

Langzeitbeobachtungen und Erfolgskontrolle in Regenmooren des Alpenvorlandes nach Torfabbau und Wiedervernässung

Long-term monitoring and success control in raised bogs of the Alpine Foothills after peat extraction and rewetting

Peter POSCHLOD, Udo HERKOMMER, Christina MEINDL, Ulrike SCHUCKERT, Andreas SEEMANN, Anja ULLMANN und Teresa WALLNER

Zusammenfassung

Moore haben zahlreiche Ökosystemfunktionen. Sie akkumulieren Torf, entsorgen Nährstoffe, Schwermetalle etc. und tragen damit zur Reinigung des Grundwassers bei, geben Überschusswasser nur langsam ab (Retentionsfunktion) und sind Lebensraum für seltene und gefährdete Arten. Aber auch aufgrund ihrer bedeutenden Rolle im globalen Klimahaushalt stehen Moore zunehmend im Mittelpunkt der Naturschutzpolitik. Die Wiederherstellung von ge- oder zerstörten Mooren ist deshalb eine vordringliche Aufgabe des Natur-, aber auch Umweltschutzes.

In dieser Arbeit berichten wir über die Ergebnisse von drei Langzeitprojekten, die sich mit der spontanen und gerichteten Sukzession in abgebauten Mooren auseinandersetzen.

In einem Vergleich zweier mit unterschiedlichen Techniken abgetorften Moore (Wieninger Filz, Wendlinger Filz) zeigt sich deutlich, dass 20 Jahre nach der Erstaufnahme eine Rückentwicklung zu Flächen mit den oben genannten Funktionen nur in Torfabbauflächen anzutreffen war, die im Stichverfahren abgetorft wurden. Frästorfflächen wiesen dagegen immer noch artenarme, monodominante Stadien, die nur aus Gefäßpflanzen bestanden, auf. Eine Rückentwicklung zu Stadien, die die oben genannten Funktionen auch nur annähernd wieder wahrnahmen, war auch nach 20 Jahren nicht zu erkennen.

Im Wurzacher Ried wurde 10 Jahre nach der Durchführung von Wiedervernässungsmaßnahmen erstmals eine Erfolgskontrolle durchgeführt. Da eine ursprünglich für jeden Torfstich individuell geplante Vernässung praktisch nicht durchführbar war, finden wir sowohl überstaute, vernässte als auch trockenere Torfabbauflächen. Die Anhebung der Wasserstände hatte oft eine Überstauung, verbunden mit dem Absterben der gesamten Vegetation, zur Folge. *Sphagnum magellanicum* als Haupttorfbildner nahm deshalb im Verlauf des Beobachtungszeitraums signifikant ab. Torfbildende Stadien konnten sich aber über Schwinggrasen bilden.

Die Ergebnisse zeigen, dass viele Probleme in der Renaturierung abgetorfter Moore immer noch nicht gelöst sind. Forschungsprioritäten sollten deshalb Untersuchungen haben, die Alternativen zum Rohstoff Torf suchen beziehungsweise sich mit alternativen Renaturierungsansätzen wie der Kultur von Torfmoosen auseinandersetzen.

Summary

Mires or peatlands provide a lot of ecosystem services such as accumulation of organic matter, disposal of nutrients, heavy metals etc., water retention and conservation of rare and threatened species. Taking additionally their role in global climate regulation into account mires or peatlands are now in the focus of nature conservation and restoration management policy. In this paper we present the results of three long-term studies on spontaneous as well as directed re-vegetation of peat-mined areas in raised bogs situated in the foothills of the Alps in southern Germany. The results show that peat mining techniques affect spontaneous re-vegetation peat-cutting being the technique where peat-forming vegetation may establish after abandoning peat-mining. In contrast to the peat-cutting technique, peat milling leads to monodominant successional stages of specific species remaining stable in the respective stage over decades. Hydrological conditions after rewetting management affect the re-establishment of peat-forming vegetation. However, theoretical consideration cannot always put into practice as shown in our case study, the rewetting management in the Wurzacher Ried. Rewetting caused the flooding of large peat-mined areas resulting in the extinction of trees, shrubs and dwarf shrubs. However, it also supported the establishment of floating mats consisting mainly of fen species which may initiate, on a long-term, the re-establishment of the former peat-forming raised bog vegetation.

1. Einleitung

Moore stellen in Mitteleuropa die letzten, zumindest in kleinen Teilen nur gering anthropogen überformten Elemente der früheren Naturlandschaft dar. Sie besitzen vielfältige ökosystemare Funktionen auf

unterschiedlichen räumlichen Ebenen (POSCHLOD 1994, KAPFER & POSCHLOD 1998, JOOSTEN & CLARKE 2002, JOOSTEN 2003; vergleiche Tabelle 1). Global spielen sie eine bedeutende Rolle im Kohlenstoffhaushalt (Akkumulationsfunktion; GORHAM 1991, 1995, FRANZÉN 1994, ROULET 2000), auf regio-

Tabelle 1: Funktionelle Bedeutung (ökologische Servicefunktionen) der verschiedenen hydrologisch-entwicklungsgeschichtlichen Moortypen (Erläuterungen siehe Text).

Abkürzungen: To – Torf, Tw – Trinkwasser, Rs – pflanzliche Rohstoffe; KI – Klima global, Wa – Wasserretention regional und lokal, St – Stoffretention regional und lokal

Moortyp	Funktionen								
	Produktion			Regulation			Information	Naturschutz	Rekreation
	To	Tw	Rs	KI	Wa	St			
Verlandungsmoore									
Kesselmoore									
Versumpfungsmoore									
Auenüberflutungsmoore									
Hangmoore									
Quellmoore									
Durchströmungsmoore									
Regenmoore									

sehr gut/sehr hohe Entlastung	gut/hohe Entlastung	befriedigend/geringe Entlastung	ausreichend/weder Ent- noch Belastung	mangelhaft/geringe Belastung	ungenügend/hohe Belastung	nicht existent/extrem hohe Belastung
-------------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------------------	------------------------------	---------------------------	--------------------------------------

Tabelle 2: Funktionelle Bedeutung durch Landnutzung und Torfabbau beeinträchtiger/zerstörter Moore.

Abkürzungen: To – Torf, Tw – Trinkwasser, Rs – pflanzliche Rohstoffe; KI – Klima global, Wa – Wasserretention regional und lokal, St – Stoffretention regional und lokal

Nutzungsform	Funktionen								
	Produktion			Regulation			Information	Naturschutz	Rekreation
	To	Tw	Rs	KI	Wa	St			
Extensive Grünlandnutzung			-						
Intensive Grünlandnutzung			-						
Ackerbau			-						
Forstwirtschaft									
Torfabbau			-						

sehr gut/sehr hohe Entlastung	gut/hohe Entlastung	befriedigend/geringe Entlastung	ausreichend/weder Ent- noch Belastung	mangelhaft/geringe Belastung	ungenügend/hohe Belastung	nicht existent/extrem hohe Belastung
-------------------------------	---------------------	---------------------------------	---------------------------------------	------------------------------	---------------------------	--------------------------------------

naler Ebene entziehen und speichern sie Nähr- und Schadstoffe (Entsorgungsfunktion; SUCCOW & JESCHKE 1986) und regulieren den Landschaftswasserhaushalt (Puffer gegenüber Starkregenniederschlägen; SCHMEIDL et al. 1970, INGRAM 1983) und lokal stellen die verschiedenen Standorte innerhalb eines Moores Lebensräume für Spezialisten, Eiszeitrelikte, seltene und gefährdete Arten zur Verfügung (Naturschutzfunktion; KAPFER & POSCHLOD 1998). Schließlich sind Moore wichtige Archive der Klima- und Vegetationsgeschichte beziehungsweise der Geschichte der Schadstoffbelastung (Archivfunktion; FRENZEL et al. 1991, GÖRRES 1991, POSCHLOD & BAUMANN 2010).

