



Erweiterte Untersuchungen des Gewässers und des Ökosystems im Tontagebaurestloch Marienthal-Trottheide

Für das LBGR Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe

Kurztitel: Gefährdungsanalyse Trottheide

Auftrag mit Gesch.-Z. 2015/101 vom 27.08.2015 Projektnummer IWB: 32/14



Restsee im Tontagebau Marienthal-Trottheide
(Foto: Kreuziger, September 2015)

Dresden, am 19.02.2016

Auftraggeber: Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe
Inselstraße 26, 03046 Cottbus

Bestellnummer: Gesch.-Z. 2015/101 vom 27.08.2015

Verantwortlicher: Herr Bernd Hesse
Herr Hans-Joachim Benisch

Auftragnehmer: Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann
Lungkwitzer Str. 12, 01259 Dresden

Projektnummer: 32/14

Bearbeiter: Dr. Wilfried Uhlmann
Dr. Yvonne Kreuziger

Dipl.-Hydrol. Kai Zimmermann


M. Sc. Sebastian Mix

Dipl.-Biol. Rainer Kruspe (IDUS)

UTA Ronny Schwitale (IDUS)

Dr. W. Uhlmann

Dresden, am 19.02.2016


Dr. W. Uhlmann
(Verfasser)

Zusammenfassung

- (1) Das Tontagebaurestloch Marienthal-Trottheide wurde im Herbst 2015 im Auftrag des LBGR einer limnologischen Untersuchung unterzogen. Nach einer Vorauswahl der Messstellen und Messprofile wurden **Wasser- und Sedimentproben entnommen sowie hydrochemisch und ökotoxikologisch untersucht**. Zur Überwachung der langfristigen Schadstoffexposition wurden Passivsammler eingesetzt.
- (2) Der Restsee hat 2011 seinen hydraulischen Gleichgewichtszustand erreicht. Morphometrisch ist er in zwei Teilbecken untergliedert und mit instabilen Innenkippen durchsetzt. Im Bereich der Ablagerung, im westlichen Becken, beträgt die maximale Wassertiefe ca. 4 Meter. Die größten Wassertiefen werden mit mehr als 8 Meter gemessen. Sie finden sich im östlichen Teilbecken und an der nördlichen Böschung.
- (3) Der See stellte sich bei der frühherbstlichen Beprobung als geschichteter See dar, wobei ein Epilimnion von ca. 6 Meter Mächtigkeit und darunter ein Tiefenwasser unterschieden werden konnten. Ob es sich bei dem Tiefenwasser um die Rudimente eines frühherbstlichen Hypolimnions oder eines durchmischungsfreien Monimolimnions handelt, konnte durch die einmaligen Messungen im Herbst 2015 nicht aufgeklärt werden.
- (4) Im gesamten Restsee Marienthal-Trottheide wurde eine Faulschlammauflage mit einer Mächtigkeit zwischen 5 bis 20 Zentimeter gefunden. Im Bereich der Ablagerung wurden zudem Plastikabfälle im Sediment gefunden sowie ein starker Geruch und Gasbildung festgestellt.

- (5) Im Bereich der Ablagerungen wurden im Sediment erhöhte Metallkonzentrationen insbesondere von Zink, Blei und Kupfer nachgewiesen, die den Zuordnungswert Z1 nach LAGA M20 TR Boden überschreiten. Im wässrigen Auszug sind diese Metalle jedoch nicht eluierbar. Die Gefahr des Überganges in die wässrige Phase ist folglich gering.
- (6) Im Bereich der Ablagerungen wurden im Feststoff und im Eluat des Sedimentes PAK nachgewiesen. Die nachgewiesenen maximalen Feststoffgehalte einzelner Kennwerte in den Sedimenten des Restsees Marienthal-Trottheide liegen über Z1 und teilweise sogar über Z2.
- (7) Im ganzen See sind im Feststoff und im Eluat des Sediments sowie im Freiwasser Einzelkomponenten der Alkylphenole Phenol, 2-Methylphenol, 3-Methylphenol und 4-Methylphenol quantitativ nachweisbar. Die Konzentrationen liegen jedoch deutlich unter den Geringfügigkeitsschwellenwerten.
- (8) Durch die Ablagerung werden Nährstoffe und biologisch leicht abbaubare Zehrstoffe in den Restsee abgegeben. Diese führen während der Sommerstagnation im geringmächtigen Tiefenwasser zu starken Zehrungsprozessen bis zur Sulfatreduktion und zur Bildung von Faulschlamm.
- (9) Das Tiefenwasser unterhalb von 6 Meter Wassertiefe ist anaerob. Im Tiefenwasser ist Sulfid nachweisbar. Unter anoxischen Bedingungen wurden außerdem hohe Eisen- und Mangankonzentrationen sowie hohe Phosphor- und Ammoniumkonzentrationen gemessen. Im Tiefenwasser fanden sich vereinzelte Schadstoffbefunde von Arsen, PAK und Alkylphenolen. Die Konzentrationen liegen jedoch überwiegend unter den entsprechenden Schwellenwerten der LAWA.
- (10) Das oberflächennahe Seewasser ist mit $\text{pH} \approx 8$ schwach alkalisch, mit $\text{K}_{\text{S}4,3} \approx 2,9$ mmol/L gut gepuffert und mit einer elektrischen Leitfähigkeit von $450 \mu\text{S}/\text{cm}$ vergleichsweise schwach mineralisiert. Das oberflächennahe Seewasser ist praktisch nährstofffrei. Im Freiwasser wurden keine Schadstoffe nachgewiesen.
- (11) Die über eine Expositionszeit von sechs Wochen im Restsee Marienthal-Trottheide installierten Passivsammler bestätigten die hydrochemischen Befunde zum Seewasser hinsichtlich einer geringen stofflichen Belastung und hinsichtlich erhöhter Eisen- und Mangankonzentrationen im Tiefenwasser.
- (12) Die ökotoxikologischen Untersuchungen weisen weder in den grundnahen Wasserproben noch in den Sedimentproben toxische Effekte nach. Mit dem grundnahen Seewasser wurde beim Algentest sogar eine Wachstumsförderung aufgrund der hohen Nährstoffkonzentrationen festgestellt.
- (13) Die Abbauprobe an einer Sedimentmischprobe aus dem Bereich der Altablagerung haben gezeigt, dass unter anaeroben Bedingungen der Abbau nur mit etwa ein Zehntel der Geschwindigkeit des aeroben Abbaus stattfindet. Da im Tiefenwasserbereich von Marienthal-Trottheide zeitweise anaerobe Bedingungen vorliegen, ist die Abbaurate deutlich reduziert und es kommt zu einer Akkumulation zehrender Stoffe, was zur Faulschlamm-Bildung im gesamten See

