

Wasserbehandlung und Rückstandsentsorgung

Abstract

This paper discusses the basic requirements to both the water treatment strategy and the related waste disposal, in the context of the WISMUT remediation activities. Subsequently, the main criteria for developing a site-specifically optimized water treatment strategy are derived. Some examples are chosen to demonstrate how the general strategy is realized within the framework of ongoing remediation projects.

1 Einleitung

Während und nach der Sanierung der Hinterlassenschaften des Uranerzbergbaues und der Aufbereitung der gewonnenen Erze der ehemaligen SDAG Wismut fallen Wässer an, deren Einleitung in die Vorflut ohne vorherige Behandlung nicht genehmigungsfähig ist. Dazu zählen insbesondere bei der Grubenflutung anfallende Wässer, Frei- und Porenwasser aus den Absetzbecken sowie Haldensickerwässer.

Die im Zusammenhang mit dem Uranerzbergbau und seinen Hinterlassenschaften typischen Wasserkontaminanten sind neben Uran und Radium vor allem Arsen, Eisen und Mangan sowie Härtebildner wie Magnesium und Kalzium. In den Haldensickerwässern des Ostthüringischen Reviers spielt darüber hinaus Sulfat in Konzentrationen von 20 g/l bis 30 g/l eine Rolle.

Einen guten Überblick über die Beschaffenheit der Wässer bietet der jährlich erscheinende Bericht über die „Ergebnisse der Umweltüberwachung und Sanierungstätigkeit“ der WISMUT GmbH [1].

Dieser Artikel diskutiert zunächst in allgemeiner Form die an die Wasserbehandlungsstrategie der WISMUT GmbH zu stellenden Anforderungen, die sich aus der Spezifik der anfallenden Wässer, den Sanierungszielen und den gegebenen Randbedingungen ableiten lassen. Darauf aufbauend wird

an drei Beispielen die konkrete, standortspezifische Umsetzung dieser Strategie dargestellt:

- Behandlung von Wässern aus der Industriellen Absetzanlage Helmsdorf,
- Behandlung von Flutungswasser der Grube Pöhla-Tellerhäuser,
- Behandlung von Haldensickerwässern durch Wetlands.

Die ersten beiden Beispiele charakterisieren bereits realisierte Vorhaben. Das dritte Beispiel hingegen eröffnet auf der Grundlage bereits vorliegender Erkenntnisse einen Ausblick auf zukünftig einzuschlagende Wege.

2 Allgemeine Anforderungen an die Wasserbehandlungsstrategie

Die Behandlung von kontaminierten Wässern ist integraler Bestandteil der Konzeption zur Sanierung von durch den Uranerzbergbau und von durch die Aufbereitung der gewonnenen Erze geprägten Standorten. Sie ist aus wasserrechtlichen und/oder unter strahlenschutzrechtlichen Aspekten dringend erforderlich.

Die Grundlage für die Ableitung der Notwendigkeit und die Festlegung von Behandlungszielen für die Wasserbehandlung bildet das Wasserhaushaltsgesetz [2], das die Forderungen zum Schutz der gesamten aquatischen Lebensgemeinschaft und insbesondere der Trinkwasserversorgung formuliert.

Obwohl einerseits nicht alle Bergbauwässer Abwässer im Sinne des Wasserhaushaltsgesetzes sind und andererseits die Rahmen-Abwasser-Verwaltungsvorschrift [3] keine speziellen, für die Sanierung der Altlasten des Uranerzbergbaus zutreffenden Festlegungen trifft, lassen sich die zuständigen Behörden bei der Genehmigung von Einleitgrenzwerten von den gesetzlich formulierten Mindestanforderungen für andere Industriebranchen leiten.

Diese Praxis vermittelt Sicherheit bei der Begründung der Notwendigkeit der Wasserbehandlung und bei der Festlegung der Zielstellungen für den Planer aus der Sicht der konventionellen Wasserschadstoffe. Komplizierter ist die Beantwortung der Frage nach der Notwendigkeit der Wasserbehandlung und hinsichtlich genehmigungsfähiger Ablaufwerte aus der Sicht des Strahlenschutzes.

