

**Tagungsbeitrag zu:** Kommission I der DBG

**Titel der Tagung:** Böden -  
Lebensgrundlage und Verantwortung

**Veranstalter:** DBG, 7.-12.9.2013, Rostock

Berichte der DBG  
(nicht begutachtete online Publikation)  
<http://www.dbges.de>

## **Nährstoffgehalte im Torf und ausgewählten Moorpflanzen unter dem Einfluss erhöhter N- und P-Verfügbarkeit – Ergebnisse eines 3-jährigen Düngungsexperimentes**

Sabine Bernsdorf<sup>A</sup>, Katja Osterloh<sup>A</sup>, Nadine Tauchnitz<sup>B</sup>, Ralph Meissner<sup>AC</sup>

### **Zusammenfassung**

Hohe atmosphärische N-Depositionen können den Nährstoffhaushalt und die Vegetation von natürlicherweise überwiegend N-limitierten oligotrophen Mooren nachhaltig beeinflussen. In einem 34 Monate andauernden Gefäßversuch wurden an 20 ungestörten Torfmonolithen aus dem Blumentopfmoor (Nationalpark Harz) die Effekte von vier verschiedenen Düngevarianten ( $50\text{kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ,  $100\text{kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ,  $3\text{kg P ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ,  $50\text{kg N} + 3\text{kg P ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ) und einer Kontrolle (keine Düngung) auf die Moorvegetation, die sich aus *Sphagnum magellanicum* (Sm), *Eriophorum angustifolium* (Ea) und *Vaccinium oxycoccus* (Vo) zusammensetzte, untersucht. Ergebnisse zu den untersuchten Parametern Trockenmasse, C-, N- und P-Gehalte sowie C:N- und N:P-Verhältnisse der genannten, nach ober- (1) und unterirdischen (2) Teilen getrennten, Pflanzenarten werden vorgestellt. Signifikante Unterschiede zur Kontrolle zeigte Ea (1 und 2) in der  $50\text{kgN}+3\text{kgP}$ -Variante mit knapp dreimal höheren Trockenmassen. Vergleichsweise geringe Sm - Torf (2) – Trockenmassen in der  $100\text{kgN}$ - und  $50\text{kgN} + 3\text{kgP}$ -Variante deuten in Verbindung mit höheren N-Gehalten und folglich geringeren C/N-Verhältnissen auf günstigere Zersetzungsbedingungen hin. Weiterhin

<sup>A</sup>Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften; Julius-Kühn-Str. 23; 06112 Halle/S, [sabine.bernsdorf@landw.uni-halle.de](mailto:sabine.bernsdorf@landw.uni-halle.de)

<sup>B</sup> Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (LLFG), Dezernat 25, Strenzfelder Allee 22, 06406 Bernburg (Saale)

<sup>C</sup>Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ, Department Bodenphysik, Lysimeterstation, Dorfstr. 55, 39615 Falkenberg

lässt die geringe Vitalität der Torfmoospflanzen in der  $100\text{kgN}$ -Variante eine Wachstumshemmung infolge der N-Düngung vermuten. Während sich anhand der N:P Verhältnisse für Ea bei der 0-Variante eine N-Limitierung abzeichnete, waren Vo und Sm überwiegend P-limitiert.