führt. Daraus resultieren ein internes **Eutrophierungs- und ein Saprobisierungsproblem**.

- (14) Der Restsee wird aus hydrochemischer Sicht zu 90 % aus dem GWL2 gespeist. Von der Ablagerung ist nur der Zustrom aus dem oberen Grundwasserleiter GWL1 betroffen. Das Tontagebaurestloch Marienthal-Trottheide entwässert bevorzugt in den oberen GWL1 sowohl nach Norden zum Tornowfließ als auch nach Osten zur Havel.
- (15) Zur Aufklärung der limnologischen Zusammenhänge im Restsee Marienthal-Trottheide sollte das Oberflächenwassermonitoring qualifiziert werden. Dazu gehören mehrmalige Seebefahrungen im Jahr zu limnologisch relevanten Terminen mit der Aufnahme von Tiefenprofilen der physikalisch-chemischen Leitkennwerte und tiefenorientierte Beprobungen des Sees. Wasserproben sind differenziert oberflächen- und grundnah zu entnehmen. Neben den chemischen Kennwerten sollten auch biologische Kennwerte erfasst werden.
- (16) **Nach den vorliegenden vorläufigen Erkenntnissen besteht für den Tagebausee Marienthal-Trottheide kein Schadstoffproblem, dafür ein Eutrophierungsproblem und ein daraus folgendes Saprobisierungsproblem.** Als mögliche Maßnahmen zur Eindämmung der Eutrophierung werden die Abdeckung der ungenehmigten Ablagerungen mit inertem Bodenmaterial und eine Tiefenwasserbelüftung empfohlen. Die Abdeckung sollte im Zusammenhang mit den geotechnischen Sicherungsmaßnahmen als Massenumlagerung im See durchgeführt werden.

1 Veranlassung

Der Tontagebau Marienthal-Trottheide wurde bis 1989 von den Ziegelwerken Zehdenick betrieben. Unter einer 7 bis 8 Meter starken Abraumschicht wurden Tonmächtigkeiten von ca. 7 Meter angetroffen. In der Tagebaumitte wurde im Zuge der Tongewinnung ein Bereich umfahren, der als Halbinsel stehen geblieben ist. Die Entwässerung des Tagebaues erfolgte durch eine offene Wasserhaltung im Nordosten. Das Sumpfungswasser wurde in das Tornowfließ eingeleitet. Mit der Einstellung des Abbaubetriebes wurden setzungsfließgefährdete Innenkippen und rutschungsgefährdete Endböschungen hinterlassen. Zur Herstellung der Standsicherheit wurde die Verkipfung von Bauschutt und Bodenaushub bergrechtlich zugelassen.

Im Mai 2006 wurde eine behördliche Kontrolle im Tontagebaurestloch durchgeführt. Im Ergebnis der Kontrolle wurde die illegale Verbringung nicht genehmigter Abfälle in einer Größenordnung von 21.000 m³ festgestellt. Davon wurden auf Anordnung des LBGR 4.300 m³ vom Verursacher wieder ausgebaut, zunächst seitlich abgelagert und später, nach der Insolvenz des Betreibers, vom LBGR ordnungsgemäß entsorgt.

Mit der Anordnung zur sofortigen Untersagung der weiteren Verkipfung und der Einstellung der Einleitung des gehobenen Sumpfungswassers in die Vorflut wurde im Jahr 2006 vom Betreiber die Wasserhaltung im Tagebau eingestellt. Infolge dessen stieg der Wasserspiegel im Restloch an. Der Wasserspiegel im Restloch hat etwa 2011 einen stationären Zustand erreicht.

