

Untersuchung zur Phosphor-Freisetzung aus Böden des Salzigen Sees mittels eines Freilandexperimentes

DANIELA SCHMIDT UND MANFRED FRÜHAUF

6 Abbildungen

ABSTRACT

SCHMIDT, D. et FRÜHAUF, M.: Investigation on phosphorus release from soils of the lake "Salziger See" through an outdoor experiment. - Hercynia N.F. 35 (2002): 147-156.

The lake "Salziger See" will recome in the next few years. The experiment, which took place from 28-08 till 30-11-2000, was supposed to show the possible phosphorus release into the lake water. A net-phosphorus release could just been registered in two of the nine reactors. The results of the soil analyses indicated that transformation processes in soil were happened. The difficult available fractions were benefited before the labile ones.

It can be supposed that the covering of vegetation on the samples of the second location has been from significant importance for the phosphorus release. A removing of the plant material could have a positive effect on the water quality of the future lake.

Keywords: phosphorus, phosphorus release, phosphorus fixation, soils, outdoor experiment, lakes

1 EINLEITUNG

Im Rahmen der wissenschaftlichen Begleituntersuchungen des Vorhabens „Wiederentstehender Salziger See“ stellt sich im besonderen Maße die Frage nach dem künftigen ökologischen Zustand dieses Gewässers. Obwohl hierauf maßgeblich die über die Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet realisierten Stoffzuführungen Einfluß nehmen (SCHMIDT et FRÜHAUF 2000, 2002), muß dabei auch der seit über 120 Jahren landwirtschaftlich genutzte ehemalige Seeboden berücksichtigt werden. Über die bei dem Wiederanstieg des Sees zu erwartenden Auswirkungen des Bodens auf die Wasserqualität wurden durch KLAPPER et SCHARF (1998) erste Aussagen getroffen, die allerdings nicht alle Fragen beantworten.

Im Rahmen einer Diplomarbeit (SCHMIDT 2002) sollte deshalb auf den vorliegenden Ergebnissen und Erfahrungen aufbauend versucht werden, die hierbei auftretenden Prozesse unter möglichst naturnahen Bedingungen zu simulieren, um weitergehende Erkenntnisse über eventuelle Nährstofffreisetzungen aus den Oberböden zu erhalten. Maßgeblich für den Untersuchungsansatz war die Hypothese, daß ein nicht zu vernachlässigender Anteil des im Boden fixierten Phosphors mobilisiert und in das überliegende Freiwasser transportiert werden könnte. Anaerobe Verhältnisse im Sediment können die Phosphor-Mobilisierung begünstigen und somit zur Selbstbeschleunigung des Eutrophierungsprozesses beitragen (LAMPERT et SOMMER 1993). In Flachseen kann der im Sediment gebundene Phosphor – aufgrund intensiver Wechselwirkungen zwischen Sediment und Freiwasser (z. B. durch Resuspension von Partikeln) – sogar den Hauptbeitrag an der Phosphorbelastung des Gewässers leisten (vgl. SONDERGAARD et al. 1990). Diese die Phosphor-Freisetzung begünstigenden Transportprozesse sind auch bei dem zukünftigen Salzigen See zu erwarten, da es sich bei diesem – insbesondere in der Entstehungsphase – ebenfalls um ein sehr flaches Gewässer handeln wird.

2 DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET

Von den ursprünglich drei Seen im Mansfelder Land (Salziger See, Süßer See und Fauler See), die in ihrer Genese auf Subrosionsprozesse über einem Salzsattel zurückzuführen sind, führt gegenwärtig nur

noch der Süße See Wasser (Abb. 1). Während der Faule See schon vor ca. 1000 Jahren nach einer zunehmenden Verlandung trocken gelegt wurde, steht das „Verschwinden“ des Salzigen Sees vor 120 Jahren in engem Zusammenhang mit dem Kupferschieferbergbau in dieser Region (BUI 1999; TROST ET RAUCHHAUS 2000; FRÜHAUF 1999). Da sich Ende des 19. Jahrhunderts Wassereinbrüche in die Schächte häuften und hierbei Beziehungen zwischen dem Wasser des Salzigen Sees und dem in die Stollen eindringenden Wasser festgestellt werden konnten, wurde entschieden, den See über ein Pumpwerk trocken zu legen (VERWALTUNGSGEMEINSCHAFT „SEEGBIET MANSFELDER LAND“ 1995).

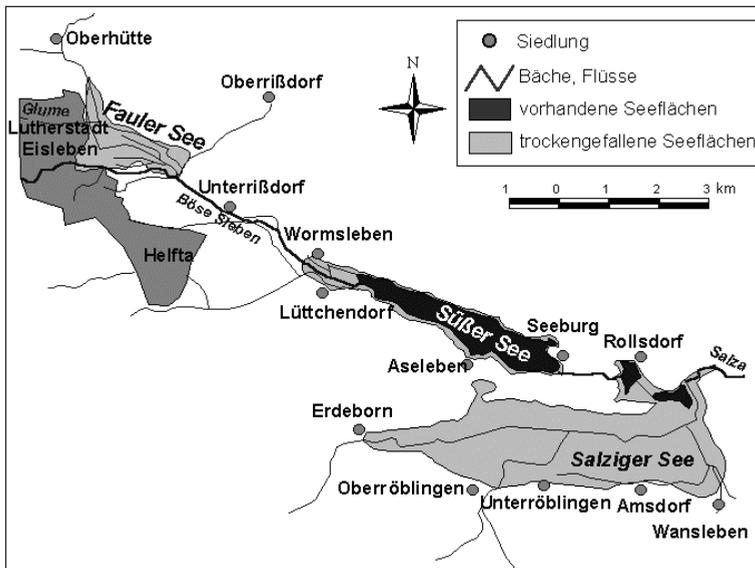


Abb. 1: Übersichtskarte Mansfelder Seen (Quelle: ALSCHER 2001)

