

CONSTRUCTED WETLAND FÜR EINE KUPFERMINE IN CHILE

Dr. André Gerth, Anja Hebner, Andreas Kuhne¹

Kurzfassung / Abstract: In einem Bergbauunternehmen 80 km nördlich von Santiago de Chile fallen bei der Erzaufbereitung mit Sulfat und Molybdän belastete Prozessrückstände an. Diese werden in riesige Tailings verbracht. Der sich bildende flüssige Überstand wird bisher unbehandelt zur Verdunstung in Plantagen geleitet. Mit dem Austrag von Schadstoffen über den Sickerwasserpfad sind erhebliche Verunreinigungen von Boden und Grundwasser verbunden. Bergrechtliche Auflagen zum Schutz der Umwelt erfordern eine Behandlung des Prozesswassers und entsprechende Lösungskonzepte, um weitere Umweltbelastungen zu vermeiden. Eine von BioPlanta konzipierte und projektierte Pilotanlage eines Constructed Wetlands wurde im ersten Quartal 2007 in Betrieb genommen. Der Konzeption der Anlage sind umfangreiche Untersuchungen zur Reduktion von Sulfat (mittlere Ausgangskonzentration 2.000 mg/l) in unterschiedlichen Wetlandsystemen im Technikum der BioPlanta in Leipzig vorausgegangen. Die errichtete Pilotanlage dient der Behandlung eines Teilstromes des mit Sulfat und Molybdän verunreinigten Wassers. Mit dem Betrieb dieser werden die standortspezifischen Bemessungsansätze für die Errichtung einer großtechnischen Anlage ermittelt.

Einleitung

In einem der größten chilenischen Kupferbergbauunternehmen werden jährlich ca. 240.000 Tonnen Kupferkonzentrat gewonnen. Die bei der Kupfergewinnung anfallenden Rückstände werden flussabwärts des Rio Blanca in riesige Tailings (Abbildung 1) geleitet.



Abb. 1 Tailing des Kupferbergbaus in Chile

In den Tailings bildet sich auf den eingeleiteten Prozessrückständen ein flüssiger Überstand. Um die Tailings möglichst effektiv zu nutzen, wird der flüssige Überstand abgepumpt und zur Verdunstung auf riesige Vegetationsflächen verteilt.

Der Überstand enthält neben Molybdän erhöhte Konzentrationen an Sulfat. Die Schadstoffkonzentrationen übersteigen die Grenzwerte der chilenischen Normen für Bewässerungswasser. Um zukünftig eine Gefährdung des Schutzwertes Grundwasser auszuschließen, wird durch das chilenische Bergbauunternehmen nach einer Möglichkeit der Verminderung der Sulfatkonzentration im Wasser vor der Verteilung auf den Vegetationsflächen gesucht.

Das von der BioPlanta erarbeitete Konzept für die biologische Behandlung des für die Bewässerung eingesetzten Wassers basiert auf Untersuchungen zur mikrobiologischen Re-

¹ BioPlanta GmbH, Deutscher Platz 5, 04103 Leipzig, Tel.: 0341/224 58-32, info@bioplanta-leipzig.de

duktion von Sulfat in Constructed Wetlands, welche im Technikum der BioPlanta durchgeführt wurden.

Aufbauend auf diesem Konzept wurde eine Pilotanlage für die Behandlung eines Teilstromes des derzeit zur Bewässerung eingesetzten Wassers aus den Tailings geplant und am Standort des Bergbauunternehmens in Chile errichtet und in Betrieb genommen. Für den Nachweis der effektiven Sulfatreduktion wird an der Pilotanlage ein umfangreiches Monitoringprogramm umgesetzt.