Trotz dieser vielfältigen Funktionen wurden Moore durch Entwässerung, land- und forstwirtschaftliche Nutzung sowie Torfabbau mehr oder weniger nachhaltig ge- und zerstört (Tabelle 2). Die so genannte

Melioration der Moore begann in Süddeutschland zwar erst gegen Ende des 18. Jahrhunderts, als die Bevölkerung nach Kriegen, Epidemien und beginnendem Ende der kleinen Eiszeit wieder anstieg und damit auch der Nahrungsmittelbedarf. Diese kurze Zeit reichte aber aus, alle großflächigen Moorkomplexe in ihren oben genannten Funktionen nachhaltig zu zerstören. In Bayern gilt dies insbesondere für die großflächigen Grundwassermoore. Das Donaumoos bei Ingolstadt war der erste große Moorkomplex in Bayern, mit dessen Melioration 1789, initiiert durch den damaligen Kurfürsten Karl Theodor, begonnen wurde (SCHUCH 1994). Heute ist das Donaumoos wie alle anderen großflächigen (zum Beispiel Dachauer Moos, Erdinger Moos), aber auch kleinen Grundwassermoore durch intensive Landwirtschaft und Überbauung vollkommen zerstört und seiner Funktionen beraubt worden (PFADENHAUER et al. 1991).

Das Donaumoos selbst ist von einem entsorgenden zu einem die Umwelt massiv belastenden Ökosystem geworden – die jährlichen Torfschwundraten unter Kartoffel- und Maisanbau betragen ein Vielfaches von dem, was im natürlichen Zustand an Torf gebildet werden würde (STEGMANN & ZEITZ 2001). Auch die großen Regenmoore blieben nicht vor Zerstörung verschont, allerdings waren es hier weniger land- und forstwirtschaftliche Praktiken, sondern der großflächige Torfabbau, zuerst für Brennstoffzwecke (Heizmaterial, Eisenbahn und anderes), seit den 1960er Jahren insbesondere zur Torfgewinnung für Kultursubstrate. Heute gibt es kein Moor mehr in Mitteleuropa, das nicht in irgendeiner Form durch den Menschen überprägt wurde (PFADENHAUER 1988). Selbst Kleinstmoore in Senken, die nur randlich entwässert und genutzt wurden und weitgehend ihre Funktionen beibehalten konnten, wurden und werden durch Säuredepositionen (FERGUSON et al. 1978, FERGUSON & LEE 1980) und der damit einhergehenden Ombrotrophisierung (ZOLLER & SELLDORF 1989) und Stickstoffdepositionen (LÜTKE-TWENHÖVEN 1992a, b, FRANKL 1996) beeinträchtigt. Stickstoffdepositionen können in Regenmooren aufgrund eines erhöhten Torfwachstums und der damit verbundenen erhöhten Austrocknungsrate der oberen Schichten in einer zunehmenden Bewaldung resultieren (FRANKL 1996) oder auch in der Zunahme bestimmter Torfmoosarten, insbesondere Arten der *Sphagnum recurvum*-Gruppe (LÜTKE-TWENHÖVEN 1992a, b), die im Gegensatz zu *Sphagnum magellanicum* nicht wesentlich zur Torfbildung beitragen. In den bayerischen Regenmooren hat sich inzwischen die Art *Sphagnum angustifolium* etabliert (POSCHLOD 1990), die noch Anfang des 20. Jahrhunderts dort niemals beobachtet wurde (PAUL & RUOFF 1932).

Die Wiederherstellung der Moorfunktionen, insbesondere der Akkumulationsfunktion ist nicht nur wegen des Klimawandels eine immer dringlicher werdende Aufgabe des Umwelt- und Naturschutzes geworden (vergleiche Drösler in diesem Band). Was wissen wir, was nicht, welche Fragen sind prioritär und welche Perspektiven bestehen?

Hier soll auf zwei Aspekte eingegangen werden – wie entwickeln sich Regenmoore nach Torfbau ohne Eingriff des Menschen beziehungsweise nach künstlicher Wiedervernässung? Umfangreiche vergleichende Untersuchungen zum ersten Punkt liegen bereits von POSCHLOD (1990) vor. Dabei stellte der Autor fest, dass in Torfabbaugebieten, in denen der Torf im so genannten Stichverfahren gewonnen wurde, eine wieder einsetzende Torfbildung nach dem Abbau beobachtet werden konnte, nicht aber auf Flächen, die im Fräsverfahren abgetorft wurden. Er schloss daraus, dass das Stichverfahren im Gegensatz zum Fräsverfahren eine nachhaltigere Methode des Torfabbaus darstellt, die langfristig zu einer Re-etablierung der meisten der oben genannten Funktio-

nen führt. Allerdings leitet er diese Schlussfolgerung über die vergleichende Betrachtung unterschiedlicher „Entwicklungsstadien“ voneinander ab. Langzeituntersuchungen, die diese Schlussfolgerung unterstreichen, liegen dazu bisher aber nicht vor. Aus diesem Grunde wurden bereits während der Untersuchungen von POSCHLOD (1990) in allen in dieser Studie untersuchten Mooren Dauerbeobachtungsflächen angelegt, was den Forderungen eines flächendeckenden Monitoringprogramms von PFADENHAUER et al. (1986) für Bayern entgegenkam. Ausgewählte Dauerbeobachtungsflächen in zwei Mooren – dem Wiener Filz (Torfabbau im Stichverfahren) und Wendlinger Fliz (Torfabbau im Fräsverfahren) – wurden deshalb etwa 20 Jahre nach der Erstaufnahme wieder aufgenommen. Folgende Fragen standen dabei im Mittelpunkt:

Lässt sich die von POSCHLOD (1990) aufgestellte Hypothese bestätigen, dass ein nachhaltiges Torfwachstum und damit eine Rückentwicklung der damit verbundenen Moorfunktionen nur auf Torfabbauf Flächen, die im Stichverfahren abgetorft wurden, erzielt werden kann? Wurde auf diesen Flächen weiterhin Torf akkumuliert? Bleiben Frästorfflächen dagegen in ihren oft von einzelnen Arten dominierten Entwicklungsstadien stehen?