Die gesetzliche Grundlage zur Bewertung aller mit radioaktiv kontaminierten Wässern und deren Behandlung in Verbindung stehenden Fragen bildet die Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz [4].

Folgende Nachweise

- Rechtfertigung der Maßnahme,
- Optimierung der Maßnahme,
- Dosisbegrenzung für Referenzpersonen

sind aus der Sicht des Strahlenschutzes zu führen. Im Unterschied zum Wasserrecht betrachtet der Strahlenschutz dabei lediglich die Auswirkungen der kontaminierten Wässer auf den Menschen.

Zur Rechtfertigung der Wasserbehandlung kann nicht ausschließlich die durch die direkte Einleitung der kontaminierten Wässer in den Vorfluter mögliche Strahlenexposition herangezogen werden, sondern es sind in die Betrachtungen weitere, langfristige und indirekte Folgen einer unbehandelten Wasserabgabe einzubeziehen.

Bei großen Schadstofffrachten, wie sie beispielsweise bei der Einleitung unbehandelten Flutungswassers in einen Vorfluter auftreten würden, ist eine Wasserbehandlung in erster Linie unter folgenden Gesichtspunkten geboten:

- langfristige sorptive Beladung feinkörniger Sedimente an Wehren und in Standwasserbereichen mit Radionukliden,
- langfristige Kontamination von bei Hochwasser überschwemmten Au-

enbereichen und daraus möglicherweise resultierende Nutzungseinschränkungen,

- Anreicherung von Radionukliden in zur Uferfiltration genutzten Bodenbereichen bei der Trinkwassergewinnung,
- unkontrollierte Anreicherung von radioaktiven Stoffen in Produkten durch die industrielle Nutzung von Wasser der Vorfluter.

Zudem wäre der Abstoß mehrerer Tonnen Uran und Arsen sowie einiger Giga-Becquerel Radium pro Jahr der Öffentlichkeit kaum vermittelbar.

Im Abstrom und in der unmittelbaren Umgebung von Halden sowie von Dämmen der Absetzbecken, d. h. bei relativ kleinen Schüttungen mit langfristig nahezu konstanten Schadstoffkonzentrationen, ist demgegenüber die Frage nach der Nutzung des Sickerwassers und des durch kontaminierte Sickerwässer beeinflussten Baches entscheidend für die Notwendigkeit einer Behandlung. Anhand von Expositionsmodellen und daraus abgeleiteten Abschätzungen der Gesundheitsrisiken werden Aussagen zu den erforderlichen Behandlungszielen getroffen.

Bei der Sanierung von Absetzbecken steht die Forderung nach einem schnellen Abbau bestehender radiologischer und konventioneller Gefährdungspotentiale durch die Entfernung des kontaminierten Frei- und Porenwassers im Vordergrund. Diese Maßnahme ist Voraussetzung für die trockene Verwahrung der Tailings, bei der zunächst durch technische Maßnahmen (Entwässerungsbrunnen, Vertikaldrains, Erhöhung des Porenwasserdruckes durch Auflasten) ihre hinreichende Entwässerung erfolgt. Anschließend werden die Tailings im Hinblick auf die Reduzierung der Infiltration von Oberflächenwasser und der Radonexhalation dauerhaft abgedeckt.

Jede der genannten Situationen erfordert demzufolge eine in bezug auf die zu behandelnde Menge, die voraussichtliche Dauer der Behandlung sowie den Chemismus des jeweiligen Wassers maßgeschneiderte Lösung. Eine wesentliche Frage im Zusammenhang mit der Behandlung toxisch und radioaktiv belasteter Wässer ist die sichere Entsorgung, d. h. Konditionierung und Verwahrung der dabei anfallenden Rückstände.

