

# Wasser- und Nährstoffdynamik eines entwässerten Moores im Nationalpark Harz nach Wiedervernässung

Katja Osterloh<sup>1\*</sup>, Nadine Tauchnitz<sup>1</sup>, Sabine Bernsdorf<sup>1</sup> und Ralph Meißner<sup>1,2</sup>

## Zusammenfassung

Ziel der Untersuchungen war es, die Wasser- und Nährstoffdynamik eines entwässerten Moores (Blumentopfmoor, Nationalpark Harz) nach initiierter Wiedervernässung zu erfassen, um den Erfolg dieser Maßnahme im Hinblick auf eine langfristige Regeneration des Moores zu beurteilen. Relevante Wasserhaushalts- (Niederschlag, Moorwasserstände und Moorabfluss) sowie Stoffhaushaltsparameter wie Sauerstoffgehalt, Redoxpotential, pH, elektrische Leitfähigkeit, Stickstoff-, Phosphor- und Kohlenstoffgehalt vom Moorwasser, Gebietsabfluss und Torf wurden kontinuierlich vor, während und nach den Wiedervernässungsmaßnahmen erfasst und miteinander verglichen. Des Weiteren wurden der hydrologische Status und der Nährstoffstatus des Moores innerhalb unterschiedlicher Moorzustände dokumentiert, um den Einfluss der in der Vergangenheit durchgeführten Entwässerung zu ermitteln. Die Untersuchungen zeigten einen signifikanten Anstieg der Wasserstände in den wiedervernässenden Bereichen sowie abnehmende Nitratgehalte im Moorwasser. Nach den Wiedervernässungsmaßnahmen deuten ansteigende Phosphor(-P)gehalte im Moorwasser und abnehmende P-Gehalte im Torf auf eine erhöhte P-Mobilisierung hin.

*Schlagwörter:* Regeneration, Renaturierung, Phosphor-Mobilisierung, Torf

## Summary

Study aimed to investigate changes of the water and nutrient dynamics of a drained mire caused by the realization of rewetting actions to assess the long-term success of the actions for the mires regeneration. We measured relevant parameters for the water balance like precipitation, water table levels and discharge amounts as well as parameters relevant for the interpretation of nutrient solute dynamics like oxygen levels, redox potentials of mire pore water and electric conductivity, nitrogen, phosphorus and carbon contents in the mire pore water, the discharge and the peat soil before and after the rewetting actions started. Furthermore we studied the current water and nutrient status of the mire in different regenerated and drained mire zones to assess the impact of the former drainage. Our results showed significant rising water table levels in the rewetted mire zones and decreasing nitrate contents in the mire pore water. After the rewetting activities increasing phosphorus (P) contents in the mire pore water and decreasing P contents in the peat soil seems to indicate rising P mobility.

*Keywords:* regeneration, renaturation, phosphor mobilisation, peat soil

## Einleitung

Ungestörte Moore sind bedeutende Stoffsenken, Wasserspeicher und Lebensräume spezialisierter Pflanzen- und Tierarten. Nachdem intakte Moore in der Vergangenheit großflächig durch intensive Nutzung und Veränderung des Wasserhaushaltes gestört wurden, gibt es mittlerweile zahlreiche Bemühungen zur Regeneration dieser Lebensräume (SUCCOW und JOOSTEN 2001). Unter Regeneration versteht man „die Gesamtheit der in gestörten Mooren ablaufenden, insgesamt autoregulativen, d.h. natürlichen Prozesse, die auf die Wiedereinstellung eines wachsenden Moores gerichtet sind“ (EDOM 2001). Gezielte anthropogene Renaturierungs- bzw. Wiedervernässungsmaßnahmen können eine Regeneration von Mooren einleiten (SCHMATZLER und TÜXEN 1980, PFADENHAUER 1998, NICK et al. 2001). Die Wiedervernässung umfasst Maßnahmen zum Anheben der Grundwasserstände in Mooren. Ziel ist dabei

die Wiedereinstellung des mooreigenen Wasserhaushaltes, charakterisiert durch einen oberflächennahen Wasserstand mit geringen Wasserstandsschwankungen, als Voraussetzung für die Existenz torfbildender Pflanzengesellschaften (EDOM und WENDEL 1998).

