

|       |           |               |                |                          |
|-------|-----------|---------------|----------------|--------------------------|
| TELMA | Beiheft 4 | Seite 27 - 48 | 8 Abb., 4 Tab. | Hannover, September 2011 |
|-------|-----------|---------------|----------------|--------------------------|

# Revitalisierung von Regenmooren in Nordostdeutschland: Überblick und Perspektiven

Revitalisation of ombrogenous raised bogs in North-eastern Germany:  
overview and prospects

ANDRÈ BÖNSEL

## Zusammenfassung

83 % der nordostdeutschen Regenmoore (4.310 ha) sind mit waldähnlicher Vegetation bewachsen, nur 4 % können regenmoortypischer Vegetation zugeordnet werden. Wiedervernässung oder Planungen zur Revitalisierung sind für mehr als die Hälfte (53 %) aller nordostdeutschen Regenmoore eingeleitet worden. Eine Regeneration von regenmoortypischer Vegetation und einer hydrologischen Selbstregulation wurde bislang nur in wenigen Regenmooren erzielt. Im Grenztalmoor bei Bad Sülze ist 13 Jahre nach Wiedervernässung und dem Einrichten einer das Moor vollständig umgebenden hydrologischen Schutzzone eine Regeneration zu beobachten. Die Bedeutung der hydrologischen Schutzzone wurde durch den Vergleich von Grenztalmoor und Dänschenburger Moor, zwei nahe beieinander liegenden Regenmooren mit nahezu gleichen Ausgangsbedingungen, evident. Der stark abfallende Wasserstandsgradient vom höher gelegenen Regenmoorrest des Grenztalmoors zur Umgebung wurde wieder auf ein nahezu natürliches Maß reduziert und parallel dazu entwickelte sich in diesem Moor eine Gemeinschaft aus *Sphagnum*-Arten und torfbildenden Gefäßpflanzen. Auswirkungen von Lichtmangel durch einen hohen Deckungsgrad der Bäume auf die Regeneration einer regenmoortypischen *Sphagnum*-Gesellschaft sowie Effekte des Wassermangels durch hohe Verdunstung der Baumschicht oder ein ungünstiges C/N-Verhältnis der obersten Torfschichten wie im Dänschenburger Moor dürften stets im engen Zusammenhang mit dem Erreichen oder nicht Erreichen einer Wassersättigung des Resttorfkörpers durch Verringern des Abflusses von Niederschlagswasser aus dem Moor stehen.

## Abstract

Most of Northeast German ombrogenous raised bogs (83% of 4310 ha) are covered by woody vegetation and only 4% are characterized by typical raised bog vegetation. Restoration measures or the planning of revitalization have been commenced for more than the half (53%), but the objective of regeneration of the typical raised bog vegetation and the hydrological self-regulation could be achieved only in less raised bogs, e.g. in the Grenztalmoor near Bad Sülze. Here, 13 years after begin of restoration measures, which included the establishment of a hydrological protection zone fully surrounding the bog, a regeneration

process can be observed. A comparison of restoration efforts between the Grenztalmoor and the Dän-schenburger Moor, two bogs with almost identical initial conditions concerning location and climate, shows the importance of a hydrological protection zone (HPZ). The HPZ of the Grenztalmoor reduced the run-off gradient of precipitation water between the higher lying peat remnant in the centre of the bog and the lower lying surrounding fen area. Parallel to the increasing water levels a vascular plant species assem- blage and a diverse *Sphagnum* community developed. The impact of the lack of light because of high cover ratios of trees on the regeneration of a *Sphagnum* community typical of raised bogs as well as the ef- fect of lack of water due to high evaporation of trees or unfavorable C/N ratios are always the result of the achievement or non-achievement of a water-saturated peat remnant by a reduced run-off gradient.

## 1. Einleitung

Niedermoore und Regenmoore haben einen erheblichen Einfluss auf den globalen Kohlenstoffkreislauf, weil sie als terrestrische Kohlenstoffsinken oder -quellen fungieren können (BLODAU 2002). Deshalb wird dem Moorschutz spätestens seit dem Kyoto Protokoll eine weltweite Bedeutung für den Klimaschutz zugesprochen (ROULET 2000).

Um einen Beitrag zum Klimaschutz leisten zu können, müssen anthropogen überformte Nieder- und Regenmoore revitalisiert werden (ERWIN 2009), wobei die Wassersättigung des verbliebenen Torfkörpers anzustreben ist (PFADENHAUER & GROOTJANS 1999). Die Entwicklungen in den zahlreichen gestörten und später teilweise oder vollständig revitali- sierten Mooren verlaufen weltweit sehr unterschiedlich. In erfolgreich revitalisierten Re- genmooren müssten Torfmoose die Vegetation dominieren (ROCHEFORT et al. 2007). Torf- moose sind maßgeblich an der Entstehung des Torfes beteiligt, bilden das systemimma- nente Akrotelm, mit dem sie die hydrologischen und hydrochemischen Verhältnisse an der Oberfläche von Regenmooren regulieren, und sind für die Akkumulation von Wasser und Kohlenstoff von bestimmender Bedeutung (STRACK & PRICE 2009). Regenmoore brauchen dazu eine diverse Gemeinschaft aus *Sphagnum*-Arten, die entlang des natürlich oder des sekundär entstandenen Moorwasserstandsgradienten existieren und ein flächen- deckendes Akrotelm bilden (PROCTOR 1995). Da gerade degradierte Regenmoore unter- schiedliche Wasserstände aufweisen, ist für die Rehabilitation eines flächenhaften Akro- telms eine Re-Kolonisation einer diversen Gesellschaft aus *Sphagnum*-Arten entschei- dend (vgl. HAYWARD & CLYMO 1982).

In allen Regenmooren (intakt oder degradiert) kommen neben den Torfmoosen immer Gefäßpflanzen vor. Genau wie bei den *Sphagnen* variiert diese Gemeinschaft entlang eines Wasserstandsgradienten. Aktuelle Studien zeigten, dass Gefäßpflanzen – vor allem Arten aus der Familie der Ericaceae – selbst in revitalisierten Regenmooren zunehmen und Torfmoose eher zurückgehen (GRUNNARSSON & FLODIN 2007, GRUNNARSSON et al. 2002). Der Rückgang der Torfmoose wird auf die Abnahme von Sonnenlicht durch die zunehmende Deckung der Gefäßpflanzen, und der höhere Deckungsgrad der Gefäß- pflanzen – vor allem der Bäume – auf das Absinken der Wasserstände in Regenmooren

zurückgeführt (MALMER et al. 1994). Generell niedrigere Wasserstände in Regenmooren werden von einigen Autoren mit der Klimaveränderung in Zusammenhang gebracht (CAMPEAU et al. 2004, CHIRINO et al. 2006, LAINE et al. 1995), da eine Tendenz zu zunehmend trockeneren Sommern für die nördliche Erdhalbkugel belegt ist (KARL & TRENBERTH 2003). Diese Tendenz ermutigte zur Annahme, dass klimatisch bedingt niedrige Wasserstände in Regenmooren zu einem Übergang von *Sphagnen* dominierten zu Gefäßpflanzen dominierten Regenmooren führen könnte (vgl. BREEUWER et al. 2009b).

Unabhängig von diesen weltweiten Entwicklungstendenzen oder Prognosen will man in Nordostdeutschland möglichst viele restliche Hochmoortorfkörper erhalten und hat dafür 1993 ein Schutzprogramm für Regenmoore erarbeiten lassen, für welches vorab Bestandsaufnahmen der aktuellen Vegetation, der hydrologischen Verhältnisse und der Stratigraphie erfolgten (PRECKER & KRBETSCHKE 1997). In Nordostdeutschland sind nach derzeitiger Kenntnis alle Regenmoore über Niedermoortypen aufgewachsen (SUCCOW 1988). Die Regenmoore lagen deshalb über dem Niveau der Umgebungen, weshalb ohne Abtorfung und Gräben stets Niederschlagswasser vom Hochmoorschild zum Vorfluter der Umgebung strömte. Tiefe Gräben im Regenmoorkörper und der Umgebung sorgten allerdings für schnellere und höhere Abflüsse aus dem gesamten Torfkörper (BADEN & EGGELSMANN 1963, EGGELSMANN 1960). Deshalb hat man schon früh erkannt, dass für eine erfolgreiche Revitalisierung von Regenmooren mit Resten von Hochmoortorf die Etablierung einer hydrologischen Schutzzone (HSZ), die diese Restmoore vollständig umgibt, unumgänglich ist (EGGELSMANN 1971, MEADE 1992, MORGAN-JONES et al. 2005). So forderten auch PRECKER & KRBETSCHKE (1997) für ein erfolgreiches Regenmoorschutzprogramm das Einbeziehen der Niedermoorbereiche in die Wiedervernässungen. Seit der Verabschiedung des Moorschutzprogramms (1993) gab es nun einige Planungen und Maßnahmen zur Revitalisierung von Regenmooren in Nordostdeutschland.

Nach über einem Jahrzehnt Regenmoorschutz in Mecklenburg-Vorpommern soll überprüft werden, wie sich die Regenmoore entwickelt haben, welche Erfolge und welche Defizite zu verzeichnen sind. In zwei nahe beieinander liegenden revitalisierten Regenmooren mit ursprünglich fast identischen Ausgangsbedingungen wurden die hydrologischen und floristischen Entwicklungen verglichen, um konkret an diesem Beispiel die Bedeutung einer HSZ zu überprüfen.

## 2. Untersuchungsgebiet und Methoden

### 2.1 Naturräumliche Einordnung

Regenmoore existieren nur in Gebieten mit positiver atmosphärischer Wasserbilanz (PROCTOR 1995), was in Nordostdeutschland (Mecklenburg-Vorpommern) nur im Westen und zwischen den Flüssen Warnow und Recknitz der Fall ist (Abb. 1).