Zur Überwachung der Beschaffenheit des Oberflächen- und Grundwassers wurde im Jahr 2006 ein Monitoring installiert. Das Monitoring umfasst 23 Grundwassermessstellen in verschiedenen Grundwasserstockwerken und zwei Oberflächenwassermessstellen im Restsee. Die Messstellen werden zweimal im Jahr, jeweils im Frühjahr und im Herbst, durch das LBGR beprobt. Gefährdungen bzw. negative Veränderungen der Gewässergüte konnten im Zuge dieses Monitorings bisher nicht festgestellt werden. Dennoch werden von der besorgten Öffentlichkeit Umweltschäden aus den verbliebenen Ablagerungen befürchtet. Deshalb ist es erforderlich, eine abschließende Gefährdungsabschätzung zum Schutzgut Wasser durchzuführen.

Die Leistungen zur Gefährdungsabschätzung wurden beschränkt ausgeschrieben. Der Anfrage zur Gefährdungseinschätzung lagen eine Leistungsbeschreibung (Autor: Benisch, ohne Datum) sowie die sogenannten „Eckpunkte der erweiterten Untersuchung zum Tontagebaurestloch Marienthal-Trottheide“ [U 5] bei. Diese Eckpunkte gehen auf einen Vorschlag des UFZ Halle-Leipzig zurück.

Das LBGR hat das Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann am 27.08.2015 unter dem Geschäftszeichen 2015/101 mit der Bearbeitung der Gefährdungsanalyse Trottheide beauftragt. Die Beauftragung erfolgte auf der Grundlage eines Angebots des Instituts für Wasser und Boden Dr. Uhlmann vom 14.08.2015 mit der internen Projektnummer 32/14.

2 Aufgabenstellung

2.1 Zielstellung

Zur besseren Beurteilung der Gefahrensituation bzw. zur Klärung der Frage, ob von den ungenehmigten Ablagerungen eine Gefährdung für das Schutzgut Wasser ausgeht, ist die Erarbeitung eines **Gutachtens zur Gewässergüte des Restsees** im Tontagebau Marienthal-Trottheide erforderlich. Zielstellung der erweiterten Untersuchungen des Gewässers und des Ökosystems im Tontagebaurestloch ist die Einschätzung, ob aktuell eine Schadstoffmobilisierung stattfindet bzw. ob unter den gegebenen Umweltbedingungen mit einer Mobilisierung toxischer Stoffe zu rechnen ist. Hierfür sind die Untersuchungen auf den Wasserkörper der ehemaligen Tongrube und auf das ungenehmigt eingelagerte Material (Sediment) zu konzentrieren. Für eine wissenschaftlich fundierte Einschätzung der Situation war ein Untersuchungsprogramm in Anlehnung an die „Eckpunkte der erweiterten Untersuchung Tontagebaurestloch Marienthal-Trottheide“ [U 5] aufzustellen und durchzuführen. Ansonsten war der Bieter angehalten, ein funktionales Angebot zu unterbreiten, das dem Zweck der Aufgabenstellung am besten entspricht.

2.2 Aufgabenstellung nach den „Eckpunkten“

Die vorgeschlagenen „Eckpunkte der erweiterten Untersuchung Tontagebaurestloch Marienthal-Trottheide“ [U 5] lauten wie folgt:

1. Probennahmen:
 - a) Entnahme von 10 Wasserproben aus dem See als Profil über den See und aus unterschiedlichen Tiefen.

- b) Entnahme von 10 Sedimentproben an den gleichen Stellen.
 - c) Messung der physikochemischen Parameter pH-Wert, Leitfähigkeit, Temperatur, Redoxpotential und Sauerstoffgehalt bei den Probennahmen.
2. Chemische Analysen der Wasserproben:
- a) Screening auf das Vorhandensein von toxischen Schwermetallen, Metalloiden und ausgewählten organischen Schadstoffen (PAK).