Das prinzipielle Dilemma jeder Wasserbehandlung besteht in der räumlichen Konzentration der Schadstoffe

und der damit verbundenen lokalen Erhöhung des Gefährdungspotentials. Um das durch die Verwahrung geschaffene Gefährdungspotential im Sinne der Optimierung der Maßnahme zu begrenzen, ist eine geeignete Konditionierung der Rückstände erforderlich.

Die Möglichkeiten reichen von einfachen Maßnahmen, wie dem Abfüllen der Schlämme in Fässer, über die Immobilisierung mittels hydraulisch abbindenden Aschen bis zur Einbindung in eine langzeitstabile Matrix aus Montanharz [5] oder auch aus Geopolymerzement [6].

Ein weiterer wesentlicher Aspekt der Wasserbehandlung im Rahmen der Sanierungstätigkeit ist die Optimierung der Verfahrensweise aus ökologischen wie auch aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten heraus. Für die Kosten, die bei der Wasserbehandlung sowie bei der Konditionierung und Verwahrung der Reststoffe auftreten, gilt, daß die spezifischen Kosten der Behandlung und Rückstandsverwahrung bei Durchsätzen in Bereich einiger Kubikmeter pro Stunde von den Personalkosten, bei Durchsätzen oberhalb von etwa 200 m³/h von den Chemikalienkosten bestimmt werden.

Der Personaleinsatz ist bei kleinen Durchsätzen oder geringen Schadstoffkonzentrationen nicht beliebig verringerbar, ebensowenig der spezifische Verbrauch prozeßbestimmender Chemikalien. Aus der gemeinsamen Analyse der hier nur grob skizzierten Gesichtspunkte ergeben sich neben der Forderung nach geringen Gesamtkosten folgende wesentliche Anforderungen an eine optimierte Verfahrensauswahl der Wasserbehandlung und Rückstandsverwahrung, die standortspezifisch verschiedene Gewichte erhalten:

Auslegung der Anlage auf große Schwankungsbreiten des Durchsatzes und der Beschaffenheit:

Die Erfahrungen zeigen, daß die Menge des einer Grube zuzitenden Infiltrationswassers zu Beginn und während der Flutung oft nur mit starken Unsicherheiten abgeschätzt werden kann. Gleiches gilt sinngemäß auch für die Prognose der chemischen Beschaffenheit bei Flutungs- und Halde-sickerwässern. Die flexible Auslegung einer Wasserbehandlungsanlage für verschiedene Durchsätze sowie eine stabile Prozeßführung sind des-

Minimierung des Rückstandsanfalls:

Die Rückstandsverwahrung muß über die gesamte erwartete Betriebsdauer der Wasserbehandlungsanlage hinweg auf WISMUT-Gelände sichergestellt werden können. Die Verwahrung von Rückständen an Standorten außerhalb der WISMUT GmbH ist nicht genehmigungsfähig.

Wartungsarme und selbstregulierende Systeme:

Wird mit einer langfristigen Notwendigkeit der Wasserbehandlung gerechnet, wie dies etwa bei Sickerwässern der Fall sein kann, ist einer Technologie der Vorzug zu geben, die mit minimalem Aufwand auch in Perioden des Ausfalls aktiver institutioneller Kontrolle hinreichend zuverlässig arbeitet.

Die Wasserbehandlung und Rückstandsverwahrung ist in die Optimierung der Gesamtsanierungslösung eines Standortes einzubinden. Dazu werden von der WISMUT GmbH in Zusammenarbeit mit Partnern konzeptionelle und entscheidungstheoretische Modelle [7, 8] entwickelt und zur Optimierung eingesetzt.

3 Fallbeispiele

3.1 Sanierung des Absetzbeckens Helmsdorf

Im ehemaligen Aufbereitungsbetrieb Crossen der SDAG Wismut im Zeitraum wurden von 1950 bis 1989 circa 74 Mio. t Uranerze verarbeitet.

