

# Inlake-Technik- ein effizientes Verfahren zur Alkalinisierung und Sulfatreduzierung schwefelsaurer Tagebaurestseen

Günter Scholz

Waldstraße 21 A, 02977 Hoyerswerda, E-Mail: scho-hoy@t-online.de

Mit einer gesteuerten Stoffkonzentration alkalisch wirkender Stoffe in Verbindung mit einer gezielten Suspensionsherstellung sowie großflächiger Verteilung in sauren Tagebaurestseen lassen sich hohe Stoffumsatzgrade mit hoher Wirtschaftlichkeit erreichen. Wesentlich in diesem Zusammenhang ist die Ausnutzung der windinduzierten Strömungen im Epilimnion, um große Volumenanteile des Sees als Reaktionsraum zu erhalten.

Der Einsatz von CO<sub>2</sub> sowie die Nutzung von Abprodukten aus GWRA kann die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens weiter steigern. Von den industriell verfügbaren Stoffen sollte zur Beseitigung von Acidität Magnesiumbranntkalk bevorzugt werden.

## 1 Einleitung

Tagebaurestseen sind im Besonderen im ostdeutschen Lausitzer Braunkohlenrevier durch eine hohe Acidität und z.T. mit extrem hohen Sulfatgehalten belastet. Damit sind spezielle Sanierungstechnologien zur Regulierung der Wasserbeschaffenheit zum Schutz der Oberflächen- sowie der Grundwasserströme von hohem Interesse.

Durch die Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbauverwaltungsgesellschaft mbH (LMBV) wurde anlässlich der 3. Fachtagung – Wasser – am

28.01.2005 dieser Thematik hohe Aufmerksamkeit geschenkt. Mit den Fachvorträgen zur Flutung (ZSCHIEDRICH 2005; BENTHAUS 2005) und Inlake-Technik (DIETRICH et al. 2005; SCHOLZ 2005; NITSCHKE & TIENZ 2005) wurde der Stand der Technik anwendungsreifer Technologien aktuell dokumentiert.

## 2 Lausitzer Seenkette

Die in Abbildung 1 dargestellte Seenkette ist durch eine besonders hohe Säurelast und hohe Sulfatgehalte gekennzeichnet.

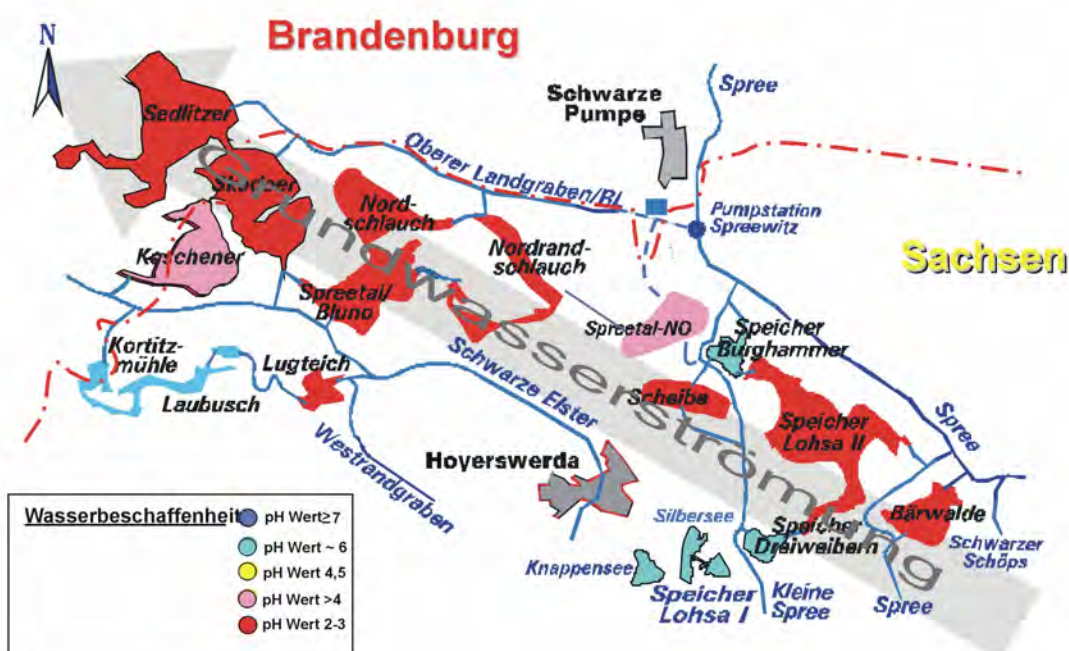


Abb. 1: Lausitzer Seenkette.