Die Aufgabenstellung des Projektes besteht in der Realisierung der Wiedervernässung eines entwässerten Moores (Blumentopfmoor) in der Entwicklungszone des Nationalparks Harz und der Beurteilung des Erfolges dieser Maßnahmen im Hinblick auf eine langfristige Regeneration anhand relevanter Wasser- und Stoffhaushaltsparameter.

## Material und Methoden

Das untersuchte Blumentopfmoor liegt in der Entwicklungszone des Nationalparks Harz im Einzugsgebiet der Holtemme in ca. 650-680 m ü. NN und ist 19 ha groß. Das Blumentopfmoor wurde bis zur Nationalparkgründung

<sup>1</sup> Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Julius-Kühn-Straße 23, D-06112 HALLE/S.

<sup>2</sup> Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ, Department Bodenphysik, Lysimeterstation, Dorfstraße 55, D-39615 FALKENBERG

\* Ansprechpartner: Katja Osterloh, [katja.osterloh@landw.uni-halle.de](mailto:katja.osterloh@landw.uni-halle.de)

Tabelle 1: Parameter der Stoff- und Wasserhaushaltsuntersuchungen

	Untersuchungsparameter	Untersuchungsintervall	Tiefen (cm)
Moorwasser	Redoxpotential <sup>1*</sup> , Sauerstoff <sup>1*</sup>	Monatlich	20
	pH <sup>1*</sup> , elektrische Leitfähigkeit <sup>2*</sup> , Gesamt-Stickstoff <sup>5*</sup> , Ammonium <sup>3*</sup> , Nitrat <sup>3*4*</sup> , ortho-Phosphat <sup>3*4*</sup>	Monatlich	-
Torf	Trockenmasse <sup>6*</sup> , Trockenrohddichte <sup>6*</sup> , pH <sup>1*</sup> , elektrische Leitfähigkeit <sup>2*</sup> , Gesamt-Stickstoff <sup>5*</sup> , Ammonium <sup>3*</sup> , Nitrat <sup>3*4*</sup> , ortho-Phosphat <sup>3*4*</sup> , Gesamt-Kohlenstoff <sup>5*</sup>	Jährlich	20

<sup>1\*</sup>Potentiometrisch, <sup>2\*</sup>Konduktometrisch, <sup>3\*</sup>Photometrisch, <sup>4\*</sup>Ionenchromatographisch, <sup>5\*</sup>Oxidativ (TOC-Analysator), <sup>6\*</sup>Gravimetrisch 105°C

Tabelle 2: Wasserstände (WT) der Piezometer der Untersuchungsvarianten im Zeitraum 2005-2010

Parameter	Variante	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Hydrologisches Jahr 01.11. bis 31.10.							
WT <sub>Mittel</sub> ± SD (cm unter Flur)	1	-2 ± 2	-3 ± 6	-3 ± 6	-0,1 ± 0,2	-2 ± 4	-0,5 ± 4
	2	-10 ± 12	-0,4 ± 0,5	-0,1 ± 0,3	-1 ± 3	-0,7 ± 2,7	2,5 ± 3
	3	-32 ± 7	-29 ± 8	-19 ± 8	-16 ± 11	-14 ± 11	1,7 ± 1,7
WT <sub>Min</sub> (cm unter Flur)	1	-6	-21	-16	-1	-8	-6
	2	-33	-2	-1	-9	-7	-1
	3	-46	-43	-33	-31	-28	-1
WT <sub>Max</sub> (cm unter Flur)	1	0	0	0	0	1	5
	2	-1	0	0	0	2	6
	3	-20	-13	-10	0	3	4

1990 intensiv fichtenwirtschaftlich genutzt und aufgrund damit verbundener Entwässerungsmaßnahmen stark gestört. Kleinflächig besitzt es Restflächen mit naturnaher Vegetation. Die größte Fläche des Gebietes wird durch Fichtenforste auf feuchten bis nassen Standorten charakterisiert.