**Schlagwörter:** N-Deposition, N:P, N-Limitierung, P-Limitierung, Moorvegetation

## **1 Einleitung**

Das Pflanzenwachstum in Mooren wird hauptsächlich durch die Verfügbarkeit der Nährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) bestimmt. Es ist bekannt, dass unbeeinflusste, naturnahe, oligotrophe Moore überwiegend N-limitiert sind [1; 10]. Eine höhere N-Verfügbarkeit aufgrund steigender N-Deposition kann den N- und C-Kreislauf in Mooren nachhaltig beeinflussen [8]. Dies kann mit einer Veränderung der Primärproduktion und der Zersetzungsrate sowie mit einer Artenverschiebung innerhalb der Vegetation zugunsten nährstofftolanterer Gefäßpflanzen gegenüber den Torfmoosen verbunden sein, was letztendlich zu einer verringerten Torfbildungsrate und zu dem Verlust der Retentionsfunktion eines Moores führen kann. Für Hochmoore wird eine Schwelle der N-Belastung, bei deren Überschreitung eine Schädigung nicht ausgeschlossen werden kann (critical load) von  $5 - 10\text{kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$  und für arme Niedermoores ein critical load von  $10-15\text{kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$  angegeben [5]. Der Hochharz ist durch zahlreiche Moore mit einer einzigartigen Diversität und Naturnähe geprägt. In Untersuchungen zu N-Depositionen im Hochharz wurden 29 bis  $39\text{kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$  (Brocken, Ilsemoor) ermittelt [4] und gaben Anlass zu unseren vorliegenden Untersuchungen.

In einem 34 Monate (06/2007-02/2010) andauernden Gefäßversuch wurde die Wirkung von 5 differenzierten Düngungsvarianten auf die Nährstoffgehalte im Torf und der Moorvegetation untersucht.

## **2 Material und Methoden**

Im April 2007 wurden 20 ungestörte Torfmonolithe mittels PVC-Rohre (16 cm Durchmesser, 19 cm Länge;  $0,02\text{ m}^2$  Fläche) aus einem oligotroph-sauren Moor („Blumentopfmoor“) im Nationalpark Harz entnommen. Die Vegetation setzte sich aus folgenden Arten zusammen:

- Torfmoos → *Sphagnum magellanicum* (Sm)
- Wollgras → *Eriophorum angustifolium* (Ea)
- Moosbeere → *Vaccinium oxycoccus* (Vo)

Für die Behandlung der Torfmonolithe wurden folgende 4 Düngevarianten mit je vier Wiederholungen festgelegt:  $50\text{kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ,  $100\text{kg N}$

ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, 3kg P ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, 50kg N + 3kg P ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Abb.1). Als Kontrolle diente eine 0-Variante (unbehandelt) mit ebenfalls 4 Wiederholungen. Die Düngung erfolgte ab Juni 2007 und umfasste 6 Teilgaben pro Jahr und Gefäß, wobei N in Form von Ammoniumnitrat (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) und P in Form von Dinatriumhydrogenphosphat (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>), je Gabe gelöst in 35 ml destilliertem Wasser (entsprach der Menge von 2 mm Regen), appliziert wurde. Durch eine regelmäßige Zugabe von Moorwasser aus dem Entnahmegebiet wurde die Simulation wassergesättigter und damit moortypischer Verhältnisse während der Versuchsdauer sicher gestellt. Im Februar 2010 wurde der Gefäßversuch aufgelöst. Es erfolgte eine Trennung der Biomasse nach den genannten Pflanzenarten. Zusätzlich wurden oberirdische (Aufwuchs) und unterirdische Pflanzenteile (Wurzeln, Torf) separiert. Nach Bestimmung der Frisch- und Trockenmassen (Trocknung bei 60°C) wurden die Pflanzenteile gemahlen (0,5 mm) und auf die folgenden relevanten Parameter analysiert: C-, N- und P-Gehalte. Es erfolgte eine Berechnung der C:N- und N:P - Verhältnisse.

