

## Projektblatt:

### TP 10: Pilotanlage zur Grubenwasserbehandlung (Sulfatabreicherung) – Entwicklung / Labor

*Laboruntersuchungen sowie Planungs- und Entwicklungsleistungen für die Anpassung eines elektrochemischen Verfahrens zur Aufbereitung sulfatbelasteter Bergbauwässer an die Erfordernisse bei der Aufbereitung kontaminierter stark mineralisierter Wässer des Stein- und Braunkohlenbergbaus*

### TP 11: Pilotanlage zur Grubenwasserbehandlung (Sulfatabreicherung) – Betrieb Pilotanlage , Monitoring

*Betrieb einer Pilotanlage zur technischen Erprobung optimierter Spülprozesse und Zellgeometrien bei der elektrochemischen Sulfatabtrennung einschließlich Monitoring und Bilanzierung*

**Eingesetztes Verfahren: Elektrochemische Sulfatabreicherung**  
durch das RODOSAN®-Verfahren  
des VKTA Dresden (Verein für  
Kernverfahrenstechnik und Analytik e.V.),



Versuchsanlage VKTA (Quelle: VKTA)

## Fachlicher Hintergrund

In Braunkohlenbergbau(folge)gebieten kommt es sowohl durch die Grundwasserabsenkung als auch bei der Verkippung von Abraummassen zu einem intensiven Zutritt von Luftsauerstoff, wodurch der in den Ablagerungen vorhandene Pyrit verwittert. Extrem niedrige pH-Werte, ein schwaches Puffervermögen sowie hohe Sulfat- und Eisenfrachten im Grund- und Oberflächenwasser sind die Folge.

Derzeit nach dem Stand der Technik eingesetzte Grubenwasserreinigungsanlagen (GWRA) dienen lediglich der Eisenabtrennung und pH-Wertanhebung. Sulfat bleibt weiterhin in hohen Konzentrationen enthalten. Momentan sind auch keine gängigen Praxisverfahren zur Wasseraufbereitung für diesen Parameter vorhanden.

Zur Sulfatabtrennung aus Bergbauwässern laufen daher Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zu verschiedenen Verfahren, die für den Einsatz als Stand der Technik geprüft und gegebenenfalls weiterentwickelt werden sollen. Dazu gehört neben Nanofiltration und mikrobieller Sulfatreduktion auch die elektrochemische Sulfatabtrennung.

Zu den Verfahren der elektrochemischen Sulfatabtrennung zählt das patentierte RODOSAN®-Verfahren des VKTA Dresden (Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik e.V.), welches zunächst im Labor und dann in einer Pilotanlage auf dem Gelände der GWRA Raitz am Ilse-See (ehemals Tagebau Meuro) von VKTA entwickelt und erprobt wurde.

Unter Anwendung des RODOSAN®-Verfahrens wurden auf dem Standort der GWRA Raitz in der Pilotanlage durch VKTA bereits zwei Versuchsetappen durchgeführt.

2006-2008 erfolgte zunächst die Entwicklung des Verfahrens zur elektrochemischen Sulfatabreicherung und Umsetzung in der Pilotanlage. Während des sich über insgesamt 10.000 Betriebsstunden erstreckenden Versuchsprogramms konnten schließlich Sulfatabtrennungen von 20 - 25 % realisiert werden.

2010-2012 erfolgte dann eine Weiterentwicklung unter Zusatz von CO<sub>2</sub>, da in Laborversuchen festgestellt worden ist, dass sich die Sulfatabtrennung bei annähernd vergleichbarer hydraulischer Belastung der Zellen verdoppeln lässt, wenn in die Elektrolysezellen CO<sub>2</sub> eingespeist wird.

Gleichwohl bleibt festzustellen, dass das vom VKTA entwickelte RODOSAN®-Verfahren noch über Leistungsreserven verfügt, die insbesondere dann zu erschließen sind, wenn die Aufgabenstellung in der elektrochemischen Aufbereitung stark mineralisierter oder eisenbelasteter Wässer besteht. Bergbauwässer dieses Typs sind sowohl im Braunkohle- und Steinkohlenbergbau als auch im Erzbergbau anzutreffen.

Somit wäre das RODOSAN®-Verfahren auch in anderen Bergbaugebieten innerhalb der Gebietskulisse von VODAMIN einsetzbar. Eine Weiterführung und Optimierung des Verfahrens ist daher von besonderem Interesse für das Gesamtprojekt.