Mit der Einstellung des Kupferschieferbergbaus in diesem Gebiet im Jahre 1970 wurde auch die Wasserhaltung der Schächte eingeschränkt. Daraufhin kam es, trotz weiterem Abpumpen des aus dem Einzugsgebiet über die Weida und den Hornburger Graben zulaufenden Wassers, allmählich zu oberflächigen Vernässungen und dem Entstehen offener Wasserflächen. Nach der Wende bekannte sich das Kabinett des Landes Sachsen-Anhalt, basierend auf vielfältigen Forderungen (und Wünschen) der Anrainer, in einem Beschluß zur Wiederentstehung dieses Sees. Hierfür werden derzeit verschiedenste Voruntersuchungen und Planungen durchgeführt. Auch das Institut für Geographie – AG Geoökologie – ist in wissenschaftliche Begleituntersuchungen integriert. In diesem Kontext ist auch die Diplomarbeit, aus der hiermit Ergebnisse vorgestellt werden, entstanden.

3 METHODISCHER ANSATZ

Für die Problemlösung wurde eine Untersuchungsanordnung, mit der der Wiederanstieg des Salzigen Sees simuliert werden konnte, sowie ein Meßprogramm entwickelt. Dieses ermöglichte Aussagen zum Rücklösungspotential an Phosphor aus dem Boden unter möglichst naturnahen Bedingungen.

Für das Freilandexperiment wurden an insgesamt drei für den Seeboden charakteristischen Standorten (nach Bodenform und Belastung) jeweils drei möglichst ungestörte Oberbodenproben mit einer Mächtigkeit von ca. 30 cm entnommen. Diese „Bodenmonolithe“ wurden mit einem Kunststoffrohr (Durch-



Abb. 2: Die Exposition der Proben auf dem Gelände des Pumpwerkes Wansleben

messer: 38 cm; Länge: 100 cm) entnommen, welches nach Verschluss mit einem Deckel selbst einen Teil des Versuchsbehältnisses bildete. Die Überstauung der Bodenkörper erfolgte auf dem Gelände des Pumpwerkes Wansleben mit jeweils 50 l Wasser aus dem Mittelgraben (s. Abb. 2). Dieser wird zukünftig – nach (schrittweiser) Abschaltung der Pumpen – auch die Speisung des Seebeckens bedingen.

Das verwendete Überstauungswasser zeichnete sich durch Konzentrationen an gelösten reaktivem Phosphor von 0,22 mg bzw. an Gesamtphosphor von 0,42 mg pro Liter aus. Bei den ausgewählten Entnahmestandorten der Bodenproben handelte es sich um zwei Ackerflächen (Standort 1 und 3) und eine Grünbrache (Standort 2). Die Standortauswahl erfolgte in Anlehnung an die im Limnologischen Gutachten (KLAPPER et SCHARF 1998) gegebenen Standortcharakteristika.

Die Gesamtphosphor-Gehalte der in die Untersuchung einbezogenen Böden lagen zwischen 780 und 1180 mg/kg Trockenmaterial. Aus landwirtschaftlicher Sicht war der Boden des ersten Standortes der Versorgungsstufe C (P_{DL} -Gehalt: 40-55 mg/kg Boden) zuzuordnen, während die Böden der anderen beiden Standorte eine geringe Phosphorversorgung aufwiesen, was sich in der niedrigsten Versorgungsstufe (P_{DL} -Gehalt: < 19 mg/kg Boden) widerspiegelt.

Bei den Ackerstandorten wurde das gesamte Pflanzenmaterial vor der Probennahme entfernt. Im Unterschied dazu wurde bei dem zweiten Standort, der Grünbrache, die Grasnarbe auf dem Boden belassen. Die Exposition der Proben sowie eines Kontrollgefäßes, welches nur Überstauungswasser enthielt, erfolgte vom 28.08. bis zum 30.11.2000 auf dem Gelände des Pumpwerkes Wansleben. Die Abschirmung der Proben vor extremen Außentemperaturen wurde durch umgebendes Bodenmaterial und Isolierung durch Glaswolle erreicht (SCHMIDT 2002).

Da Flachseen in der Regel keine vertikalen oder horizontalen Schichtungen aufweisen (SONDERGAARD et al. 1990), war für die Simulation eines möglichst realitätsnahen Zustandes – aufgrund der kaum gegebenen Windexposition der Wasseroberfläche – eine künstliche Durchmischung des Wasserkörpers notwendig. Diese erfolgte durch manuelles Rühren des Wassers in den Behältern.