In zahlreichen entwässerten und abgebauten Mooren Mitteleuropas wurden seit den 1980er Jahren Wiedervernässungsmaßnahmen durchgeführt. Die Etablierung eines Monitoringprogramms und damit auch einer Erfolgskontrolle, um die Eignung dieser Maßnahmen zu validieren, blieb aber mit wenigen Ausnahmen aus. Eine dieser wenigen Ausnahmen stellt das Wurzacher Ried dar, in dem nach der Erarbeitung eines ökologischen Entwicklungskonzeptes (KRÜGER & PFADENHAUER 1992) vor der Durchführung der darin empfohlenen Wiedervernässungsmaßnahmen in einem Torfabbaugebiet entlang von drei Transekten sowohl auf den entwässerten Torfrücken, den Torfabbauf Flächen als auch den nur schwach beeinträchtigten Randbereichen des verbliebenen Regenmoorschildes (siehe GREMER & POSCHLOD 1991) im Jahre 1991 und 1992 Dauerbeobachtungsflächen eingerichtet wurden (KÖHLER et al. 1994). Eine erste Erfolgskontrolle fand im Jahre 2002 statt. Folgende Frage stand dabei im Mittelpunkt:

Haben sich die Erwartungen in die Wiedervernässungsmaßnahmen – nämlich die Initialisierung eines Torfwachstums in den Bereichen, in denen bisher kein Torfwachstum (mehr) zu erkennen war – 10 Jahre nach Beginn der Wiedervernässungsmaßnahmen erfüllt?

2. Material und Methoden

2.1 Wendlinger Filz

Das Wendlinger Filz ist ein Verlandungs-Regenmoor (POSCHLOD 1990) und befindet sich ca. 40 km östlich von München innerhalb der Endmoräne der letzten Eiszeit (Abb. 1). Das Moorwachstum nahm sei-

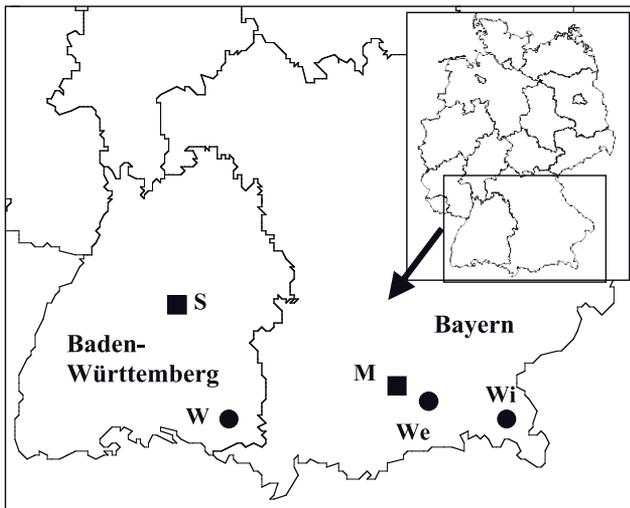


Abbildung 1: Lage der untersuchten Moore (•) in Baden-Württemberg und Bayern: W – „Wurzacher Ried“, We – „Wendlinger Filz“, Wi – „Wieninger Filz“. S – Stuttgart, M – München

nen Ausgang in der Verlandung eines Sees, der wahrscheinlich aufgrund des Schmelzens eines Totisblocks im Endmoränenmaterial entstand. Ursprünglich war es ein mit Latschen bewachsenes Regenmoor. Torf wurde erst nach dem Zweiten Weltkrieg von lokalen Landwirten zum Zwecke der Streugewinnung im Fräsverfahren, in kleinen Anteilen auch zur Brenntorfgewinnung im Stichverfahren abgebaut. Der Torfabbau hielt bis in die 1960er Jahre an, kleinfächig aber auch noch bis in die 1980er Jahre. Der Grund für die Aufgabe war die Umstellung der Stallhaltung von festen zu Spaltenböden, die keine Einstreu mehr benötigten. Zudem führte die Einstreu mit Torfmüll zu einer „Verunreinigung“ der Milch.

Im Jahre 1986 wurden sieben Transekte, entlang derer jeweils mehrere Dauerbeobachtungsflächen (4 m²) eingerichtet wurden, nivelliert und Torfprofile erstellt (POSCHLOD 1990). Auf ausgewählten Dauerbeobachtungsflächen wurden sowohl 1986 als auch 2006 die Vegetation und hydrologische Parameter (Wasserstand, Wasserqualität) erhoben.

2.2 Wieninger Filz

Das Wieninger Filz ist ein Verlandungs-Regenmoor (POSCHLOD 1990) und liegt im Südosten Bayerns nahe Traunstein (Abb. 1). Wie das Wendlinger Filz liegt es im Bereich der Endmoräne der letzten Eiszeit. Hier fand der Torfabbau bereits seit Beginn des 20. Jahrhunderts zum Zwecke der Brenntorfgewinnung für die Brauerei Wieninger statt. Der Torf wurde per Hand gestochen. Das Verfahren wurde bereits detailliert von PFADENHAUER & KINBERGER (1985) beschrieben. POSCHLOD (1990, 1995) wies nach, dass die so genannte Bunkerde, der obere durchwurzelt und nicht stechbare Horizont, Diasporen (Sporen, „vertorfte“ Stämmchen oder Ästchen) des Haupttorfbildners im Alpenvorland, *Spha-*

gnum magellanicum (PAUL & RUOFF 1932) aber auch anderer Torfmoose enthalten konnte, auch wenn sie nicht mehr in der Vegetation vorhanden waren. Diese waren unter geeigneten Bedingungen in der Lage zu keimen beziehungsweise wieder auszutreiben und damit das Torfwachstum wieder einzuleiten. Wie im Wendlinger Filz wurde auch hier der Torfabbau in den 1960er Jahren aufgegeben. Mit Ausnahme eines Aufstaus an einem Ende des Moores von Herbst bis Frühjahr (Überstau eines Torfstiches, um im Winter das Eisstockschießen auf der gefrorenen Wasseroberfläche zu ermöglichen), fanden keine Maßnahmen statt.

Das Wieninger Filz wurde ebenso im Jahre 1986 entlang dreier Transekte nivelliert und mit Torfprofilen charakterisiert (POSCHLOD 1990). Auch hier wurden entlang der Transekte mehrere Dauerbeobachtungsflächen (4 m²) eingerichtet. 1986 und 2005 wurden die Vegetation und hydrologische Parameter (Wasserstand, Wasserqualität) auf den Dauerbeobachtungsflächen erhoben und das Torfwachstum auf ausgewählten Flächen gemessen und mit Hilfe eines erneuten Nivellements validiert.

2.3 Wurzacher Ried

Das Wurzacher Ried liegt in Oberschwaben (Baden-Württemberg; Abb. 1) und repräsentiert einen der größten und am besten erhaltenen Regenmoorkomplexe im Alpenvorland. Es ist wie die beiden anderen Moore ein Verlandungs-Regenmoor, das aber nur relativ geringmächtige Kalkmuddeablagerungen am Grunde aufweist, das heißt, dass das Moor aus einem kalkreichen Flachwassersee hervorgegangen ist. Es liegt außerhalb der Jungendmoräne – der See ist durch den Aufstau eines durch die Risseiszeit geformten Beckens durch die Würmendoräne entstanden. Ursprünglich bestand der Moorkomplex aus sieben Regenmoorschilden (Abb. 2; SCHWINEKÖPER et al. 1991). Erste Entwässerungsmaßnahmen mit nachfolgendem Torfabbau begannen bereits um 1730. Im Jahre 1880 begann schließlich der „industrielle“ Torfabbau im Stichverfahren, der seinen ersten Höhepunkt nach dem ersten Weltkrieg aufgrund des damals herrschenden Brennstoffmangels erreichte (GREMER & POSCHLOD 1991). Im Jahre 1946 siedelte sich am Rande des Moores schließlich ein Glas herstellender Industriebetrieb an, was in eine weitere Intensivierung des Torfabbaus mündete. Trotz mehrerer Versuche gelang es aber aufgrund der Beckenlage des Moores nicht, den gesamten Moorkomplex zu entwässern (SCHWINEKÖPER et al. 1991, KRÜGER & PFADENHAUER 1992). Von den ehemals sieben Moorschilden sind deshalb der zentrale große Schild in großen Teilen und einer der randlichen kleinen Schilde heute noch erhalten (Abb. 2). 1959 wurde aus diesem Grunde bereits ein Teil des Riedes (ca. 4 km²) als Naturschutzgebiet ausgewiesen, während der Torfabbau im Westen des großen Schildes bis 1995 weitergeführt wurde,