Quantifizierung relevanter Stoffmengen in den Proben.
3. Ökotoxizitätspotential der Wasserproben:
- a) Screening-Untersuchung der Wasserproben mit einer Biotestbatterie, bestehend aus einem Algenwachstumshemmtest, einem Daphnientoxizitätstest in Anlehnung an die DIN 38412, Teil 11 bzw. Teil 30, einem Fischeitertest in Anlehnung an die ISO 15088-1 und einem Leuchtbakterientest nach der DIN 38412, Teil 34.
 - b) Vertiefte Untersuchung von Verdünnungsreihen der Proben in den TestSystemen, die im Screening eine biologische Aktivität zeigen.
4. Chemische Untersuchung der Sedimentproben:
- a) Totalextraktion der Sedimentproben mittels ASE zur organischen Target- und Screening-Analyse.
 - b) Aufschluss und Bestimmung der Gesamtgehalte an Schwermetallen.
 - c) Untersuchung des Remobilisierungsverhaltens prioritärer anorganischer und organischer Schadstoffe aus Sedimentproben mittels geeigneter wässriger Eluierungsverfahren, z. B. nach DIN 19529 oder DIN 19527.
 - d) Non-target-Screening der organischen Extrakte und wässrigen Eluate mittels GC-MS auf weitere mögliche Kontaminanten.
5. Ökotoxizitätspotential der Sedimentproben:
- a) Screening an unverdünnten Proben in weitgehend nativen Zustand durch Untersuchung der Phytotoxizität im Pflanzenwachstumstest mit dem Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) entsprechend eines neuen DIN-Verfahrensvorschlages.
 - b) Im Falle von detektierbaren Effekten kann mit wässrigen Eluaten und organischen Extrakten und anschließender Untersuchung in den unter 3. genannten Verfahren eine nähere Eingrenzung der adversen Effektqualitäten vorgenommen werden.
6. Zeitintegrierende (passive) Beprobung von Wasser- und Sedimentphase:
- a) Bestimmung der bioverfügbaren Schadstoffanteile durch vierwöchige Exposition und anschließenden Aufarbeitung und Analyse von geeigneten Passivsammlern (Polymerstreifen für Organika, Dosimeter für Metalle) an mindestens fünf Stellen in der Wasserphase und im Sediment.

- b) Berechnung der langfristigen Remobilisierungspotentiale der erfassten Schadstoffe aus dem Sediment in den Wasserkörper.

2.3 Umsetzung der Aufgabenstellung

In weitgehender Anlehnung an die Eckpunkte [U 5] wurde folgendes Untersuchungsprogramm zur Ausführung vorgeschlagen:

Pos. 1: Sediment- und Wasserprobenentnahmen (Limnologische Grundlagenuntersuchungen)

1. Recherche der verfügbaren limnologischen Daten und Untersuchungen zum Tontagebaurestloch und Planung der limnologischen Untersuchungen:
 - ③ Vorauswahl der Messprofile und Messstellen anhand der Morphologie des Tontagebaurestsees.
 - ③ Vorläufige Festlegung der Anzahl der Messprofile und Messstellen.
2. Durchführung von Feldarbeiten in den Schritten:
 - ③ Erste Befahrung des Tontagebaurestsees mit Schlauchboot unter Einsatz von GPS und Sonar.
 - ③ Präzisierung der geplanten Messprofile und Messpunkte anhand der tatsächlich vorgefundenen Wassertiefen.
 - ③ Aufnahme von Tiefenprofilen der Temperatur, des Sauerstoffs, des pHWertes, der elektrische Leitfähigkeit und des Redoxpotentials.
 - ③ Tiefenorientierte Entnahme von Wasserproben an den Stellen der markanten Tiefenprofile. Präparation der Wasserproben vor Ort und Erhebung der physiko-chemischen Vor-Ort-Kennwerte.
 - ③ Setzen einer Boje an jedem Standort.
 - ③ Stechen eines Sedimentkernes an jedem Standort.
 - ③ Erstauswertung der Tiefenprofile und Sedimentkerne. Standortauswahl für die Installation der Passivsammler.
 - ③ Zweite Befahrung des Tontagebaurestsees mit Schlauchboot.
 - ③ Gewinnung von Massenproben der Sedimente für die chemischen und biologischen Untersuchungen an den ausgewählten Stellen. ③ Setzen der Passivsammler an den ausgewählten Stellen.

Pos. 2: Chemische Analysen von Wasserproben

Die chemischen Wasseranalysen werden in drei Kennwertegruppen unterschieden:

- ③ Hydrochemisches Basisprogramm
- ③ Schwermetalle und Halbmetalle
- ③ Organische Schadstoffe

Pos. 3: Ökotoxizitätspotential von Wasserproben

Die ökotoxikologische Prüfung des Restseewassers soll mit einer Biotestbatterie erfolgen. Eine Biotestbatterie besteht aus:

- ③ Leuchtbakterientest,
- ③ Algenwachstumstest (Grünalgentest), ③ Daphnientoxizitätstest und ③ Fischeitest.

Pos. 4: Chemische Analysen der Sedimentproben

Der ursprüngliche Vorschlag des „Eckpunktepapiers“ [U 5] wurde durch bodenphysikalische und bodenchemische Untersuchungen ergänzt, die eine allgemeine Substrat- und Zustandskennzeichnung hinsichtlich der Sedimentgenese gestatten. Diese können für die Bewertung von Schadstoffgehalten und ihrer Mobilität von substantieller Bedeutung sein.

Die chemische Untersuchung der Sedimentproben schließt des Weiteren die Bestimmung der Schwer- und Halbmetalle im Feststoff, der synthetisch-organischen Schadstoffe im Feststoff, die Untersuchung des Remobilisierungsverhaltens der Schwer- und Halbmetalle und der synthetisch-organischen Schadstoffe mittels geeigneter wässriger Elutionsverfahren ein.