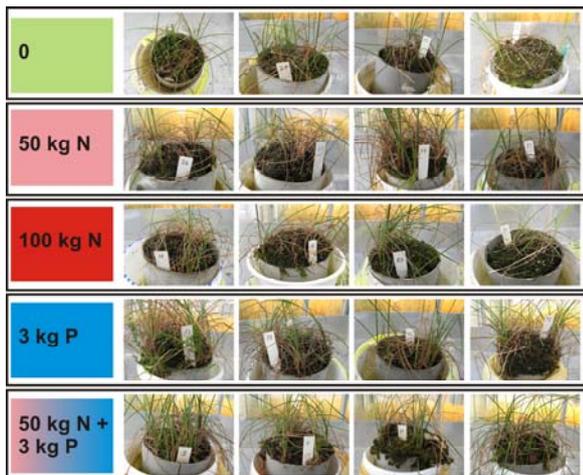


Abb.1: Düngewarianten

Nach Prüfung der Datensätze auf Normalverteilung (Shapiro-Wilk) und Varianzhomogenität (Levene) wurden signifikante Unterschiede der jeweiligen Düngewariante zur 0-Variante mittels einfaktorier ANOVA (posthoc-tests: Bonferroni, Tamhane) in SPSS Statistics 21 für Windows ermittelt.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Die **mittleren Trockenmassen (TM)** der untersuchten Pflanzenteile pro Gefäß (0,02 m<sup>2</sup>) je Variante können aus Tab.1 und Abb.2 entnommen werden. Signifikante Unterschiede zur 0-Variante wurden lediglich für Ea in der kombinierten Variante 50kg N + 3kg P ermittelt. Dies galt sowohl für die oberirdischen (10,6 g ± 2,0 g; p<0.01) als auch für die unterirdischen (12,9 g ±

2,0 g (p<0.05) Pflanzenteile. Die TM waren ca. dreimal mal so hoch wie bei der 0-Variante. Ea schien somit deutlich von der Düngung profitiert zu haben. Ergebnisse anderer Düngewarianten in Hochmooren dokumentieren einen Anstieg der Biomasse sowie der Deckung von Gefäßpflanzen bei ansteigenden N-Einträgen [3, 9]. Für die TM von Vo und Sm wurden aufgrund der deutlichen Schwankungen innerhalb der Varianten keine signifikanten Unterschiede zur 0-Variante festgestellt. Allerdings ist anzumerken, dass für Vo und Sm die höchsten mittleren Trockenmassen sowohl für die oberirdischen als auch für die unterirdischen Pflanzenteile bei der 3kg P - Variante registriert wurden. Ebenso bemerkenswert waren die vergleichsweise geringen Trockenmassen des Torfs bei der 100kg N - Variante (Abb. 2). Zusätzlich zu einer verminderten Wuchsleistung fiel bei den Gefäßen dieser Variante eine geringe Vitalität der Torfmoospflanzen auf. Der durch [3] in Experimenten nachgewiesene Biomasseanstieg für Vo nach N - Düngung, konnte durch unsere Untersuchungen nicht bestätigt werden.

Tab.1: **Mittlere Trockenmassen** mit Standardabweichungen (SD) der oberirdischen und unterirdischen Pflanzenteile von Wollgras (Ea), Moosbeere (Vo) und Torfmoos (Sm). Signifikante Unterschiede der Düngewarianten zur Nullvariante (Kontrolle) sind durch \* (p<0.05), \*\* (p<0.01) gekennzeichnet.

Düngewariante		Wollgras (Ea)	Moosbeere (Vo)	Torfmoos (Sm) -Torf	
oberirdisch	0	Mittelwert [g]	2,8	0,5	15,5
		SD	0,8	0,3	8,0
	50 kg N	Mittelwert [g]	7,4	0,8	24,1
		SD	3,7	0,5	3,6
	100 kg N	Mittelwert [g]	3,3	0,5	21,8
		SD	1,5	0,3	19,9
unterirdisch	3 kg P	Mittelwert [g]	7,4	1,6	29,7
		SD	2,8	1,0	9,4
	50 kg N+3 kg P	Mittelwert [g]	10,6**	0,4	19,2
		SD	2,0	0,1	9,0
	0	Mittelwert [g]	4,9	2,9	110,4 <sup>a</sup>
		SD	0,9	0,8	27,7
unterirdisch	50 kg N	Mittelwert [g]	12,3	5,2	121,1 <sup>a</sup>
		SD	6,3	2,3	20,9
	100 kg N	Mittelwert [g]	3,9	4,6	77,2 <sup>a</sup>
		SD	1,4	4,1	12,4
	3 kg P	Mittelwert [g]	10,2	6,3	142,0 <sup>a</sup>
		SD	2,4	5,9	43,4
50 kg N+3 kg P	Mittelwert [g]	12,9*	3,5	91,9 <sup>a</sup>	
	SD	2,0	1,0	8,8	