Das in der Vergangenheit stetig wachsende „Säurepotential“ der Lausitzer Seenkette beeinflusst zunehmend das Grundwasserreservoir in der Seenlandschaft. Dies bedeutet, dass auch die an die Seen angrenzenden Gebiete zunehmend mit saurem Grundwasser belastet werden. Die damit verbundene Mobilisierung von Schadstoffen stellt ein mögliches Gefährdungspotential für die kommenden Jahre dar.

Eine Abschätzung des sich entwickelten Aciditätsanteiles der vergangenen Jahre ist in Tabelle 1 wiedergegeben. Die Flutung alleine kann das Versauerungsproblem auf Grund der nur begrenzt vorhandenen Oberflächenwassermengen sowie der bereits in den Tagebauseen akkumulierten hohen Säuremengen in naher Zukunft nicht lösen. Das Einnehmen einer „Warteposition“ birgt die Gefahr in sich, dass sich das Gefährdungspotential an Extremstandorten wie z.B. an den Tagebauseen Nordschlauch und Nordrandschlauch mit Sulfatgehalten von ca. 2500 mg·L<sup>-1</sup> und Aciditäten von > 20 mmol·L<sup>-1</sup> ausbreitet und im Falle einer Flutung weitere Teile der Seenkette belastet. Hieraus folgt, dass Extremstandorte vor der Flutung örtlich begrenzt mit Inlake-Technik behandelt werden sollten, um zukünftige Aufwendungen und Kosten in einem

unüberschaubaren zeitlichen und örtlichen Bereich zu vermeiden.

Im Falle der o.g. Tagebauseen ist mittels Inlake-Technik neben der Säureelimination, Eisen- und Aluminiumfällung zusätzlich eine erhebliche Sulfatreduzierung durch Gipsfällung in einer Größenordnung von 30.000 bis 40.000 t möglich. Dies sind ca. 10 % der Sulfatmenge der gesamten Erweiterten Restseekette.

### 3 Inlake-Technik

Neben der Durchführung der großtechnischen Demo-Projekte:

- Aschesedimentumlagerung im TBS Burghammer
- Kalkbergresuspension im TBS Koschen (DIETRICH et al. 2005; SCHOLZ 2005)
- Soda-Applikation im TBS Bockwitz (NITSCHKE & TIENZ 2005)

stehen nunmehr neben vielfachen Labor- und Grundlagenarbeiten auch belastbare Aussagen zur Wirtschaftlichkeit des Inlake-Verfahrens zur Verfügung.

**Tab. 1: Entwicklung Volumen und Säurekapazität in der Erweiterten Restseekette.**

Erweiterte Restseekette	2000		2004		Entwicklung Acidität
	Volumen Mio m <sup>3</sup>	Acidität Mio.(eq)mol	Volumen 2004 Mio m <sup>3</sup>	Acidität Mio.(eq)mol	
Bärwalde	50	115	95	105	gleichbleibend, Verdünnung
Scheibe	60	270	84	310	gleichbleibend, Verdünnung
Lohsa II	21	101	36	99	gleichbleibend, Verdünnung
Burghammer	11	-1	22	42	steigend, Versauerung
Spreetaler See (SNO)	40	8	68	0	gleichbleibend, Verdünnung
Neuwieser See (RL Bluno)	31	140	26	104	gleichbleibend, Verdünnung
Blunoer Südsee (RL Nordschlauch)	23	276	29	435	steigend, Versauerung
Sabrodter See (RL Nordrandschlauch)	8	128	14	210	steigend, Versauerung
Partwitzer See (RL Skado)	63	391	73	415	gleichbleibend, Verdünnung
Geierswalder See (RL Koschen)	82	140	82	74	sinkend, Teilneutralisation
Sedlitzer See	66	140	68	184	steigend, Versauerung
Summe	455	1707	597	1980	steigend, Versauerung

Das im TBS Koschen angewandte Inlake-Verfahren beruht auf folgenden Hauptkomponenten:

