

PROWATER: Prevention of diffuse water pollution with phosphorus from degraded and re-wetted peat soils

P. LEINWEBER, A. SCHLICHTING und R. MEISSNER

Abstract

In dem EU-Verbundprojekt PROWATER werden die Auswirkungen einer Wiedervernässung von ehemals entwässerten Niedermoorstandorten auf eine mögliche Phosphor-(P)-Mobilisierung und ein damit verbundenes Eutrophierungsrisiko für angrenzende Gewässer untersucht. Wiedervernässung führt zu anaeroben Bedingungen im vorher gut belüfteten, degradierten Torf und somit zu einer Absenkung des Redoxpotenzials. Dies wirkt sich auf die Art und Verteilung der P-Verbindungen im Boden aus und weist auf eine P-Mobilisierung hin. Weiterhin wurden über den gesamten Untersuchungszeitraum erhöhte P-Konzentrationen in der Bodenlösung der oberen Horizonte gemessen, die jedoch statistisch keinen Trend erkennen lassen. Mit den bislang erhobenen Daten sollen nun mögliche Szenarien durch Modellierung simuliert werden.

The EU-Project PROWATER is aimed to investigate consequences of re-wetting of formerly drained fenlands. It is hypothesised that a potential phosphorus-(P)-mobilisation will be a risk of eutrophication of adjacent freshwater systems. Anaerobic conditions in previously aerated and degraded peat due to re-wetting are shown to lead to decreased redox potential and P-transformations. This influences the forms and distribution of P in the peat and indicates P mobilisation. Furthermore, increased P concentration in the soil solution of the top layers were observed, which however did not follow a statistically significant trend. The data acquired will be used for modelling and calculation of re-wetting scenarios.

Problemstellung

Niedermoore nehmen mit 210000 km² eine erhebliche Fläche in der gesamten Europäischen Union ein. In der Vergan-

genheit wurden sie mehr oder weniger intensiv landwirtschaftlich genutzt. Neben dem damit verbundenen Verlust an Torfmächtigkeit kam es zu Austrägen gasförmiger und gelöster Stoffe sowie, insbesondere durch die Zufuhr von Düngern und Exkrementen, zu einer relativen Anreicherung mit Phosphor (P). Der P liegt dabei als Phosphat gebunden an Fe- und Al-(Hydr)oxide sowie in Form chemisch bisher kaum identifizierter organischer Verbindungen vor. Gegenwärtig gibt es Bestrebungen in verschiedenen Ländern, die verbliebenen Moore durch Wiedervernässung zu schützen. Zu berücksichtigen sind dabei generelle Veränderungen im Chemismus, wobei die P-Mobilität in hohem Maße von den Redoxbedingungen abhängig ist. Bei niedrigen Redoxpotenzialen sind die Bindungspartner für Phosphat nicht mehr stabil, woraus sich ein Risiko unerwünschter Einträge in Oberflächengewässer ableiten läßt.

Untersuchungsgebiet und -methoden

Die Untersuchungsfläche Langsdorf ist ein stark degradiertes Niedermoorstandort (Klassifikation nach SPAARGAREN, 1994: Ombri-Sapric Histosol). Sie befindet sich in dem gleichnamigen ehemaligen Poldergebiet in der Trebel-Niederung, einem Flußtalmoor in zentraler Lage des Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern mit einer Ausdehnung von 142,8 km². Etwa 21 % der Niedermoorfläche wurden, finanziert durch ein EU-LIFE-Projekt, aktiv wiedervernäßt (Landesamt für Umwelt und Natur Mecklenburg-Vorpommern, 1998). Die Trebel-Niederung ist eines von 11 Niedermoorgebieten in 7 Ländern, die im Rahmen des EU-Verbund-Projektes PROWATER auf mögliche Auswirkungen einer Wiedervernässung auf die P-Mobilisierung untersucht werden. Sieben der Untersuchungsgebiete, unter ihnen auch der