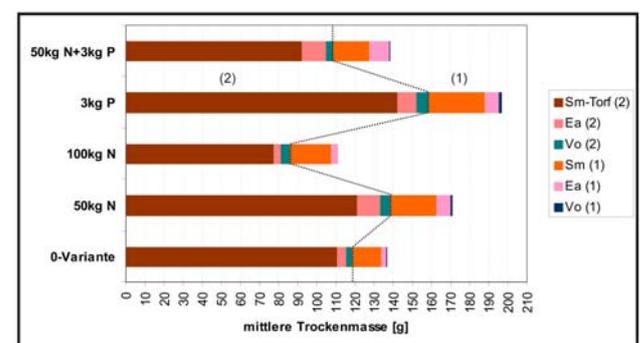


Abb.2: Summe der oberirdischen (1) und unterirdischen (2) Trockenmassen je Variante und Anteile der Pflanzenarten

Die in den ober- und unterirdischen Pflanzenteilen analysierten **Nährstoffgehalte** sowie die ermittelten **Nährstoffverhältnisse** können aus Abb.3 und Abb.4 entnommen werden.

Der **Aufwuchs** der betrachteten Pflanzenarten besaß im Vergleich zur 0-Variante in den

Düngevarianten erwartungsgemäß allgemein höhere mittlere **N - Gehalte** (Abb.3). Signifikant höhere Gehalte konnten dabei aufgrund der Streuung innerhalb der Varianten allerdings nur im Aufwuchs von Sm in der 100kg N - ( $20,7 \pm 2,0 \text{ g N kg}^{-1}$ ,  $p < 0.001$ ) und 3kg P-Variante ( $19,6 \pm 3,7 \text{ g N kg}^{-1}$ ,  $p < 0.001$ ) und im Aufwuchs von Ea und Vo in der 50kg N+3kg P - Variante ( $16,6 \pm 1,3 \text{ g N kg}^{-1}$  bzw.  $21,0 \pm 1,9 \text{ g N kg}^{-1}$ ;  $p < 0.05$ ) nachgewiesen werden. Die hohen N - Gehalte im Aufwuchs von Sm in Gefäßen der 100kg N - Variante deuten in Verbindung mit der im Variantenvergleich festgestellten geringen Wuchsleistung und schlechten Vitalität auf eine Wachstumshemmung infolge der N - Düngung hin.

Die Auswertung der mittleren **P - Gehalte** im Aufwuchs ergab wider Erwarten keine signifikanten Unterschiede zwischen der 0-Variante und den Düngevarianten.