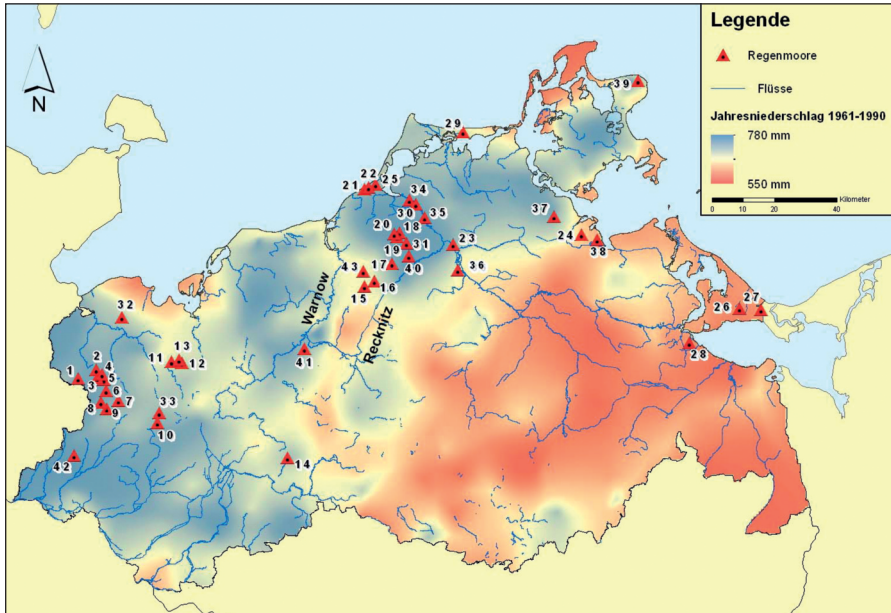


Abb. 1: Lage der Regenmoore in Nordostdeutschland in Bezug zum mittleren Jahresniederschlag (1961-1990), Nummerierung der Moore entspricht Tab. 1  
 Location of the Northeast German ombrogenous raised bogs in relation to the mean annual precipitation (1961-1990), numbering according to Tab. 1

Weitere Regenmoore bestehen entlang der Ostseeküste (Abb. 1), wo die positive Wasserbilanz durch den maritimen Einfluss der Ostsee gegeben ist. Bis 1996 erfassten PRECKER & KRBETSCHKE (1997) 33 Regenmoore, SUCCOW & EDMAN verwiesen auf 39 (in SUCCOW & JOOSTEN 2001) und aktuell sind in Nordostdeutschland 43 Regenmoore (Abb. 1) bekannt.

## 2.2 Veränderung der Vegetation von 1993/1996 bis 2007/2010

Genau wie bei PRECKER & KRBETSCHKE (1997) zwischen 1993 und 1996 wurden von 2007 bis 2010 alle Regenmoore erneut aufgesucht, um die Flächenanteile der aktuellen Vegetationsformen zu ermitteln. Für die Orientierung im Gelände und das Quantifizieren der einzelnen Flächen dienten aktuellste Luftbilder (<http://www.gaia-mv.de/gaia/gaia.php>). PRECKER & KRBETSCHKE (1997) klassifizierten Vegetationsformen der naturnahen, verbuschten und bewaldeten Regenmoore, Forstwald, Grünland, vegetationsfreie Flächen, offene Wasserflächen sowie Flächen, die einer Revitalisierung zugeführt wurden. Die aktuelle Studie orientierte sich an dieser Klassifizierung. Als naturnahe Bereiche gelten Bunter Torfmoosrasen, flutende Torfmoosrasen und nur mit wenigen Bäumen bestockte Wollgrasflächen. Von Pfeifengras (*Molinia caerulea*) dominierte Bereiche wurden ausgewiesen, weil sie typisch für Reste von nährstoffarmen Hochmoortorfen sind (TAYLOR et



al. 2001), aber trocken liegen, weil immer noch entwässert wird oder eine Revitalisierung nicht richtig funktioniert und damit als Bioindikator fungieren. Als verbuschte oder bewaldete Flächen wurden jene Bereiche ausgewiesen, in denen Büsche oder Bäume die Vegetation dominieren, aber sowohl mit Wollgras (*Eriophorum* spp.) als auch mit Heidekrautgewächsen (*Ericaceae*) durchsetzt sein konnten. Ohne Wollgräser oder Heidekraut war es ein Forstwald. Darüber hinaus wurde in Grünland, überwiegend vegetationsfreie Bereiche, offene Wasserflächen und Flächen mit aktuellem Torfabbau unterschieden (siehe Tab. 1). Recherchiert wurde außerdem, welche Moore als revitalisiert gelten und für welche es Planungen zur Revitalisierung gibt.

### 2.3 Vergleich zweier revitalisierter Regenmoore

Zwei gleichzeitig revitalisierte Regenmoore mit ähnlicher Nutzungshistorie und demnach nahezu gleichen Ausgangszuständen werden mit Blick auf ihre hydrologische und floristische Entwicklung verglichen. Das Grenztaalmoor (GM) (Abb. 1: Nr. 23, 427 ha; 54°06'N, 12°42'E) zwischen den Flüssen Recknitz und Trebel ist vor ca. 2000 Jahren über einem Durchströmungsmoor aufgewachsen (REINHARD 1963) und wurde 1967 als Naturschutzgebiet ausgewiesen. Der mittlere Niederschlag zwischen 1956 und 2009 lag bei 642 mm (DWD-Wetterstation Tribsees). Das Dänschenburger Moor (Abb. 1: Nr. 19, 64 ha; 54°07'N, 12°26'E) ist über einem Verlandungs- und Durchströmungsmoor entstanden. Seit 1943 ist das Dänschenburger Moor (DM) ein Naturschutzgebiet (JESCHKE et al. 2003). Der durchschnittliche Jahresniederschlag zwischen 1956-2009 betrug 689 mm (DWD-Wetterstation Marlow). Die Niederschlagsmenge liegt hier über der des GM (vgl. Tab. 2).

Tabelle 2 zeigt die mittleren jährlichen Niederschläge, Verdunstung und Wasserbilanz von 1997 bis 2009. Der Deutsche Wetterdienst errechnet für die jeweiligen Wetterstationen die Wasserbilanz aus Niederschlag und Verdunstungen nach Haude (siehe HAUDE 1955).

Die Kultivierungsgeschichte beider Moore ist ähnlich. Torf wurde gestochen und nie flächig gefräst. Vor der Revitalisierung dominierte in beiden Mooren ein Moorwald aus Birken und Kiefern mit wenigen *Sphagnum*-Arten oder regenmoortypischen Gefäßpflanzen wie *Eriophorum angustifolium*, *Eriophorum vaginatum*, *Rhynchospora alba*, *Andromeda polifolia* oder *Vaccinium palustris*. Die Revitalisierung beider Moore begann 1997 mit dem Abriegeln von Gräben und dem Einrichten von hydrologischen Schutzzonen (BÖNSEL & RUNZE 2005 und PRECKER 1997). Im Grenztaalmoor werden seitdem Entwicklungen von Vegetation und Hydrologie dokumentiert (BÖNSEL & SONNECK 2011). Die kontinuierlich steigenden Wasserstände im GM, selbst in Jahren mit unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen wie 2003 (vgl. dazu BÖNSEL & SONNECK 2011), waren ausschlaggebend dafür, ab 2007 das nahe gelegene DM (Abb. 1, ca. 17 km Luftlinie) ebenfalls zu untersuchen. Die aktuellen Entwicklungen von Hydrologie und Vegetation seit der Revitalisierung lassen sich nun miteinander vergleichen.

Tab. 1: Charakteristika der nordostdeutschen Regenmoore (2007- 2010)  
 Characteristics of the Northeast German ombrogenous raised bogs (2007-2010)