Standort Langsdorf, sind mit automatischen Feldmeßstationen instrumentiert, an denen kontinuierlich bodenphysikalische und -chemische Parameter, wie Matrixpotenzial und volumetrischer Wassergehalt, Bodentemperatur und Redoxpotenzial erfaßt werden. Gleichzeitig wurden periodisch (3 Wochen), aber auch ereignisbezogen, Proben der Bodenlösung mittels keramischer Saugsonden sowie Oberflächen- und Grundwasserproben entnommen und analysiert (P-Spezies, Fe, Al, Mn). Außerdem wurden zu jeweils vier Terminen im Jahr Bodenproben in mehreren Tiefenstufen entnommen und zur Identifizierung von P-Bindungsformen untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Eine Hauptfrage ist, ob und inwieweit die bisher erhobenen Daten die Arbeitshypothese (Wiedervernässung → Verringerung der Redoxpotenziale → Reduktion der pedogenen Oxide als Bindungspartner für PO₄³⁻ zu Fe²⁺ → P-Freisetzung) bestätigen. Die Redoxpotenziale im Oberboden (0-30 cm) des Standortes Langsdorf schwanken naturgemäß in relativ weiten Bereichen. Die Mediane der Redoxpotenziale liegen zwischen 0 und -100 mV und zeigen einen deutlich abfallenden Trend während der untersuchten Wiedervernässungsphase (Mai 2000 bis Dezember 2002), bei einer Standardabweichung von weniger als 100 mV. Entsprechend der Stabilitätsfelder für 3- und 2-wertige Fe-Verbindungen ist bei pH-Werten um 6 mit der Auflösung amorpher Fe-Mineralen bei ~ +300 mV bzw. des kristallinen Goethits bei ~ 0 mV zu rechnen (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL, 2002). Diese Aussage wird durch Ergebnisse der Untersuchungen der Wasser- sowie auch der Bodenproben gestützt. So wurden hohe Fe²⁺-Konzentrationen im Grundwasser (Mittelwert 2,64 mg l⁻¹) bei gleichzeitig engem Verhältnis von Fe²⁺/Fe_{total} (0,7 bis

Autoren: Prof. Dr. Peter LEINWEBER und A. SCHLICHTING, Institute of Soil Science and Plant Nutrition, University of Rostock, Justus-von-Liebig-Weg 6, D-18051 ROSTOCK; Prof. Dr. Ralph MEISSNER, UFZ Centre for Environmental Research Leipzig-Halle Ltd., Department of Soil Science, Lysimeterstation Falkenberg, Dorfstraße 55, D-39615 FALKENBERG

0.9) gemessen. Für Proben aus den Bodenprofilen, an denen eine sequentielle P-Fraktionierung nach HEDLEY et al. (1982) durchgeführt wurde, konnte ein hoch signifikanter Zusammenhang zwischen dem NaOH-extrahierbaren, anorganischen P (NaOH-P_i) und dem Redoxpotenzial festgestellt werden (siehe *Abbildung 1*). Dies stimmt mit Beobachtungen von MOORE und REDDY (1994) für Seesedimente überein. Nach CROSS und SCHLESINGER (1995) repräsentiert diese Fraktion in Mineralböden Eisen- und Aluminiumphosphate, die mehr oder weniger stark mit Huminkomplexen assoziiert sind. Diese Aussage trifft auch für Moorböden zu, wie signifikante lineare Korrelationen zwischen den Gehalten dieser P-Fraktion und den Gehalten an pedogenen Oxiden zeigten (SCHLICHTING und LEINWEBER, 2002). Diese pedogenen Oxide liegen in schwach kristalliner oder organisch gebundener Form vor und wurden im Oxalateextrakt (SCHWERTMANN, 1964) bestimmt (Al_{ox} , Fe_{ox}). Sie haben aufgrund ihres niedrigen Kristallisationsgrades eine große reaktive Oberfläche und sind die wichtigsten Bindungspartner für P.

Zudem ergibt sich für den durch Wiedervernässung beeinflussten Tiefenabschnitt des Profiles, daß bis zu 50 % des gesamten P labil und potentiell verfügbar ist. Bei Trockenrohdichten des Torfes von 0.281 g cm^{-3} in 0-20 cm, 0.208 g cm^{-3} in 20-40 cm, 0.147 g cm^{-3} in 40-60 cm und Gesamt-P-Gehalten von 1308.5, 489.0 und 308.5 mg kg^{-1} in den jeweiligen Tiefen ergäbe sich somit ein theoretisches P-Freisetzungspotenzial von insgesamt 490 t ha^{-1} . Große Unsicherheiten beinhaltet diese Kalkulation deshalb, weil unbekannt ist, ob der gesamte als potentiell verfügbar bezeichnete Pool tatsächlich durch Redoxerniedrigung freigesetzt wird bzw. welche Anteile aus den stabileren Fraktionen in labile Formen überführt werden können. Besonders wenig ist über Chemismus und Reaktionsverhalten der residualen Phosphorverbindungen bekannt, die im Schwankungsbereich des Grundwassers bis 50 % des Gesamt-P ausmachen.

Die zeitlichen Verläufe der P-Konzentrationen in den Bodenlösungen und benachbarten Gewässern in der Trebel-Niederung am Standort Langsdorf weisen zunächst generell hohe Schwankungen auf. Beprobt wurden unterschiedliche