Die Wiedervernässung erfolgte stufenweise, mit Beginn 2005 durch Einbau von Stauvorrichtungen in ausgewählte Graben- und Bachabschnitte des Entwässerungsnetzes sowie die gezielte Umleitung von Bachzuläufen (TAUCHNITZ et al. 2010).

Für die Wasserhaushaltsuntersuchungen wurden die Parameter Niederschlag mit einem automatischen Niederschlagsmesser, Moorabfluss mittels Durchflussmess-einrichtung und Pegelsensor und Moorwasserstände mit Hilfe von Piezometern gemessen. Die Piezometer wurden in vierfacher Wiederholung in den Torfhorizont der nachfolgend genannten Varianten eingebaut.

**1** Natürlich regeneriert, **2** Wiedervernässt Mai 2005, **3** Wiedervernässt August 2009

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Parameter im Rahmen der Stoff- und Wasserhaushaltsuntersuchungen.

## Ergebnisse

### Wasserhaushalt

Im Untersuchungszeitraum betragen die jährlichen (1.11.-31.10.) Niederschlagssummen 1292 mm (2005), 1267 mm (2006), 2269 mm (2007), 1634 mm (2008), 1253 mm (2009) und 1384 mm (2010).

Die Wasserstände zeigen deutliche Differenzen zwischen den Varianten (Tabelle 2). Variante 3 wies in den Jahren vor der Vernässung die niedrigsten Wasserstände von im Mittel -32 bis -16 cm unter Flur und die höchsten Was-

serstandsschwankungen auf. Auffallend ist, dass es in den wiedervernässen Varianten bereits kurze Zeit nach dem jeweiligen Maßnahmenbeginn (2005, 2009 und 2010) zu einem deutlichen Anstieg der Wasserstände bis zur Geländeoberfläche kam. Bis zur Wiedervernässungsmaßnahme im Jahr 2009 konnten die höchsten Wasserstände in den Varianten 1 und 2 registriert werden. Die Einleitung des Bachzulaufs auf die entwässerte Fläche im August 2009 führte bei Variante 3 schnell zu einer dauerhaften Wasser-sättigung und teilweisen Überstauung.

### Stoffhaushalt

#### Moorwasser

Die Dynamik der Nährstoffgehalte im Untersuchungszeitraum wird exemplarisch anhand der Variante 2 betrachtet (Abbildung 1). Auffällig sind die gestiegenen PO<sub>4</sub>-P-Gehalte von 0,02 (2005) auf durchschnittlich 0,2 mg l<sup>-1</sup> (2009). Im Gegensatz zu diesem Anstieg sanken 2009 die mittleren NO<sub>3</sub>-N-Gehalte im Vergleich zu den Vorjahren auf 0,2 mg l<sup>-1</sup> und es verringerten sich die Schwankungen. Die NH<sub>4</sub>-N-Gehalte zeigten keinen deutlichen Trend und liegen in den Untersuchungsjahren im Mittel zwischen 0,4 mg l<sup>-1</sup> (2010) und 0,7 mg l<sup>-1</sup> (2006). Die Parameter Redoxpotential und O<sub>2</sub>-Gehalt (Ergebnisse nicht dargestellt) zeigten während des Untersuchungszeitraumes keinen nachweisbaren Trend. Der mittlere pH-Wert lag zwischen 4,1 (2005, 2009) und 4,4 (2008). Ebenso änderte sich die LF in den unterschiedlichen Untersuchungsjahren nicht signifikant und bewegte sich im Mittel zwischen 53 µS cm<sup>-1</sup> (2009) und 60 µS cm<sup>-1</sup>.