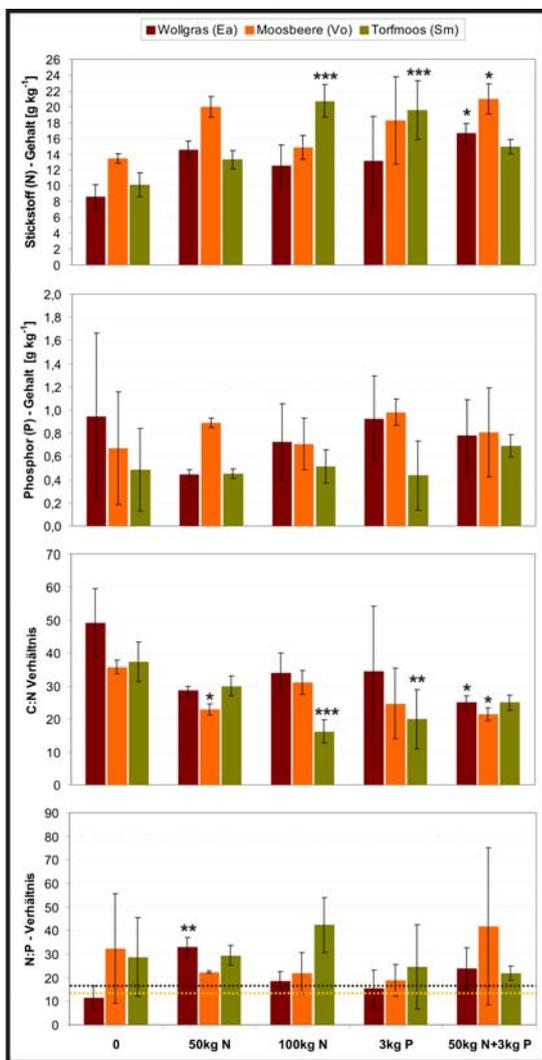


Abb.3: **Nährstoffgehalte und Nährstoffverhältnisse der oberirdischen Pflanzenteile** von Ea, Vo und Sm  $\pm$  SD. Signifikante Unterschiede der Düngevarianten zur 0-Variante (Kontrolle) sind durch \* ( $p < 0.05$ ), \*\* ( $p < 0.01$ ) und \*\*\* ( $p < 0.001$ ) gekennzeichnet. Die schwarz gestrichelte Linie gibt die Schwelle der P-Limitierung ( $N:P > 16$ ) und die gelb gestrichelte Linie die Schwelle der N-Limitierung ( $N:P < 14$ ) an [7].

Die mittleren **C:N - Verhältnisse** waren im Aufwuchs der Düngevarianten mit Werten zwischen 16 und 35 entsprechend der höheren N-Gehalte im Allgemeinen geringer als im Aufwuchs der 0-Variante (36-49), wobei signifikant geringere Verhältnisse in Ea bei der 50kg N+ 3kg P-Variante (25;  $p < 0.05$ ), in Vo bei der 50kg N- und 50kg N + 3kg P-Variante (23 bzw. 22;  $p < 0.05$ ) und in Sm bei der 100kg N- (16;  $p < 0.001$ ) und 3kgP-Variante (20;  $p < 0.01$ ) registriert wurden. Auch aus anderen Untersuchungen ist bekannt, dass mit ansteigender N - Deposition die N - Konzentrationen in Torfmoosen und Gefäßpflanzen steigen und folglich die C:N - Verhältnisse sinken [2, 6 u. w.]. Ein Absinken der C:N - Verhältnisse in Verbindung mit zunehmender N - Einlagerung in der pflanzlichen Biomasse verbessert deren Zersetzbarkeit und kann in Kombination mit einer besseren Verfügbarkeit anorganischer N-Verbindungen (Nährstofffreisetzung in die Rhizosphäre) zu einer Begünstigung von Gefäßpflanzen und einer langsamen Verdrängung von Torfmoosen führen [4].