- großflächige Verteilung des jeweils gewählten alkalischen feinkörnigen/flüssigen Stoffes auf der Seeoberfläche,
- Nutzung der windinduzierten Strömungen im See zur Erfassung großer Seevolumina als Reaktionsraum,
- Steuerung der Stoffkonzentration des jeweils eingesetzten alkalischen Stoffes entsprechend seiner chemisch-physikalischen Eigenschaften (Reaktivität, Kornzusammensetzung) und der konkret vorliegenden Wasserqualität durch spezielle Eintragsvorrichtungen,
- Auswahl am Markt preisgünstig verfügbarer Stoffe sowie Nutzung von Sekundärstoffen wie Braunkohlefilterasche (BFA) und Eisenhydroxidschlamm (EHS) aus Grubenwasserreinigungsanlagen (GWRA).

Wesentliches Element des Verfahrens ist die Sicherung einer bestimmten Stoffkonzentration und die Beeinflussung großer Seevolumina im Tageausee.

Bei einer Normalwetterlage in der Lausitz kann mit Windgeschwindigkeiten an der Seeoberfläche eines Tageausees von  $2\text{--}6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  gerechnet werden, womit Strömungsgeschwindigkeiten des Wassers an der Seeoberfläche von ca.  $100\text{--}800\text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$  induziert werden.

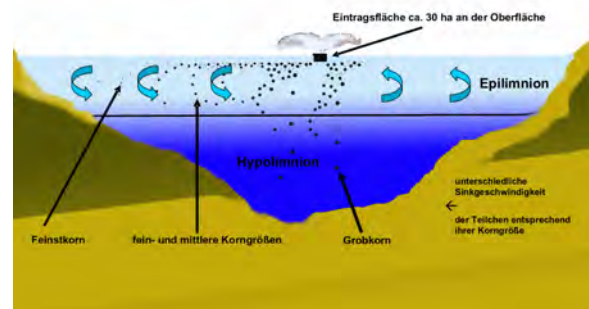
Bei einer Sinkgeschwindigkeit von Feststoffteilchen von  $1\text{--}10\text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$  (Kalk, Dolomit, Asche u.a.) sowie unter Beachtung der Turbulenzen an der Seeoberfläche kann davon ausgegangen werden, dass beim Einsatz eines  $1.000\text{ m}$  langen Verteilungssystems etwa  $5\text{--}10\text{ Mio. m}^3\cdot\text{h}^{-1}$  Seewasser behandelt werden können.

Der mit der kostenlosen Windenergie so geschaffene „Rührkessel-Mechanismus“ ist das Hauptmerkmal für die hohe Wirtschaftlichkeit des Verfahrens. Die Kosten für die Neutralisierung je Kubikmeter liegen, im Vergleich zu Grubenwasserreinigungsanlagen (GWRA), deutlich niedriger.

An Hand mehrerer Luftbildreihen konnte der Mechanismus der Stoffverteilung im TBS Koschen im Zeitraum September-Dezember 2004 dokumentiert werden (Abbildungen 2 und 3). Bei Seen mit ungünstigen Windangriffsflächen kann zur Optimierung der Stoffverteilung im See ne-



**Abb. 2:** Intelligente Nutzung des Energiepotentials von Wind- und Wasserkraften im Seekörper (TBS Koschen 07.09.2004).



**Abb. 3:** Verfahrensprinzip Inlake-Technik.



**Abb. 4:** Anpassung der Inlake-Technologie an unterschiedliche Seetypen durch mobile Technik (Ufertechologie mit Suspensionsverteilung, fahrbare Silo- und Verteiltechnik).

ben einer beweglichen Verteileinrichtung zusätzlich eine schwimmfähige Konditionierungseinheit genutzt werden, wie im Rahmen der Planung für den Tagebausee Bluno vorgesehen (Abbildung 4).