#### Torf

Aus den in Tabelle 3 für alle Untersuchungsvarianten dargestellten Bodenanalysendaten wird deutlich, dass zwischen den Varianten signifikante Unterschiede bei der

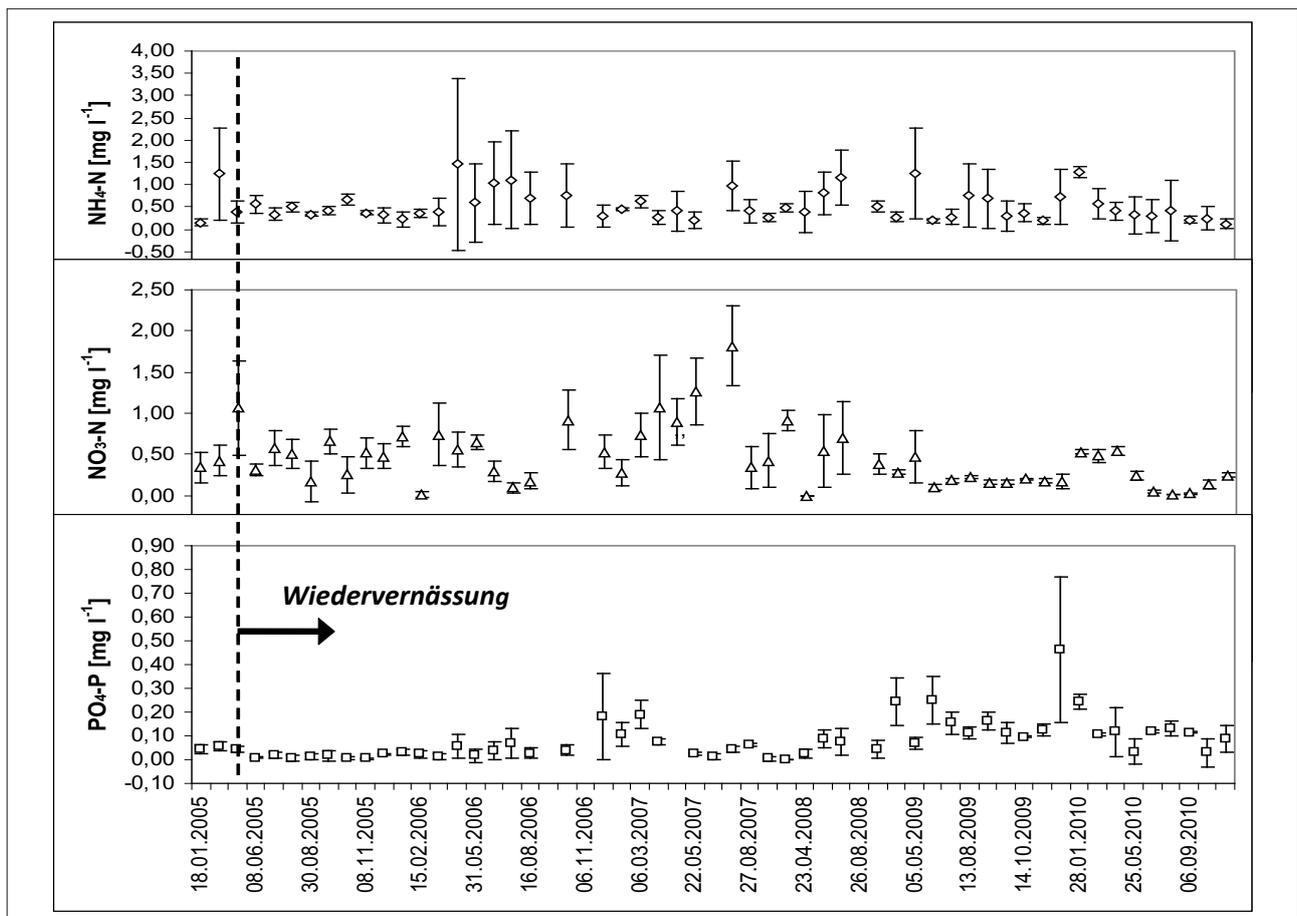


Abbildung 1:  $\text{NH}_4\text{-N}$ -,  $\text{NO}_3\text{-N}$ - und  $\text{PO}_4\text{-P}$ -Gehalte im Moorwasser der Variante 2 im Untersuchungszeitraum 2005-2010 (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung)