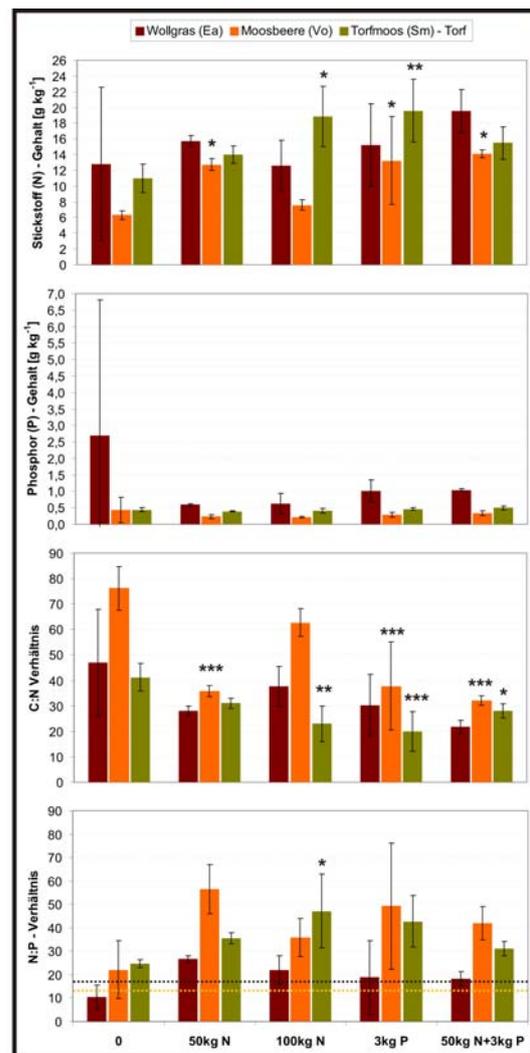


Abb.4: **Nährstoffgehalte und Nährstoffverhältnisse der unterirdischen Pflanzenteile** von von Ea, Vo und Sm  $\pm$  SD. Signifikante Unterschiede der Düngevarianten zur 0-Variante (Kontrolle) sind durch \* ( $p < 0.05$ ), \*\* ( $p < 0.01$ ) und \*\*\* ( $p < 0.001$ ) gekennzeichnet; Farbige gestrichelte Linien wie bei Abb.3.

Die mittleren **N:P - Verhältnisse** waren im Aufwuchs von Ea bei der 50kg N - Variante mit 33 signifikant höher als bei der 0 - Variante (12). Hier zeigte sich ebenfalls, dass Ea in der 0 - Variante tendenziell N-limitiert oder N-und P-co-limitiert war. In der 50kg N - Variante ließ sich eine deutliche P-Limitierung für Ea feststellen. Ebenso deutlich P-limitiert war Sm unter reiner N-Düngung (29 bei 50kg N und 42 bei 100kg N).

Der **Torf** (Sm) sowie die **Wurzeln** von Vo und Ea besaßen in den Düngevarianten ebenso wie der Aufwuchs im Vergleich zur 0-Variante allgemein höhere mittlere **N - Gehalte** (Abb.4). Dabei wurden signifikant höhere mittlere N-Gehalte im Torf (Sm), wie auch schon im Aufwuchs, in der 100kg N- (18,8 g kg<sup>-1</sup>; p<0.05) und 3kg P- Variante (19,6 g kg<sup>-1</sup>; p<0.01) und in den Wurzeln von Vo in der 50kg N- (12,7 g kg<sup>-1</sup>; p<0.05), 3kg P- (13,3 g kg<sup>-1</sup>; p<0.05) und 50kg N + 3kg P - Variante (14,1 g kg<sup>-1</sup>; p<0.05) ermittelt. Bei den Wurzel - N - Gehalten von Ea konnten aufgrund der hohen Streuung in der 0-Variante (12,8 g kg<sup>-1</sup> ± 9,8 g kg<sup>-1</sup>) keine signifikanten Unterschiede zu den Düngevarianten festgestellt werden. Torf (Sm) und Wurzeln von Vo und Ea der Düngevarianten unterschieden sich in ihren mittleren **P - Gehalte** nicht signifikant von der 0 - Variante. Es konnte jedoch konstatiert werden, dass die höchsten mittleren P-Gehalte mit 0,6 g kg<sup>-1</sup> bis 1,0 g kg<sup>-1</sup> in den Wurzeln von Ea und hier insbesondere erwartungsgemäß in den mit P gedüngten Varianten zu finden waren, wobei die enorme Streubreite in der 0-Variante bisher noch nicht geklärt werden konnte