Der Verlauf der für eine mögliche Phosphorfreisetzung entscheidenden Einflußgrößen pH-Wert, Redoxpotential und Temperatur wurde sowohl für das Oberflächen- als auch für das Interstitialwasser ermittelt. Die Analysen der Gehalte an Gesamtphosphat und gelöstem reaktiven Phosphat sowie die Messung der Leitfähigkeit erfolgten ausschließlich für das Oberflächenwasser. Die Bodenproben vor und nach Durchführung des Experimentes wurden jeweils im Hinblick auf dessen Gehalt an Gesamtphosphor und doppellaktatlöslichen Phosphor (HOFFMANN 1991) analysiert. Darüber hinaus wurden Extraktionen mit zwei weiteren organischen Säuren, Wein- und Zitronensäure, durchgeführt (HOFFMANN 1991).

Da die Bestimmung der potentiellen Bioverfügbarkeit des partikulär gebundenen Phosphors mittels eines Bioassays sehr aufwendig ist, werden für dessen Abschätzung häufig Extraktionen mit verschiedenen organischen Säuren durchgeführt. Dem doppellaktatlöslichen Phosphor, welcher häufig als pflanzenverfügbar angenommen wird, wird im Limnologischen Gutachten für die mögliche Phosphor-Rücklösung eine große Bedeutung beigemessen (KLAPPER et SCHARF 1998). Eine Abnahme dieser Fraktion durch das Experiment war somit zu erwarten und sollte in der Größenordnung mit den Schätzungen von KLAPPER et SCHARF 1998 verglichen werden.

Die Phosphor-Rücklösung aus dem Boden ist zum einen von den Rahmenbedingungen des Experimentes (z. B. Temperatur, Redoxpotential und pH-Wert) und zum anderen von den Phosphorbindungsformen im Boden bzw. Sediment abhängig. Die quantitative Bestimmung der Bindungsanteile des Phosphors im Boden bzw. Sediment erfolgt zur Zeit vor allem durch fraktionierte Extraktionsverfahren. Dabei werden die Boden- bzw. Sedimentproben nacheinander in einer bestimmten Reihenfolge mit verschiedenen wirksamen Lösungsmitteln versetzt, wodurch Rückschlüsse auf die Bindungsintensitäten des Phosphors ermöglicht werden (HUPFER 1995). Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Phosphor-Fraktionierung nach CHANG und JACKSON angewendet (IPÖ 1975).

Bei dieser sequenziellen Extraktion wird die Boden- bzw. Sedimentprobe zuerst mit Ammoniumchlorid-lösung versetzt, wodurch wasserlösliche und austauschbare Phosphate freigesetzt werden. Durch Schwefelsäure werden insbesondere Calciumphosphate gelöst. Der redoxensitive Phosphor wird in der Zitrat-Dithionit-Fraktion erfaßt.

4 DATENAUSWERTUNG

Die Ermittlung von **Phosphor-Freisetzungsraten** aus dem Boden in den Wasserkörper war ein zentrales Ziel dieser Arbeit. Die Freisetzungsraten wurden nach der folgenden Formel über die Veränderung der Phosphor-Konzentrationen im Überstauungswasser berechnet (SLOMP et al. 1993; KLEEBERG et LIPPERT 1997; RUBAN et DEMARE 1998).

$$\text{PFR} = \frac{\Delta c \times V}{\Delta t \times S}$$

PFR = Phosphor-Freisetzung bzw. -Fixierung [$\text{mg P m}^{-2} \text{d}^{-1}$]

Δc = Differenz der Phosphor-Konzentrationen zweier Messungen [mg/l]

V = Volumen des Überstauungswassers [l]

Δt = Zeitraum zwischen den Messungen [d]

S = Boden- bzw. Sedimentoberfläche [m^2]

Die Bestimmung der Phosphor-Fractionen im Boden vor und nach Durchführung des Experimentes sollte Hinweise auf die **Herkunft des freigesetzten Phosphors** sowie auf mögliche **Transformations-**

prozesse geben. Auf einen statistischen Mittelwertvergleich der Daten vor und nach Durchführung des Experimentes wurde verzichtet, da der Stichprobenumfang für diese Auswertungsmethode als zu gering einzustufen ist und die Daten aufgrund von Abweichungen bei der Probennahme (unterschiedliche Entnahmetiefe) nur eingeschränkt miteinander vergleichbar sind. Bei den beiden Ackerstandorten kann aufgrund der Bewirtschaftung der Flächen von einer gründlichen Durchmischung des Oberbodens ausgegangen werden, so daß ein Vergleich der Proben zulässig ist.

Bei einheitlichen Veränderungen in allen Versuchsbehältnissen (Zu- oder Abnahme einer bestimmten Fraktion) wird angenommen, daß die registrierten Änderungen nicht zufällig sind. Die Differenzen zwischen den Mittelwerten für die Bodenproben vor und jenen nach Durchführung des Experimentes werden in den folgenden Ausführungen als Veränderungen ausgewiesen.

5 ERGEBNISSE

5.1 Die Phosphorfreisetzungs- bzw. -fixierungsraten

Bei den Proben der Standorte 1 und 3 zeigte sich kein Einfluß des Bodens auf die Gesamtphosphorkonzentrationen im Überstauungswasser. Abnehmende Gesamtphosphorkonzentrationen in dem Kontrollgefäß sowie in den Behältern des ersten und dritten Standortes weisen aber auf eine Sedimentation von phosphorhaltigen Partikeln – insbesondere zu Beginn des Experimentes – hin (Abb. 3).