| Nr. | Name                    | Fläche<br>(ha) | Flächenanteil von Vegetationsformen (ha) |    |     |    |     |      |     |    |     |    | Revitalisierung<br>(ha)<br>oder in<br>Planung | aktueller<br>Torfab-<br>bau<br>(ha) |    |
|-----|-------------------------|----------------|--|----|-----|----|-----|------|-----|----|-----|----|---|-------------------------------------|----|
|     |                         |                | BTR                                      | FT | BWF | ML | WMW | WME  | F   | GL | VF  | OW |   |                                     |    |
| 1   | Dechower Moor           | 47             |  |    |     |    |     | 19   | 16  | 2  |     | 10 |   | P                                   |    |
| 2   | Demerner Moor           | 30             |  |    |     |    |     | 13   | 17  |    |     |    |   |                                     |    |
| 3   | Weitendorfer Moor       | 98             |  | 2  |     | 1  |     | 9    | 31  |    | 53  | 2  |   |                                     | 53 |
| 4   | Bornmoor                | 60             |  |    |     |    | 4   | 32   | 22  | 2  |     |    |   |                                     |    |
| 5   | Breesener Moor          | 64             |  |    |     |    |     | 30   | 8   |    | 26  |    |   |                                     | 26 |
| 6   | Roggendorfer Moor       | 104            |  | 2  | 1   |    |     | 83   | 18  |    |     |    |   | P                                   |    |
| 7   | Neuendorfer Moor        | 115            |  | 5  | 2   |    | 4   | 79   | 21  | 1  |     | 3  |   | 115                                 |    |
| 8   | Lützworhorster Moor     | 44             |  |    |     |    |     | 35   | 9   |    |     |    |   |                                     |    |
| 9   | Schönwolder Moor        | 84             | 1  |    | 10  | 1  | 4   | 54   | 14  |    |     |    |   |                                     |    |
| 10  | Grambower Moor          | 500            |  | 2  | 15  | 2  | 3   | 358  | 75  | 3  | 28  | 14 |   | 500                                 | 20 |
| 11  | Metelmoor               | 13             |  |    |     |    | 1   | 12   |     |    |     |    |   |                                     |    |
| 12  | Drispether Moor         | 100            |  |    |     |    |     | 8    |     |    | 92  |    |   |                                     | 92 |
| 13  | Dambecker Moor          | 68             |  |    |     |    |     | 1    |     | 67 |     |    |   |                                     |    |
| 14  | Darzer Moor             | 120            |  | 1  | 2   |    |     | 85   | 30  |    |     | 2  |   | 50                                  |    |
| 15  | Groß Potremser Moor     | 75             |  |    | 2   |    |     | 6    | 50  | 17 |     |    |   | 75                                  |    |
| 16  | Göldenitzer Moor        | 630            |  | 1  |     | 8  | 2   | 380  | 139 |    | 96  | 4  |   | 59                                  | 96 |
| 17  | Horster Moor            | 290            |  | 5  | 25  | 2  | 2   | 170  | 61  |    |     | 25 |   | 290                                 |    |
| 18  | Teufelsmoor Gresenhorst | 50             | 3  |    |     | 1  | 5   | 40   | 1   |    |     |    |   | 50                                  |    |
| 19  | Dänschenburger Moor     | 64             |  | 1  | 4   | 2  | 6   | 40   | 11  |    |     |    |   | 64                                  |    |
| 20  | Strangmoor              | 47             |  |    |     | 1  |     | 8    | 38  |    |     |    |   |                                     |    |
| 21  | Ribnitzer Großes Moor   | 222            |  | 2  | 4   | 2  | 10  | 98   | 102 |    |     | 4  |   | 200                                 |    |
| 22  | Klein Müritzer Moor     | 1              |  |    |     |    |     | 1    |     |    |     |    |   | 1                                   |    |
| 23  | Grenztalmoor            | 427            | 2  | 42 | 15  |    | 120 | 248  |     |    |     |    |   | 427                                 |    |
| 24  | Kieshofer Moor          | 14             |  | 3  | 1   |    |     | 10   |     |    |     |    |   | 14                                  |    |
| 25  | Dierhäger Moor          | 128            |  |    | 6   |    |     | 122  |     |    |     |    |   | P                                   |    |
| 26  | Thurbruch               | 96             |  |    |     | 5  |     | 91   |     |    |     |    |   |                                     |    |
| 27  | Swinemoor               | 67             |  |    | 2   |    | 4   | 41   | 20  |    |     |    |   | P                                   |    |
| 28  | Anklamer Stadtbruch     | 440            |  | 8  |     |    | 42  | 390  |     |    |     |    |   | 440                                 |    |
| 29  | Sundische Wiese         | 16             |  |    |     |    |     | 15   |     | 1  |     |    |   | P                                   |    |
| 30  | Schaapmoor              | 14             |  |    |     |    |     |      | 14  |    |     |    |   | P                                   |    |
| 31  | Dammerstorfer Heidmoor  | 13             | 2  |    | 4   |    | 2   | 5    |     |    |     |    |   | 13                                  |    |
| 32  | Moorer Busch            | 39             |  |    |     |    |     | 39   |     |    |     |    |   |                                     |    |
| 33  | Grambower Hofmoor       | 89             |  |    |     | 20 |     | 9    |     |    | 60  |    |   |                                     | 60 |
| 34  | Freudenberger Moor      | 5              |  |    |     |    |     | 5    |     |    |     |    |   |                                     |    |
| 35  | Birkbruch Moor          | 4              |  |    |     |    |     | 4    |     |    |     |    |   |                                     |    |
| 36  | Wasdower Moor           | 8              |  |    |     |    |     | 8    |     |    |     |    |   |                                     |    |
| 37  | Mannhagener Moor        | 51             |  | 3  | 2   |    | 1   | 32   | 11  |    |     | 2  |   | P                                   |    |
| 38  | Rosenthal Moor          | 16             |  |    |     |    |     | 10   | 6   |    |     |    |   |                                     |    |
| 39  | Jasmunder Moor          | 10             |  |    |     |    |     | 10   |     |    |     |    |   |                                     |    |
| 40  | Barkviereener Moor      | 12             |  | 1  |     |    |     | 11   |     |    |     |    |   |                                     |    |
| 41  | Postmoor                | 6              |  |    |     |    |     | 6    |     |    |     |    |   |                                     |    |
| 42  | Nieklitzer Moor         | 14             |  |    | 1   |    |     | 9    |     |    |     | 4  |   |                                     |    |
| 43  | Glöönmoor               | 22             |  |    |     |    |     | 22   |     |    |     |    |   |                                     |    |
|     |                         | 4317           | 8  | 78 | 96  | 45 | 216 | 2692 | 681 | 76 | 355 | 70 | 2298  | 347                                 |    |

BTR = bunter Torfmoosrasen; FT = flutende Torfmoosrasen; BWF = baumfreie Wollgrasflächen; ML = Pfeifen-  
 grasflächen; WMW = waldähnliche Flächen mit hohen Wollgrasanteilen; WME = waldähnliche Flächen mit  
 hohen Ericaceenanteilen; F = Forstwald; GL = Grünland; VF = vegetationsfreie Flächen; OW = offene  
 Wasserflächen; P = Revitalisierung des Moores in Planung

Im größeren GM wurden 75 perforierte Grundwasserpegel (GMP) mit Durchmessern von 4,5 cm, im kleineren DM 21 GMP auf jeweils 3 Transekten im Abstand von 50 m installiert. Im Turnus von 2 Wochen wurden die Wasserstände abgelesen. Die Transekten repräsentieren die aktuelle Oberflächengestalt der Moore mit Hochflächen, Torfstichen, Gräben und hydrologischer Schutzzone. In Bereichen mit festerem noch relativ schwach

Tab. 2: Jährliche Niederschläge, Verdunstung und Wasserbilanz (Station des DWD für das Grenztaalmoor in Tribsees und für das Dänschenburger Moor in Marlow)  
Annual precipitation, evaporation and water balance at the meteorological stations Tribsees (Grenztaalmoor) and Marlow (Dänschenburger Moor)

| Jahr                         | 1997        | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003       | 2004 | 2005      | 2006      | 2007 | 2008        | 2009      |
|------------------------------|-------------|------|------|------|------|------|------------|------|-----------|-----------|------|-------------|-----------|
| <b>"Grenztaalmoor"</b>       |             |      |      |      |      |      |            |      |           |           |      |             |           |
| Niederschlag (mm)            | 525         | 871  | 716  | 667  | 691  | 640  | 471        | 694  | 555       | 587       | 768  | 396         | 548       |
| Verdunstung (mm)             | 639         | 413  | 564  | 513  | 441  | 481  | 500        | 406  | 539       | 574       | 516  | 576         | 555       |
| Wasserbilanz (mm)            | <b>-114</b> | 458  | 152  | 154  | 250  | 159  | <b>-29</b> | 288  | <b>16</b> | <b>13</b> | 252  | <b>-180</b> | <b>-7</b> |
| <b>"Dänschenburger Moor"</b> |             |      |      |      |      |      |            |      |           |           |      |             |           |
| Niederschlag (mm)            | 561         | 789  | 664  | 708  | 702  | 654  | 483        | 662  | 702       | 628       | 871  | 621         | 689       |
| Verdunstung (mm)             | 640         | 413  | 563  | 514  | 438  | 484  | 501        | 408  | 535       | 576       | 514  | 602         | 555       |
| Wasserbilanz (mm)            | <b>-79</b>  | 376  | 101  | 194  | 264  | 170  | <b>-18</b> | 254  | 167       | <b>52</b> | 357  | <b>19</b>   | 134       |

zersetztem Regenmoortorf wurden 3 m lange PVC-Rohre als GMP installiert, in Bereichen mit stark zersetztem und breiigem Torf waren es perforierte Stahlrohre bis zum festen Untergrund (im Durchschnitt 6 m), um ein Aufschwimmen zu verhindern. Beim Installieren der GMP wurde mit dem Torfbohrer vorgebohrt. Die dabei gewonnenen Torfproben gaben Auskunft darüber, ob der jeweilige GMP dem restlichen Regenmoorkörper (GM = 34; DM = 8) oder der hydrologischen Schutzzone (GM = 41; DM = 13) zuzuordnen war. Die permanenten Beobachtungsplots (PBP) für die Vegetation lagen 50 m parallel neben den Transekten der GMP, um beim regelmäßigen Ablesen der Wasserstände nicht die Vegetation zu beeinträchtigen. Im GM lagen die PBP an jedem zweiten GMP und im DM an jedem GMP. Die Fläche der PBP betrug 5x5 m, worin nach der Braun-Blanquet-Methode (BRAUN-BLANQUET 1964) im GM 1996, 1998, 2001 und 2007 die Vegetation erfasst wurde (KOSKA 2009) und 2007 im DM.