Pos. 5: Ökotoxizität der Sedimentproben

Im „Eckpunktepapier“ [U 5] war die Untersuchung der Phytotoxizität als Pflanzenwachstumstest mit dem Tausendblatt *Myriophyllum specatum* entsprechend eines neuen DIN-Vorschlages vorgesehen. Dieser DIN-Vorschlag ist den kommerziellen Laboren nicht zugänglich. Deshalb wurde alternativ zum *Myriophyllum*-Test vom nominierten Nachauftragnehmer für die Ökotoxizitätsuntersuchungen, der IDUS Biologisch Analytisches Labor GmbH, ein gleichwertiger normierter Wachstumstest nach DIN EN ISO 20079 bzw. OECD 221 (2006) mit der Wasserlinse *Lemna minor* durchgeführt.

Pos. 6: Passive Beprobung von Wasser und Sediment

Mit selektiven Passivsammlern soll die langfristige Schadstofffreisetzung überwacht werden. Kommerziell werden verschiedene Passivsammler angeboten. Nach entsprechenden Recherchen wurden die Passivsammler der Firma IMW Innovative Messtechnik Dr. Weiß (Tübingen) bevorzugt. Es werden zwei Arten von Passivsammlern eingesetzt: für Metalle der DGT-Sammler (Diffusive-Gradient-in Thin films) und für die synthetisch-organischen Schadstoffe Keramik-Dosimeter.

Hoch auflösende Porenwassersammler zur Messung der Schadstoffkonzentrationen und -gradienten im oberen Sedimentprofil konnten für den kommerziellen Einsatz nicht recherchiert werden. Diese Aufgabe kann durch ein Aufschneiden des Sedimentkernes auf vergleichbare Weise gelöst werden. Bei dieser Vorgehensweise fallen aber sehr viele Proben (mindestens 10 Stück an einem Standort) an. Aus der Sicht des Gutachters steht der Aufwand für solche Untersuchungen in keinem angemessenen Verhältnis zum Informationsgewinn. Zumal aus Gründen der Repräsentanz solche Untersuchungen an mehreren Standorten durchgeführt werden müssten. Deshalb wurden solche Untersuchungen nicht angeboten.

Die Passivsammler sollten an drei Stellen im Westteil des Restsees in drei differenzierten Tiefenstufen (möglichst Epilimnion, Hypolimnion und unmittelbar über Grund) platziert werden. Die Passivsammler werden in der entsprechenden Tiefe im See verortet und nach etwa vier bis acht Wochen geborgen und untersucht. Die Bergung der Dosimeter und Passivsammler sollte möglichst noch vor der herbstlichen Vollzirkulation erfolgen.

Die Untersuchung der Passivsammler war für folgende Kennwerte vorgesehen:

- (1) Keramik-Dosimeter: BTEX, PAK und CKW (letzteres ist im konkreten Fall sachlich nicht erforderlich, aber Bestandteil des Paketpreises).
- (2) DGT-Sammler: Al, As(III), Cd, Co, Cr(III), Cu, Fe, Mn, Ni, Pb und Zn

Zum Bergen der Passivsammler ist ein erneutes Befahren des Restsees erforderlich. Dabei werden die Tiefenprofile an den mit Bojen markierten Stellen erneut erfasst.

Weiterführende Untersuchungen im Rahmen eines Nachtragsangebotes

Ableitend aus den Beobachtungen während der ersten Messkampagne und den ersten Erkenntnissen aus den Wasseranalysen wurden nach Rücksprache mit den LBGR folgende ergänzende inhaltliche Leistungen als Nachtrag angeboten:

1. Entnahme und Untersuchung von Gasproben

Bei der Erstbeprobung am 29./30.09. wurden nach wie vor Ausgasungen im Bereich der Ablagerungen beobachtet. Die ersten und letzten Gasuntersuchungen wurden in den Jahren 2006/2007 durchgeführt. Deshalb wurde empfohlen, die Gasuntersuchungen zu wiederholen und die Befunde der zeitverschiedenen Untersuchungen zu vergleichen, um Rückschlüsse auf die Veränderung der Abbauprozesse in den Ablagerungen zu ziehen. Es waren die Entnahme von 3 Stück Gasproben an verschiedenen Stellen des Restsees im Bereich der Ablagerung mit sichtbaren Ausgasungen und die chemische Untersuchung der Gasproben bzgl. N₂, O₂, CO₂, CO, H₂, CH₄, H₂S und NH₃ vorgesehen.

2. Entnahme und chemische Analyse zusätzlicher Wasserproben

Im Zuge der Erstbeprobung am 29./30.09. wurden anstelle von 18 Wasserproben nur 14 Wasserproben aus dem Restsee gewonnen. Die Entnahme der Wasserproben erfolgte anhand der vor Ort angetroffenen limnologischen Verhältnisse, die vorab nicht bekannt waren. Es wurde daher vorgeschlagen, eine Wiederholungsbeprobung jeweils des grundnahen Tiefenwassers und des oberflächennahen Wassers im Restsee an den drei Stellen der Tiefensammler während der 2. Beprobungskampagne vorzunehmen. Der Umfang des Nachtrages betraf die Entnahme und chemische Analyse von zusätzlich zwei Wasserproben.