Bei Standort 2 waren hingegen deutliche Unterschiede der Phosphor-Gehalte gegenüber dem Kontrollgefäß nachweisbar. Zudem zeigten sich im Verlauf des Experimentes erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Systemen. Wertet man den gesamten Versuchszeitraum aus, so war lediglich für das Behältnis 2/3 eine deutliche Netto-Phosphor-Freisetzungs festzustellen.

Aus den dargestellten Meßergebnissen geht gleichfalls hervor, daß die Wahl des Versuchszeitraumes einen großen Einfluß auf das Ergebnis haben kann. So hätte sich bei Betrachtung eines kürzeren Zeitraumes (z. B. bis zum 17.10.2000) auch für das Behältnis 2/2 eine Netto-Phosphor-Freisetzungs belegen lassen.

Aufgrund der zu erwartenden höheren Reproduzierbarkeit bei der Probennahme sind die Gehalte an gelöstem reaktiven Phosphor insgesamt besser geeignet, um die Phosphor-Freisetzungs in Abhängigkeit von der Zeit zu untersuchen. Hier liegen jedoch lediglich Werte für die Probenbehältnisse 2/2 und 2/3 vor (Abb. 4).

Wie Abbildung 4 verdeutlicht, traten die Freisetzungsmaxima und -minima bei beiden Behältnissen ungefähr zeitgleich auf. Damit stellt sich die Frage, welche Prozesse für die Phosphor-Freisetzungs verantwortlich bzw. welche Einflußgrößen hierbei dominant gewesen sein könnten (Boström et al. 1988). Bei dem ersten Maximum lag das Redoxpotential im Boden noch weit über dem kritischen Wert von 200 mV, so daß für diesen Zeitraum die Freisetzung von redoxsensitivem Phosphor als unwahrscheinlich einzuschätzen ist. Die beiden Phosphor-Freisetzungsmaxima folgten den Temperaturmaxima und könnten von diesen indirekt beeinflußt worden sein. Erhöhte Temperaturen bedingen eine erhöhte bakterielle Aktivität und begünstigen dadurch die Mineralisierung von phosphorhaltiger organischer Substanz. Das Lösungsverhalten von Feststoffen ist ebenfalls stark temperaturabhängig.

5.2 Die Herkunft der freigesetzten Phosphate und Transformationsprozesse

Bezüglich der Klärung der Frage nach der Herkunft der freigesetzten Phosphate ergab sich das Problem, daß bei dem zweiten Standort kaum zwischen dem bodenbürtigen Phosphor und jenem aus der Vegetation unterschieden werden konnte. Darüber hinaus ließen sich die Ergebnisse der Bodenanalysen für diesen Standort aufgrund von Problemen bei der Probennahme nur eingeschränkt interpretieren. Dafür erbrachten aber die Analyseergebnisse des ersten und des dritten Standortes gesicherte Hinweise auf Transformationsprozesse im Boden bzw. Sediment (s. Abb. 5).

Danach wird erkennbar, daß die Zitat-Dithionit-Fraktion mit Abnahmen um 230–400 mg/kg Boden bzw. 70–85 % gegenüber dem Ausgangsgehalt die stärksten Rückgänge aufweist. Diese Veränderung ist

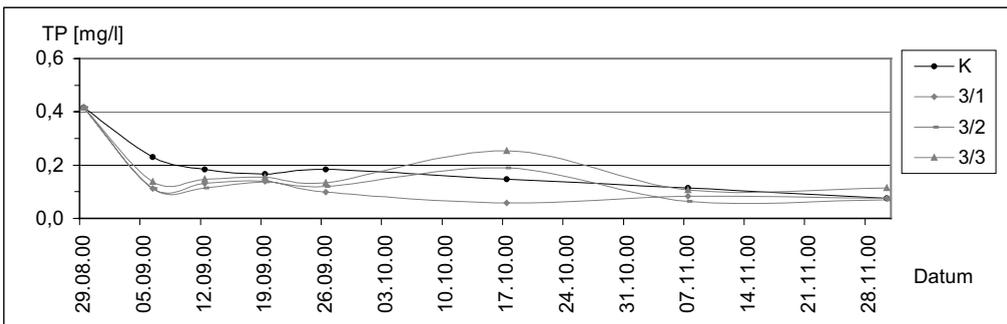
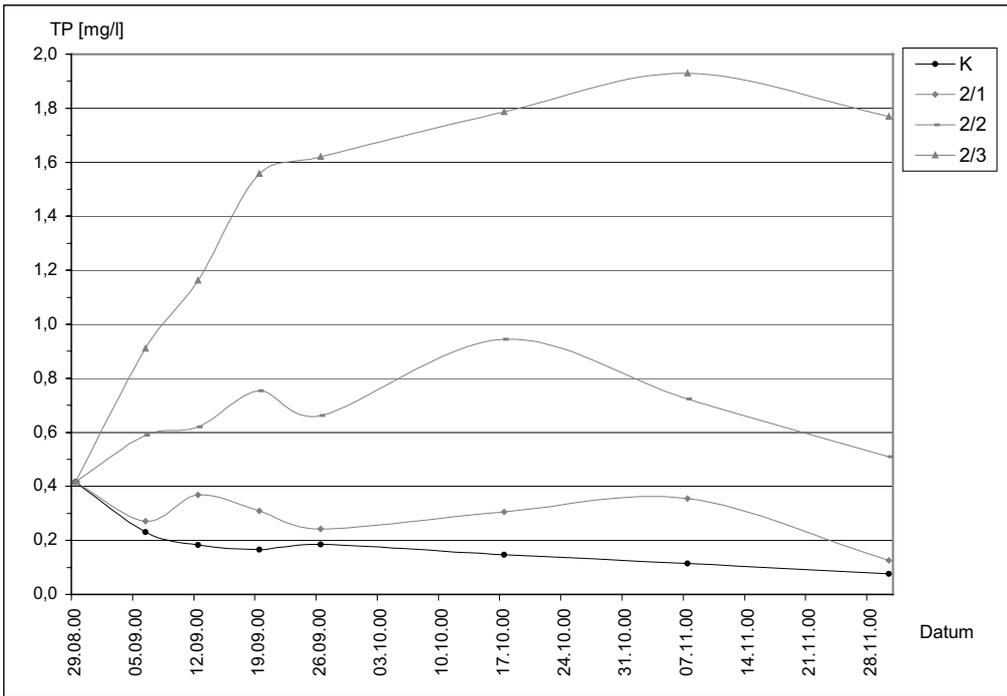
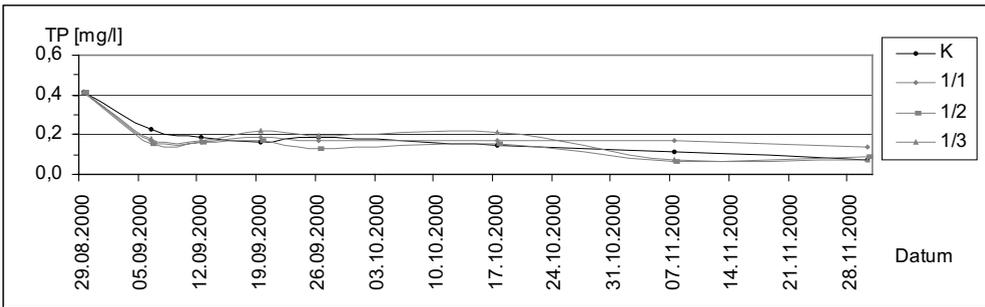


