



BTU

Hydrochemische Prozesse im Kippengrundwasser

IV. Entwicklung von Sanierungstechnologien



Der Lehrstuhl Wassertechnik gehört zur Fakultät Umweltwissenschaften und Verfahrenstechnik der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus. Die Mitarbeiter wirken im Lehr- und Forschungskomplex "Wasser" eng mit den Lehrstühlen Hydrologie und Wasserwirtschaft, Abwassertechnik, Gewässerschutz sowie mittelständischen Unternehmen zusammen. Im Rahmen verschiedener wissenschaftlicher Projekte zur Sanierung des Lausitzer Wasserhaushaltes wurden neue methodische Ansätze zur Aufklärung der in Braunkohlenbergbaukippen ablaufenden grundwasserbeschaffenheitsbildenden Prozesse und Sanierungstechnologien entwickelt.

Grundlagen

Anwendungsstrategie

Die Übertragung wissenschaftlicher Ergebnisse aus der Sanierungsforschung kann nur unter Einbeziehung des Problemeigners (LMBV) und möglichst ortsansässiger mittelständischer Betriebe erfolgreich verlaufen. Die Sanierung versauerter Grund- und Oberflächenwässer ist so zu gestalten, dass ökonomische Aufwendungen weitestgehend durch zu schaffende Standortvorteile für neue Industrieansiedlungen ausgeglichen werden und daraus positive Impulse auf die regionale Wirtschaftsentwicklung folgen. Die Arbeiten am Lehrstuhl Wassertechnik umfassen die Entwicklung maßgeschneiderter Verfahren und wissenschaftliche Begleitung der Einführung.

Nutzung unterschiedlicher Neutralisationsprozesse

Ein Sanierungseffekt kann durch Kombination unterschiedlicher Verfahren (Bausteine) den jeweiligen Gegebenheiten angepasst werden.

- Fremdflutung
- Neutralisation
 - chemisch durch Reagenzieneinmischung
 - biologisch durch Sulfatreduktion

Die eigentlichen Bausteineinstellungen entstehen durch die Nutzung verschiedener Technologien zur Umsetzung dieser Wirkprinzipien.

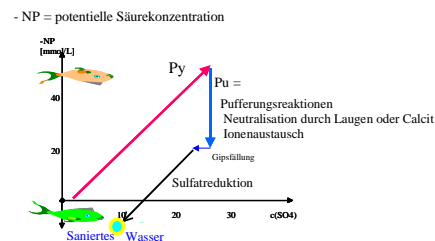


Abb.1: Wirkung der Pyritverwitterung (Py), diverser Pufferungsreaktionen (Pu) und der Sulfatreduktion auf die potentielle Säure- und Sulfatkonzentration eines Wassers

Die Bemessung und Bewertung erfolgt auf dem Konzept des Neutralisationspotentials.

Umsetzungsvision

Die Sanierung der bergbaugeschädigten Grundwasserbeschaffenheit in der Lausitz wird sich über Jahrzehnte erstrecken müssen, allein schon weil die beschaffenheitsbestimmenden Prozesse und die Grundwasserströmungen in diesem Zeitraum ablaufen. Problematisch ist jedoch eine sichere Finanzierung über diese Zeiträume. Deshalb sollte nach fördermittelunabhängigen Sanierungsstrategien gesucht werden.

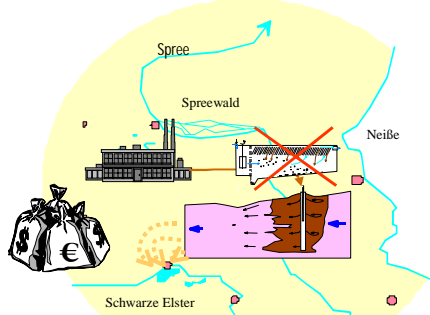


Abb.2: Kombination von Bewirtschaftung und Sanierung

Zum Beispiel ist die Untergrundbehandlung eines strömenden Kippengrundwasserkörpers (Abb. 5) über mehrere Jahrzehnte durchzuführen. Die dafür notwendigen Substratmengen sind enorm. Wenn der Substratbedarf durch geeignete industrielle Abwässer abgedeckt werden kann, entfällt deren Behandlung. Das dadurch eingesparte Geld könnte der Sanierung zur Verfügung gestellt werden. Damit ergeben sich für Industrieansiedlungen Standortvorteile, die fachlich und politisch in die richtigen Bahnen gelenkt werden müssen