3. Aerobes und anaerobes Abbauverhalten der organogenen Sedimente:

Während der ersten Beprobungskampagne wurde für den Restsee eine Gefahr der Saprobisierung und internen Eutrophierung festgestellt. Als aussichtsreiche Methode zur Sanierung des Restsees käme bevorzugt eine Zwangsbelüftung des anaeroben

Tiefenwassers in Betracht. Ziel des Verfahrens ist es, die Faulschlamm- und Faulgasbildung sowie die begleitende Nährstofffreisetzung im Tiefenwasser wirksam zu verhindern. Zur orientierenden Untersuchung einer möglichen Zwangsbelüftung wurden die aerobe und anaerobe Abbaubarkeit der autochthonen organogenen Seesedimente unter verschiedenen thermodynamischen Randbedingungen (Sauerstofflimitation, Temperatur) untersucht.

4. Vertiefende hydrochemische Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit in Hinblick auf den Wasser- und Stoffaustausch mit dem Restsee

Die aus den vorliegenden Befunden erkennbare lokal differenzierte Hydrochemie des Seewassers insbesondere in den tiefen Senken legt unterschiedliche Grundwasserkontakte des Sees (mit unterschiedlichen Grundwasserleitern) nahe. Durch eine vertiefende hydrogeochemische Bewertung der Seewasserdaten und der Grundwasserdaten sollte ein hydraulisch und hydrochemisch plausibles Bild von den Wechselwirkungen zwischen dem Grundwasser und dem Seewasser gezeichnet werden.

3 Unterlagen

Für die Bearbeitung der Gefährdungseinschätzung des Restsees im Tontagebaurestloch Marienthal-Trottheide standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- [U 1] Auswertung der Haufwerksbeprobung vom 14.12.2006. Büro Dr. Beerrbalk, Berlin, 12.01.2007.
- [U 2] Abschlussbericht zur Gefahrenabwehr „Marienthal-Trottheide“ 2. Stufe: Oberflächenwasser- und Gasmonitoring im Zeitraum vom 02.07.2007 bis 31.03.2008 und Sauerstoffeintrag in die Uferzone im Zeitraum vom 01.10.2007 bis 31.03.2008 mit Zusammenfassung der Ergebnisse der 1. Stufe. Fa. Sensatec GmbH, Büro Berlin-Brandenburg, Fehrbellin 2007.
- [U 3] Auswertung der Untersuchungsergebnisse des Grund- und Oberflächenwassermonitoring von 2009 bis 2011 für das Tagebaurestloch Marienthal-Trottheide. LBGR Brandenburg, Dezernat Hydrogeologie, 13.03.2012.
- [U 4] Aktualisierung der Gefährdungsabschätzung für das Tontagebaurestloch Marienthal-Trottheide. Büro Dr. Beerbalk, Berlin, 19.03.2012.
- [U 5] Eckpunkte der erweiterten Untersuchung Tontagebaurestloch Marienthal-Trottheide. UFZ Umweltforschungszentrum Halle-Leipzig, 2012.
- [U 6] Laborprüfberichte für das Grund- und Oberflächenwassermonitoring 22006 im Bereich der Tongrube Marienthal-Trottheide, LAG Lausitzer Analytik GmbH, Schwarze Pumpe.
- [U 7] Laborprüfberichte für das Grund- und Oberflächenwassermonitoring 22007 im Bereich der Tongrube Marienthal-Trottheide, PWU Potsdamer Wasser- und Umweltlabor GmbH & Co. KG, Potsdam.
- [U 8] Laborprüfberichte für das Grund- und Oberflächenwassermonitoring 22008 im Bereich der Tongrube Marienthal-Trottheide, AKS Aqua Kommunal Service GmbH, Frankfurt (Oder), 01.07.2008.
- [U 9] Laborprüfberichte für das Grund- und Oberflächenwassermonitoring 22009 im Bereich der Tongrube Marienthal-Trottheide, PWU Potsdamer Wasser- und Umweltlabor GmbH & Co. KG, Potsdam.

- [U 10] Laborprüfberichte für das Grund- und Oberflächenwassermonitoring 22010 im Bereich der Tongrube Marienthal-Trottheide, LWU Labor für Wasser und Umwelt GmbH, Bad Liebenwerda, 23.07.2010 und 14.12.2010.
- [U 11] Laborprüfberichte für das Grund- und Oberflächenwassermonitoring 22011 im Bereich der Tongrube Marienthal-Trottheide, LWU Labor für Wasser und Umwelt GmbH, Bad Liebenwerda, 13.05.2011 und 02.12.2011.
- [U 12] Laborprüfberichte für das Grund- und Oberflächenwassermonitoring 22012 im Bereich der Tongrube Marienthal-Trottheide, LWU Labor für Wasser und Umwelt GmbH, Bad Liebenwerda, 30.07.2012 und 28.11.2012.
- [U 13] Laborprüfberichte für das Grund- und Oberflächenwassermonitoring 22013 im Bereich der Tongrube Marienthal-Trottheide, LWU Labor für Wasser und Umwelt GmbH, Bad Liebenwerda, 10.06.2013 und 16.01.2014.
- [U 14] Laborprüfberichte für das Grund- und Oberflächenwassermonitoring 22014 im Bereich der Tongrube Marienthal-Trottheide, LWU Labor für Wasser und Umwelt GmbH, Bad Liebenwerda, 20.06.2014 und 05.01.2015.
- [U 15] Laborprüfberichte für das Grund- und Oberflächenwassermonitoring im Frühjahr 2015 im Bereich der Tongrube Marienthal-Trottheide, LWU Labor für Wasser und Umwelt GmbH, Bad Liebenwerda, 22.04.2015.