Besondere Effizienz erhält das Inlake-Verfahren bei der Nutzung von alkalischen Eisenhydroxydschlämmen (EHS) aus GWRA, mit der Bereitstellung einer quasi kostenlosen alkalischen Suspension bereits im See (Abbildung 5). Die GWRA Rainitzta und Schwarze Pumpe sind wegen ihrer Größe besonders geeignet diese Alkalitätsreserve zeitnah für die Lausitzer Seenkette zu erschließen. Mit dem Alkalitätspotential des EHS der GWRA Schwarze Pumpe, welches z. Z. ungenutzt im Tagebausee Spreetal NO eingelagert wird, könnten auch simultan Sulfatprobleme im benachbartem Tagebausee Nordrandschlauch effizient reduziert werden. Mit dem Einsatz von  $\text{CO}_2$  kann die Wirksamkeit der EHS-Abprodukte weiter gesteigert werden (MERKEL 2005). Weitere Anwendungen des Verfahrens ergeben sich zukünftig im Rahmen der sog. Lake-to-Lake-Technik (Abbildung 6). Auch im Rahmen der Errichtung sog. „Reaktiver Wände“ besitzt das Inlake-Verfahren eine Sonderstellung was die Wirtschaftlichkeit betrifft. Mit der kostengünstigen Behandlung großer Seevolumina gelingt gleichzeitig eine Sanierung der stromabwärts



Abb. 5: Nutzung von alkalischem EHS im TBS Sedlitz.

liegenden Grundwasserkörper welche wiederum benachbarte Seen beeinflussen. Die Abbildungen 7 und 8 stellen eine typische Situation in der Lausitzer Seenkette dar. Am Beispiel des Tagebausees Koschen ist in Abbildung 9 die Situation der kommenden Jahre verdeutlicht. Der Tagebausee Skado profitiert bereits nach einem Jahr von einer Seewasserbehandlung des Tagebausees Koschen.

Die Flutung in Kombination mit den vielschichtigen Möglichkeiten der Inlake-Technik könnte die bestimmende Strategie der Seesanieung in den nächsten Jahren sein.

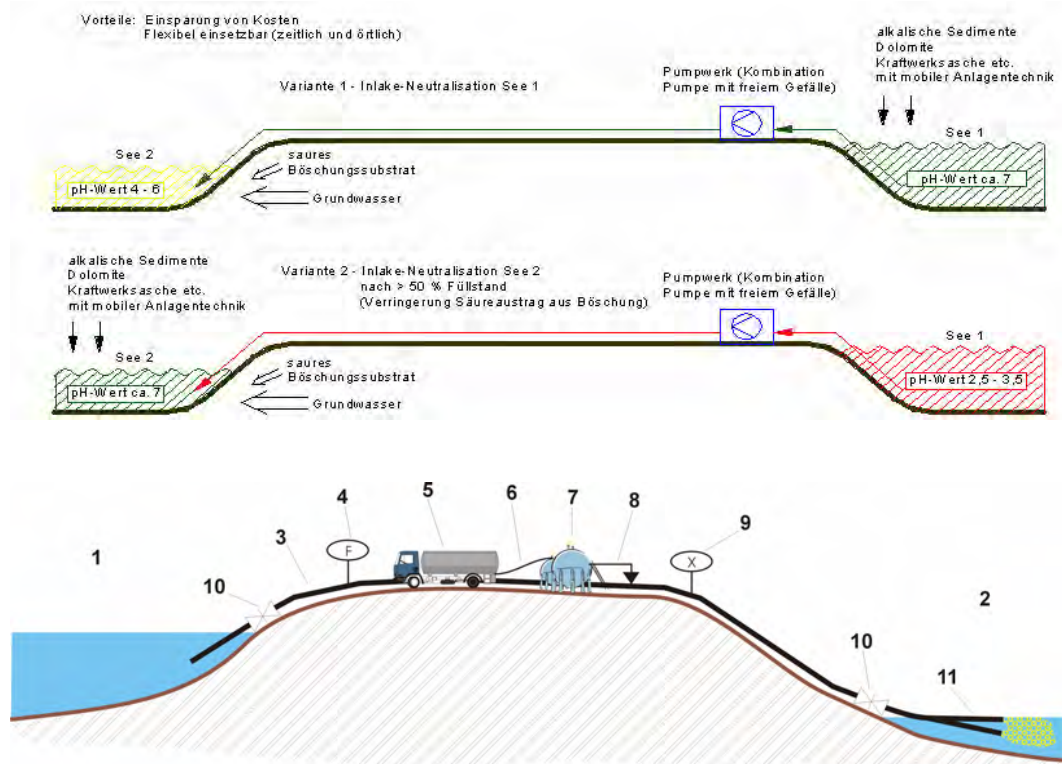


Abb. 6: Lake to Lake-Technik.