## 2.4 Datenanalyse

Die statistischen Tests wurden mit XLSTAT-Pro von Addinsoft durchgeführt. Zuerst wurden die zweiwöchig erfassten Daten von Wasserständen unter Flur für die Regenmoorrestkörper und die jeweilige hydrologische Schutzzone gruppiert. Für diese Gruppen wurden die monatlichen Mittelwerte für den Zeitraum von 2007-2009 gebildet und einheitlich die Wasserstände unter Flur dargestellt (Abb. 4 und 5). Unter Flur bedeutet unterhalb der Geländeoberkante am jeweiligen Pegel. Diese Werte wurden jahreszeitlich nach Herbst, Winter, Frühling und Sommer gruppiert. Aus räumlich und zeitlich unterschiedlichen Daten von GM und DM entstand eine einheitliche Gruppierung von Wasserständen unter Flur, für die nach dem David-Test eine normalverteilte monatliche Grundgesamtheit ( $p < 0,10$ ) vorlag. Die Signifikanz zwischen diesen einzelnen Mittelwertreihen wurde mit dem  $t$ -Test (Student's  $t$  Test) bestimmt (Tab. 3). Außerdem wurden für die zentralen Bereiche der restlichen Regenmoorkörper und der hydrologischen Schutzzonen im GM und DM die Regressionslinien kalkuliert, um den Trend der Wasserstände unter Flur im Zeitraum von 2007 bis 2009 zu illustrieren (Abb. 4 und 5). Die Signifikanz der Koeffizien-

ten des Bestimmtheitsmaßes ( $r^2$ ) wurde mit dem  $t$ -Test ermittelt sowie die Differenzen der Bestimmtheitsmaße zwischen den Mooren. Signifikante Unterschiede zwischen den Vegetationserhebungen von 1996 und 2007 im GM und gegenüber den Erhebungen von 2007 im DM wurden ebenfalls mit dem  $t$ -Test geprüft.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Vegetationsentwicklung in nordostdeutschen Regenmooren

Von 4317 ha Regenmoor sind nur noch 4% mit regenmoortypischer Vegetation bedeckt. Auf 83% der Regenmoorflächen stockt waldähnliche Vegetation. Bunte Torfmoosrasen (*Sphagnetum magellanici*) mit Weißem Schnabelried (*Rhynchospora alba*), Gewöhnlicher Moosbeere (*Vaccinium oxycoccos*), Rosmarinheide (*Andromeda polifolia*) und Scheidigem Wollgras (*Eriophorum vaginatum*), die einst für Regenmoore typische Bult-Schlenken-Komplexe bildeten, gibt es in nordostdeutschen Regenmooren mit mehreren Hektar nur noch im Teufelsmoor bei Gresenhorst (Abb. 2), im Schönwolder Moor westlich von Schwerin und seit 2007 mit zunehmendem Flächenanteil im Grenztaalmoor bei Bad Sülze und Dammerstorfer Heidmoor. Grüne flutende Torfmoosrasen haben sich in mehreren Regenmooren erhalten, aber ebenfalls nur auf kleinen Flächen. Eine Ausnahme stellt das Grenztaalmoor dar, in dem sich seit der Revitalisierung 1997 sukzessiv größere Bereiche mit flutenden Torfmoosen entwickelten (siehe Tab. 1 und 4).

In den meisten Regenmooren sind die überwiegenden Flächen ganzjährig zu trocken, was großflächige *Molina caerulea* – Bestände, dichte Baumbestände oder nahezu vegetationsfreie Zonen anzeigen (Tab. 1). Selbst im unter Naturschutz stehenden Horster Moor bei Sanitz, das als revitalisiertes Regenmoor gilt (JESCHKE et al. 2003), war der Torfkörper im Juli 2010 nach einer dreiwöchigen Trockenperiode so ausgetrocknet, dass sich ein Torfbrand entwickelte (Abb. 3).

#### 3.2 Vergleich von zwei revitalisierten Regenmooren

Obwohl im Zeitraum der Revitalisierung (1997-2009) im DM eine 1,4fach höhere und in den 3 Jahren der Vergleichsuntersuchung eine 7,8fach höhere Wasserbilanz als im GM vorlag – diesem Moor also mehr Wasser zur Verfügung stand (Tab. 2) – erreichten die Wasserstände dort nie das Niveau des GM (Abb. 4 und 5 sowie Tab. 3).

Trotz höherer Niederschläge blieben die Wasserstände sowohl im Moor als auch in der hydrologischen Schutzzone des DM ganzjährig signifikant unter dem Niveau des GM (Tab. 3). Vor allem die Schwankungen der Wasserstände unter Flur waren im DM durchweg ausgeprägter als im GM und die extreme Sommertrockenheit 2008 (Tab. 2) wirkte sich auf das DM deutlicher aus als auf das GM. So sanken die Wasserstände 2008 im GM





Abb. 2: Bunter Torfmoosrasen mit Ansätzen von Bult-Schlenken-Bildung im Teufelsmoor bei Gresenhorst (Foto: A. Bönsel)

Coloured *Sphagnum* mats with beginnings of hummock-hollow-formation in the Teufelsmoor near Gresenhorst (picture: A. Bönsel)



Abb. 3: Moorbrand im Horster Moor – Juli 2010 (Foto: A. Bönsel)

Fire affected area in the Horster Moor – July 2010 (picture: A. Bönsel)

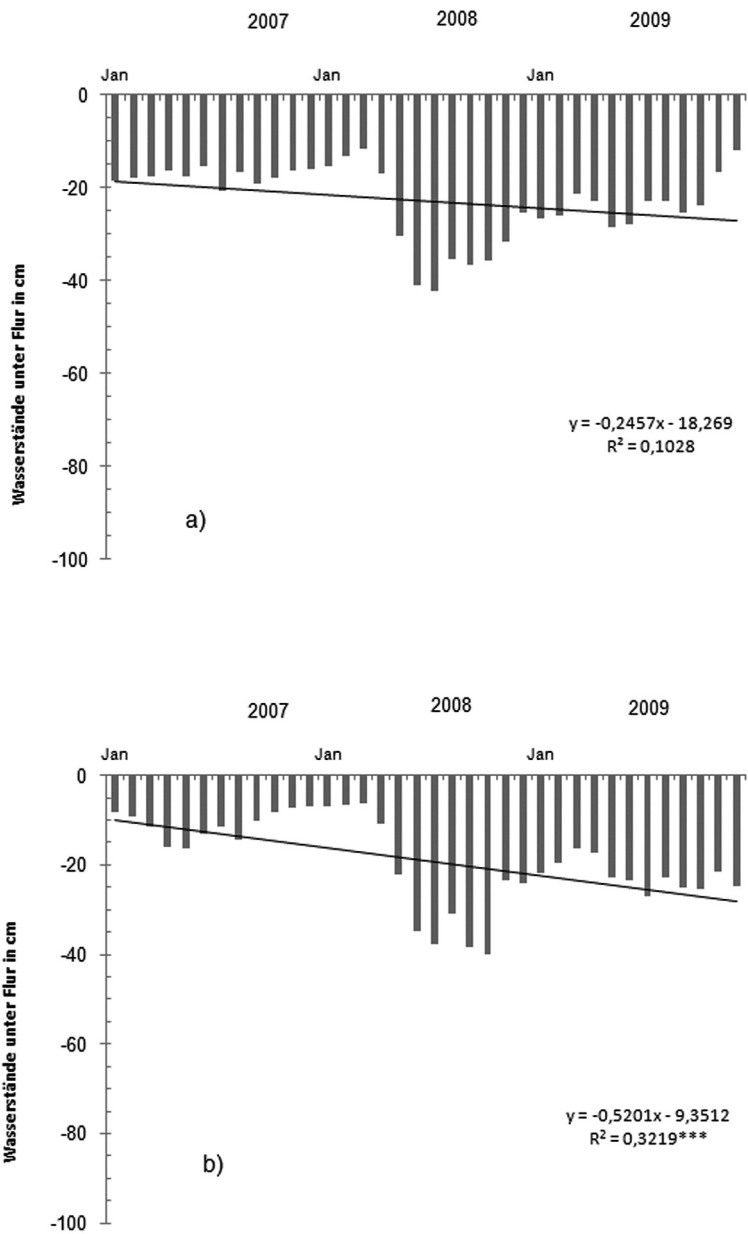


Abb. 4: Wasserstände unter Flur im Grenztaalmoor (a) und in der hydrologischen Schutzzone (b) von 2007 - 2009  
 Water tables in the centre (a) and in the hydrological protection zone (b) of the Grenztaalmoor from 2007 - 2009



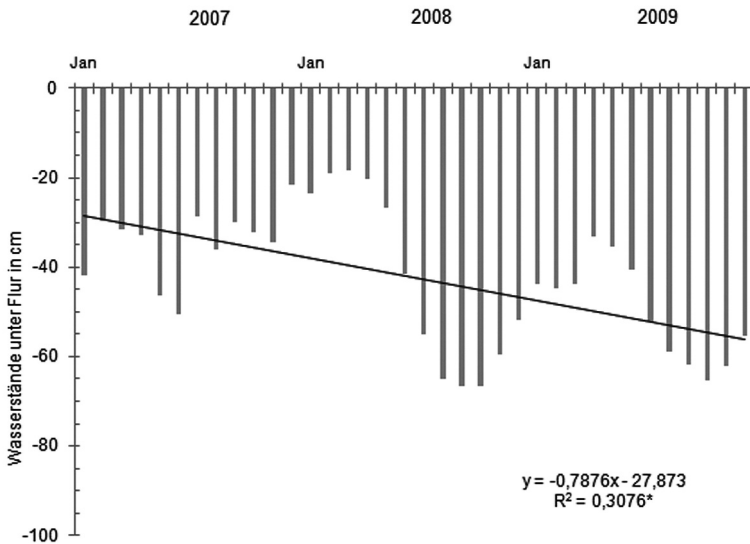
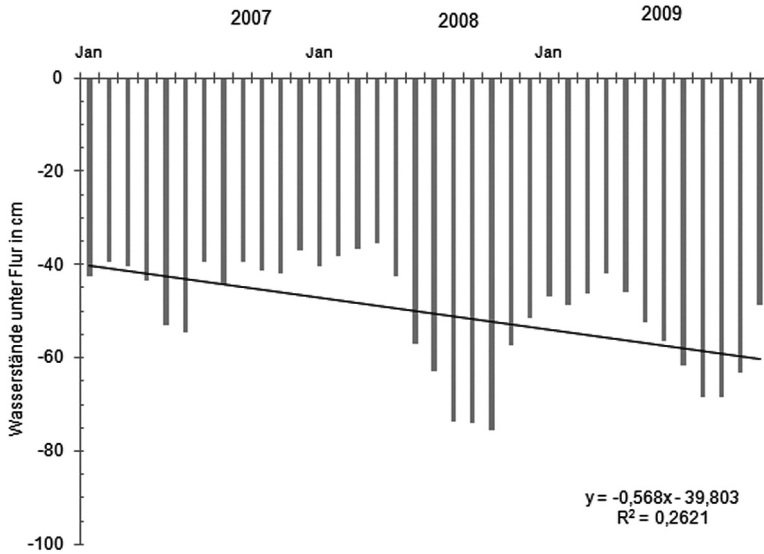