Die Aufbereitungsrückstände wurden vorwiegend in die Absetzanlage Helmsdorf eingelagert. Neben den radioaktiven Aufbereitungsrückständen (circa 48,9 Mio. t) enthält das Absetzbecken Helmsdorf rund 6 Mio. m³ Freiwasser und etwa 22 Mio. m³ Porenwasser. Es kann mit herkömmlichen Sanierungsmethoden nur teilweise entwässert werden.

Außerdem werden jährlich circa 0,3 Mio. m³ Sickerwässer gefaßt und in das Absetzbecken zurückgeführt. Die im Absetzbecken Helmsdorf eingelagerten Wässer sind Produktionsabwässer des Aufbereitungsbetriebes und weisen die für die sodaalkalische Laugung der Erze typische, in den Tabellen 1 und 2 angegebene, chemische Zusammensetzung auf.

Die Entfernung der im Absetzbecken Helmsdorf eingelagerten Wässer ist die grundlegende Voraussetzung für die anschließende „trockene“ Ver-

rekte Einleitung der Wässer in den Vorfluter Zwickauer Mulde ist auf Grund ihrer hohen Uran-, Radium- und Arsenbelastung nicht möglich.

Auf der Grundlage umfassender Laborversuche – mehr als 30 verfahrenstechnische Varianten wurden betrachtet – und einer Verifizierung der Laborergebnisse im Pilotmaßstab wurde das Konzept für die Behandlung der Wässer abgeleitet.

Dieses Konzept sieht vor, das schadstoffbelastete Wasser zu filtrieren und anschließend die Uranentfernung mit Ionenaustauschern durchzuführen. Die Elution des beladenen Austauschers erfolgt mit einer Kochsalzlösung. Das uranhaltige Eluat wird in einer nachgeschalteten Membranfiltrationsanlage weiter aufkonzentriert. Das Konzentrat wird der Immobilisierung zugeführt und aus dem Permeat der wesentliche Teil des Elutionsmittels wieder zurückgewonnen.

Das uranfreie Effluent aus der Ionenaustauscherstufe wird zur weiteren Behandlung der Radium- und Arsenabtrennung durch Fällung zugeführt. Die Abtrennung der Fällungsschlämme erfolgt durch Flotation, ihre Entwässerung mittels Dekanter.

Für die Konditionierung und Immobilisierung des Schlammes und der aufkonzentrierten Uranlösung hat sich die Einbindung in hydraulisch abbindende Aschen und Zement bewährt. Elutionstests zeigen, daß die immobilisierten Rückstände tatsächlich ohne Gefahr für die Umwelt auf speziell vorbereiteten Flächen im Bereich der Absetzanlage verwahrt werden können.

Das vereinfachte technologische Schema der Wasserbehandlung ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Wasserbehandlungsanlage Helmsdorf wurde für einen Nenndurchsatz von 250 m³/h projektiert und im Juni 1995 in Betrieb genommen. Im ersten Betriebsjahr konnten wesentliche Erkenntnisse zur Behandlung von Tailingswasser gewonnen werden.

Im Bereich der Verfestigung und Immobilisierung der anfallenden Rückstände kam es im ersten Betriebsjahr der Wasserbehandlungsanlage wiederholt zu erheblichen technologischen Problemen, die auf große Schwankungen im Erstarrungsverhalten der eingesetzten Bindemittel (hydraulisch abbindende Braunkohlenfilteraschen und Zement) zurückzuführen sind. Es hat sich gezeigt, daß eine zeitlich starre

Tabelle 1. Uran-, Radium- und Arsenbelastung des Frei-, Poren- und Sickerwassers des Absetzbeckens Helmsdorf.

Komponente	Maßeinheit	Konzentration			Ablaufwert
		Freiwasser	Porenwasser	Sickerwasser	
U _{nat}	mg/l	7,0	2,0–30	14	0,5
²²⁶ Ra	mBq/l	1200	500–2000	190	200
As	mg/l	92	< 6	2,5	0,2

Tabelle 2. Neutralsalzbelastung und pH-Wert des Frei- und Porenwassers des Absetzbeckens Helmsdorf (Hauptkomponenten, [9]).