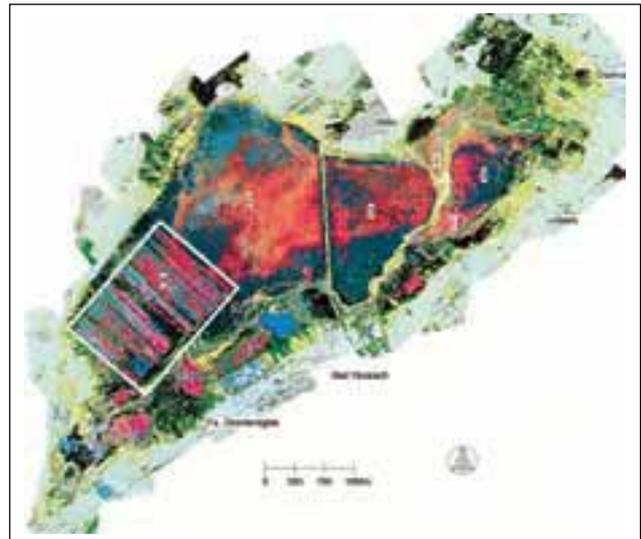
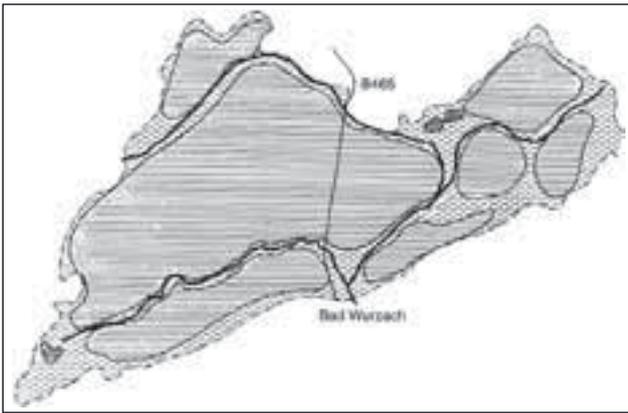


Abbildung 2: Wurzacher Ried: a (oben) – historische Situation (horizontale durchgezogene Schraffur – Regenmoorschilde; horizontale, nicht durchgezogene Schraffur – grundwasserbeeinflusste Bereiche); b (rechts)– Situation im Jahre 1995 (Luftbild aus Schuckert et al. 1997); weißer Rahmen = Torfabbaugelände

zuletzt zum Zwecke der Badetorfgewinnung. Bereits 1981 wurde das Schutzgebiet auf eine Größe von 14 km² erweitert, 1996 auf mehr als 18 km². Im Jahre 1989 wurde das Wurzacher Ried mit dem Europa-Diplom ausgezeichnet, das mit der Auflage verbunden war, einen Management-Plan in Form eines so genannten ökologischen Entwicklungskonzepts zu erstellen. Eine der darin empfohlenen Maßnahmen bestand in der Wiedervernässung des Torfabbaugeländes im westlichen Teil des großen Regenmoorschildes. Die Maßnahmen zur Wiedervernässung begannen im Jahre 1993 (KÖHLER et al. 1994). Die Einrichtung und Aufnahme der Dauerbeobachtungsflächen (4 m²) entlang von drei Transekten im südlichen, mittleren und nördlichen Teil des Torfabbaugeländes erfolgte bereits im Jahre 1992 (KÖHLER et al. 1994), die erste und bisher einzige Erfolgskontrolle 10 Jahre danach im Jahre 2002 (HERKOMMER et al. 2002). Die Erfolgskontrolle umfasste floristische und vegetationskundliche Erhebungen.

2.4 Erhebung zur Vegetation, zum Wasserhaushalt und zur Wasserqualität

Die Vegetation wurde mit Hilfe der Schätzskalen von Schmidt oder Braun-Blanquet erhoben (PFADENHAUER et al. 1986). Die Nomenklatur der Gefäßpflanzen folgt EHRENDORFER (1973), die der Moose FRAHM & FREY (1983) mit Ausnahme der Gattung *Sphagnum* (DANIELS & EDDY 1985).

Wasserstände wurden mit Hilfe von Moorwasserpegeln von 1 oder 2 m Länge gemessen (POSCHLOD 1990). Wasserproben wurden aus diesen Pegeln für die wasserchemischen Untersuchungen (pH, Leitfähigkeit, Ca) entnommen. Die Messungen geschahen im Wendlinger und Wiener Filz in den Jahren 1986 monatlich von Mai bis September. Im Jahre 2005 wurden Messungen im selben Zeitraum nur zweimonatlich durchgeführt. Im Wendlinger Filz konnten im Jahre 2006 nur einmal im Monat September

Messungen durchgeführt werden. Für einen Vergleich der beiden Aufnahmejahre wurden deshalb nur Daten von den Monaten herangezogen, für die aus beiden Jahren Daten vorlagen.

Die Vegetationsentwicklung und eine eventuelle Korrelation mit Arten und den erfassten Umweltparametern wurde im Wendlinger und Wiener Filz mit Hilfe multivariater Methoden (DCA), die in PC-Ord (MC CUNE & MEFFORD 1999) zur Verfügung standen, analysiert. Im Wurzacher Ried wurden die Daten zur Veränderung der Dominanz einzelner Arten einer Varianzanalyse mit anschließendem Mann-Whitney U-Test (Software WinStat) unterworfen, um signifikante Veränderungen aufzuzeigen.

3. Ergebnisse

3.1 Wendlinger Filz - Sukzession auf geernteten Torfabbaufeldern

Auf den geernteten Flächen im Wendlinger Filz waren im Jahr 1986 je nach Qualität des verbleibenden Resttorfkörpers, Wasserqualität, Wasserstand verschiedene „Entwicklungsstadien“, die von einzelnen Arten dominiert wurden, zu finden. *Eriophorum vaginatum* dominierte auf nassen, bodensauren (Resttorfkörper Regenmoortorf) und *Rhynchospora alba* auf nassen, sauren bis subneutralen Standorten (Resttorfkörper Übergangsmoortorf). *Carex rostrata*, *Eriophorum angustifolium* und *Phragmites australis* kamen auf nassen bis überfluteten Standorten mit neutralem pH (Resttorfkörper Grundwasseramoortorfe) vor. Auf allen trockenen Standorten (Wasserstände tiefer als 10 cm unter Flur) dominierte *Calluna vulgaris*.

