485	527-560	660-694
pH	1	5,8	<b>6,2</b>	5,8
K <sub>S4,3</sub>	mmol/L	2,0	3,2	1,4
Fe	mg/L	<b>1,0</b>	<b>1,6</b>	10,0
SO <sub>4</sub>	mg/L	648	772	800
Sulfid-S	mg/L	<b>78</b>	<b>26</b>	<b>4</b>
DOC	mg/L C	13,3	12,1	9,8
NP	mmol/L	<b>2,0</b>	<b>3,2</b>	<b>1,0</b>

Abb. 3 Entwicklung des Neutralisationspotenzials an den vier von der Sanierungsreaktion beeinflussten Messstellen.

Abb. 3 zeigt deren Neutralisationspotenziale während der Beobachtungszeit bezüglich ihres Anfangszustandes (strichpunktierte Grundlinien).

Im noch nicht optimierten Versuchsbetrieb wurde das verfügbare Eisen aufgebraucht, wodurch die Sulfidschwefelkonzentration kurzfristig bis auf 78 mg/L anstieg. Damit wurde das Leistungsvermögen des Verfahrens durch eine zu hohe Substratzufuhr vorübergehend überfordert.

In Folge des Substratumsatzes stieg die Konzentration des gelösten anorganischen Kohlenstoffs DIC als Reaktionsprodukt von ca. 30 mg/L (Background) auf über 100 mg/L C an.

Der gelöste organische Kohlenstoff (DOC) enthielt kaum noch Restmethanol. Der leichte DOC-Anstieg (um 5 mg/L C) wird im Zusammenhang mit den gemessenen UV-Spektren als vorübergehende Mobilisierung von Huminstoffen interpretiert.

## Ausblick

Mit dem entwickelten Verfahren lassen sich potenziell saure Kippengrundwasserströme vor Erreichen des Tagebausees behandeln. (Pfadbehandlung)