Abb. 5: Wasserstände unter Flur im Dänischenburger Moor (a) und in der hydrologischen Schutzzone (b) von 2007 - 2009  
Water tables in the centre (a) and in the hydrological protection zone (b) of the Dänischenburger Moor from 2007 - 2009

bis max. 58 cm unter Flur, hatten sich aber schon im Frühjahr 2009 annähernd wieder auf das Normalmaß von ~ 20 cm eingestellt (Tab. 3, Abb. 4). Im DM fielen die Wasserstände in dieser Trockenperiode durchschnittlich bis 70 cm unter Flur und stiegen bis 2009 kaum (Tab. 3, Abb. 5). Ähnlich verhielten sich die Wasserstände in den zugehörigen hydrologischen Schutzzonen. So hatten sich die Wasserstände in der Schutzzone des GM schon im Folgesommer fast wieder auf das Niveau von 2007 angeglichen (Tab. 3; -47cm zu -34cm), nicht aber im Dänschenburger Moor, wo die Wasserstände 2009 noch einmal im Durchschnitt 2 cm tiefer fielen als 2008 (Tab. 3; -62cm zu -64cm), obwohl 2009 eine deutlich bessere Wasserbilanz als 2008 und gegenüber dem GM vorlag (Tab. 2).

Ähnlich gravierende Unterschiede zeigten sich in der Entwicklung der Vegetation. Im Grenztalmoor hatte sich bis 2007 eine Gemeinschaft aus 9 *Sphagnum*-Arten etabliert (Tab. 4). Im DM waren es bis 2007 nur 5 Arten (Tab. 4). Nicht nur die Artenzahl unterschied sich, sondern auch die Stetigkeit. Im GM waren 3 Arten (*S. fimbriatum*, *S. palustre*, *S. recurvum*) an mindestens der Hälfte aller PBP zu finden (Tab. 4), sie hatten sich also von 1997 bis 2007 über das Moor ausgebreitet. Im DM erreichte keine *Sphagnum*-Art diese Stetigkeit. In beiden Mooren waren typische gras- und krautartige Gefäßpflanzenarten von Regenmooren vertreten, unterschieden sich aber in der Stetigkeit. Signifikante Unterschiede zeigten sich im durchschnittlichen Deckungsgrad der Baumschicht. Im DM bestimmen immer noch die Bäume den Deckungsgrad (Tab. 4), während im Grenztalmoor die Baumschicht durch kontinuierlich hohe Wasserstände zurückgedrängt wurde.

#### 4. Diskussion

Nach PRECKER & KRBETSCHKE (1997) waren infolge von Austrocknung etwas mehr als 50% der Regenmoorkörper bis 1996 mit Wald bedeckt. Nach mehr als einem weiteren Jahrzehnt sind mindestens 83% der Regenmoore mit Wald bestockt. Die Austrocknung norddeutscher Regenmoore wurde also nicht flächenhaft gestoppt. Bis 1996 waren noch ~ 8% der Regenmoore mit naturnahen Vegetationsformen bedeckt. Nach aktuellen Ergebnissen sind nur noch 4% der Flächen mit regenmoortypischen Vegetationsformen bestockt, obwohl die revitalisierten Flächen von 1804 ha auf 2291 ha (von 42% auf 53%) gesteigert wurden. Der häufig beschriebene Trend von ursprünglich durch *Sphagnum*-Arten dominierten Regenmooren zu bewaldeten und verkrauteten (BREEUWER et al. 2009b, EIGNER 1995, GUNNARSSON et al. 2002, MALMER et al. 1994) lässt sich auch im Nordosten von Deutschland dokumentieren. Ob dieser Trend allerdings auf trockenere Sommer bzw. ein sich veränderndes Klima zurückzuführen ist (BREEUWER et al. 2009b) und die sich daraus ergebenden Baumschichten (GUNNARSSON & FLODIN 2007) sowie das ungünstige C/N-Verhältnis in gestörten Regenmooren (MONEY & WHEELER 1999) eine Revitalisierung behindern, oder welche anderen Faktoren diesen Trend bedingen können, sollte ein Vergleich von Hydrologie und Vegetation in zwei 1997 gleichzeitig revitalisierten Regenmooren klären.

Tab. 3: Durchschnittliche Wasserstände unter Flur (cm) der beiden Moore in den Jahren 2007, 2008 und 2009 im Herbst, Winter, Frühling und Sommer mit Ergebnissen des statistischen Vergleichs Mean water tables (cm) of central (B=bog) and marginal (H=hydrological protection zone) dipwells in the Grenztaalmoor and in the Dänschenburger Moor from 2007 - 2009

| Wasserstände unter Flur in cm | Grenztaalmoor |     |      |     |      |     | Dänschenburger Moor |     |      |     |      |     | Signifikanzniveau zwischen den Mooren |     |      |     |      |     |
|-------------------------------|---------------|-----|------|-----|------|-----|---------------------|-----|------|-----|------|-----|---------------------------------------|-----|------|-----|------|-----|
|                               | 2007          |     | 2008 |     | 2009 |     | 2007                |     | 2008 |     | 2009 |     | 2007                                  |     | 2008 |     | 2009 |     |
|                               | R             | H   | R    | H   | R    | H   | R                   | H   | R    | H   | R    | H   | R                                     | H   | R    | H   | R    | H   |
| Herbst                        | -17           | -7  | -29  | -32 | -30  | -32 | -40                 | -29 | -61  | -59 | -60  | -61 | ***                                   | *** | ***  | *** | ***  | *** |
| Winter                        | -19           | -10 | -13  | -7  | -25  | -19 | -41                 | -34 | -38  | -20 | -47  | -44 | ***                                   | *** | ***  | *** | ***  | *** |
| Frühling                      | -25           | -15 | -31  | -23 | -26  | -21 | -50                 | -43 | -45  | -30 | -47  | -36 | ***                                   | *** | ***  | NS  | ***  | *** |
| Sommer                        | -17           | -12 | -54  | -47 | -39  | -34 | -41                 | -32 | -70  | -62 | -62  | -64 | ***                                   | *** | NS   | *** | ***  | *** |

R = Regenmoorrest; H = hydrologische Schutzzone; \*\*\* p ≤ 0.001; \*\* p ≤ 0.01; \* p ≤ 0.05; NS nicht signifikant

Tab. 4: Ergebnisse der Vegetationsaufnahmen im Grenztaalmoor (GM) von 1996 und 2007 sowie vom Dänschenburger Moor (DM) von 2007 mit den entsprechenden Signifikanzniveaus Vegetation of the Grenztaalmoor (GM) in 1996 (before restoration) and 2007 and additional of the Dänschenburger Moor (DM) in 2007 with corresponding levels of significance

|                                      | GM   |      | SN 07-96 in GM | DM   | SN GM-DM 2007 zu 2007 |
|--------------------------------------|------|------|----------------|------|-----------------------|
|                                      | 1996 | 2007 |                | 2007 |                       |
| Artenzahl pro Jahr                   | 157  | 208  | ***            | 68   | ***                   |
| Durchschnittliche Artenzahl pro Plot | 26   | 35   | *              | 22   | *                     |
| Deckungsgrad in %                    |      |      |                |      |                       |
| Bäume                                | 41   | 22   | **             | 57   | **                    |
| Büsche                               | 31   | 8    | **             | 6    | NS                    |
| Kräuter/Gräser                       | 67   | 67   | NS             | 65   | NS                    |
| submerse und emerse Pflanzenarten    | 0    | 12   | ***            | 2    | ***                   |
| Moose (generell)                     | 31   | 44   | *              | 4    | ***                   |
| <i>Sphagnum</i> -Arten               | 15   | 25   | *              | 14   | ***                   |
| Stetigkeit in %                      |      |      |                |      |                       |
| <i>Sphagnum capillifolium</i>        | 19   | 21   | NS             | -    |                       |
| <i>Sphagnum cuspidatum</i>           | 0    | 10   | ***            | 7    | NS                    |
| <i>Sphagnum fimbriatum</i>           | 54   | 65   | **             | -    |                       |
| <i>Sphagnum magellanicum</i>         | 0    | 2    | NS             | 5    | NS                    |
| <i>Sphagnum obtusum</i>              | 4    | 6    | NS             | -    |                       |
| <i>Sphagnum palustre</i>             | 29   | 52   | **             | 32   | *                     |
| <i>Sphagnum recurvum</i>             | 35   | 50   | ***            | 9    | ***                   |
| <i>Sphagnum squarrosum</i>           | 17   | 33   | ***            | -    |                       |
| <i>Sphagnum teres</i>                | 2    | 10   | NS             | -    |                       |
| <i>Sphagnum fallax</i>               | -    | -    |                | 5    |                       |
| <i>Eriophorum angustifolium</i>      | 8    | 15   | NS             | 20   | NS                    |
| <i>Eriophorum vaginatum</i>          | 37   | 38   | NS             | 10   | **                    |
| <i>Carex rostrata</i>                | 10   | 27   | **             | 5    | **                    |
| <i>Molinia caerulea</i>              | 94   | 83   | *              | 41   | **                    |
| <i>Calluna vulgaris</i>              | 19   | 15   | NS             | 33   | **                    |
| <i>Erica tetralix</i>                | 2    | 2    | NS             | 1    | NS                    |
| <i>Vaccinium myrtillus</i>           | 12   | 10   | NS             | 19   | *                     |
| <i>Vaccinium oxycoccos</i>           | 21   | 21   | NS             | 5    | **                    |
| <i>Vaccinium uliginosum</i>          | 35   | 29   | *              | 21   | NS                    |
| <i>Andromeda polifolia</i>           | 10   | 8    | NS             | 1    | *                     |
| <i>Rhynchospora alba</i>             | -    | -    |                | 1    |                       |

- nicht nachgewiesen; SN = Signifikanzniveau; NS = nicht signifikant; \* p ≤ 0.05; \*\* p < 0.01; \*\*\* p < 0.001.