Im Jahre 2006 waren mit Ausnahme der *Calluna vulgaris*-Stadien keine Veränderungen festzustellen (Abb. 3, 4). Auf allen Standorten mit oberflächennahen oder tieferen Wasserständen hat keine Torfmoosansiedlung stattgefunden. Nur auf den überfluteten Flächen (*Carex rostrata*-Stadium) konnte

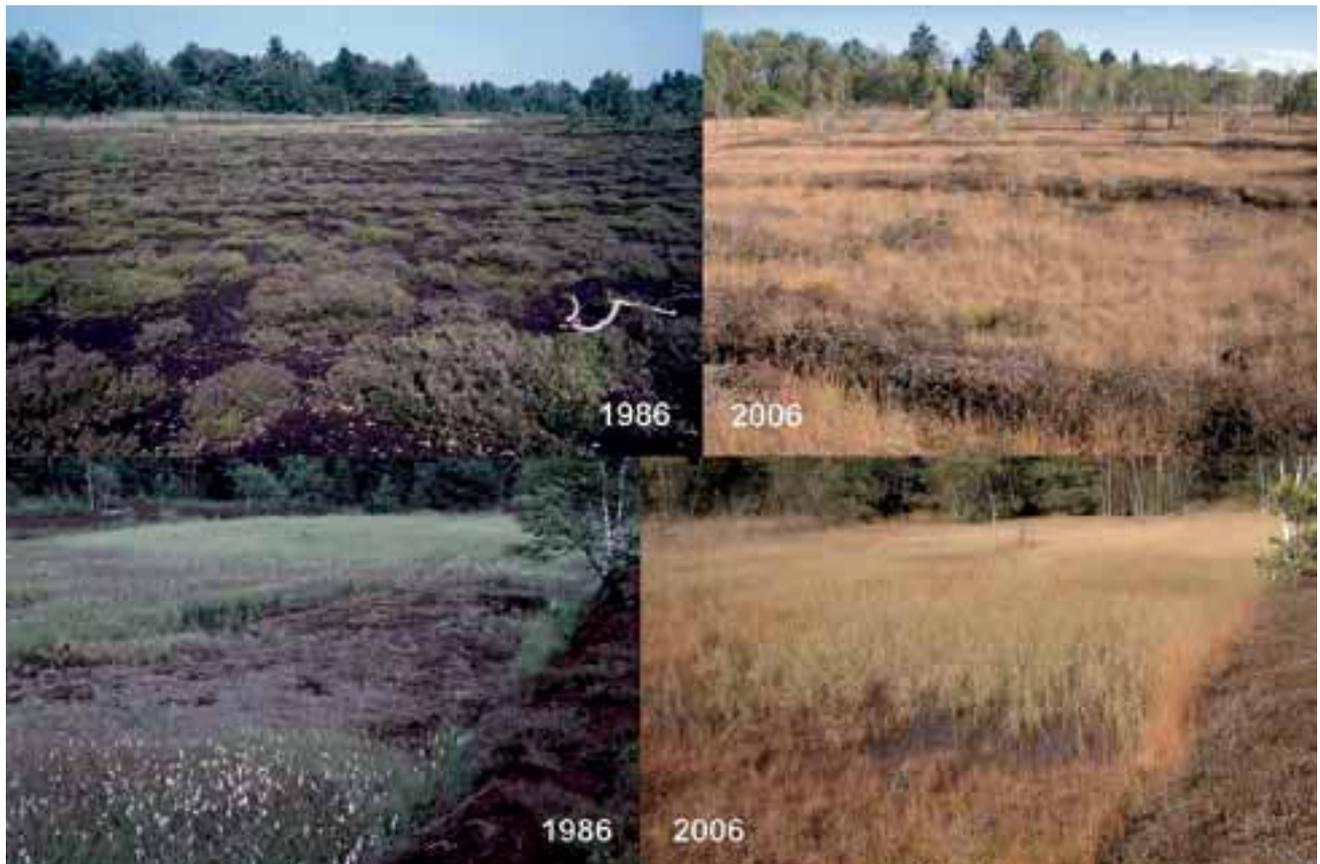


Abbildung 3: Wendlinger Filz. Oben – *Calluna vulgaris*-Stadium auf den Frästorfflächen im nördlichen Teil des Moores in den Jahren 1986 und 2006; unten – *Carex rostrata*- beziehungsweise *Eriophorum angustifolium*-Stadium im nordwestlichen Teil des Moores in den Jahren 1986 und 2006

wie bereits in 1986 *Sphagnum cuspidatum*, teilweise in dichten Matten, aber keine weitere Torfmoosart nachgewiesen werden. Torfwachstum kam aber nicht vor. Auf manchen Flächen mit ehemaligen *Calluna vulgaris*-Stadien sind inzwischen entweder *Eriophorum vaginatum* (Pegel 11, 26; Abb. 4 auf S. 52) oder *Rhynchospora alba* (Pegel 3, 4, 9, 15; Abb. 4) eingewandert. Allerdings war diese Entwicklung nicht mit zunehmenden Wasserständen verbunden. Zwischen den Jahren 1986 und 2006 konnten keine signifikanten Unterschiede gefunden werden.

3.2 Wieninger Filz – Sukzession in Torfstichflächen

Die Vegetationsentwicklung in den Torfstichen im Wieninger Filz unterschied sich wesentlich von der im Wendlinger Filz. Auffällig war zuallererst die zunehmende Verwaldung des entwässerten, nicht abgetorferten Teils seit dem Jahre 1986 (Abb. 5 auf S. 52). Die Dominanz von *Pinus mugo*, aber auch *Calluna vulgaris* hatte im Jahre 2005 stark zugenommen. Diese Entwicklung war mit abnehmenden Wasserständen korreliert (Abb. 6 auf S. 53; Pegel 9, 10, 11). Je nach Resttorfkörper beziehungsweise Qualität der so genannten Bunkerde, Wasserstand und -qualität waren im Jahre 1986 bereits torfbildende Stadien mit *Eriophorum vaginatum* und *Sphagnum magellanicum*, und/oder *S. papillosum* beziehungsweise *S.*

angustifolium oder mit *Scheuchzeria palustris*, *Sphagnum papillosum*, *S. cuspidatum* und *S. angustifolium* zu finden (Abb. 5). Die Torfmächtigkeit konnte bis zu 80 cm betragen. Auch wenn die Artenzusammensetzung sich auf allen Flächen nicht sehr veränderte (Abb. 6), so hielt die Torfbildung auf den Flächen an, die sich durch eine Dominanz der Torfmoose *Sphagnum magellanicum* und *S. papillosum* auszeichneten (Abb. 5; Abb. 6; Pegel 3, 4). Auf den entsprechenden Dauerbeobachtungsflächen konnten Zuwächse von 28 beziehungsweise 30 cm verzeichnet werden.