Chemische Neutralisation

Anforderungen an die Technologie

Über den Erfolg einer chemischen Neutralisation entscheiden:

- das Neutralisationsreagenz (Kosten, Wirkung)
- die Misch- oder Einbringungstechnologie.

Die gipsgesättigten Tagebauseen können, bedingt durch deren hohe Calciumkonzentration, nur Pufferkonzentrationen um

- $K_{S4,3} = 0,3-0,8 \text{ mmol/L}$ bei
- $\text{pH} = 7,5 - 8,0$

aufbauen. Bei einer Überdosierung von Kalk oder Laugen besteht die Gefahr, dass der den Hydrogencarbonat bildende anorganische Kohlenstoff (DIC) als Calciumcarbonat gefällt wird. Der ungepufferte See wird dann um so schneller wieder versauern.

Verspülung von Aschesedimenten (RL Burghammer)

Die im Restloch Burghammer verspülten Aschesedimente enthalten hohe Calcitanteile, die zur Neutralisation des Wasserkörpers genutzt werden. Neben deren Verfügbarkeit führt eine vorübergehende Überdosierung noch nicht zur dramatischen Entcarbonisierung.

Die Einmischung erfolgte durch Aufnahme der Sedimente mittels Saugbagger (BUL-Sachsen) und Spülung der Suspension in den See. Die Veränderungen des pH-Wertes im See zeigt Abb.3.

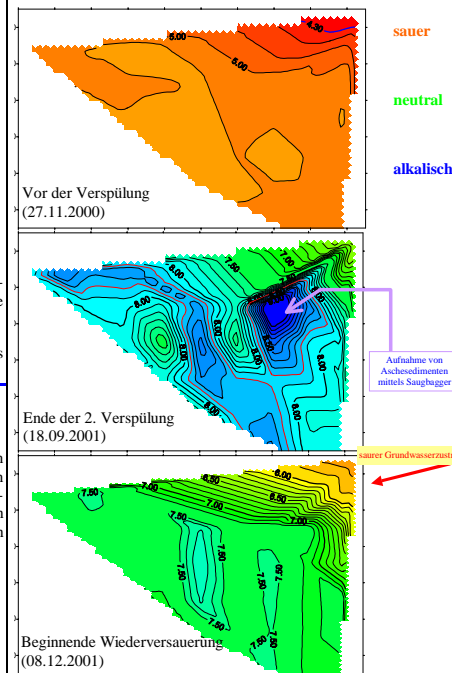


Abb.3: Veränderung des pH-Wertes (Tiefenmittel) während der Hauptverspülung (nach Monitoringdaten der η-AG)

Mit der angewandten Technologie konnte die Pufferkapazität bis $K_{S4,3} = 0,3 \text{ mmol/L}$ (bei einem Maximum von $0,6 \text{ mmol/L}$) angehoben werden. Die Nachhaltigkeit kann nur durch Kompensation saurer Zuflüsse mittels periodischer Altascheverspülungen gesichert werden.

Chemische Neutralisation von Grundwasser

Potentiell saures Grundwasser kann beim Durchfließen reaktiver Wände, die die Neutralisationsreagenzien enthalten, neutralisiert werden.

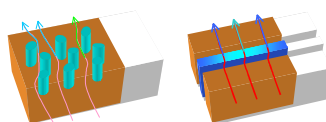


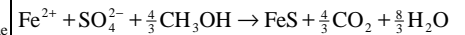
Abb. 4: Entsäuerung von Grundwasser beim Durchfließen reaktiver Wände

Die meist festen Neutralisationsreagenzien lassen sich bei der Rüttelverdichtung in den Grundwasserleiter einbringen oder in durchlässigen Schlitzwänden deponieren.