Material und Methoden

Untersuchungen an Modellsystemen im Technikum

Das in dem zu behandelnden Wasser enthaltene Sulfat soll durch anaerobe mikrobielle Prozesse vermindert werden. Es wurden zwei Modelle eines Constructed Wetlands im Technikum aufgebaut und betrieben. Die Modellsysteme unterscheiden sich in der Durchströmung (vertikal, horizontal) des Kiesfilters. Die Höhe der Kiesschüttung liegt bei jeweils 28 cm. Die Korngröße des Kiesmaterials beträgt 5 bis 8 mm. Beide Systeme wurden kontinuierlich mit einem Modellwasser beschickt. Dieses wurde durch die Zugabe von Natriumsulfat mit rund 2.000 mg/l Sulfat angereichert. Der Kiesfilter der Variante mit horizontaler Durchströmung wurde zu einem Teil überstaut (6 cm oberhalb der Kiesoberfläche) und einem Teil nicht überstaut betrieben. Bei der Variante mit vertikaler Durchströmung erfolgte die Passage des Wassers durch den Kiesfilter entgegen der Gravitation. Der Kiesfilter wurde bis auf 3 cm oberhalb der Kiesoberfläche mit Wasser überstaut.

Um reduzierende Bedingungen in den Kiesfiltern zu induzieren, wurde beiden Modellsystemen quasi kontinuierlich eine leicht verfügbare Kohlenstoffquelle zugegeben. Des Weiteren wurden die Systeme einmalig mit Faulschlamm von einer kommunalen Kläranlage angeimpft.

Errichtung einer Pilotanlage am Standort der Kupfermine in Chile

Aufbauend auf den Untersuchungen zur mikrobiologischen Sulfatreduktion in Modellsystemen wurde eine Pilotanlage für die Behandlung eines Teilstromes des zur Bewässerung eingesetzten Wassers geplant und errichtet. Die Anlage besteht aus einer mechanischen Vorbehandlung (Rechen, Grobkiesfilter) und zwei in Reihe geschalteten Constructed Wetlands (Abbildung 2). Die Grundfläche der Wetlands beträgt 520 m² und 280 m². Diese sind als Erdbecken mit einer Folienabdichtung mit entsprechenden Zu-, Verteilungs- und Ablaufleitungen und notwendigen Schachtbauwerken errichtet. Die Höhe der Kiesschüttungen beträgt 1 m und 0,5 m. Für die Bepflanzung der Kiesfilter wurden einheimische Helophyten (*Typha spec.*) verwendet. Das erste Wetland wird als surface flow und das diesem nachgeschaltete als subsurface flow Wetland betrieben. Die Pilotanlage ist für einen kontinuierlichen Durchsatz von 6 bis 24 m³/h konzipiert.

Die Inbetriebnahme der Pilotanlage erfolgte im April dieses Jahres. Das durch die BioPlanta aufgestellte Betriebs- und Monitoringprogramm wird vor Ort durch ein chilenisches Ingenieurbüro umgesetzt.



Abb. 2 Constructed Wetland am Standort der Kupfermine in Chile (erstes Quartal 2007)

Ergebnisse

In den durchgeführten Untersuchungen wurde eine Verminderung der Sulfatkonzentration von 2.200 mg/l auf bis zu 750 mg/l erreicht. Die Sulfatreduktion wurde durch die Animpfung der Modellsysteme mit Faulschlamm bewirkt. Dies spiegelte sich zum einen in der Sulfatkonzentration und zum anderen in der Sulfidkonzentration und dem pH-Wert nieder. Ein Teil des Schwefels wurde im Versuch zu Elementarschwefel (Kiesoberfläche) umgesetzt. Eine dauerhafte Sulfatreduktion wurde jedoch nicht erreicht. Die Reduktion von Sulfat in Wetlands wurde in einem sich anschließenden Säulenversuch nochmals intensiv untersucht.

Diskussion

Beginnend mit einer umfangreichen Grundlagenermittlung hat die BioPlanta für ein chilenisches Bergbauunternehmen ein nachhaltiges Konzept für die Behandlung des für die Bewässerung eingesetzten Wassers in einem Constructed Wetland erarbeitet. Das im zu behandelnden Wasser enthaltene Sulfat (rund 2.000 mg/l) soll durch anaerobe mikrobielle Prozesse transformiert werden. Dazu werden reduzierende Bedingungen im Kiessubstrat und eine mikrobiologische Umsetzung des Sulfates zu Sulfid, durch die Zugabe einer leicht verfügbaren Kohlenstoffquelle, induziert.