Abb. 3: Die Gesamtphosphor-Konzentrationen im Überstauungswasser des ersten (1/1, 1/2, 1/3), zweiten (2/1, 2/2, 2/3) und dritten (3/1, 3/2, 3/3) Standortes im Vergleich zum Kontrollgefäß (K)

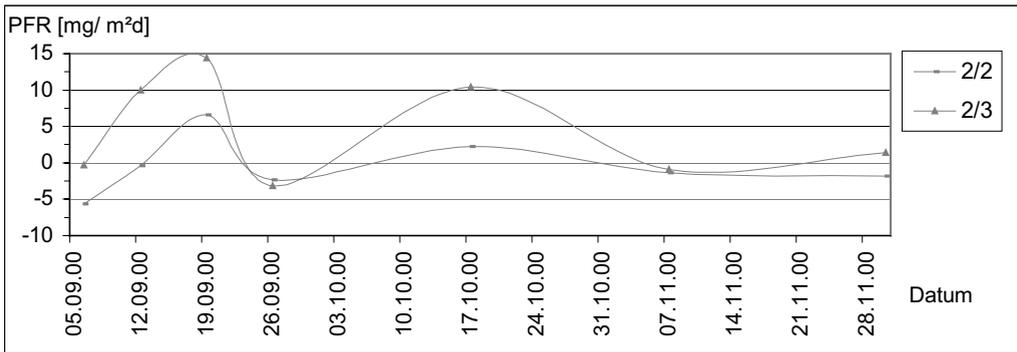


Abb. 4: Die Freisetzung (positive Werte) bzw. Fixierung (negative Werte) von gelöstem reaktiven Phosphor für den zweiten Standort (2/2 und 2/3)

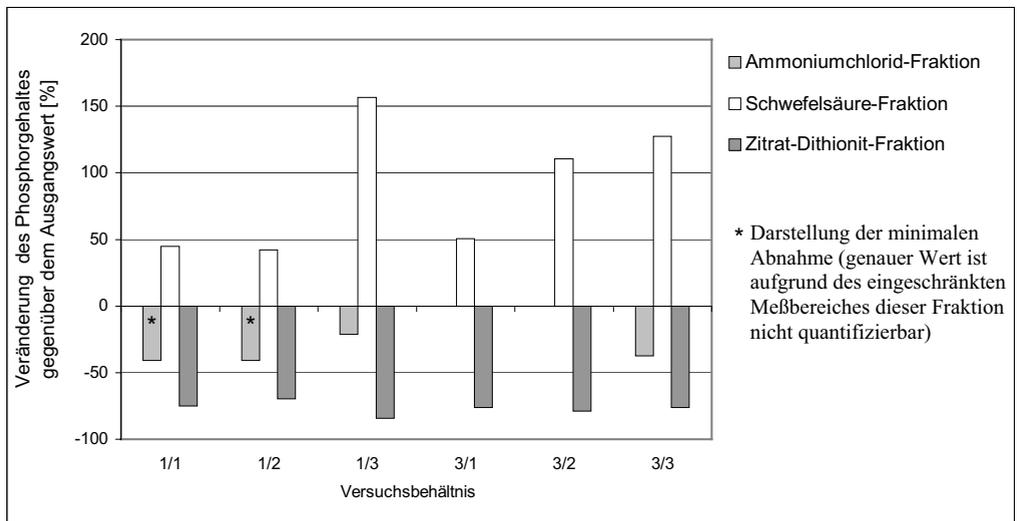


Abb. 5: Die prozentuale Veränderung des Phosphatgehaltes in der Ammoniumchlorid-, Schwefelsäure- und Natriumzitat-Dithionit-Fraktion in den Bodenproben des ersten und des dritten Standortes nach Durchführung des Experimentes gegenüber dem Ausgangsgehalt