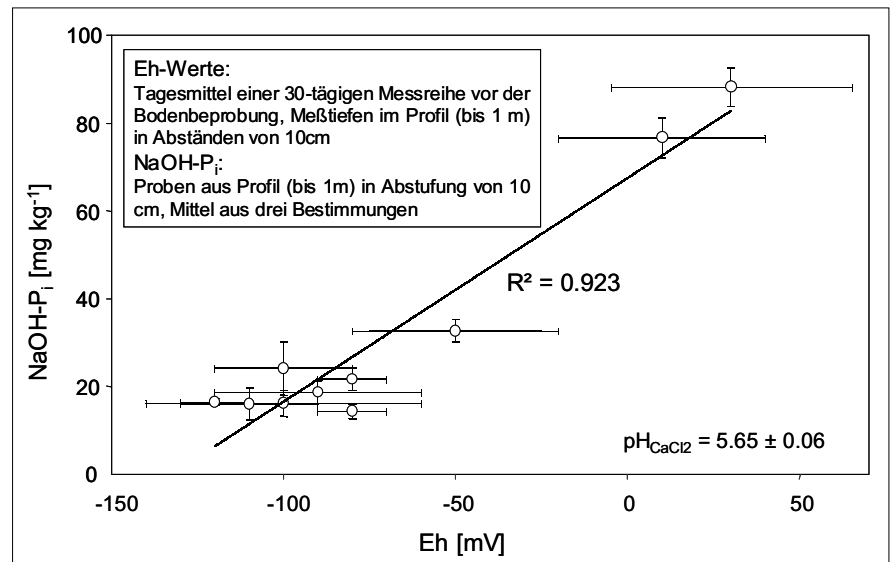


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen der anorganischen NaOH-extrahierbaren P-Fraktion nach sequentieller P-Fraktionierung und dem Redoxpotenzial in einem Bodenprofil aus der Trebel-Niederung

Meßstellen: ein Bodenprofil, parallel zu den Sonden, in 30, 60 und 90 cm Tiefe, benachbarte Torfstiche, Gräben und auch die Trebel. Aus diesen Messungen läßt sich auch nach eingehender statistischer Prüfung kein Trend infolge Wiedervernässung ableiten, da die Untersuchungsperiode hierfür wahrscheinlich bisher zu kurz war. Allerdings liegt der Verlauf der Phosphat-Konzentrationen in den Bodenlösungen aus 30 cm Tiefe meist im Bereich $0,1$ bis 1 mg l^{-1} und damit deutlich über den Konzentrationen in der Trebel ($0,01$ bis $0,1 \text{ mg l}^{-1}$). Der Transfer dieser P-reichen Bodenlösung würde also zu Anstiegen der Phosphatgehalte in der Trebel und damit zur Erhöhung des Trophiegrades beitragen. Grundsätzlich ist aber wegen (1) der erst kurzfristigen Auswirkungen der Wiedervernässung seit 1997, (2) der vorherigen Wirksamkeit anderer P-reduzierender Maßnahmen (Phosphatfreie Waschmittel, verbesserte Abwasserklärung) und (3) der zeitlichen Verzögerung durch die Transportvorgänge Moorkörper \rightarrow Oberflächengewässer noch nicht mit meßbaren Auswirkungen in der Trebel zu rechnen. Analoge Daten aus dem ebenfalls im Rahmen von PROWATER untersuchten Gebietes des Drömling-Nationalparks (Sachsen-Anhalt) für die Meßperiode 1996 bis 2001 zeigen, daß erst durch mehrjährige Meßreihen landnutzungsbedingte Veränderungen der Stoffkonzentrationen im Oberflächengewässer auf Einzugsgebietsebene nachge-

wiesen werden können (MEISSNER et al., 2001).

Literatur

- CROSS, A.F. and W.H. SCHLESINGER, 1995: A literature review and evaluation of Hedley fractionation: applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. *Geoderma* 64: 197-214.
- HEDLEY, M.J., J.W.B. STEWART and B.S. CHAUHAN, 1982: Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions by cultivation practices and by laboratory incubations. *Soil Science Society America Journal* 46: 970-976.
- LANDESAMT FÜR UMWELT UND NATURM-V, 1998: Renaturierung des Flußtalmoores - Mittlere Trebel-Dokumentation eines EU-LIFE-Projektes.
- MEISSNER, R., H. RUPP und H. KLAPPER, 2001: Erfahrungen bei der Wiedervernässung von Niedermooren in Nordostdeutschland. *KA - Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall* 48: 1127-1134.
- MOORE, P.A. and K.R. REDDY, 1994: Role of Eh and pH on phosphorus geochemistry in sediments of lake Okeechobee, Florida. *Journal of Environmental Quality* 23: 955-964.
- SCHEFFER, F. und P. SCHACHTSCHABEL, 2002: *Lehrbuch der Bodenkunde*, 15. Auflage, F.-Enke Verlag Stuttgart.
- SCHLICHTING, A., P. LEINWEBER, R. MEISSNER and M. Altermann, 2002: Sequentially extracted phosphorus fractions in peat-derived soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 165: 290-298.
- SPAARGAREN, O.C. (ed.), 1994: *World Reference Base for Soil Resources*. FAO, ISRIC and ISSS, Rome/Wageningen.
- SCHWERTMANN, U., 1964: The differentiation of iron oxide in soils by a photochemical extraction with acid ammonium oxalate. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde* 105: 194-201.