7.5.2.4 Schadstoffbelastung des Grundwassers

Eine relevante Schadstoffbelastung wird im Grundwasser nicht festgestellt.

Systematisch leicht erhöht und im Mittel der Messreihe über dem Geringfügigkeitsschwellenwert von 10 µg/L nach [LAWA 2004] liegend ist die Arsenkonzentration in den Messstellen 1/2007 und 5/2006OP2 (Tabelle 45). Für die Messstelle 1/2007 kann aufgrund der geohydraulischen Verhältnisse als Ursache die nicht genehmigte Ablagerung sicher ausgeschlossen werden, weil sich dieses Belastungsmuster ansonsten auch im Restsee und in anderen Grundwassermessstellen des GWL1 im Abstrom des Restsees finden müsste.

Im Falle der Messstelle 5/2006OP2 liegt die Ursache vermutlich im Betrieb der Spülhalde. Die nachgewiesene, leicht erhöhte Arsenkonzentration in der Messstelle 1/2007 hat mit hoher Wahrscheinlichkeit natürliche Ursachen.

Der AOX liegt in den Grundwassermessstellen überwiegend zwischen 20 und 30 µg/L (Tabelle 45 und Tabelle 46). Diese Konzentrationsspanne entspricht natürlichen Hintergrundwerten. Geringfügig überschritten wird diese Konzentrationsspanne in den Messstellen 6/2006OP und 7/2006OP. Da das Grundwasser in diesen beiden Messstellen nachweislich örtlichen anthropogenen Einflüssen (Spülhalde bzw. ungenehmigte Ablagerung - Fahrtrasse) unterlag, kann die festgestellte AOX-Anomalie auf diese Einflüsse zurückgeführt werden. Eine relevante Kontamination wird dadurch jedoch nicht angezeigt.

8 Bewertung

8.1 Gefährdungsabschätzung

Im Bereich der **Ablagerung** wurden im **Feststoff** der autochthonen **Seesedimente** relevante Schadstoffgehalte nachgewiesen. Als Schadstoffe wurden MKW, PAK₁₆, Benzo(a)pyren und Metalle (Zink, Blei, Kupfer und Arsen) gefunden. Die Schadstoffgehalte überschreiten im Einzelfall die höchsten Zuordnungswerte Z2 nach LAGA.

Die umweltrelevanten und humantoxikologischen Schadstoffe erwiesen sich in den **wässrigen Eluaten** der autochthonen Sedimente jedoch als **wenig mobil**. Nur für PAK₁₅+Naphthalin wurden im Eluat Konzentrationen über dem Geringfügigkeits-schwellenwert nach LAWA gefunden. Von den Halbmetallen und Schwermetallen überschritten lediglich Arsen und Kupfer im Eluat den Zuordnungswert Z0 nach LAGA. Ansonsten sind die umweltrelevanten Halbmetalle und Metalle in den autochthonen Seesedimenten weitgehend immobil.

Im **Seewasser** werden keine relevanten Schadstoffgehalte gefunden, weder von den Halbmetallen und Schwermetallen noch von den synthetisch-organischen Schadstoffen. Dafür sind folgende Ursachen maßgeblich:

- (1) Die schadstoffbelasteten Ablagerungen nehmen nur einen vergleichsweise geringen Flächenanteil des Restsees ein.
- (2) Die relevanten Schadstoffe, sowohl die synthetisch-organischen Stoffe als auch die umweltrelevanten Halb- und Schwermetalle, sind weitgehend immobil. Der Übergang in die wässrige Phase durch Elution ist graduell sehr niedrig.
- (3) Im großen Wasservolumen des Restsees Marienthal-Trottheide erfahren die mobilisierten Schadstoffanteile eine starke Verdünnung.
- (4) Der Verdünnung der Schadstoffe im Restsee erfolgt nochmal um mindestens eine Größenordnung, weil der Restsee zu über 90 % aus dem schadstofffreien unteren Grundwasserleiter gespeist wird. Der potentiell schadstoffbelastete Grundwasserzustrom zum Restsee aus dem Grundwasserleiter GWL1 durch die Ablagerung hindurch beträgt deutlich weniger als 10 % der Gesamtwasserbilanz des Restsees.

Im **Grundwasser** werden ebenfalls keine Schadstoffe nachgewiesen, was zum großen Teil daran liegt, dass das Grundwasser aufgrund der geohydraulischen Verhältnisse nur beschränkt als Ausbreitungspfad in Frage kommt. An den Stellen, wo das Grundwasser die Fortsetzung des Ausbreitungspfades aus dem Restsee darstellt, können keine Schadstoffe enthalten sein, weil im Seewasser selbst keine relevanten Schadstoffgehalte nachweisbar sind.