insbesondere durch die Abnahme des redoxsensitiven Phosphors zu erklären, welche bei Redoxpotentialen unter 200 mV begünstigt wird. Auch die Ammoniumchlorid-Fraktion erfuhr bei vier Proben einen deutlichen Rückgang (> 20 %). Die Abnahme dieser Fraktion war jedoch erwartet worden, da es sich hier um wasserlösliche und damit leicht verfügbare Phosphate handelt. Bei den Proben 3/1 und 3/2 konnte keine Mobilisierung dieser Fraktion nachgewiesen werden, da die Meßwerte des dritten Standortes im Bereich bzw. unterhalb der Nachweisgrenze lagen.

Kompensiert wurden die Abnahmen der dargestellten Fraktion durch eine beträchtliche Zunahme der Schwefelsäure-Fraktion (um 117-470 mg/kg Boden bzw. 42-157 %). Die Ursache für diesen Anstieg könnte in der Mitfällung des Phosphors mit Calciumcarbonaten und/oder in der Bildung von schwerlöslichen Calciumphosphaten gelegen haben.

6 DISKUSSION

6.1 Bedeutung der Versuchsergebnisse für die Beurteilung der Wasserqualität des künftigen Salzigen Sees

Die bei dem Experiment registrierten Veränderungen der Phosphor-Fractionen im Boden werden in Abbildung 6 auf die Fläche bezogen dargestellt. Insbesondere bei der Zitrat-Dithionit-Fraktion waren mit Werten von 14-24 g/m² erhebliche Rückgänge zu konstatieren. Der doppellaktatlösliche Phosphor verzeichnete bei dem ersten Standort nur einen geringen Rückgang (um ca. 1 g/m²), während beim dritten Standort keine Veränderung zu registrieren war.

Diese Aussagen unterscheiden sich deutlich von jenen von KLAPPER et SCHARF (1998) und bieten neue Erkenntnisse für weitere Schätzungen. Die genannten Autoren gehen mit Abnahmen des redoxsensitiven Phosphors (bzw. der Zitrat-Dithionit-Fraktion) um 5 kg/ha (0,5 g/m²) und des doppellaktatlöslichen Phosphors um 30 kg/ha (3 g/m²) für das gesamte erste Einstaujahr von deutlich geringeren Rückgängen des Phosphors im Boden aus (vgl. auch KLAPPER 2000). Dies hat wesentliche Konsequenzen für die o. g. Problematik. Allerdings muß in diesem Zusammenhang darauf verwiesen werden, daß trotz der sehr hohen Rückgänge dieser labilen Fraktionen während des Experimentes bei den beiden Standorten keine Phosphor-Freisetzung registriert wurde. Die Abnahme der Phosphorgehalte in den genannten beiden Fraktionen wurde somit durch die Zunahme anderer Fraktionen, insbesondere der Schwefelsäurefraktion, kompensiert (Abb. 6). Dies verdeutlicht wiederum, daß für eine zuverlässige Schätzung der Phosphor-Freisetzung neben den Gehalten der labilen Phosphor-Fractionen im Boden zudem dessen Bindungskapazität für Phosphor berücksichtigt werden muß. Hinsichtlich der Verfügbarkeit der Phosphate im Boden ist gleichfalls festzustellen, daß die unter den vorliegenden Bedingungen schwerer verfügbare Schwefelsäurefraktion gegenüber den labilen Fraktionen, durch das Experiment selbst, begünstigt wurde (Abb. 6).

Die Veränderungen der Phosphor-Fractionen im Boden verdeutlichen insgesamt, daß der Boden einen wichtigen Bestandteil des Phosphor-Kreislaufes in dem zukünftigen Gewässer darstellen wird. Die Versuchsergebnisse der Standorte 1 und 3 weisen nach den hier vorgelegten Befunden allerdings auf einen eher geringen Beitrag des Bodens (ohne Vegetationsbedeckung) für die Nettophosphor-Freisetzung hin