3.3 Wurzacher Ried – Sukzession nach Wiedervernässungsmaßnahmen

Die Wiedervernässungsmaßnahmen im Wurzacher Ried führten auf den entwässerten Moorflächen und in den Torfstichen zu einer Erhöhung der Wasserstände, in manchen Abbaufeldern aber auch zu einem Überstau. Auf den entwässerten Flächen waren kaum Veränderungen erkennbar. In den Torfabbaufeldern dagegen verursachten die Maßnahmen bereits in den ersten 10 Jahren starke Veränderungen. Durch den Überstau in den meisten Flächen starben großflächig Bäume, Zwergsträucher und andere Indikatorarten trockener oder degradierter Standorte wie *Molinia caerulea* ab (Tabelle 3 auf S. 52). Die Etablierung oder Zunahme torfbildender Arten wie *Eri-*

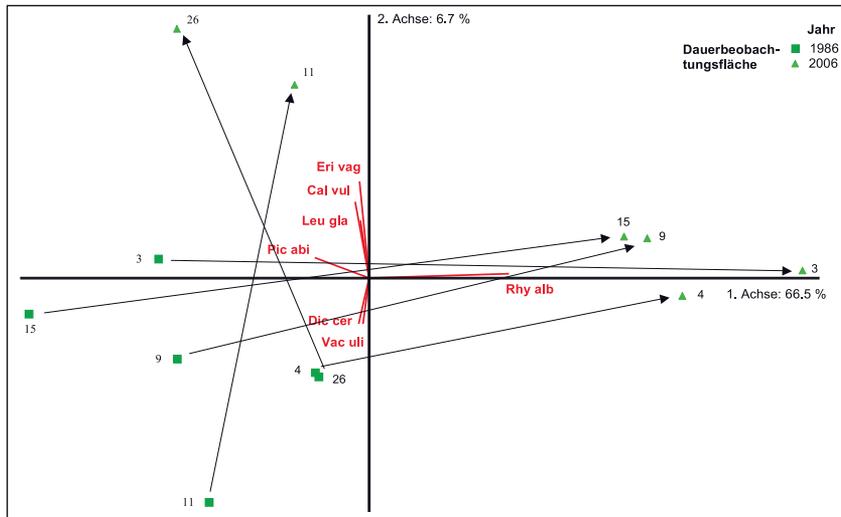


Abbildung 4 (oben): Vegetationsentwicklung im Wendlinger Filz: Ordination der Dauerbeobachtungsflächen, die im Jahre 1986 als *Calluna vulgaris*-Stadien klassifiziert wurden (DCA, Hauptmatrix: 12 Flächen, 27 Arten; zweite Matrix: 12 Flächen, 27 Arten [stark korrelierende Arten in rot; $R^2 > 0,30$] und vier Umweltparameter [WStand = Wasserstand; pH; LF = Leitfähigkeit; Ca = Calcium-Gehalt mg/l]; R^2 für alle Umweltparameter $< 0,30$; Werte der Achsen – Anteil der durch die jeweilige Achse erklärte Varianz); Pic abi = *Picea abies*, Cal vul – *Calluna vulgaris*, Vac ull – *Vaccinium uliginosum*, Eri vag – *Eriophorum vaginatum*, Rhy alb – *Rhynchospora alba*, Dic cer – *Dicranella cerviculata*, Leu gla – *Leucobryum glaucum*



Abbildung 5 (oben rechts): Wiener Filz: Oben – Luftbilder des Moores in den Jahren 1982 und 2004. Unten – torfbildende Vegetation mit *Eriophorum vaginatum* und *Sphagnum papillosum* im Jahr 2005

Tabelle 3: Signifikante Änderungen in der Dominanz torfbildender Arten im Torfabbaugebiet des Wurzacher Rieds nach Wiedervernässung (Indikator-Arten: Erste Gruppe – torfbildende Arten der Regenmoore; zweite Gruppe – torfbildende Arten der Grundwassermoore; dritte Gruppe – Arten trockener/degradierter Standorte; Standorte: TR – Entwässerte, aber nicht abgetorfte Rücken zwischen den Torfabbauflächen; TA – Torfabbauflächen; Änderungen: h – signifikante Zunahme; i – signifikante Abnahme; † – Absterben; – – keine signifikanten Veränderungen

Indikatorarten	Standort	Änderungen	Anmerkungen
<i>Eriophorum vaginatum</i>	TR	-	-
	TA	↑	Etablierung von Schwingrasen
<i>Sphagnum magellanicum</i>	TR	-	-
	TA	↓	Abnahme aufgrund von Überflutung
<i>Sphagnum papillosum</i>	TR	-	-
	TA	↑	Etablierung von Schwingrasen
<i>Sphagnum capillifolium</i>	TR	-	-
	TA	-	-
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	TR	-	-
	TA	↑	Torfbildende Art mit der höchsten Zunahme; Etablierung von Schwingrasen
<i>Carex rostrata</i>	TR	-	-
	TA	↑	Zunahme aufgrund von Überflutung
<i>Phragmites australis</i>	TR	-	-
	TA	↑	Zunahme aufgrund von Überflutung
Bäume, Zwergsträucher (<i>Betula spec.</i> ; <i>Vaccinium myrtillus</i> ; <i>V. vitis-idaea</i> a.o.)	TR	-	-
	TA	†, ↓	Abnahme
<i>Molinia caerulea</i>	TR	-	-
	TA	↓	Abnahme in den überfluteten Torfabbauflächen

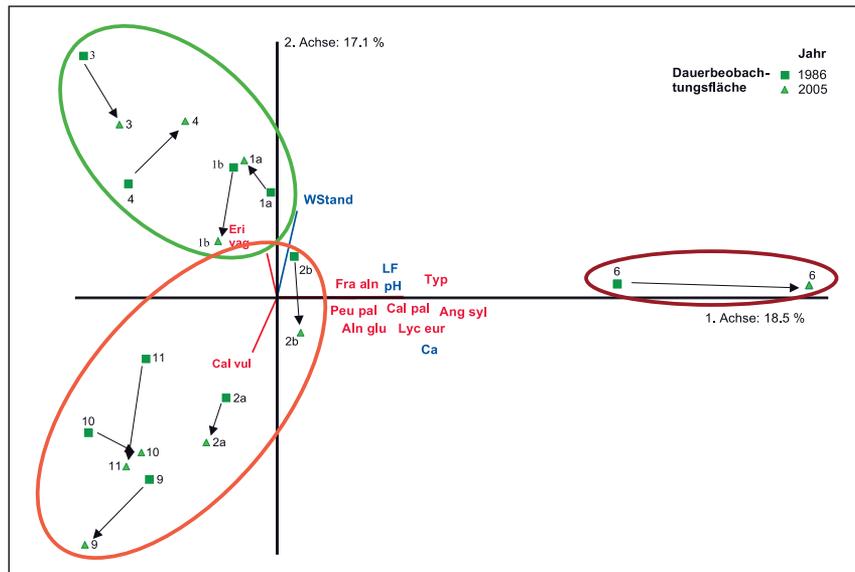


Abbildung 6: Vegetationsentwicklung im Wiener Filz: Ordination der Dauerbeobachtungsflächen in den Jahren 1986 and 2005 (DCA, Hauptmatrix: 22 Flächen, 65 Arten; zweite Matrix: 22 Flächen, 65 Arten [stark korrelierende Arten in rot; $R^2 > 0,30$] und vier Umweltparameter [WStand = Wasserstand; pH; LF = Leitfähigkeit; Ca = Calcium-Gehalt mg/l]; $R^2 > 0,30$; Werte der Achsen – Anteil der durch die jeweilige Achse erklärte Varianz); grüner Kreis – torfbildende Vegetation bei hohen Wasserständen (WStand) in ehemaligen Torfstichen mit *Eriophorum vaginatum* (*Eri vag*), *Sphagnum magellanicum*, *S. papillosum*, *S. angustifolium* u.a.; roter Kreis – Vegetation bei niedrigen Wasserständen mit *Pinus sylvestris*, *Picea abies* und *Calluna vulgaris* in ehemaligen Torfstichen (Dauerbeobachtungsflächen 2a und 2b) oder mit *Pinus mugo* und *Calluna vulgaris* auf der entwässerten Mooroberfläche; brauner Kreis – Bruchwald mit *Alnus glutinosa* (*Aln glu*), *Frangula alnus* (*Fra aln*), *Typha latifolia* (*Typ lat*), *Angelica sylvestris* (*Ang syl*), *Caltha palustris* (*Cal pal*), *Lycopus europaeus* (*Lyc eur*), *Peucedanum palustris* (*Peu pal*) u.a.

erophorum vaginatum oder *Sphagnum papillosum* erfolgte über die Bildung von Schwinggrasen (Tabelle 3). Im Gegensatz dazu wurden bereits vor den Wiedervernässungsmaßnahmen bestehende *Sphagnum magellanicum* Rasen durch den Überstau teilweise zerstört, die Art nahm in ihrem Deckungsgrad über das gesamte untersuchte Transekt 1 hinweg signifikant ab. Je nach Resttorfkörper und Wasserqualität dehnten sich auch Arten der Grundwassermoore wie *Carex rostrata* und *Phragmites australis* aus (Tabelle 3).