Komponente	Maßeinheit	Konzentration	
		Freiwasser	Porenwasser
SO ₄ ²⁻	mg/l	6000	1,0–10
Cl ⁻	mg/l	1600	0,1–2,0
CO ₃ ²⁻	mg/l	2500	< 2000
HCO ₃ ⁻	mg/l	3000	300–4000
pH-Wert	–	7,5–9,2	7,5–9,5

Kopplung der Prozessschritte Herstellung des Mörtels, Formgebung und Verwahrung der Immobilisate unzweckmäßig ist. Gegenwärtig wird ein Umbau der Anlage vorbereitet, mit dem die aufgetretenen Störungen beseitigt werden. Die gewonnenen Erfahrungen werden der Planung künftiger Wasserbehandlungsanlagen zugute kommen.

Trotz der beschriebenen anfänglichen Schwierigkeiten konnten im ersten Betriebsjahr circa 1,9 Mio. m³ Freiwasser aus dem Absetzbecken Helmsdorf bei Einhaltung der behördlich festgelegten Ablaufwerte (siehe Tabelle 1) behandelt, in die Zwickauer Mulde eingeleitet und dadurch das Risikopotential der Absetzanlage verringert werden.

3.2 Flutung der Grube Pöhla und Sickerwässer der Luchsbachhalde

Am Standort Pöhla der WISMUT befinden sich die Grube Pöhla-Tellerhäuser mit circa 1 Mio. m³ flutbarem Hohlraum, die Luchsbachhalde mit einem Gesamtvolumen von etwa 1,7 Mio. m³ sowie Betriebsgebäude des ehemaligen Bergbaubetriebes.

Entsprechend dem Sanierungskonzept für diesen Standort werden die Betriebsgebäude abgerissen, kontaminierter Bauschutt und Schrott wird in die Luchsbachhalde eingelagert. Die Luchsbachhalde wird anschließend mit einer kombinierten Mineral- und Kulturbodenschicht abgedeckt. Für die Verwahrung der Luchsbachhalde ist ein Zeitraum von weniger als drei Jahren vorgesehen.

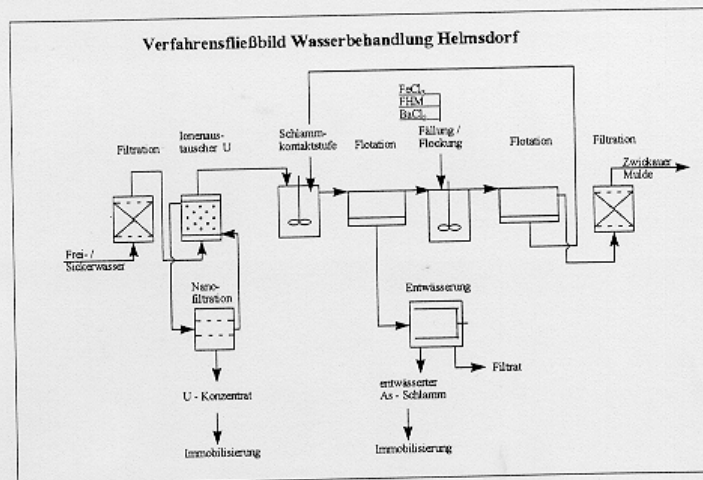


Abb. 1. Verfahrensschema der Wasserbehandlungsstrecke in der WBA Helmsdorf.

Tabelle 3. Belastung des Flutungswassers der Grube Pöhla-Tellerhäuser (Hauptkomponenten, Mittelwerte II. Halbjahr 1995) und behördlich genehmigte Ablaufwerte der Wasserbehandlungsanlage.