## 4 Nachhaltigkeit

Für die Entscheidungsfindung einzelner Projekte zur Regulierung der Wasserbeschaffenheit ist die Frage zur Nachhaltigkeit der jeweiligen Maßnahme von eminenter Bedeutung. Die so genannte „Nachsorge“ übersteigt die Kosten des jeweiligen „Startprojektes“ oft um ein Mehrfaches und die Dauer der Nachsorge kann Jahrzehnte in Anspruch nehmen. Bezüglich der Rang- und Reihenfolge der zu treffenden Entscheidungen ist deshalb den Projekten ein vorderer Platz einzuräumen die einen geringen Aufwand an Nachsorge erwarten lassen.

Einen vorderen Platz in der Entscheidungskette nimmt hier zweifelsfrei der Tagebausee Koschen ein. Hier kann die Nachsorge sowohl mit Flutungswasser aus der Schwarzen Elster als auch mit einer intervallmäßigen Inlake-Nachbehandlung kostengünstig gestaltet werden.

Nicht unerwähnt soll in diesem Zusammenhang die Tatsache bleiben, dass in begrenztem Umfang biologische Aktivitäten die Wasserqualität

bestimmen. Diese können aber erst ab einem pH-Wert von 5–6 nennenswerte Beiträge liefern. Das in unseren Flussläufen vorhandene biologische Potential kann also nur genutzt werden, wenn es in Tagebauseen mit angehobenen pH-Wert strömt. Der Tagebausee Koschen bietet sich auf Grund seines Sanierungsfortschrittes hier besonders an.

## 5 Wirtschaftlichkeit

Die Kosten des Inlake-Verfahrens werden maßgeblich durch die Auswahl des Stoffes, welcher die Alkalinität liefert, durch die Produktkosten und den erreichbaren Wirkungsgrad bestimmt. In Tabelle 2 ist eine Kostenschätzung für den Einsatz unterschiedlicher Stoffe im Vergleich zu GWRA und Fremdwasserflutung dargestellt. Die Produkte Magnesiumbranntkalk (gebrannter Dolomit  $MgO/CaO$ ), alkalischer EHS und Natronlauge ( $NaOH$ ) sind zukünftig wegen ihrer spezifischen Stoffeigenschaften und Kostenanteile am jeweiligen Projekt besonders vorteilhaft.



Abb. 7: Herstellung von Reaktiven Seewänden gegen GW-Versauerung: Gegenwärtiger Zustand.

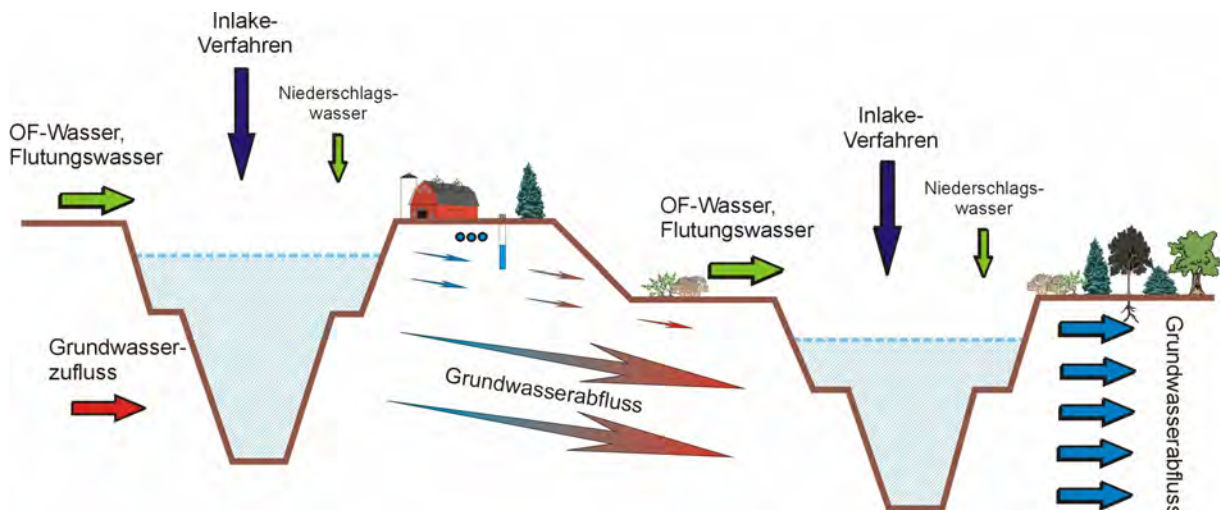


Abb. 8: Herstellung von Reaktiven Seewänden gegen GW-Versauerung: Anzustrebender Zustand.