4. Diskussion

4.1 „Spontane“ Sukzession

Die erneute vergleichende Untersuchung von Torfabbauf Flächen nach 20 Jahren bestätigte die von POSCHLOD (1990) aufgestellte Hypothese, dass ein nachhaltiges Torfwachstum und eine Rückentwicklung der damit verbundenen Moorfunktionen nur dann auf Torfabbauf Flächen stattfindet, wenn der Torf im Stichverfahren oder einem Verfahren abgetorft wurde, in dem der oberste Vegetationshorizont vor der Abtorfung abgetragen und in die bereits abgetorften Flächen abgelagert wurde. Das Monitoring der Torfabbauf Flächen zeigte deutlich, dass die Torfbildung im Wiener Filz weiter voranschreitet und dass die Torfbildung, auch wenn als fast unzeretzter Torf vorliegend, sehr hoch sein kann. Im Wendlinger Filz hat dagegen auf den Frästorfflächen auch 40 Jahre nach Beendigung des Torfabbaus und

20 Jahre nach der Erstaufnahme noch keinerlei Torfbildung eingesetzt.

Diese Tatsache wird auch durch neuere vergleichende Untersuchungen der spontanen Sukzession in abgebauten Mooren Nordamerikas unterstützt. LAVOIE et al. (2003) und POULIN et al. (2005) zeigten ebenso, dass Torfmoose sich nur in Torfstichgebieten ansiedeln konnten, während auf Frästorfflächen ausschließlich Gefäßpflanzen vorkamen. Deren Wiederbesiedlungspotential wird vor allem durch die Samengröße und die Wachstumsrate bestimmt (CAMPBELL & ROCHEFORT 2003). Auch wenn LAVOIE et al. (2003) die Ansiedlung des Wollgrases *Eriophorum vaginatum* auf Frästorfflächen als positiven Entwicklungsprozess bewerteten, so zeigen unsere Langzeituntersuchungen, dass dies nicht mit einer späteren Torfmoosansiedlung einhergeht. Nicht einmal die Deckung der Wollgrasbulte hat zugenommen – die Bulte, die sich im Jahre 2006 im Wendlinger Filz auf entsprechenden Flächen angesiedelt hatten, waren dieselben, wie die im Jahre 1986 beobachteten. Die einzige Veränderung während 20 Jahren war die Einwanderung von *Rhynchospora alba* in die so genannten *Calluna vulgaris*-Stadien. Eine Etablierung von Torfmoosen fand ausschließlich auf überfluteten Flächen statt. Auch 20 Jahre nach der Erstbeobachtung waren dies ausschließlich *Sphagnum cuspidatum* oder in seltenen Fällen Arten der *Sphagnum recurvum*-Gruppe (*S. recurvum* var. *mucronatum*, *S. angustifolium*), die allerdings keine torfbildenden

Arten in den Mooren des Alpenvorlandes darstellen. Es kann deshalb auch nicht von einem Torfwachstum auf diesen Flächen gesprochen werden. Dies bestätigt noch einmal nachdrücklich die Hypothese, dass die Torfabbaumethoden, die eine nackte Torfoberfläche hinterlassen, für eine spontane Rückentwicklung in Richtung torfbildende Stadien ungeeignet sind. Auch PRICE et al. (2003) und VASANDER et al. (2003) stellen in ihren Reviews fest, dass der Frästorfabbau aufgrund des Verlustes des kapillaren Wasserflusses und schneller Austrocknung der Flächen auch nach Niederschlägen für die spontane Wiederbesiedlung durch *Sphagnum*-Arten nicht geeignet ist. Schließlich ist die Wahrscheinlichkeit des Eintrags der Diaspore einer „geeigneten“ Art auf die heute oft Dutzende von Hektar oder sogar mehrere Quadratkilometer großen Fräsflächen sehr gering. Unabhängig davon sind auch eine erfolgreiche Etablierung und das anschließende Wachstum zumindest für die Torfmoosarten limitierende Faktoren (ROCHEFORT 2000, CHIRINO et al. 2006). Die Ausbreitung und Etablierung von Torfmoossporen wurde bisher auf solchen Flächen niemals beobachtet. Dies ist im Falle des Haupttorfbildners im Alpenvorland, *Sphagnum magellanicum*, nicht erstaunlich. Individuen mit Sporenkapseln sind extrem selten. Professor Poschlod fand während über 10 Jahren Geländearbeit in Mooren nur in zwei Jahren einzelne Individuen mit Sporenkapseln. Im Gegensatz dazu werden vegetative Diasporen (Ästchen, Sprosstücke) leichter ausgebreitet (POSCHLOD 1995) und können sich unter geeigneten Bedingungen zu einem neuen Pflänzchen

entwickeln (POSCHLOD & PFADENHAUER 1989, SPENCER-FAMOUS & TAYLOR 2005). Allerdings war die Etablierung größerer „Patches“ dieser Art bisher nur nach künstlicher Einbringung erfolgreich (SLIVA 1997).

Die verantwortlichen Faktoren für eine erfolgreiche spontane Rückentwicklung zu torfbildender Vegetation nach Torfabbau wurden bereits von POSCHLOD (1994) zusammengefasst. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Erhaltung des Vegetationshorizontes oder der so genannten Bunkerde. In der Bunkerde sind entweder noch Reste der ehemaligen, torfbildenden Vegetation oder keimfähige Diasporen (zum Beispiel *Rhynchospora alba*, *Sphagnum spec.*) vorhanden, allerdings nur, wenn sie nach dem Abtrag feucht gelagert wurde (POSCHLOD 1989, 1990, 1995). RODERFELD (1992) und RODERFELD et al. (1993) wiesen auch darauf hin, dass deren Oberflächenstruktur geeignete Mikrostandorte für eine erfolgreiche Keimung und Etablierung von Diasporen als eine gefräste „nackte“ Torfoberflächen zur Verfügung stellt. Die Bedeutung des Vegetationshorizontes für eine erneute Torfbildung nach Torfabbau war übrigens schon 1839 bekannt. So schrieb ZIERL (1839): „Die erste Bedingung der Wiedererzeugung des Torfes ist ein angemessener Grad von Feuchtigkeit; man suche daher die ausgetorfte Stelle in demselben Feuchtigkeits-Zustande zu erhalten, in dem die Moor- und Torfbildung stattgefunden hat. Damit aber dieses Ziel erreicht werden könne, muß man schon bei der Entwässerung darauf Rücksicht nehmen, daß dem ausgetorften Grunde wieder die nothwendige Feuch-