Tabelle 3: Chemische Parameter und Trockenrohdichten des Torfes (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung)

Parameter	Variante 1	Variante 2	Variante 3
n	4	4	4
$\rho_t$ ( $\text{g l}^{-1}$ )	$49 \pm 3$ (a)	$207 \pm 37$ (b)	$169 \pm 14$ (b)
$\text{NH}_4\text{-N}$ ( $\text{g m}^{-2*}$ )	$2,2 \pm 2,0$ (a)	$3,8 \pm 2,8$ (a)	$4,8 \pm 0,9$ (a)
$\text{NO}_3\text{-N}$ ( $\text{g m}^{-2*}$ )	$0,02 \pm 0,02$ (a)	$0,4 \pm 0,1$ (b)	$0,2 \pm 0,2$ (b)
$\text{PO}_4\text{-P}$ ( $\text{g m}^{-2*}$ )	$0,4 \pm 0,1$ (a)	$1,5 \pm 0,3$ (b)	$1,1 \pm 0,2$ (b)
$\text{N}_t$ (%)	$1,2 \pm 0,6$ (a)	$2,0 \pm 0,2$ (a)	$1,5 \pm 0,3$ (a)
$\text{C}_t$ (%)	$45,9 \pm 3,6$ (a)	$47,3 \pm 2,0$ (a)	$46,3 \pm 1,9$ (a)
C:N	$54 \pm 8$ (a)	$24 \pm 2$ (b)	$32 \pm 6$ (b)
pH	$3,7 \pm 0,1$ (a)	$3,5 \pm 0,1$ (a)	$3,6 \pm 0,1$ (a)
LF ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	$67 \pm 6$ (a)	$76 \pm 5$ (a)	$83 \pm 16$ (a)

Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede der Messstellen ( $p < 0,05$ ), \* 20 cm Tiefe

Trockenrohdichte festgestellt wurden. Die Schwankungen lagen zwischen 49 und 207  $\text{g l}^{-1}$ . Die geringsten Signifikanzanzen bezüglich der Trockenrohdichte sowie der  $\text{NO}_3\text{-N}$ - und  $\text{PO}_4\text{-P}$ -Gehalte wurden bei Variante 1 ermittelt. Auch wies diese im Vergleich zu den Varianten 2 und 3 ein signifikant höheres C:N-Verhältnis auf.

Aus der in Tabelle 4 exemplarisch für Variante 2 dargestellten Dynamik der chemischen Parameter des Torfes zeigt sich, dass durch die Wiedervernässung die  $\text{PO}_4\text{-P}$ -Gehalte abnahmen, während sie im Moorwasser eine zunehmende

Tendenz aufwiesen (vgl. Abbildung 1). Dies kann, wie in der Literatur beschrieben (z.B. TAUCHNITZ et al. 2010), auf eine erhöhte P-Mobilisierung in Verbindung mit den Wiedervernässungsmaßnahmen hindeuten und ist Gegenstand zukünftiger Forschungsarbeiten. Bei der LF traten signifikant geringere Werte im Jahr 2007 auf, was vermutlich mit erhöhten Auswaschungen aufgrund hoher Niederschläge in diesem Jahr in Verbindung steht.

## Danksagung

Das Projekt wird im Rahmen des Entwicklungsprogramms für den ländlichen Raum (ELER) durch EU- und Landesmittel (Sachsen-Anhalt) gefördert. Wir danken dem Nationalpark Harz für die Unterstützung der Forschungsarbeiten und die praktische Durchführung der Wiedervernässung.

