

Phosphordynamik im Fließgewässersediment eines Grünland-einzugsgebietes

P. Kahle, L. Dittmann, A. Glimm

Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18051 Rostock. Petra.Kahle@uni-rostock.de

Einleitung und Problemstellung

Ausgehend von gleichbleibend hohen Nährstoffeinträgen in die Fließgewässer aus diffusen Quellen und daraus resultierenden Konsequenzen für die Gewässereutrophierung beschäftigt sich der vorliegende Beitrag mit der Möglichkeit der Nährstoffmobilisierung aus dem Gewässersediment. Am Beispiel des Makronährstoffes Phosphor soll die räumliche und zeitliche Variabilität verschiedener P-Fractionen im Sediment eines Entwässerungsgrabens in einem kleinen landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebiet Mecklenburg-Vorpommerns geprüft und damit zum besseren Verständnis der für die Nährstoffbelastung von Fließgewässern relevanten Prozesse beigetragen werden.

Material und Methoden

Über das hydrologische Winterhalbjahr 2007/08 wurden mittels Piston Sampler (Eijkelkamp) räumlich (10 Untersuchungspunkte in äquidistanten Abständen von 10 m, Bezeichnung A-J) und zeitlich (5 Termine, Bezeichnung 1-5) verteilte Sedimentproben aus der Sohle eines mehrjährig nicht beräumten Entwässerungsgrabens (0 - 10 cm Tiefe) entnommen (vgl. Tab. 1). Der Graben befindet sich in einem durch degradierte Niedermoore und humusreiche Gleye geprägten Untersuchungsgebiet mit Grünlandnutzung (4-5 Schnitte pro Jahr) und Grabenentwässerung sowie Bedarfsdränung (Tiemeyer et al., 2007).

Das Probenset umfasste insgesamt 50 Sedimentmischproben. Kriterien für die Auswahl der Probenahmetermine (11.12.07, 14.01.08, 08.02.08, 26.03.08, 22.04.08) waren die Abbildung des gesamten hydrologischen Winterhalbjahres und die Erfassung möglichst unterschiedlicher Bedingungen hinsichtlich Witterung (Temperatur und Niederschlag) und Abfluss.

Zur Charakterisierung des P-Pools der Sedimentproben diente die sequentielle Extraktion mit Lösungsmitteln zunehmender Wirksamkeit [Resin (Harzlöslich) (pH 7), NaHCO₃ (pH 8,5), NaOH (pH 13), H₂SO₄ (pH ~0)] (Thiessen et al. 1983), ermittelt an frischen Sedimentproben in mehrfacher Wiederholung. Die P-Bestimmung erfolgte mittels ICP-OES (Jobin Yvon, JY 238 ultrace). Die ermittelten P-Konzentrationen wurden mit weiteren Daten zur Beschaffenheit des Grabensedimentes (Gehalte an C/N/S und Carbonat, Körnung, pH), zur Witterung (Lufttemperatur, Niederschlag) sowie zur Hydrologie (Abfluss, Fließgeschwindigkeit und Wasserstand am Gebietsauslass) des Untersuchungsgebietes verknüpft und mittels multivariater Statistik mit den Programmen SPSS und PAST (Hammer et al., 2001) analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Das hydrologische Winterhalbjahr 2007/08 war charakterisiert durch eine mittlere Lufttemperatur von 4°C (Min: 6,3°C, Max: 15,1 °C) und eine Niederschlagssumme von 347 mm. Der Gesamtabfluss belief sich auf 176 mm und übertraf das 30 jährige Mittel (154 mm) an der benachbarten DWD-Station Groß Lüsewitz um 22 mm. Im Prüfzeitraum variierten die täglichen Abflüsse von 0,3-5,1 mm/d. Die Abfusspitze von 5,1 mm/d wurde am 7.12.2007 erreicht nach Niederschlägen von 31 mm am Vortag. Vergleichsweise geringere Abflusspeaks von jeweils 3,1 mm/d wurden Ende Januar (22.01.2007) und März (22.03.2008) registriert.