Diese mikrobielle Reaktion erfolgt durch die Assimilation von Sulfat bei Abwesenheit von Sauerstoff durch sulfatreduzierende Bakterien. Diese reduzieren Sulfat zu Sulfid durch den Transfer von Elektronen aus der gleichzeitig stattfindenden Oxidation des organischen Kohlenstoffsubstrates. Die Sulfid-Anionen reagieren mit freien oder sorbierten Metall-Kationen. Ferner kann das Sulfid zu Hydrogensulfid reagieren und in die Atmosphäre entweichen.

In dem Technikum der BioPlanta wurden zwei unterschiedliche Wetlandsysteme hinsichtlich der Effektivität der Sulfatabtrennung getestet. Insgesamt bestätigen die Ergebnisse die in der Literatur vorhandenen Angaben, dass durch anaerobe biologische Prozesse Sulfat reduziert werden kann. Unter den gewählten Versuchsbedingungen wurde eine Reduzierung der Sulfatkonzentration um bis zu 65 % erzielt. Diese Werte konnten jedoch nicht dauerhaft erreicht werden. Zielstellung weiterführender Untersuchungen ist deshalb die weitere Optimierung der Prozessparameter.

Aufbauend auf den Ergebnissen zur mikrobiologischen Sulfatreduktion in Modellsystemen wurde nach der Festlegung des Standortes und der Ermittlung der Standorteigenschaften (wie Geologie, Klima) das Engineering für eine Pilotanlage eines Constructed Wetlands durch die BioPlanta durchgeführt. Die Errichtung des Wetlands erfolgte unter ständiger Begleitung der BioPlanta federführend durch das Bergbauunternehmen.

Das im April in Betrieb genommene Constructed Wetland hat eine Behandlungskapazität von bis zu 24 m³/d. Die Anlage reinigt vorerst nur einen kleinen Teilstrom des zu behandelnden Wassers. Mit erfolgreicher Demonstration des Betriebes sind die Erweiterung der Anlage und die Errichtung vergleichbarer Anlagen an weiteren Standorten in der chilenischen Bergbauregion geplant.

Eine Pilotanlage eines Constructed Wetlands mit der Zielstellung einer Sulfateliminierung existiert bei der größten Zinkmine Europas in Irland. Das dort zu behandelnde Bergbauwasser ist mit bis zu 900 mg/l Sulfat, 1,8 mg/l Zink und 0,2 mg/l Blei verunreinigt. Mit dem Betrieb der Pilotanlage konnten 69 % des Sulfates erfolgreich abgetrennt werden. Die Abtrennleistung der Anlage wird mit ca. 27 g/m²*d angegeben (O'Sullivan & Otte, 2006).

Das im Rahmen des Projektes entwickelte biologische Wasserbehandlungsverfahren soll zuerst im chilenischen Kupferbergbau zur kosteneffizienten und umweltverträglichen Reinigung des entstehenden sulfatbelasteten Wassers eingesetzt werden. Im Anschluss ist die Übertragung der Ergebnisse auf weitere Bergbaustandorte und Industriezweige vorgesehen.

Literatur

- Wolkersdorfer, C., Younger, P.L. (2002): Passive Grubenwasserreinigung als Alternative zu aktiven Systemen. In: Grundwasser, Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie, 2, S. 67-77
- O'Sullivan, A.D., Otte, M.L. (2006): Using ecosystem processes in a constructed wetland to treat mine wastewater in Ireland, In: The encyclopaedia of water – Wastewater and wastewater treatment system. Wiley Publisher. In press.
- Lloyd, J.R., Klessa, D.A., Parry, D.L., Buck, P., Brown, N.L. (2004): Stimulation of microbial sulphate reduction in a constructed wetland: microbiological and geochemical analysis, In: Water Research, 38, S. 1822-1830