## Literatur

- EDOM, F., 2001: Moorlandschaften aus hydrologischer Sicht betrachtet (Kap. 5). In: Succow, M. und Joosten, H. (Hrsg.): Landschaftsökologische Moorkunde, 2., völlig neu bearbeitete Auflage. Stuttgart. (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- EDOM, F. und D. WENDEL, 1998: Regeneration von hydrologischem Regime und Veränderungen der Vegetation im NSG Mothäuser Heide. Schriftenreihe der Sächsischen Akademie für Natur und Umwelt, Dresden, 3: Ökologie und Schutz der Hochmoore im Erzgebirge, 32-64.

**Tabelle 4: Chemische Parameter des Torfes der Variante 2 im Untersuchungszeitraum 2005-2009 (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung)**

Parameter	2005	2006	2007	2009
n	4	4	4	4
NH <sub>4</sub> -N (g m <sup>-2*</sup> )	6.7 $\pm$ 2.6 (a)	5.9 $\pm$ 3.0 (a)	3.8 $\pm$ 2.8 (a)	2.3 $\pm$ 0.2 (a)
NO <sub>3</sub> -N (g m <sup>-2*</sup> )	0.5 $\pm$ 0.4 (a)	0.4 $\pm$ 0.2 (a)	0.2 $\pm$ 0.2 (a)	0.08 $\pm$ 0.05 (a)
PO <sub>4</sub> -P (g m <sup>-2*</sup> )	4.3 $\pm$ 0.5 (a)	2.0 $\pm$ 0.4 (b)	1.1 $\pm$ 0.2 (b)	1.8 $\pm$ 0.2 (b)
N <sub>t</sub> (%)	1.4 $\pm$ 0.4 (a)	1.7 $\pm$ 0.1 (a)	1.5 $\pm$ 0.3 (a)	1.3 $\pm$ 0.1 (a)
C <sub>t</sub> (%)	38.3 $\pm$ 10.5 (a)	55.5 $\pm$ 4.0 (a)	46.3 $\pm$ 1.9 (a)	42.0 $\pm$ 2.6 (a)
C:N	29 $\pm$ 2 (a)	33 $\pm$ 3 (a)	32 $\pm$ 6 (a)	31 $\pm$ 2 (a)
pH	3.4 $\pm$ 0.1 (a)	3.5 $\pm$ 0.1 (a)	3.6 $\pm$ 0.1 (a)	3.5 $\pm$ 0.1(a)
LF ( $\mu$ S cm <sup>-1</sup> )	281 $\pm$ 100 (a)	206 $\pm$ 53 (a)	83 $\pm$ 16 (b)	211 $\pm$ 9 (a)

Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede der Jahre ( $p < 0,05$ , t-Test), \* 20 cm Tiefe

NICK, K.-J., F.-J. LÖPMAIER, H. SCHIFF et al., 2001: Moorregeneration im Leegmoor/Emsland nach Schwarztorfabbau und Wiedervernässung: Ergebnisse aus dem E+E Vorhaben 80901001 des Bundesamtes für Naturschutz. -Angewandte Landschaftsökologie 38. Bonn - Bad Godesberg.

PFADENHAUER, J., 1998: Grundsätze und Modelle der Moorrenaturierung in Süddeutschland. -Telma 28: 251-272.

SCHMATZLER, E. und J. TÜXEN, 1980: Wiedervernässung und Regeneration von niedersächsischen Hochmooren in

ihrer Bedeutung für den Naturschutz. -Telma 10: 159-171.

SUCCOW, M. und H. JOOSTEN, 2001: Landschaftsökologische Moorkunde, 2., völlig neu bearbeitete Auflage. 622 S., Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).

TAUCHNITZ, N., K. OSTERLOH, S. BERNSDORF und R. MEISSNER, 2010: Veränderungen der Wasser- und Nährstoffdynamik eines entwässerten Moores im Nationalpark Harz nach Wiedervernässung. -Telma 40, im Druck.