

Forschungsberichtsblatt

zum Projekt "BWC 20002"

mit dem Titel: "Entwicklung eines Bewertungsverfahrens zur erfolgreichen Anwendung einer Kalzitauflösung für die interne Restaurierung eutropher Baggerseen in Baden-Württemberg"

1. Kurzbeschreibung der Forschungsergebnisse

Freilanduntersuchungen im Kirchentellinsfurter Baggersee bei Tübingen (Epplesee) hatten im BW-PLUS-Projekt N 98006 gezeigt, daß die längerfristige Effizienz einer Kalzitbarriere hinsichtlich der Reduzierung der Phosphatfreisetzung aus eutrophierten Sedimenten durch seespezifische Parameter wie die Bioturbation und hydrodynamische Prozesse stark herabgesetzt werden kann. Hinsichtlich der Erarbeitung objektiver Bewertungskriterien zur Nachhaltigkeit der Kalzitauflösung wurden in diesem Projekt diese seespezifischen Einflußgrößen am Beispiel des Eppleeses quantifiziert.

Es konnte gezeigt werden, daß Kalzitbarrieren mit Mächtigkeiten von bis zu 2,5 cm innerhalb von drei bis sechs Monaten durch die Bioturbation der Larven von *Chironomus plumosus* bei einer Larvendichte, die den natürlichen Verhältnissen im Baggersee entspricht, fast vollständig ins Oberflächensediment eingearbeitet werden. *Tubifex spp.* erreichen eine vollständige Durchmischung von Kalzitbarriere und Sediment binnen eines Monats. Die Intaktheit der Barriere ist jedoch eine wesentliche Voraussetzung für den längerfristigen Restaurierungserfolg.

In flachen Seen besteht zusätzlich die Gefahr, daß die Kalzitschicht durch windinduzierte Wellen verdriftet werden kann. Die kritischen Schubspannungen von drei potentiellen Barriermaterialien wie Socal[®] U1-R, Rohrbach-Kalzit und Quarzsand K12 betragen 0,16 N/m², 0,31 N/m² bzw. 0,32 N/m², so daß die Auflagen z.B. im durchschnittlich 4 m tiefen Epplesee nach einer Modellrechnung erst ab kritischen Windgeschwindigkeiten von ca. 25 m/s, 35 m/s bzw. 36 m/s verdriftet werden könnten.

Weitere Laborexperimente zeigten, daß die seespezifischen Einflußgrößen durch die Optimierung und Anpassung der seeunspezifischen Parameter an die natürlichen Gegebenheiten, d.h. durch die Variation der Barrieremächtigkeit und des Barriermaterials hinsichtlich der Eigenschaften zur Phosphatfixierung und einer Verbesserung der Stabilität, größtenteils kompensiert werden könnten. Dabei wurden vor allem die Phosphat-Fixierungs-Mechanismen dreier unterschiedlicher Kalzite in Bezug auf eine längerfristige Phosphatimmobilisierung in den Barrieren untersucht. Die Ergebnisse zeigen, daß die untersuchten Kalzitmaterialien grundsätzlich zur Phosphatimmobilisierung geeignet sind. Jedoch hängt die Effizienz einer Kalzitbarriere vor allem in kalzitübersättigtem Wasser von den Oberflächeneigenschaften, der Korngröße des Kalzits sowie von der Mächtigkeit und dem Aufbau der Barriere ab.

2. Fortschritte für die Wissenschaft und Technik durch die Forschungsergebnisse

Die Untersuchungen im Rahmen dieses Projekts haben gezeigt, daß Kalzit grundsätzlich zur Phosphatfixierung geeignet ist, wobei es in Abhängigkeit der Oberflächen- und Korngröße sowie der Oberflächenbeschaffenheit zumindest bei Kurzzeitversuchen deutliche Unterschiede in der Effizienz aufgrund unterschiedlicher Fixierungsmechanismen gibt. Diese Materialeigenschaften spielen insbesondere bei kalzitübersättigtem Wasser eine große Rolle. Die Effizienz einer Kalzitbarriere kann durch die Erhöhung der Barrieremächtigkeit gesteigert werden. Eine Zerstörung der Barriere ist mit einem starken Verlust der Barrierefunktion verbunden und kann z. B. durch Bioturbation und hydrodynamische Prozesse erfolgen.

Dabei werden in der Anwesenheit von Chironomidenlarven Kalzitbarrieren innerhalb weniger Monate vollständig ins Sediment eingemischt. Hierbei ist die Vitalität der Larven eher ausschlaggebend als die Larvenanzahl und die Mächtigkeit der Kalzitschicht. Die bioturbate Zerstörung der Kalzitschicht führt zu einer P-Freisetzung aus dem Sediment, während intakte Kalzitschichten die P-Retention im Sediment erhöhen. In flachen Seen besteht die Gefahr, daß eine Kalzitaufgabe durch windinduzierte Wellen resuspendiert bzw. erodiert werden kann. Mit zunehmender Seetiefe und abnehmenden Windgeschwindigkeiten wird der Einfluß der Wellen auf die Gewässersohle geringer, bis ab einer gewissen Wassertiefe die durch Wind erzeugte Wellenenergie nicht mehr ausreicht, die kritische Schubspannung des Barrierematerials zu überschreiten.

3. Empfehlungen für die Praxis

Die Kalzitaufspülung kann prinzipiell als effizientes und ökotechnologisch-sanftes Verfahren zur internen Restaurierung eutrophierter Standgewässer den zuständigen ausführenden Stellen (z.B. Gemeinden, Länder, Privatleuten) empfohlen werden.