## Projektziel

Die geplante Optimierung, die zu einer erheblichen Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und damit der Einsetzbarkeit in der Praxis führen soll, hat folgenden Hintergrund:

Die hoch mineralisierten Bergbauwässer können zu Fällungsprozessen in den Elektrolysezellen führen, so dass sich der Aufwand zum Spülen der Zellen als derzeit gängige Wartungsprozedur je nach Mineral- (Ca, Mg) oder Schwermetallbelastung (Fe) erheblich erhöhen kann. Dies mindert die Wirtschaftlichkeit der Prozessführung, da die Anlagenverfügbarkeit, die derzeit bei 92 - 95% liegt, bis auf Werte von 75 - 80% absinkt.

Wirkungsvolle Ansatzpunkte für eine Optimierung sind die Verbesserung von Spültechnologie und Zellengeometrie der Elektrolysezelle des RODOSAN®-Verfahrens. Diese dazu notwendigen Entwicklungsleistungen und Laborversuche sind Bestandteil des Teilprojektes TP 10. Aufbauend auf die Untersuchungen sollen die Ergebnisse dann in dem Teilprojekt TP 11 vor Ort in der Pilotanlage umgesetzt und getestet werden.

## Beschreibung des Verfahrens (wissenschaftliche Grundlagen)

Bei der elektrochemischen Aufbereitung von saurem, sulfatreichem Grubenwasser wird die neutralisierende Wirkung durch Anwendung von Gleichstrom auf das durch eine Elektrolysezelle zu leitende Wasser erzielt. In der Elektrolysezelle befinden sich als Elektroden jeweils mindestens eine Anode und eine Kathode sowie eine Ionenaustauschermembran zur Trennung der Elektrodenräume (siehe Abbildung 1).

Das zu neutralisierende Wasser fließt durch den **Kathodenraum** der Elektrolysezelle, wobei unter Stromfluss an der Kathode Wasserstoffionen entladen werden und Wasserstoff als Gas abgetrennt wird. Dadurch steigt der pH-Wert des Wassers.

Die Steuerung und Einstellung des pH-Wertes des aufzubereitenden Wassers erfolgt über die Einstellparameter Stromstärke und Durchfluss an der Regelung der Stromversorgung der Elektrolysezelle.

Im Zuge der Anhebung des pH-Wertes werden die Schwermetall- und Aluminiumionen ausgefällt. Die dabei entstehenden Hydroxide werden in Form einer Suspension aus der Elektrolysezelle ausgetragen.

Es kommt insgesamt zu einem temporären „Überschuss“ an Anionen, in erster Linie von Sulfatanionen. Diese werden im elektrischen Feld über die Anionenaustauschermembran in den Anodenraum transferiert.

Im **Anodenraum** läuft die Bildung von Schwefelsäure oder von Ammoniumsulfat bzw. Peroxosulfaten aus den zugewanderten Sulfationen ab.

Bei der geplanten Versuchsreihe kommt wiederum die **Verfahrensvariante mit CO<sub>2</sub>-Injektion** in die Elektrolysezellen zum Einsatz.

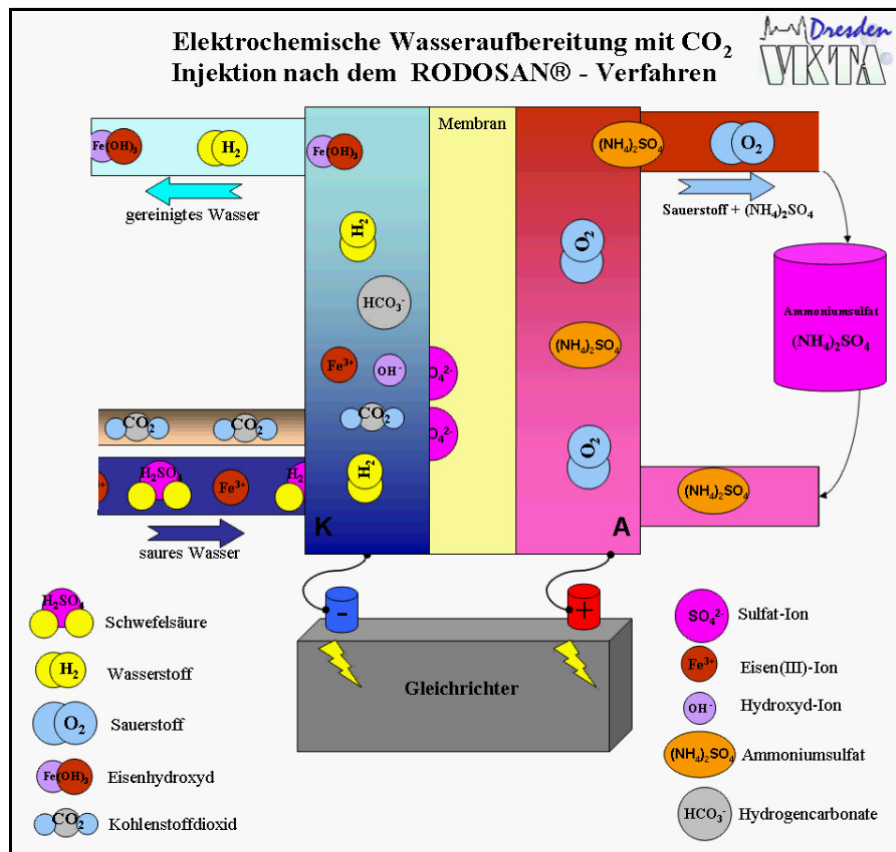


Abb. 1: Schematische Darstellung des Verfahrens (Quelle: VKTA)