Bei den Sedimentproben handelt es sich um schwach carbonathaltige mittel bis stark lehmige Sande (SI3-SI4) mit sehr schwach alkalischer Reaktion (pH: 7,2-7,6) (Bodenkundliche Kartieranleitung, 2005). Die Gehalte an organischer Bodensubstanz (OBS) erwiesen sich mit einer Schwankungsbreite von 2,3 % bis 17,5 % als stark variabel und bestätigen damit vorliegende tiefenabhängige Bodenprofiluntersuchungen in Grabennähe (Tiemeyer et al., 2007). Zu jedem Untersuchungszeitpunkt wurden die vergleichsweise höchsten OBS-Gehalte an den Messtellen I und J festgestellt, was möglicherweise durch eine in diesem Bereich befindliche Tierquerung bedingt sein könnte. Diese Sonderstellung der beiden Messstationen wird auch durch Abb. 1 belegt.

Tab. 1 Raum-Zeit-Dynamik der P-Fractionen sowie von C_{org} im Sediment

Graben	Abstand [m]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Meßstelle	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
Termin	→ Fließrichtung des Grabens →										
1	P-Fraktion NaHCO ₃ -löslich [mg/kg]	136.0	197.2	147.6	70.5	79.9	213.0	158.1	134.5	98.6	137.8
		159.5	209.7	228.5	328.3	347.6	211.2	213.4	220.4	180.6	216.0
		165.9	82.0	175.4	62.6	144.1	232.8	156.7	168.3	158.3	189.8
		156.9	179.2	148.2	282.0	129.8	242.0	289.4	206.8	294.0	271.5
		167.1	198.8	229.0	92.3	57.1	106.9	182.2	261.7	56.1	109.5
2	P-Fraktion NaOH-löslich [mg/kg]	158.2	289.3	106.9	93.6	126.1	221.1	179.9	153.0	101.1	150.5
		203.8	285.9	250.5	449.5	340.0	218.3	164.6	223.9	183.7	184.9
		224.2	181.8	288.1	137.4	266.5	462.9	267.0	282.5	238.1	225.5
		178.4	245.4	182.0	331.6	150.1	264.6	317.1	178.7	388.9	247.6
		273.0	230.7	287.0	71.2	51.2	101.5	152.5	274.7	78.5	113.2
3	P-Fraktion H ₂ SO ₄ -löslich [mg/kg]	328.0	298.2	308.9	323.9	353.9	332.8	311.3	278.9	353.6	290.4
		367.0	290.4	351.5	310.2	325.6	387.6	428.2	413.0	359.0	264.4
		366.3	376.2	361.7	343.6	431.2	375.3	316.6	488.0	284.9	323.2
		436.0	457.3	314.3	343.9	417.9	274.5	388.7	371.7	353.8	273.1
		281.6	255.2	360.9	298.6	316.8	258.6	266.3	421.0	352.3	315.7
4	C org [%]	5.4	5.5	2.4	1.8	2.0	1.7	2.9	2.5	1.3	2.3
		10.1	6.7	4.1	5.6	5.1	3.6	3.4	4.0	2.3	3.9
		8.9	6.3	3.0	2.5	4.3	3.7	2.8	5.0	3.4	4.5
		7.6	7.3	3.4	4.1	3.4	2.4	2.4	3.4	3.7	4.1
		5.3	7.6	3.2	2.2	1.7	1.6	2.9	4.6	2.0	2.6
Termin :		1 11.12.2007		2 14.01.2008		3 08.02.2008		4 26.03.2008		5 22.04.2008	
Pentaden_Mittel	Temp [°C]	5.3		4.1		3.6		0.2		6.2	
Pentaden_Summe	NS [mm/5d]	41.1		3.0		7.7		26.4		7.6	

Die P-Konzentrationen der geprüften Fraktionen variieren in Abhängigkeit von Raum und Zeit erheblich. Die mittleren P-Konzentrationen (mg/kg) lassen sich nach der Größe wie folgt ordnen: 33,5 (Resin-P) < 177,3 (NaHCO₃-P) < 215,4 (NaOH-P) < 340,4 (H₂SO₄-P). Diese Reihung entspricht der zunehmenden Wirksamkeit der Extraktionsmittel. In Tab. 1 sind die P-Konzentrationen der stärker vertretenen Fraktionen NaHCO₃-P, NaOH-P und H₂SO₄-P über alle

Messpunkte und –termine aufgeführt, ergänzt um Angaben zur C_{org} -Verteilung und zur Kennzeichnung der Witterungsbedingungen auf Pentadenbasis. Danach deutet sich ein Anstieg der P-Konzentrationen mit der Fließrichtung des Grabenwassers an. Dieser Effekt, der durch eingetragene Pfeile in Tab. 1 verdeutlicht wird, geht konform mit mehrjährigen Beobachtungen zum Transport suspendierter Sedimente und partikulären Phosphors in einem Tieflandeingangsgebiet Dänemarks (Kronvang et al., 1997).