Nach dem derzeitigen Kenntnisstand kann eine großflächige Anwendung der Kalzitapplikation zur Restaurierung von Baggerseen nur dann zu befürwortet werden, wenn sichergestellt ist, daß der Einfluß benachbarter Fließgewässer und des flußnahen Grundwassers auf die Gewässerqualität des Baggersees vernachlässigbar gegenüber dem internen Phosphateintrag aus dem Sediment ist oder bereits Sanierungsmaßnahmen zur Vermeidung eines externen Phosphateintrags erfolgreich durchgeführt wurden. In diesen Fällen könnte eine Kalzitapplikation unter Berücksichtigung der seespezifischen Parameter und Anpassung der seeunspezifischen Parameter an die jeweiligen Gegebenheiten zur Beschleunigung einer Eutrophierungsminderung beitragen. In der nachfolgenden Tabelle sind seespezifische Kriterien aufgeführt, die im Vorfeld einer Kalzitapplikation zu untersuchen sind. Die Bewertung der Untersuchungsergebnisse schafft eine Grundlage darüber, ob eine Kalzitaufspülung für den See

prinzipiell zu befürworten ist. Eine Erfolgsgarantie auf einen nachhaltigen Sanierungserfolg ist damit nicht verbunden.

Im Vorfeld einer Kalzitapplikation aufgrund der seespezifischen Gegebenheiten zu berücksichtigende Kriterien:

Kriterium	Mindestuntersuchung	Referenzen	Bewertung
Trophiegrad/Istzustand	Frühjahr (1 x), Sommer (3 x): P, Chl a, Sichttiefe, (Vergleich mit Referenzzustand)	LAWA (in prep.), LAWLA (1998), MATHES & KORCZYNSKI (2000)	Ist oligo-/mesotropher Zustand erreichbar?
Einzugsgebiet	Nutzung (Landwirtschaft, Industrie), Kläranlagenablauf, Zuflüsse, benachbartes Fließgewässer und/oder fließgewässer-beeinflußtes Grundwasser (Baggersee!)	MATHES & KORCZYNSKI (2000)	Wenn externe P-Einträge erheblich, ist Kalzitaufspülung nicht zu empfehlen
Sanierungsmaßnahmen	Recherche, Erfolge, Auswirkungen	MATHES & KORCZYNSKI (2000)	Voraussetzung einer Restaurierung
Territoriale Bedeutung	Nutzung (Badensee, Fischerei,...)	MATHES & KORCZYNSKI (2000)	Wenn unbedeutend, dann nur Restaurierung wegen WRRL (ABL. 2000)
Sediment als Haupt-P-Quelle	P-Freisetzung (Labor), <i>in situ</i> -Flußmessung (Inkubationskammer: Bruttofreisetzung), diffusiver Fluß über Porenwassertiefenprofile (keine Bioturbation im Sediment!) unter Berücksichtigung der Saisonalität (Abschnitt 3.3.2 des Abschlußberichtes); P-Akkumulationsraten im Sediment (Nettosedimentation); Tiefere Seen: Sedimentfallen (Bruttosedimentation); Mobilisierbarer Anteil an P im Sediment	GLUD et al. (1995), SINKE (1992) BERNER (1980) HUPFER & ZIPPEL (1998) HUPFER (1995)	Wenn interner P-Eintrag aus dem Sediment in die Wassersäule stark dominant, gute Erfolgchancen
Seen-morphometrie	Länge, Breite, Tiefe, Tiefengradient F, Sauerstofftiefenprofile zur Untersuchung der Zeitdauer der möglichen Stratifizierung	LAWLA (1998), MATHES & KORCZYNSKI (2000)	Wenn Stratifizierung: gute Erfolgchancen (je nach Dauer)
Bioturbation	Sedimentprobennahme im Frühjahr, Auszählung	BERG (2001), MARKERT (2000)	Wenn vorhanden, evtl. <i>Erhöhung der Barrieremächtigkeit, Variation des Barrierematerials</i>
Hydrodynamik	Kritische Sohlschubspannung des Barrierematerials, z.B. mit EROMES, Berechnung der kritischen Wellenhöhe und kritischen Windgeschwindigkeit nach CERC (1984), Vergleich mit Windgeschwindigkeiten und Windspitzen vom Wetterdienst, Exposition des Sees (in Windrichtung? Abgeschirmte Lage?) Evtl. Strömungsmessungen am Grund	WITTE & KÜHL (1996), SCHÜNEMANN & KÜHL (1991), TOLHURST et al. (2000) BERG (2001), CERC (1984) z.B. WEYHENMEYER (1998), MALM (1999), HAWLEY & LEE (1999), DOUGLAS & RIPPEY (2000), GLOOR et al. (1995), MEI et al. (1997)	Wenn kritisch, evtl. <i>Erhöhung der Barrieremächtigkeit, Variation des Barrierematerials (Sandwich, Kalzit geschützt)</i>
Hydrochemismus	Vollanalyse, Berechnung des SI_{Kalzit} : saisonale Unterschiede im Bereich der Sediment-Wasser-Kontaktzone zu berücksichtigen	MÜLLER (1996), EBERLE & DONNERT (1991)	Kalzitlösung und evtl. Ca-P-Präzipitat, Kalzitpräzipitation und evtl. P-Kopräzipitation; Bildung der Ca-P-Phasen bei Übersättigung durch Korngrößen < 1 µm begünstigt (STEEFEL & VAN CAPPELLEN (1990), STUMM & MORGAN (1996)
Zeitpunkt	Phytoplankton-Zyklus	BERG (2001), WALPERSDORF (2000)	<i>Korngröße je nach Jahreszeit (Phytoplankton-Elimination oder P-Immobilisierung dominant?)</i>