## Projekinhalt TP 10 – Entwicklung / Labor

### 1. Konzeptionelle Vorarbeiten

Im Rahmen der Labor- und Entwicklungsleistungen wird zunächst durch konzeptionelle Vorarbeiten ein fachlich fundiertes Versuchskonzept erarbeitet. Eingesetzt werden sollen hoch mineralisierte Prozesswässer, deren Zusammensetzung die der Bergbauwässer in Braunkohlentagebaugebieten der Lausitz entspricht. Wenn möglich, soll ein Originalbergbauwasser verwendet werden. Besonders zu beachten sind dabei

- die Auswirkungen einer hoher Mineralisation auf wesentliche Prozessparameter des Aufbereitungsprozesses wie Sulfat- und Schwermetallabtrennung, spezifischer Energiebedarf, CO<sub>2</sub>-Umsatz und Prozessstabilität,
- die Untersuchung des Verhaltens verschiedener Ionenaustauschermembranen und unterstützender Maßnahmen wie Spülprozesse zur Verbesserung von Sulfatabtrennung und Energieeffizienz sowie
- der Einfluss der Elektrodengeometrie des Kathodenraums.

## **2. Versuchsphase**

Anhang dieses Versuchskonzeptes werden Laborversuche in mehreren Serien durchgeführt. Es wird der Einfluss unterschiedlicher Spülprozeduren im Hinblick auf die Verringerung der Ausfallzeiten durch die Spülprozesse untersucht. Variiert werden dabei chemische Zusammensetzung, Konzentrationen, Temperatur und Volumenstrom des Spülmediums. Indikatoren für die Wirksamkeit sind die zeitlichen Verläufe und Zellspannungen der Elektrolysezellen.

Die gesamten Labor- und Entwicklungsleistungen werden aufbauend auf die Erfahrungen der beiden Versuchsphasen von 2006-08 und 2010-12 ausgewertet und interpretiert.

## **3. Planung der Fertigungsleistungen an der Pilotanlage - GWRA Rainitza**

Im Ergebnis der Laboruntersuchungen sind in einem dritten Schritt die Planungsleistungen zur Umsetzung an der Pilotanlage auf dem Standort der GWRA Rainitza zu erbringen.

## **Projekthalt TP 11 - Betrieb Pilotanlage , Monitoring**

Der Anlagenbetrieb wird entsprechend den Ergebnissen aus den Labor- und Entwicklungsleistungen über einen vorzuschlagenden Zeitraum hinweg realisiert.

In der Vorbereitungsphase werden notwendige bauliche Anpassungsmaßnahmen an der vorhandenen Pilotanlage durchgeführt.

Daran anschließend erfolgt die Anpassungs- und Erprobungsphase der geplanten Versuchsserien. Ziel dieser Pilotversuche ist es, Auswirkungen der in Laborversuchen (P 10) optimierten Spülprozesse und der Änderungen der Zellgeometrie an technischen Elektrolysezellen der Pilotanlage zu untersuchen. Die Erprobungsphase soll dazu dienen, dass alle notwendigen Versuchsparameter vom Labor- auf dem halbtechnischen Maßstab übertragen und gegebenenfalls angepasst werden.

In der folgenden Dauerbetriebsphase werden letztendlich die Dauerversuche in Abhängigkeit von den geplanten Parametereinstellungen durchgeführt. Zwischen den einzelnen Versuchsphasen sind Auswertungen durchzuführen und die nächsten Randbedingungen und Rahmenparameter festlegen zu können.

Im Rahmen der abschließenden Bilanzierung sollen die Effekte der optimierten Spülprozesse bzw. der angesprochenen geometrischen Optimierung bewertet werden. Letztendlich sind Aussagen über die Anlagenparameter wie Sulfatabtrennung, CO<sub>2</sub>-Umsatz, spezifischer Energieverbrauch und Spülsäureverbrauch zu treffen. Diese sind untereinander und mit den Bedingungen des bisherigen herkömmlichen Verfahrens zu vergleichen. Die Auswirkungen des Einsatzes optimierter Spülprozesse/Zellgeometrien sollen abschließend wirtschaftlich bewertet werden.