Die mittleren **C:N - Verhältnisse** im Torf (Sm) und in den Wurzeln von Vo und Ea waren mit 20-63 in den Düngevarianten wie auch schon im Aufwuchs im Allgemeinen geringer als in der 0-Variante (41-76), wobei signifikant geringere Verhältnisse in Vo bei der 50kg N- (36; p<0.001), 3kg P- (38; p<0.001) und 50kg N + 3kg P - Variante (32; p<0.001) und im Torf (Sm) bei der 100kg N- (23; p<0.01), 3kg P- (20; p<0.001) und bei der 50kg N + 3kg P-Variante (28; p<0.05) registriert wurden.

Die mittleren **N:P - Verhältnisse** waren im Torf bei der 100kg N-Variante mit 47 signifikant höher als bei der 0-Variante mit 25 (p<0.05).

### Danksagung

Wir danken dem Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt für die im Rahmen des Entwicklungsprogramms für den ländlichen Raum (ELER) bereitgestellten Fördermittel sowie dem Nationalpark Harz für die Genehmigung und Unterstützung der Forschungsarbeiten. Ein weiterer Dank gebührt Herrn Wolfgang Bartels

und ganz besonders Frau Renate Nauendorf vom Instituts für Agrartechnik der Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg für die Betreuung des Gefäßversuchs und die Unterstützung bei der Analytik.

### Literatur

[1] AERTS, R.; WALLEN, B.; MALMER, N. (1992): Growth-limiting nutrients in Sphagnum-dominated bogs subject to low and high atmospheric nitrogen supply. *J. Ecol.* 80:131-140.

[2] BERENDSE, F.; BOBBINK, R.; ROUWENHORST, G. (1998): A comparative study on nutrient cycling in wet heathland ecosystems. II. Litter decomposition and nutrient mineralization. *Oecologia* 78:338-348.

[3] BERENDSE F, VAN BREEMEN N, RYDIN H, BUTTLER A, HEIJMANS M, HOOSBEEK M. R., LEE JA, MITCHELL E, SAARINEN T, VASANDER H, ET AL. (2001): Raised atmospheric CO<sub>2</sub> levels and increased N deposition cause shifts in plant species composition and production in *Sphagnum* bogs. *Global Change Biology* 7: 591-598.

[4] BÖHLMANN, N. (2004): Wasser- und Stickstoffhaushalt eines soligenen Hangmoores im Hochharz am Beispiel des Ilsemoores. Dissertation. UFZ-Bericht 21/2004.

[5] BOBBINK R & HETTELINGH JP, (eds.) (2011): Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships, Coordination Centre for Effects, National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), [www.rivm.nl/cce](http://www.rivm.nl/cce).

[6] HEIJMANS, M.; BERENDSE, F.; ARP, W.; MASSELINK, K.; KLEES, H.; VISSER, W.; BREEMEN, N. (2001): Effects of elevated carbon dioxide and increased nitrogen deposition on bog vegetation in the Netherlands. *Journal of Ecology* 89: 268-279.

[7] KOERSELMANN, W.; MEULEMANN, A. F. M. (1996) The Vegetation N:P Ratio: a New Tool to Detect the Nature of Nutrient Limitation *Journal of Applied Ecology*, Vol. 33, No. 6: 1441-1450.

[8] LAMERS, LPM; BOBBINK, R; ROELOFS, JGM (2000) Natural nitrogen filter fails in raised bogs. *Glob Change Biol* 6:583–586.

[9] LIMPENS, J.; BERENDSE, F.; KLEES, H. (2003b) N deposition affects N availability in interstitial water, growth of Sphagnum and invasion of vascular plants in bog vegetation. *New Phytol.* 157:339–347

[10] SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. (2001): *Landschaftsökologische Moorkunde*, 2., völlig neu bearbeitete Auflage. -622 S.; Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).