Ziel der Revitalisierung beider Regenmoore (GM und DM) war die Rehabilitation einer artenreichen Gemeinschaft aus *Sphagnum*-Arten und typischen Gefäßpflanzen der Regenmoore, um langfristig wieder ein flächiges Akrotelm für die hydrologische Selbstregulation zu rehabilitieren. Grundvoraussetzung für eine Ausbreitung von ursprünglichen Pflanzen in revitalisierten Ökosystemen ist, dass die Arten im Artenpool verblieben sind, in der Diasporenbank des Resttorfkörpers vorkommen oder sich aus der Nachbarschaft auf diese Flächen ausbreiten können (vgl. DONATH et al. 2003, KOTOWSKI et al. 1998). Für eine flächenhafte Ausbreitung der meisten regenmoortypischen *Sphagnum*-Arten sind außerdem ein hoher Lichtgenuss und kontinuierlich hohe Wasserstände notwendig (CHIRINO et al. 2006, WADDINGTON et al. 2003, FAMOUS & TAYLOR 2005, ROBROEK et al. 2007, VITT & SLACK 1984).

Beide untersuchten Regenmoore weisen bis dato regenmoortypische Gefäßpflanzen und *Sphagnum*-Arten auf. Die Entwicklungen seit der Revitalisierung von 1997 verliefen aber trotz nahezu gleichen klimatischen, kulturhistorischen und floristischen Ausgangsbedingungen unterschiedlich, wie der Entwicklungsstand bis 2007 (Tab. 4) zeigt. Im GM stiegen die Wasserstände seit Beginn der Revitalisierungsmaßnahmen graduell an, die Zielvegetation entwickelte sich sprunghaft und 2007 sind wieder große Flächen als naturnah anzusehen (vgl. Tab. 1 und 4, sowie BÖNSEL & SONNECK 2011). Die Ergebnisse aus



Abb. 6: Typisches Landschaftsbild im Grenztaalmoor im Juni 2010 mit lichter werdendem Baumbestand und Torfmoosen sowie Wollgras (*Eriophorum* spp.) als neue torfbildende Vegetation (Foto: T. Polte)

Typical landscape of the Grenztaalmoor in June 2010 with a light tree layer; *Sphagnum* mats and cotton grass (*Eriophorum* spp.) as peat building vegetation (picture: T. Polte)

dem GM sprechen sogar dafür, dass sich hier gerade wieder ein funktionierendes und vor allem nahezu flächiges Akrotelm regeneriert. So sanken die Wasserstände 2008, einem Jahr mit 180 mm Wasserdefizit (Tab. 2), stiegen aber im Folgejahr rasch wieder auf ein normales Niveau (Abb. 4), obwohl 2009 wiederum ein Wasserdefizit von 7 mm zu verzeichnen war (Tab. 2). Eine solche positive Entwicklung konnte im revitalisierten DM nicht dokumentiert werden. Vielmehr zeigte die Sommertrockenheit in 2008 (Tab. 2) im DM katastrophale Auswirkungen, wie die Vergleichsreihe von 2007 bis 2009 und die dabei verglichenen wechselnden Wasserstände beweisen (vgl. Abb. 4 und 5). Ursache für die höheren Wasserstände und die schnellere Kompensation der Trockenperiode von 2008 im GM dürfte die mannigfaltige *Sphagnum*-Gemeinschaft und vor allem die höhere Stetigkeit dieser Arten sein (Tab. 4). Die hohe Stetigkeit beweist, dass viele Arten bereits wieder flächig im Moor vorkommen. Die Diversität an *Sphagnum*-Arten verweist auf einen jetzt natürlichen Moorwasserstandsgradienten, wodurch unterschiedlichste Arten auf engstem Raum eine Nische finden (vgl. dazu CLYMO & HAYWARD 1982, RYDIN 1993). Vor allem die stetigsten Arten sorgen dafür, dass wieder mehr Niederschlagswasser im Moor gespeichert wird. Die *Sphagnum*-Arten unterstützen die sich verändernden hydrologischen Verhältnisse und beeinflussen gleichzeitig das biochemische Milieu im Moor (VAN BREE-MEN 1995). So ist der Rückgang der Baumschichtdeckung im GM (vgl. Tab. 4) zuallererst auf die gestiegenen Moorwasserstände und dann auf die wieder saurer und nährstoffärmer werdenden Standortverhältnisse zurückzuführen. Insgesamt fördert die zunehmend lichtere Baumschicht dann die Ausbreitung der lichtliebenden *Sphagnum*-Arten.

Warum funktioniert diese Regeneration im GM und nicht im DM, obwohl die Ausgangsbedingungen doch nahezu gleichartig waren? *Sphagnum*-Arten, die sich im DM hätten genauso stetig entwickeln können wie im GM, gab und gibt es auch im DM (vgl. Tab. 4). Es ist zudem evident, dass einzelne Arten der Torfmoose von Klimaveränderung, veränderten C/N-Verhältnissen der obersten Torfschichten, atmosphärischen Nährstoffeinträgen (BREEUWER et al. 2009a, Chirino et al. 2006) oder sogar leichter Beschattung durch Bäume und Kräuter – wie *Sphagnum fallax* (BUTTLER et al. 1998) – profitieren können. Die Entwicklung der *Sphagnum*-Gemeinschaft im GM stützt diese Prognosen, nur im DM, wo sogar *S. fallax* unter den Bäumen noch vorkommt (Tab. 4), ist kein positiver Trend zu einer mannigfaltigen *Sphagnum*-Gemeinschaft zu erkennen. Trotz gleicher Voraussetzungen blieb die *Sphagnum*-Schicht im DM spärlich (Tab. 4). Vielmehr beeinflusst der hohe Deckungsgrad der Bäume im DM weiterhin die Vegetationszusammensetzung, wohingegen im GM die Bäume sukzessive absterben.

Bäume entziehen durch hohe Verdunstungsraten dem Moor viel Wasser (MALMER et al. 1994). Dieser Effekt war zu Beginn der Revitalisation auch im GM zu beobachten (BÖNSEL & SONNECK 2011) und dürfte eine Ursache sein, warum die zu 83% bewaldeten nordostdeutschen Regenmoore aktuell sehr trocken sind. Selbst sich entwickelnde *Sphagnum*-Flächen lassen die Bäume nicht sofort absterben, da die Wurzelsysteme der Bäume viel tiefer reichen, als die versauernden Wirkungen der sich wieder etablierten *Sphagnum*-





Abb. 7: Typisches Landschaftsbild im Dänschenburger Moor im Juni 2010 mit trocken-fallendem *Sphagnum*-Rasen, der von Pfeifengras-Beständen unter dichtem Baumbestand ersetzt wird (Foto: M. Runze)

Typical landscape of the Dänschenburger Moor – June 2010 – with a dense tree layer, dry *Sphagnum* mats and moor grass (*Molinia*) (picture: M. Runze)

Gemeinschaft (vgl. INGRAM 1978, MALMER et al. 1994). Ein entscheidender Punkt für die Regeneration von Regenmooren ist die langfristige Wassersättigung des Torfes (PFADENHAUER & GROOTJANS 1999, SLIVA & PFADENHAUER 1999). Im GM gelang diese Wassersättigung durch die erfolgreiche Wiedervernässung und jetzt bestehen wieder überwiegend anaerobere Verhältnisse im Moorkörper, so dass nur noch angepasste Gefäßpflanzen überleben. Bäume, die in trockeneren Perioden aufgewachsen sind, sterben hingegen ab. Allmählich stellt sich unter wassergesättigten Bedingungen eine Balance zwischen *Sphagnum*-Arten und Gefäßpflanzen ein (CRUSHELL et al. 2009, SVENSSON 1988), wie es aktuell im GM zu beobachten ist (Tab. 4). Pfeifengras-Bestände (Abb. 7) wie im DM verweisen hingegen auf C/N-Verhältnisse, die durch Mineralisation entstehen, und die wiederum nur durch erhebliche Wasserstandsschwankungen erklärbar sind. Die fehlende Wassersättigung des verbliebenen Torfkörpers dürfte der entscheidende Grund für die suboptimale Entwicklung im DM sein. Lichtverhältnisse, Nährstoff- und Sauerstoffverfügbarkeit sind sekundäre Gründe, die sich aus der fehlenden Wassersättigung ergeben.