Magnesiumbranntkalk hat gegenüber reinen Kalkprodukten den Vorteil, dass Reaktionsblockaden durch Vergriesung des Einsatzstoffes infolge von Gipsbildungen durch den hohen Magnesiumanteil und der guten Löslichkeit von  $MgSO_4$  kaum auftreten. Die Anwendung von ungebranntem Magnesiumkalk wird seit 1990 mit > 500.000 t alleine im Freistaat Sachsen bei der Waldkalkung zur Stabilisierung der Grundwasserqualität mit Erfolg praktiziert. Die nachhaltig positive ökologische Wirkung ist damit umfassend demonstriert.

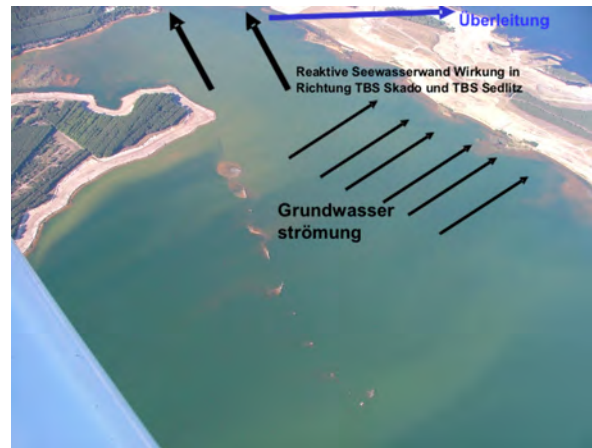


Abb. 9: Reaktive Seewasserwand TBS Koschen.

Tab. 2: Kostenvergleich pH-Wertanhebung bei Seewasserkonditionierung.

Verfahren	Mol-Äquiv./kg *Mol-Äquiv./L	Cent/kg	Wirkungsgrad Reinheit %	Kosten Cent/mol	Kostenfaktor
Verspülung EHS-Schlamm			100		
GWRA Schwarze Pumpe	14*	0	100	0,5	1
Branntdolomit CaO/MgO	41,5	7,5	60	0,5	1
			85		
Asche MUEG/Vattenfall	12,1	1,5	60	0,7	1
			100		
Löschkalk $Ca(OH)_2$	27,0	7,5	60	0,8	2
			90		
Natronlauge	25,0	27	100	1,2	2
Flutungswasser Talsperren			100		
Bautzen, Quitzdorf	0,001	0,001	100	1,3	3
			95		
Soda eta-Verfahren	15,5	16	100	1,3	3
			70		
Soda BGD-Verfahren	15,5	16	100	1,6	3
			60		
GWRA	27,0	7,5	90	2,5	5
			100		
Flutungswasser Neiße	0,001	0,004	100	4,0	8

## 6 Literatur

ZSCHIEDRICH K. (2005): Stand der wasserwirtschaftlichen und bergbaulichen Sanierung, Schwerpunkte und Aufgaben weiterführender Maßnahmen. – 3. Fachtagung Gewässergüte LMBV 28.01.2005 Hoyerwerda.

BENTHAUS F.-C. (2005): Umsetzung der Pilot-/Demo-Vorhaben für die Gewässergüteentwicklung – Maßnahmeplan der LMBV für 2005/2006. – 3. Fachtagung Gewässergüte LMBV 28.01.2005 Hoyerwerda.

DIETRICH B., RABE W., WEHNER O., SCHOLZ G. (2005): Resuspendierung von Kalksedimenten im Tagebausee Koschen mittels Verteilersystem. – 3.

Fachtagung Gewässergüte LMBV 28.01.2005 Hoyerwerda.

SCHOLZ G. (2005): Potentiale und Vorteile der Inlake-Technik zur Behandlung großer Tagebaurestseen. – 3. Fachtagung Gewässergüte LMBV 28.01.2005 Hoyerwerda.

NITSCHKE C., TIENZ K. (2005): Bisherige Erfahrungen bei der Sodapulver-Applikation im Bockwitzer See. – 3. Fachtagung Gewässergüte LMBV 28.01.2005 Hoyerwerda.

MERKEL B. (2005): Alkalinitätserhöhung durch Zugabe von  $CO_2$ . – 3. Fachtagung Gewässergüte LMBV 28.01.2005 Hoyerwerda.