Komponente	Maßeinheit	Konzentration	Ablaufwert
U_{nat}	mg/l	1,6	0,2
^{226}Ra	mBq/l	1400	500
As	mg/l	0,9	0,1
Fe	mg/l	17	2,0
Mn	mg/l	3,7	2,0

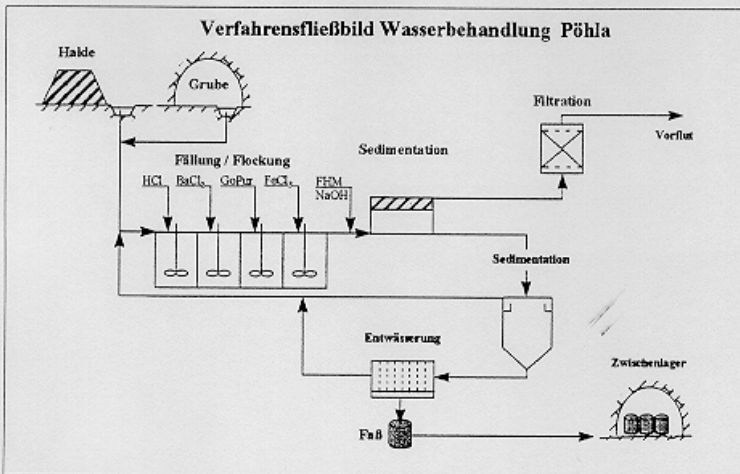


Abb. 2. Verfahrensschema der Wasserbehandlung und Reststoffentsorgung in der WBA Pöhla. Die entwässerten Reststoffe werden in Fässer verfüllt und an einem untertägigen Standort zwischengelagert.

Im überschlütteten Luchsachtal treten aus der Halde Sickerwässer mit einer mittleren Schüttung von circa 65 m³/h aus. Bis Anfang 1996 konnten sie aufgrund ihrer Belastung ohne vorherige Behandlung nicht in den Vorfluter eingeleitet werden.

Weiterhin wurde 1991 mit der Flutung der Grube Pöhla-Tellerhäuser begonnen. Sie erreichte im Herbst 1995 das Niveau des natürlichen Überlaufes zur Tagesoberfläche. Das Flutungswasser, seine Belastung wird in Tabelle 3 charakterisiert, muß ebenfalls vor der Einleitung in den Vorfluter einer Behandlung unterzogen werden.

Zur gemeinsamen Behandlung von Haldensicker- und Flutungswasser wurde im Herbst 1995 eine Wasserbehandlungsanlage in Betrieb genommen, die nach einem gemeinsam von der WISMUT GmbH und vom Institut für angewandte Polymerforschung Tetlow der Fraunhofer Gesellschaft entwickelten Verfahren der selektiven Fällung/Flokkung arbeitet [10].

Zur Uranabtrennung kommt dabei das selektive Flockungsmittel GoPur 3000 mit einer maximalen Beladungs-

kapazität von bis zu 600 g Uran je Kilogramm Polymer zum Einsatz. Ein vereinfachtes Verfahrensschema der Anlage ist in Abbildung 2 dargestellt.

Das Verfahrenskonzept ist einfach, und die Inbetriebnahme der Anlage gestaltete sich weitestgehend komplikationslos. Die Wasserbehandlung bereitete hinsichtlich der Steuerung und Überwachung des Prozesses keine Schwierigkeiten.

Aus diesem Grund ist vorgesehen, dieses Verfahren auch bei der Behandlung der hinsichtlich ihrer Beschaffenheit sehr ähnlichen Flutungswässer der Grube Schlema-Alberoda zu nutzen.

Da das Haldensickerwasser seit Anfang 1996 Ablaufwerte erreicht hat, die seine Behandlung überflüssig machen, wurde die Anlage auf die separate Behandlung von Flutungswasser umgestellt. Damit ist zunächst ein höherer Chemikalienverbrauch je Kubikmeter Wassers verbunden, da die Belastung des zu behandelnden Wassers deutlich gestiegen ist. Durch den geringeren Durchsatz ergeben sich jedoch insgesamt erhebliche Einsparungen der jährlichen Betriebskosten.