Mit Hilfe der Faktoranalyse (Tab. 2; Fall B) konnte nachgewiesen werden, dass alle vier P-Fractionen in annähernd gleicher Richtung und Stärke mit einer Hauptkomponente korrelieren, die eine entgegengesetzte Beziehung zum Temperaturmittel (T5 [°C]) aufweist. Es wird eine eingeschränkte P-Freisetzung bei niedrigeren Temperaturen vermutet, woraus vergleichsweise hohe P-Konzentrationen im Sediment resultieren.

Tab. 2 Vergleich der Faktorladungen einer Hauptkomponentenanalyse (PCA)

Fall A: P-Fractionen zusammengefasst				Fall B: P-Fractionen getrennt analysiert			
	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3		Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3
Sand	-0.866			NaOH_P	0.896		
CaCO ₃ %	0.835			H ₂ SO ₄ _P	0.874		
Ton	0.787			NaHCO ₃ _P	0.873		
T5[°C]		-0.861	0.343	Res_H ₂ O_P	0.736	-0.321	
Nt%	0.352	0.623	0.306	Corg%		0.829	
SummeP		0.616		Nt%		0.817	
Corg%	0.376	0.601	0.299	CaCO ₃ %		0.64	
NS5[mm]			-0.966	Sand		-0.592	
METHOD = COVARIANCE; ROTATION = VARIMAX				Ton		0.327	0.277
				NS5[mm]		-0.306	-0.868
				T5[°C]	-0.55	-0.321	0.599

Im Zuge der weiteren multivariaten Analyse wurde dann nur noch der Gesamtgehalt an P (Summe P) im Sediment (Tab. 2; Fall A) in Abhängigkeit von Körnung, Gehalt an C_{org} , N_t und $CaCO_3$ sowie Witterung betrachtet. Besonders deutlich werden alle Zusammenhänge in Abb. 1. Durch die Hauptkomponenten 1 (Ladung 0,82 zu NS5 [mm]) und 2 (Ladung 0,837 zu T5[°C]) werden dort die Richtung zu hohen Gehalten an C_{org} , N_t und Summe P im Sediment entgegengesetzt zur Temperatur und Niederschlagsmenge angezeigt. Somit dürften die Gehalte an C_{org} und N_t für die P-Konzentration der Sedimente prägend sein. Das Ton-Sand-Verhältnis wird bei höheren Niederschlägen zudem geringer.

Schlussfolgerungen

Sedimente kleiner Fließgewässer können sowohl Quelle als auch Senke für Phosphor sein. Die Verteilung von Phosphor auf verschiedene Fraktionen wird durch meteorologische, hydrologische und bodenkundliche Faktoren determiniert. Die Gehalte an C_{org} , N_t und $CaCO_3$ sowie an den P-Fractionen verhalten sich zu den äusseren Faktoren Niederschlag und Temperatur tendenziell in entgegengesetzter Richtung.

Literatur

- AD-HOC-AG BODEN. Bodenkundliche Kartieranleitung (2005): 5. Aufl., Hannover, 438 S.
- HAMMER, Ø, HARPER, D.A.T., and RYAN, P. D. (2001): PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- THIESSEN, H. & MOIR, J.O. (1993): Characterisation of available P by sequential extraction. S. 75-86. In M.R. Carter (Hrsg.), Soil Sampling and methods of analysis. Lewis Publishers, New York.
- TIEMEYER, B., FRINGS, J., KAHLE, P., KÖHNE, S., LENNARTZ, B. (2007): A comprehensive study of nutrient losses, soil properties and ground water concentrations in a degraded peatland used as an intensive meadow – Implications for re-wetting. *J. of Hydrol.* 345, 80-101.
- KRONVANG, B., GRANT, R., LAUBEL, A.L. (1997): Sediment and phosphorus transport from a lowland catchment: Quantification of sources. *Water, Air & Soil Pollution* 99 (1-4), 465-476.