Wie es zu diesen unterschiedlichen Wassersättigungsverhältnissen in den beiden verglichenen Mooren kam, zeigen die Entwicklungen der Wasserstände in den hydrologischen Schutzzonen (vgl. Abb. 4 und 5). Eine vollständig die Reste von Regenmooren umge-



bende hydrologische Schutzzone ist entscheidend für eine Regeneration, wenn die Reste noch höher liegen als die Umgebung und sich in der Umgebung zudem sehr tief einschneidende Gräben befinden. Die höhere Lage der restlichen Regenmoorkörper im Verhältnis zur Umgebung sorgt für einen flächigen Geländegradient, welcher Wasserströme aus dem gesamten Torfkörper verursacht und nicht nur in den Gräben (vgl. EGGELSMANN 1960, EGGELSMANN 1964, EGGELSMANN 1988, MORGAN-JONES et al. 2005). Um wieder einen nahezu natürlichen Abflussgradienten von Niederschlagswasser zu etablieren, müssen die Wasserstände in der Umgebung der Regenmoore teils erheblich angehoben werden. Liegen die ehemaligen Regenmoore heute tiefer als ihre Umgebung, dann wird man keine Regeneration von Regenmooren einleiten können, sondern erst einmal über Jahrzehnte oder Jahrhunderte das Versumpfungsstadium durchlaufen müssen. Im DM hat man anders als im GM nicht alle Gräben und einige Gräben nicht vollständig abgeriegelt und außerdem keine vollständig das Moor umgebene hydrologische Schutzzone eingerichtet (vgl. Abb. 8 und dort den vermissten Grabenverbau) und deshalb keine maximalen Wasserstände in der hydrologischen Schutzzone erzielt. Die Wasserstände in dieser Schutzzone schwanken im DM erheblicher als im GM und in deren Folge im Moor selbst (Abb. 4 und 5). Die Mängel bei der Etablierung einer HSZ bedeutet für das DM eine mangelnde Wassersättigung durch einen schnellen und flächigen Abfluss des Niederschlagswassers.

Mit der Annahme, dass durch die klimatisch bedingten Sommertrockenheiten viele Regenmoore in Zukunft von Gefäßpflanzen dominiert werden und nicht mehr von *Sphagnum*-Arten (BREEUWER et al. 2009b), würde man sich die Begründung für die aktuellen Zustände zahlreicher revitalisierter Regenmoore in Nordostdeutschland und darüber hinaus in Zentraleuropa sehr einfach machen. Wie am Beispiel des Vergleichs von GM und DM gezeigt werden konnte, ist es eher eine kaskadenartige Kausalkette, die zwar von Moor zu Moor im Detail unterschiedlich sein kann, aber wohl grundsätzlich mit der Art und Weise der Revitalisierung zusammenhängen dürfte. Hinzu kommt noch eine naturschutzpolitische Problematik, wonach eine maximale Revitalisierung und vor allem das flächige Einrichten von HSZ nicht immer möglich sind, weil grundrechtliche, wasserrechtliche oder nutzungsbedingte Belange dem Vorhaben entgegenstehen. Die zunehmende Bewaldung der meisten nordostdeutschen Regenmoore (Tab. 1) ist sehr wahrscheinlich genau auf diesen ungünstigen Pragmatismus zurückzuführen.

## 5. Ausblick

Empfohlen für die Revitalisierung von Regenmooren wird nach positiven Erfahrungen durch die Revitalisierung des Grenztalmoores:

- (1) Allen Planungen sollte eine umfassende Vermessung des Regenmoores und dessen Umgebung vorausgehen, um Reste von Aufwölbungen oder sekundären Absenkungen der Moorrestkörper richtig einzuschätzen.

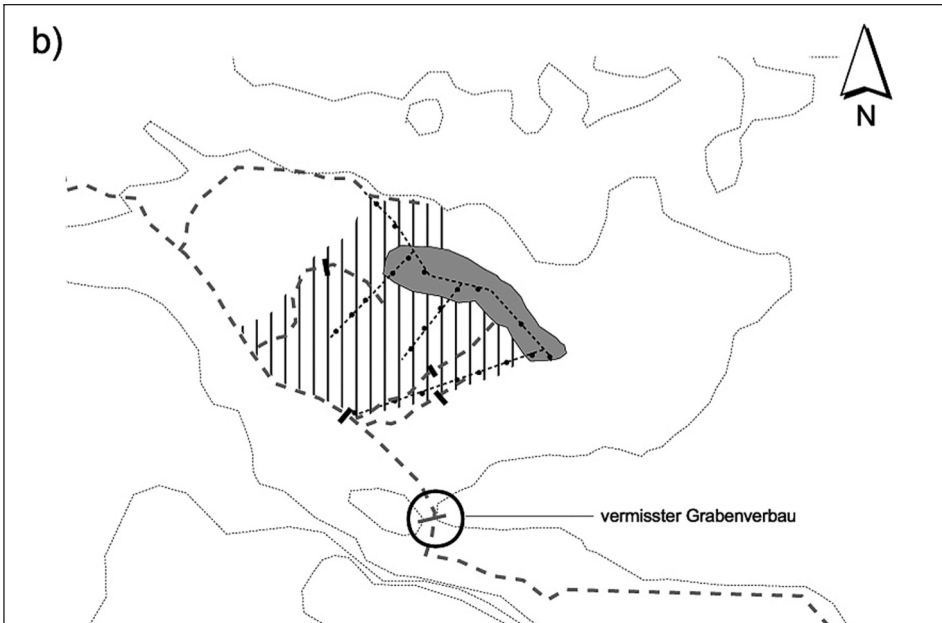
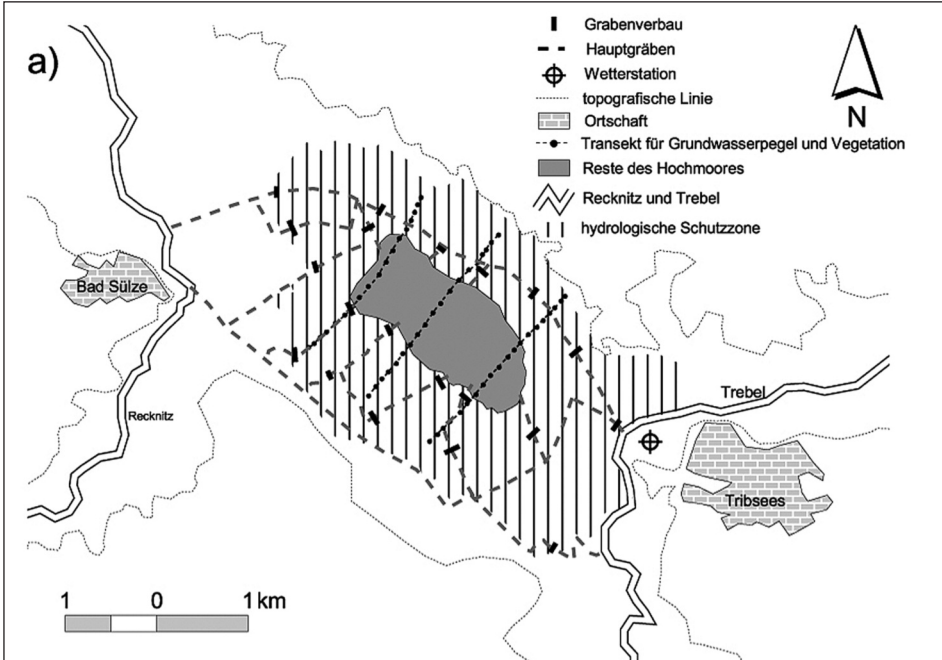


Abb. 8: Hydrologische Schutzmaßnahmen im Grenztaalmoor (a) und im Dänschenburger Moor (b)  
Hydrology protective measures in the Grenztaalmoor (a) and in the Dänschenburger Moor (b)

- (2) Aus Geländehöhen und Abflussrichtungen im Moorkörper und der Umgebung ergeben sich die Stauhöhen und Lagen der Staustandorte bzw. Grabenverbaue.
- (3) Kartieren der aktuellen Vegetation, um das Regenerationspotenzial abzuschätzen.
- (4) Ein kontinuierliches Monitoring der Wasserstände im Moor und in der Umgebung mit Beginn der Revitalisierung sollte zur Fehlererkennung und Behebung von Mängeln stets dazu gehören.
- (5) Sind diese Bedingungen und vor allem die Errichtung einer maximalen hydrologischen Schutzzone nicht zu erreichen, müssen diese Defizite (in Planungen) eindeutig benannt werden, damit spätere Erhebungen und Auswertungen von Wasserständen, Vegetation und/oder Fauna nicht fälschlicherweise mit z. B. Klimaveränderungen in Verbindung gebracht werden und die tatsächlichen Ursachen für spezifische Entwicklungen nicht zu erklären sind. Eine objektive Evaluation der Revitalisation ist zudem für die Akzeptanzsteigerung in der Bevölkerung entscheidend (vgl. dazu WOODROFFE et al. 2005).

## 6. Danksagung

Neben zahlreichen Helfern sei insbesondere M. Runze für die zahlreichen Arbeitsstunden im Gelände gedankt und Dr. H. Lange für die statistischen Auswertungen. Das Land Mecklenburg-Vorpommern finanzierte die Untersuchungen im Grenztaalmoor und sämtliche Planungen zur Revitalisierung einzelner Regenmoore.

## 7. Literaturverzeichnis

- BADEN, W. & EGGELSMANN, R. (1963): Zur Durchlässigkeit der Moorböden. – Zeitschrift für Kulturtechnik **4**: 226-254.
- BLODAU, C. (2002): Carbon cycling in peatlands – A review of processes and controls. – Environmental Rev. **10**: 111-134.
- BÖNSEL, A. & RUNZE, M. (2005): Die Bedeutung Projektbegleitender Erfolgskontrollen bei der Revitalisierung eines Regenmoores durch wasserbauliche Maßnahmen. – Natur und Landschaft **80**: 154-160.
- BÖNSEL, A. & SONNECK, A.-G. (2011): Effects of a hydrological protection zone on the restoration of raised bog: a case study from Northeast-Germany 1997-2008. – Wetlands Ecology and Management **19**: 183 - 194.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. – 865 S.; Wien (Springer Verlag).
- BREEUWER, A. et al. (2009a): Response of Sphagnum species mixtures to increased temperature and nitrogen availability. – Plant Ecology **204**: 97-111.