Die insgesamt problemlose Umstellung der Fahrweise hat gezeigt, daß Verfahren und Anlage geeignet sind, bei unterschiedlichen Durchsätzen und großen Schwankungen der Belastung der zu behandelnden Wässer die behördlich genehmigten Ablaufwerte (siehe Tabelle 3) durchaus sicher zu gewährleisten.

Trotz der Reduzierung des Durchsatzes der Wasserbehandlungsanlage blieb der Arbeitsaufwand aufgrund der umfangreichen Kontrollaufgaben weiterhin auf gleichem Niveau. Im Rahmen einer weiteren Optimierung wird der Übergang zu einer periodischen Fahrweise der Anlage erwogen. Dazu wird der Flutungswasserspiegel in der Grube abgesenkt und das hierbei anfallende Wasser behandelt. In der darauffolgenden Phase wird die Wasserbehandlungsanlage außer Betrieb genommen, und das Flutungswasser steigt in dem als Puffer genutzten Grubenhohlraum wieder an.

Gegenwärtig kann nicht ausgeschlossen werden, daß im Verlauf der Verwahrung der Luchsachtalhalde die Belastung des Haldensickerwassers zeitweilig ansteigt und die für die unbehandelte Einleitung zulässigen Werte überschreitet. In diesem Fall ist es aufgrund der hohen Flexibilität des Verfahrens möglich, die Wasserbehandlungsanlage kurzfristig auf die gemeinsame Behandlung von Flutungs- und Haldensickerwasser umzustellen.

Die bei der Wasserbehandlung anfallenden Schlämme werden mechanisch bis auf eine Feuchte von circa 60 % entwässert und in spezielle Kunststoffässer verfüllt, die gegenwärtig an einem untertägigen Standort in der Grube Pöhla zwischengelagert werden. Dieser Standort hat sich bei einem Vergleich alternativer Verwahrungsstrategien als Vorzugsoption auch für die endgültige Verwahrung der Rückstände erwiesen.

Die erforderliche Dauer der Behandlung von Flutungswasser der Grube Pöhla-Tellerhäuser wird aufgrund geochemischer Modellierungen mit bis zu 15 Jahren abgeschätzt. Bei der ausschließlichen Behandlung von Flutungswasser fallen innerhalb dieses Zeitraumes circa 900 t entwässerte Schlämme an.

Der zur Verfügung stehende untertägige Standort ist zur Aufnahme und sicheren Verwahrung dieser Menge ausreichend.

3.3 Biologische Wasserbehandlung durch Wetlands

Bei der Behandlung geringer Sickerwassermengen im Bereich einiger Kubikmeter pro Stunde, in denen die Konzentrationen an uranerzbergbautypischen Kontaminanten über längere Zeiträume nicht signifikant abklingen, dominiert der Anteil der Personalkosten die Aufwendungen für die Wasserbehandlung.

Demzufolge ist eine der aktuellen Entwicklungsaufgaben die Identifikation und Auswahl eines Verfahrens für die Behandlung von Sickerwässern, das sich insbesondere durch einen geringen Personalaufwand für Betrieb und Wartung auszeichnet. Im Idealfall ist lediglich eine Überwachung des bestimmungsgemäßen Betriebs (Probenahme, visuelle Kontrolle) in großen Zeitabständen erforderlich.

Die anfallenden Rückstände sollten zwischen den Beräumungszyklen sicher in der Anlage selbst zwischengelagert werden können, und ihre Verwahrung sollte mit geringem Aufwand möglich sein.

Eine Möglichkeit, dieser Vorstellung sehr nahe zu kommen, besteht in der Nutzung mikrobiologischer Stoffwechselprozesse in Feuchtraumbiotopen, sogenannten Wetlands. Die Herausforderung besteht in der Wahl optimaler Umgebungsbedingungen für die Mikroorganismen (Substrate, Nährstoffquellen etc.) unter den gegebenen klimatischen Verhältnissen. Gegenwärtig werden durch die WISMUT GmbH in Zusammenarbeit mit externen Partnern Möglichkeiten des Einsatzes von Wetlands zur Behandlung von Haldensickerwässern im Gebiet Schlema-Alberoda untersucht.