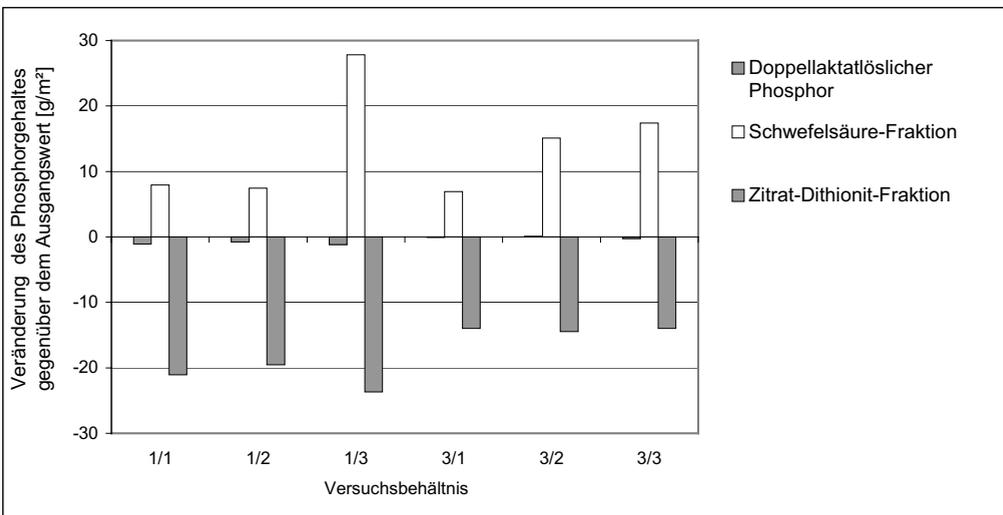


Abb. 6: Die Veränderung der Phosphatgehalte in der Schwefelsäure- und Natriumzitrat-Dithionit-Fraktion sowie des doppellaktatlöslichen Phosphors - hochgerechnet auf die Fläche von einem Quadratmeter - in den Bodenproben des ersten und des dritten Standortes nach Durchführung des Experimentes gegenüber den Ausgangsgehalten

(vgl. Abb. 3). Da insbesondere der redox-sensitive Phosphor Abnahmen verzeichnete und da ausschließlich bei dem zweiten Standort (Boden mit Grasnarbe) eine Netto-Phosphor-Freisetzung beobachtet wurde, ist anzunehmen, daß das aufliegende Pflanzenmaterial für die zukünftige Wasserqualität des Sees von entscheidender Bedeutung sein wird. Bei Überstauung des Bodens mit Vegetationsauflage ist daher mit einer beträchtlichen Netto-Phosphor-Freisetzung zu rechnen. Eine weitgehende Entfernung des Pflanzenmaterials könnte sich somit sehr vorteilhaft auf die Nährstoffsituation des Gewässers auswirken.

6.2 Methodenkritik

Im Nachhinein kann resümiert werden, daß trotz des Bemühens um ein möglichst realitätsnahes Experiment, selbiges mehrere „Schwachpunkte“ aufwies. Obwohl diese den Autoren teilweise von vornherein bekannt waren und in Kauf genommen wurden, zeigten sich nach Abschluß der Arbeit einige wichtige „Einsichten“, die es bei weiterführenden Arbeiten zu berücksichtigen gilt. So war z. B. der Versuchszeitraum von nur 13 Wochen zu kurz, da eine zuverlässige Hochrechnung der Werte auf ein Jahr somit nicht möglich ist. Darüber hinaus fand der natürliche Wasseraustausch bei dem Experiment keine Berücksichtigung (SCHMIDT 2002). In den Behältnissen 2/2 und 2/3 wurden während der ersten Hälfte des Experimentes deutliche Erhöhungen der Phosphorkonzentrationen im Überstauungswasser registriert (Abb. 3). Diese „Aufkonzentrierung“ beeinflusst – durch die Verschiebung des Gleichgewichtes zwischen gebundenen und gelösten Phosphor – die Mobilisierungsprozesse und wirkt zudem modifizierend auf Transportprozesse. Die Ursachen für die niedrigen Phosphor-Freisetzungsraten in der zweiten Hälfte des Experimentes (s. Abb. 4) könnten einerseits in den saisonalen Schwankungen der Prozesse (KLEEBERG 1997) und andererseits in den erhöhten Phosphorkonzentrationen des Überstauungswassers gelegen haben.

Die Ergebnisse zeigen vor allem, daß hinsichtlich einer objektiven Beurteilung der zu erwartenden Nährstoff-Rücklösung aus den Böden des ehemaligen Salzigen Sees noch beträchtliche Informationsdefizite existieren. Für weiterführende Arbeiten sollten die Erfahrungen dieses Experimentes unbedingt berücksichtigt werden.

7 ZUSAMMENFASSUNG

SCHMIDT, D.; FRÜHAUF, M.: Untersuchung zur Phosphor-Freisetzung aus Böden des Salzigen Sees mittels eines Freilandexperimentes. - *Hercynia N.F.* 35 (2002): 147-156.

Der Salzige See wird in den kommenden Jahren wiederentstehen. Bei einem Freilandexperiment, welches im Zeitraum vom 28.08. bis zum 30.11.2000 durchgeführt wurde, sollte die mögliche Phosphor-Freisetzung aus den Böden in das Oberflächenwasser untersucht werden.

Lediglich in zwei der neun Versuchsbehältnisse wurde eine Nettophosphor-Freisetzung registriert. Die Ergebnisse der Bodenanalysen wiesen auf Transformationsprozesse im Boden hin. Dabei wurden die schwer verfügbaren Fraktionen gegenüber den labilen begünstigt. Es ist anzunehmen, daß die Vegetationsbedeckung der Bodenproben des zweiten Standortes für die beobachtete Phosphor-Freisetzung von zentraler Bedeutung war. Eine weitgehende Entfernung des Pflanzenmaterials könnte sich somit positiv auf die Wasserqualität des zukünftigen Sees auswirken.

8 DANKSAGUNG

Die Bodenanalysen wurden von Dr. Schwarzer und Dr. Kirmas vom Landesuntersuchungsamt für Gesundheits-, Umwelt- und Verbraucherschutz Sachsen-Anhalt durchgeführt. Die Ergebnisse der Phosphorfractionierung lieferten wichtige Hinweise auf Transformationsprozesse im Boden und waren somit für das Gelingen der Arbeit von großer Bedeutung.