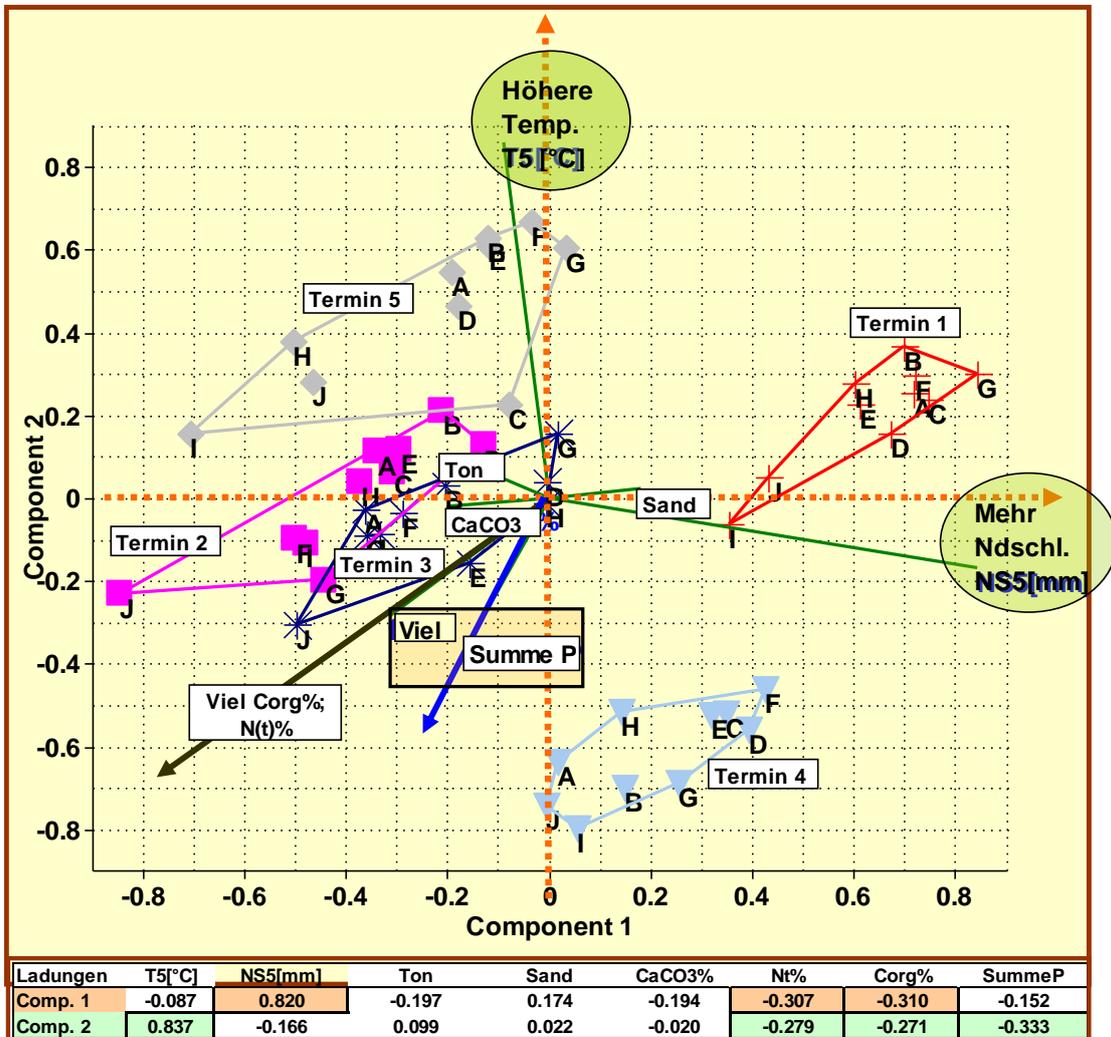


Abb.1 Scatterplot der Hauptkomponentenanalyse ausgewählter Variablen über alle Messstellen und -termine