Die wesentlichen Erkenntnisse zum Restsee Marienthal-Trottheide können nach gegenwärtiger Datenlage im Sinne einer Gefährdungsabschätzung wie folgt zusammengefasst werden:

1. Für den Restsee Marienthal-Trottheide besteht keine primäre Schadstoffbelastung durch synthetisch-organische Schadstoffe oder umweltrelevante Halbmetalle und Schwermetalle aus der ungenehmigten Ablagerung.

2. Die ungenehmigte Ablagerung hat jedoch sekundäre Wirkung auf die Hydrochemie und auf die Ökologie des Restsees durch den Eintrag von Nährstoffen und Zehrstoffen aus der Ablagerung. Dadurch verändert sich der trophische Zustand des Sees und impliziert eine Gefahr der zunehmenden Eutrophierung und Saprobisierung des Gewässers.

8.2 Handlungsbedarf

Eine Beräumung der Ablagerung im Restsee Marienthal-Trottheide ist nach gegenwärtiger Erkenntnis nicht erforderlich. Die zunehmende Eutrophierung und Saprobisierung des Restsees lässt sich durch zwei Maßnahmen nach dem Stand der Technik stoppen und umkehren:

- (1) Durch Verringerung des Eintrages von Nähr- und Zehrstoffen aus der ungenehmigten Ablagerung in den Restsee sowie
- (2) Durch Stimulieren des Abbaus der Zehrstoffe und Immobilisieren bzw. Eliminieren der Nährstoffe im Restsee.

Beide Maßnahmen sind autark geeignet, den gewässerökologischen Zustand des Restsees zu stabilisieren bzw. zu verbessern. Die sicherste Wirkung wird jedoch durch die Kombination beider Maßnahmen erzielt.

Unter Berücksichtigung der derzeitigen Konstellation um das Restloch Marienthal-Trottheide wird folgender Handlungsstrang vorgeschlagen:

1. Vertieftes limnologisches Monitoring zum Restsee. Neubewertung der Gefährdungsabschätzung. Evaluierung der Maßnahmenvorschläge zur Stabilisierung und Verbesserung des gewässerökologischen Zustandes. Bemessung und Planung geeigneter Maßnahmen.

2. Tiefenwasserbelüftung des Restsees während des Sommerhalbjahrs zur Behebung der hypolimnischen Anaerobie und zum beschleunigten Abbau der Zehrstoffe. Sekundäreffekt: Verhinderung der Freisetzung von Nährstoffen.

3. Abdeckung der Ablagerung durch eine Diffusionsbarriere zur Minderung des Austrags von Nähr- und Zehrstoffen. Kombination dieser Maßnahme mit den geotechnischen Sicherungsarbeiten. Bei nachweislichem Erfolg der Abdeckung kann die Tiefenwasserbelüftung eingestellt werden.

8.3 Empfehlungen

8.3.1 Vertiefte limnologische Monitorings

Der Fokus der Wirkungen der Altablagerung ist nach den vorliegenden Erkenntnissen stärker auf den Restsee auszurichten. Es ist erforderlich, den Seewasserspiegel regelmäßig zu messen. Die zweimalige Messung im Frühjahr und Herbst kann mit dem Grundwassermonitoring und mit der Messung der Grundwasserstände kombiniert werden. Damit in jedem Fall Messwerte erhoben werden können, sind die Pegellatten regelmäßig zu säubern und ggf. aufzustocken.

Die limnologischen Messungen und Beprobungen erfordern eine Befahrung des Restsees mit einem Boot. Aufgrund der Kenntnisse zur Morphometrie wird die Einrichtung von vier Messstellen im Tontagebaurestloch Marienthal-Trottheide empfohlen (Tabelle 50).

Einbeziehung der Monitoring- und Passivsammlerergebnisse bis Ende 2020:

Schwermetallkonzentrationen

- überwiegend unterhalb laboranalytischer Bestimmungsgrenze
- unterhalb der Grenzwerte nationaler Verordnungen
- Keine Verschmutzung im Freiwasser mit umweltrelevanten Metallen
- Keine Verschmutzung im Freiwasser mit PAK

Charakterisierung des Sees

1. Nährstoffüberangebot (Phosphor, Stickstoff, Kohlenstoff)
2. Starke Biomasseentwicklung mit hoher Diversität
3. Sauerstoffzehrende Prozesse im Tiefenwasser
4. Abbau der Organik unter Abwesenheit von Sauerstoff
5. Faulschlammauflage mit Ausgasungen (H₂S, NH₃)
6. Keine Verschmutzung mit umweltrelevanten Stoffen
7. Gefahr des „Umkippen“ des Sees

Handlungsempfehlungen

1. Weiterführung des vertieften Schadstoffmonitoring und Bewertung der Gefährdung
2. Untersuchung der Faulschlammauflage im westlichen Bereich des Sees alle 3 Jahre auf entsprechende Schadstoffe
3. Tiefenwasserbelüftung des Restsees
4. Abdeckung der Ablagerung mit einer Diffusionsbarriere (in der Kombination mit der geotechnischen Sicherung)