9 LITERATUR

- ALSCHER, D. (2001): Geoökologische Untersuchungen an Böden und Substraten zur jüngeren Kulturlandschaftsgenese im Gebiet des ehemaligen Faulen Sees bei Eisleben. - Dipl.arb. Univ. Halle (unveröff.).
- BOSTRÖM, B., ANDERSEN, J. M., FLEISCHER, S.; JANSSON, M. (1988): Exchange of phosphorus across the sediment-water interface. - *Hydrobiologia* **170**: 229-244.
- BUI – Büro für Umweltplanung und Informationssysteme (1999): Bewirtschaftungsplan Salza. Integratives Sanierungs- und Entwicklungskonzept (ISEK) im Auftrag des Staatlichen Amtes für Umweltschutz Halle/Saale. - Abschlußber. (unveröff.).
- FRÜHAUF, M. (1999): Das Mansfelder Land – Kontrastraum zwischen landschaftlichen „Highlights“, Umweltbelastung und sozialen sowie wirtschaftlichen Problemen. - *Hercynia N. F.* **32**: 161-190.
- HOFFMANN, G. (1991): Die Untersuchung von Böden. - In: BASSLER, R. [Ed.]: *Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik (Methodenbuch)*. - Darmstadt.
- HUPFER, M. (1993): Untersuchungen zur Phosphatmobilität in Gewässersedimenten. - Diss. TU Dresden.
- IPÖ – Institut für Pflanzenernährung und Ökotoxikologie Jena der AdL der DDR (1975): Methoden für die Fraktionierung des anorganischen Phosphates in Böden (Hausmethode M44, unveröff.).
- KLAPPER, H.; SCHARF, B. (1998): Salziger See: Limnologische Begutachtung und Vergleich der Wasserbeschaffenheit des einstigen mit der zu erwartenden des künftigen Salzigen Sees. - UFZ-Gutachten i. A. des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (unveröff.).
- KLAPPER, H. (2000): Wiederentstehung des Salzigen Sees bei Seeburg – Erwartungen, Bedingungen, Prognosen. - *Wasser & Boden*, **52/3**: 22-30.
- KLEEBERG, A. (1997): Phosphorus release in Lake Großer Müggelsee and its implications for lake restoration. - *Hydrobiologia* **342/343**: 9-26.
- KLEEBERG, A.; LIPPERT, G. (1997): Die benthische Phosphorfreisetzung in Seen des Scharmützelseegebietes mit sommerlichen anoxischen Hypolimnion. - In: DENEKE, R.; NIXDORF, B. [Ed.] (1997), *Gewässerreport (Teil III): Limnologische Untersuchungen im Scharmützelseegebiet und von Tagebauseen in der Lausitz*. - Cottbus.
- LAMPERT, W.; SOMMER, U. (1993): *Limnökologie*. - Stuttgart.
- RUBAN, V.; DEMARE, D. (1998): Sediment phosphorus and internal phosphate flux in the hydroelectric reservoir of Bort-les-Orgues, France. - *Hydrobiologia* **373/374**: 349-359.
- SCHMIDT, D. (2002): Ein Freilandversuch zur Phosphor-Freisetzung aus Böden des Salzigen Sees – Simulation des Seewasseranstiegs für drei Standorte im Südtail des künftigen Salzigen Sees. - Dipl.arb. Univ. Halle (unveröff.).
- SCHMIDT, G.; FRÜHAUF, M. (2000): Abflussdynamik und Stofftransport im Einzugsgebiet des wiederentstehenden Salzigen Sees - *Geoökodynamik Bd. XXI*: 229-252.
- SCHMIDT, G.; FRÜHAUF, M. (2002): Nährstoffbilanzierung für Fließgewässereinzugsgebiete als Grundlage zur Planung von Nutzungsänderungen im Einzugsgebiet des wiederentstehenden Salzigen Sees. - *Geoökodynamik Bd. XXIII*: 153-174.
- SLOMP, C. P., VAN RAAPHORST, W., MALSCHAERT, J. F. P., KOK, A.; SANDEE, A. J. J. (1993): The effect of deposition of organic matter on phosphorus dynamics in experimental marine sediment systems. - *Hydrobiologia* **253**: 83-98.
- SONDERGAARD, M., JEPPESEN, E., KRISTENSEN, P.; SORTKJÆR, O. (1990): Interactions between sediment and water in a shallow and hypertrophic lake: a study on phytoplankton collapses in Lake Søbygård, Denmark. - *Hydrobiologia* **191**: 139-148.
- TROST, M.; RAUCHHAUS, U. (2000): Die Lage und naturräumliche Einordnung des ehemaligen Salzigen Sees. - Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt [Ed.]: *Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt*, **37** Sonderh.: Der Salzige See: 5-7.
- VERWALTUNGSGEMEINSCHAFT „SEEGBIET MANSFELDER LAND“ [Ed.] (1995): *Amtsblatt. 2. Jahrgang, Nr. 8. Sonderausgabe „Salziger See“*.

Manuskript angenommen: 2. Oktober 2002

Anschrift der Autoren:

Daniela Schmidt,
Radsredder 6,
D-24148 Kiel.
E-mail: Dani_ela_Schmidt@yahoo.de

Prof. Manfred Frühauf,
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg,
Institut für Geographie,
Domstraße 5,
D-06108 Halle (Saale).
E-mail: fruehauf@geographie.uni-halle.de