Biologische Neutralisation

Sulfatreduktion

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 gelöstes Eisen zur Verfügung steht, werden auch Eisenhydroxide gelöst oder es entsteht unerwünschter Schwefelwasserstoff.



Im potentiell sauren Kippengrundwasser ist meist genügend Eisen(II) gelöst. Die reduktive Behandlung von saurem Tagebauseewasser wird häufig durch das verfügbare Eisen limitiert.

Untergrundreaktor am Senftenberger See

Durch den Senftenberger See, dem ehemaligen Tagebau Niemsch, wird ein Teilstrom der Schwarzen Elster geleitet. Die damit zugeführte Alkalinität reicht gegenwärtig noch aus, um saure Grundwasserzuflüsse aus südlich gelegenen Altbergbaugebieten zu kompensieren. Mit dem Erreichen der Grundwasserstände in den nördlich gelegenen Tagebauseen (Ilse-See und Sedlitzer See), die über denen des Senftenberger Sees liegen werden, strömt in Zukunft potentiell saures Kippengrundwasser von Norden dem See zu. Die mit dem Zustrom von Kippengrundwasser (bis 50 mmol/L) verbundene Säurefracht lässt sich nicht mehr durch den Zufluss der Schwarzen Elster (um $0,5 \text{ mmol/L}$ Pufferung) kompensieren, wie Untersuchungen des DGFZ mit der BTUC bisher zeigten.

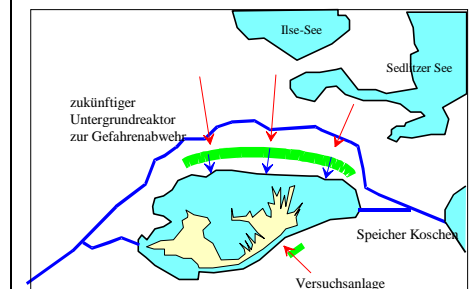


Abb. 5 Lage des Untergrundreaktors zum Schutz des Senftenberger Sees und Lage der Versuchsanlage

Durch Einbringen eines Substrates (Versuche mit Methanol) soll im Abstrom ein sulfatreduzierender Bereich im Grundwasserleiter (Untergrundreaktor) geschaffen werden.

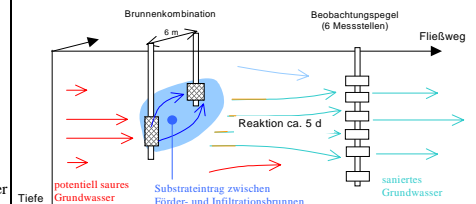


Abb. 6 Versuchsanlage zur Untergrundbehandlung

Für die Behandlung des anströmenden Grundwassers, mit $\text{NP} \approx -7,5 \text{ mmol/L}$, werden 165 mg/L Methanol benötigt.

Übertragen auf den Untergrundreaktor nach Abb. 5 ergibt sich folgende orientierende technische Dimensionierung zur Gefahrenabwehr:

- **5000 m Länge** mit etwa 25 m GW-Lamelle
- Filtergeschwindigkeit 16 m/a , das entspricht **5 400 m³/d**

Das potentiell saure Kippengrundwasser ($\text{NP} \approx -50 \text{ mmol/L}$) wird voraussichtlich bereits auf dem Fließweg zum See teilweise neutralisiert. Die notwendige Entsäuerungsleistung wird geschätzt auf:

- $\Delta\text{NP} = +10 \text{ mol/m}^3$

das entspricht

- 54 kmol/d oder 1500 kg/d CaO .

Der Tagesbedarf an Methanol erreicht die Größenordnung

- $36 \text{ kmol/d} \Rightarrow$ **1150 kg/d Methanol**.

Für die Sanierung sind alternative Substrate zu finden. Allerdings dürfen damit keine neuen Umweltprobleme geschaffen werden.