- BREEUWER, A. et al. (2009b): Decreased summer water table depth affects peatland vegetation. – *Basic and Applied Ecology* **10**: 330-339.
- BUTTLER, A., GROSVERNIER, P. & MATTHEY, Y. (1998): Development of *Sphagnum fallax* diaspores on bare peat with implications for the restoration of cut-over bogs. – *Journal of Applied Ecology* **35**: 800-810.
- CAMPEAU, S., ROCHEFORT, L. & PRICE, J.S. (2004): On the use of shallow basins to restore cutover peatlands: plant establishment. – *Restoration Ecology* **12**: 471-482.
- CHIRINO, C., CAMPEAU, S. & ROCHEFORT, L. (2006): *Sphagnum* establishment on bare peat: The importance of climatic variability and *Sphagnum* species richness. – *Applied Vegetation Science* **9**: 285-294.
- CLYMO, R.S. & HAYWARD, P.M. (1982): The ecology of *Sphagnum*. – In: A.J.E. SMITH (Editor), *Bryophyte Ecology*. – 229-289 S. city (Chapman and Hall).
- CRUSHELL, P.H., SMOLDERS, A.J.P., SCHOUTEN, M.G.C., ROELOFS, J.G.M. & VAN WIRDUM, G. (2009): The origin and development of a minerotrophic soak on an Irish raised bog: an interpretation of depth profiles of hydrochemistry and peat chemistry. – *The Holocene* **19**: 921-935.
- DONATH, T.W., HÖLZEL, N. & OTTE, A. (2003): The impact of site conditions and seed dispersal on restoration success in alluvial meadows. – *Applied Vegetation Science* **6**: 13-22.
- EGGELSMANN, R. (1960): Über den unterirdischen Abfluß aus Mooren. – *Wasserwirtschaft* **50**: 149-154.
- EGGELSMANN, R. (1964): Zur Beziehung zwischen Grundwassergefälle und Durchlässigkeit. – *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* **2**: 121-127.
- EGGELSMANN, R. (1971): Über den hydrologischen Einfluß der Moore. – *Telma* **1**: 37-48.
- EGGELSMANN, R. (1988): The rewetting of raised bogs. – *Geowissenschaften* **11**: 317-322.
- EIGNER, J. (1995): Renaturierung von Hochmooren – Möglichkeiten und Grenzen nach 20-jähriger Erfahrung und wissenschaftlicher Begleitung. – *Berichte der Reinhard Tüxen Gesellschaft* **7**: 189-217.
- ERWIN, K.L. (2009): Wetlands and global climate change: the role of wetland restoration in a changing world. – *Wetlands Ecology and Management* **17**: 71-84.
- FAMOUS, M.S. & TAYLOR, N. (2005): Regeneration of three *Sphagnum* species. – *Wetlands Ecology and Management* **13**: 635-645
- GUNNARSSON, U. & FLODIN, L.-A. (2007): Vegetation shifts towards wetter site conditions on oceanic ombrotrophic bogs in southwestern Sweden. – *Journal of Vegetation Science* **18**: 595-604.
- GUNNARSSON, U., MALMER, N. & RYDIN, H. (2002): Dynamics or constancy in *Sphagnum* dominated mire ecosystems? A 40-year study. – *Ecography* **25**: 685-704.
- HAUDE, W. (1955): Zur Bestimmung der Verdunstung auf möglichst einfache Weise. – *Mitt. Dt. Wetterd.* **2**: 1-24.
- HAYWARD, P.M. & CLYMO, R. (1982): Profiles of water content and pore size in *Sphagnum* and peat, and their relation to peat bog ecology. – *Proceeding of the Royal Society of London B* **215**: 299-325.

- INGRAM, H.A.P. (1978): Soil layers in mires: function and terminology. – *Journal of Soil Science* **29**: 224-227.
- JESCHKE, L., LENSCHOW, U. & ZIMMERMANN, H. (2003): Die Naturschutzgebiete in Mecklenburg-Vorpommern. – 713 S.; Schwerin (Demmler Verlag).
- KARL, T.R. & TRENBERTH, K.E. (2003): Modern global climate change. – *Science* **302**: 1719-1723.
- KOSKA, I. (2009): Vegetationsökologisches Monitoring im „Rauhen Moor“ (Synonym: NSG „Grenztalmoor“) 1996 bis 2007 Vegetationsentwicklung 10 Jahre nach Wiedervernässung, unveröff. im Auftrag LUNG; Güstrow.
- KOTOWSKI, W., VAN DIGGELEN, R. & KLEINKE, J. (1998): Behaviour of wetland plant species along a moisture gradient in two geographically distant areas. – *Acta Bot. Neerl.* **47**: 337-349.
- LAINE, J., VASANDER, H. & LAIHO, R. (1995): Long-term effects of water level drawdown on the vegetation of drained pine mires in southern Finland. – *Journal of Applied Ecology* **32**: 785-802.
- MALMER, N., SVENSSON, B.M. & WALLÉN, B. (1994): Interactions between Sphagnum mosses and field layer vascular plants in the development of peat-forming systems. – *Folia Geobotanica Phytotaxonomica* **29**: 483-496.
- MEADE, R. (1992): Some early changes following the rewetting of a vegetated cutover peatland surface at Danes Moss, Cheshire, UK, and their relevance to conservation management. – *Biological Conservation* **61**: 31-40.
- MONEY, R.P. & WHEELER, B.D. (1999): Some critical questions concerning the restorability of damaged raised bogs. – *Applied Vegetation Science* **2**: 107-116.
- MORGAN-JONES, W., POOLE, J.S. & GOODALL, R. (2005): Characterisation of hydrological protection zones at the margins of designated lowland raised peat bog sites. – Joint Nature Conservation Committee Report, Peterborough **365**: 3-87.
- PFADENHAUER, J. & GROOTJANS, A.P. (1999): Wetland restoration in Central Europe: aims and methods. – *Applied Vegetation Science* **2**: 95-106.
- PRECKER, A. (1997): Regenmoorschutzprogramm Mecklenburg-Vorpommern, Renaturierung des NSG Dänschenburger Moor, Gutachten im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft und Naturschutz in MV.
- PRECKER, A. & KRBETSCHKE, M. (1997): Die Regenmoore Mecklenburg-Vorpommern – Erste Auswertungen der Untersuchungen zum Regenmoor-Schutzprogramm des Landes Mecklenburg/Vorpommern. – *Telma* **27**: 205-221.
- PROCTOR, M.C.F. (1995): The ombrogenous bog environment. In: B.D. WHEELER, S.C. SHAW, W.J. FOJT & R.A. ROBERTSON (Editors): Restoration of temperate wetlands. – 285-303 S. city (John Wiley & Sons).
- REINHARD, H. (1963): Beitrag zur Entwicklungsgeschichte des Grenztales und seine Beziehung zur Litorinatransgression. – *Geologie* **12**: 94-117.
- ROBROEK, B.J.M., LIMPENS, J., BREEUWER, A., CRUSHELL, P.H. & SCHOUTEN, M.G.C. (2007): Interspecific competition between Sphagnum mosses at different water tables. – *Functional Ecology* **21**: 805-812.

- ROCHEFORT, L., QUINTY, F., CAMPEAU, S., JOHNSON, K. & MALTERER, T. (2007): North American approach to the restoration of Sphagnum dominated peatlands. – *Wetlands Ecology and Management* **11**: 3-20.
- ROULET, N.T. (2000): Peatlands, carbon storage, greenhouse gases, and the Kyoto Protocol: prospects and significance for Canada. – *Wetlands* **20**: 605-615.
- RYDIN, H. (1993): Mechanisms of interactions among Sphagnum species along water-level gradients. – *Advances in Bryology* **5**: 153-185.
- SLIVA, J. & PFADENHAUER, J. (1999): Restoration of cut-over raised bogs in southern Germany - a comparison of methods. – *Applied Vegetation Science* **2**: 137-148.
- STRACK, M. & PRICE, J.S. (2009): Moisture controls on carbon dioxide dynamics of peat-Sphagnum monoliths. – *Ecohydrology* **2**: 34-41.
- SUCCOW, M. (1988): *Landschaftsökologische Moorkunde*. – 311 S.; Berlin (Gebrüder Borntraeger).
- SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. (2001): *Landschaftsökologische Moorkunde*. – 622 S.; Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- SVENSSON, G. (1988): Fossil plant communities and regeneration patterns on a raised bog in South Sweden. – *Journal of Ecology* **76**: 41-59.
- TAYLOR, K., ROWLAND, A.P. & JONES, H.E. (2001): *Molinia caerulea* (L.) Moench. – *Journal of Ecology* **89**: 126-144.
- VAN BREEMEN, N. (1995): How Sphagnum bogs down other plants. – *Trends in Ecology and Evolution* **10**: 270-275.
- VITT, D.H. & SLACK, N.G. (1984): Niche diversification of Sphagnum relative to environmental factors in northern Minnesota peatlands. – *Canadian Journal of Botany* **62**: 1409-1430.
- WADDINGTON, J.M., ROCHEFORT, L. & CAMPEAU, S. (2003): Sphagnum production and decomposition in a restored cutover peatland. – *Wetlands Ecology and Management* **11**: 85-95.
- WOODROFFE, R., THIRGOOD, S. & RABINOWITZ, A. (2005): *People and wildlife: conflict or coexistence?* – 517 S.; (Cambridge University Press).

Anschrift des Verfassers:

Dr. A. Bönsel  
 Planung für alternative Umwelt GbR  
 An der Schule 2  
 18337 Gresenhorst  
 E-Mail: Andre.Boensel@gmx.de

Manuskript eingegangen am 08. Februar 2011