Bei ersten Untersuchungen stellte sich heraus, daß sich am Fuß einer Halde bereits ohne äußeres Zutun ein circa 200 m² großes Feuchtraumbiotop herausgebildet hat. Abbildung 3 zeigt



Abb. 3. Ausschnitt aus einem natürlich entstandenen Feuchtraumbiotop am Standort Schlema-Alberoda. An dieser Stelle findet eine Arsen- und Urananreicherung unter natürlichen Bedingungen statt.

einen Ausschnitt daraus. Im austretenden Sickerwasser wird dabei auf einer Strecke von nur wenigen Metern die Urankonzentration von etwa 2 mg/l auf unter 0,2 mg/l reduziert.

Da die Implementierung von Wetlands im Hinblick auf die stabile Betriebsweise unter natürlichen Umweltbedingungen erfahrungsgemäß ein kritischer Anpassungs- und Optimierungsprozeß ist, bietet sich die Nutzung von am Standort vorhandenen Biotopen durch Verpflanzung an.

Im Zuge der weiteren Untersuchungen soll daher versucht werden, die in dem bestehenden Feuchtraumbiotop ablaufenden mikrobiellen Prozesse auf qualitativer und halbquantitativer Stufe zu verstehen, um auf dieser Grundlage neue Wetlands an anderen Halden des Standorts installieren zu können.

Literatur

- [1] Ergebnisse der Umweltüberwachung und Sanierungstätigkeit, WISMUT GmbH, erscheint jährlich.
- [2] Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushaltes (Wasserhaushaltgesetz) vom 23. 09. 1986 (BGBl. I S. 1529, berichtigt S. 1654, geändert durch Gesetz vom 22. 05. 1990, BGBl. I S. 212).
- [3] Allgemeine Rahmen-Verwaltungsvorschrift über Mindestanforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Rahmen-AbwasserVwV) vom 08. 09. 1989 (GMBL S. 518, geändert durch VwV vom 19.12.1989, GMBL S. 798 und vom 27.08.1991, GMBL S. 686).
- [4] Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz (VOAS) vom 11. 10. 1984 (GBl. I Nr. 50 S. 341).
- [5] F. Glombitza, L. Eckardt, G. Kießig, C. Kunze: Montane Resin Immobilization of Sludges from a Uranium Mine Water Treatment Plant. To be published in Waste Management.
- [6] J. Davidovits: New confinement concepts based on geopolymeric materials. Proc. Int. Symp. GEOCONFINE 93, held in Montpellier, France, 8-11 June 1993, A.A.Balkema, Rotterdam, Brookfield (1993).
- [7] C. Voss, R. Kossik, F. Pelz, M. Haase, R. Kahnt: Probabilistic Performance Assessment of Remediation Options for a Uranium Mill Tailings Impoundment in Eastern Germany. To be presented at the International Conference on Performance Assessment, Salt Lake City UA, USA, October 1996.
- [8] W. Roberds, C. Voss, A. Jakubick, C. Kunze, F. Pelz: Multi-Attribute Decision Analysis of Remediation Options for a Uranium Mill Tailings Impoundment in Eastern Germany. To be presented at the International Conference on Performance Assessment, Salt Lake City UA, USA, October 1996.
- [9] Sanierungskonzept Standort Crossen, WISMUT GmbH, März 1994, unveröff. Bericht.
- [10] U. Gohlke, A. Otto, G. Kießig: Water treatment of mining waste waters of the Erzgebirge through precipitation and flocculation; Vom Wasser 84 (1995) 117-129.

Anschrift der Verfasser:

Dr. Gunter Kießig, Dr. Christian Kunze, WISMUT GmbH, Postfach 52, D-09034 Chemnitz.