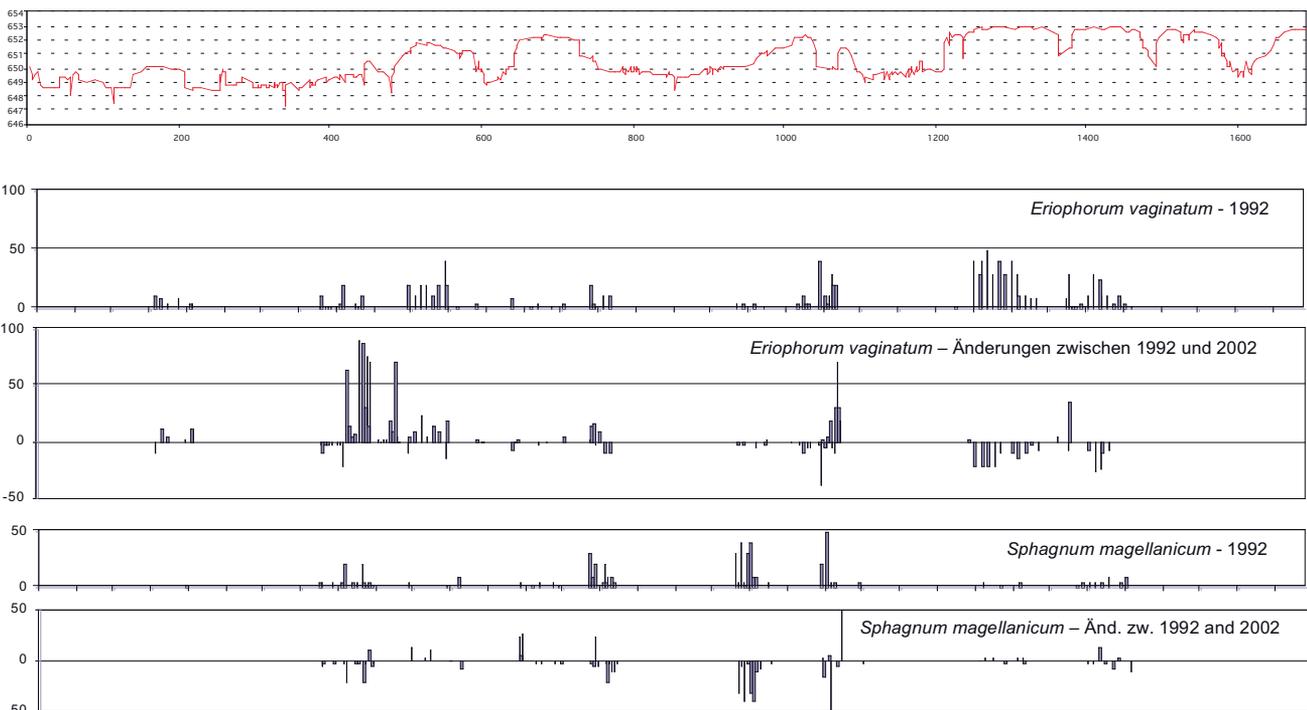


Abbildung 7: Wurzacher Ried: Nivellement des Transektes 1, Lage der Dauerbeobachtungsflächen und Deckungsgrad (% - y-Achse) im Jahre 1992 beziehungsweise Veränderungen des Deckungsgrades im Jahre 2002 (verglichen mit den Daten aus dem Jahre 1992) von *Eriophorum vaginatum* und *Sphagnum magellanicum*

tigkeit zugeführt werden könne“ und weiter „Es ist bei allen Torflagern vorteilhaft, die Moor- und Torfschichte nicht bis zum Untergrund auszustechen, sondern eine Lage stehen zu lassen, damit das Entstehen der Wasserpflanzen begünstigt werde. Zu diesem Zwecke ist es auch vorteilhaft, die Rasendecke und Moderschichte, welche bei der Eröffnung des Stiches abgeräumt werden, in die ausgetorften Stellen zu werfen“.

4.2 Sukzession nach Wiedervernässung

Wie die erste Erfolgskontrolle im Wurzacher Ried etwa 10 Jahre nach Durchführung der Maßnahmen zeigte, ist Wiedervernässung allein, zumindest nicht kurz- und mittelfristig, ein geeignetes Werkzeug, die Moorfunktionen, insbesondere die Torfbildung beziehungsweise Akkumulationsfunktion wiederherzustellen. Die Tatsache, dass eine für jede Torfabbaufäche individuelle Wiedervernässung sowohl technisch als aber auch finanziell nicht machbar war, führte dazu, dass tiefere Torfabbaufächen überstaut wurden, weniger tief abgetorfte immer noch trocken sind. Dies führte dazu, dass teilweise offene Wasserflächen entstanden und jegliche potentiell vorhandenen Initialstadien für ein Torfwachstum zerstört wurden (zum Beispiel großflächiges Absterben von Moorfichten- und -birkenwäldern, Abb. 8). Dies wird vor allem durch das Verschwinden beziehungsweise den Rückgang von *Sphagnum magellanicum* an manchen Stellen entlang des Transekts deutlich (Abb. 7). Andererseits haben sich die Wiedervernässungsmaßnahmen auf den Torfrücken und höher gelegenen Abbaufächen noch nicht bezüglich einer Veränderung in Richtung torfbildender Vegetation ausgewirkt. ROCHEFORT et al. (2002) stellten fest, dass eine Wiederbesiedlung von Torfabbaufächen mit Torfmoosen aber nur bei geringmächtigen oder jahreszeitlich befristetem Überstau gefördert wird. Alternativ besteht die Möglichkeit der Wiederbesiedlung über die Entstehung von Schwingrasen. Dieser Prozess war auch im Wurzacher Ried zu beobachten. Eine ähnliche Entwicklung wurde bei entsprechenden Wiedervernässungsmaßnahmen in Mooren der Niederlande beobachtet (SCHOUWENAARS 1982, BEETS 1993). Allerdings wandern einige regenmoorspezifische Arten wie *Eriophorum vaginatum* und *Sphagnum papillosum* relativ schnell in diese Schwingrasen ein (BEETS 1993). Optimal haben sich die Wiedervernässungsmaßnahmen nur dort ausgewirkt, wo bereits vor Beginn der Maßnahmen torfbildende Stadien vorhanden waren und der Anstau das bereits bestehende Regime nicht wesentlich erhöht hat (Abb. 8).

Deutlich wurde aber auch hier, dass die Wiedervernässungsmaßnahmen allein nicht geeignet waren, auf den Frästorfflächen auch nur annähernd eine Rückentwicklung zu torfbildender Vegetation zu initiieren. Dies entspricht den Erfahrungen, die bei der Renaturierung anderer Flächen, die im Fräsverfahren



Abbildung 8: Wurzacher Ried: Überstauter Torfstich mit abgestorbenen Fichten und Birken (oben) und Torfstich mit torfbildender Vegetation (unten) im Jahre 2007

ren abgetorft wurden. Deshalb wurde bereits von MAAS & POSCHLOD (1991) eine „technische“ Unterstützung wie das Einbringen von Stecklingen geeigneter Arten oder Torfmoostransplantaten empfohlen. Eine erste, je nach Maßnahme und Art mehr oder weniger erfolgreiche Bewertung der von den oben genannten Autoren initiierten Maßnahmen in den bayerischen Kendlmühlfilzen erfolgte durch SLIVA (1997) beziehungsweise SLIVA & PFADENHAUER (1999). Die Erfolgskontrolle lief aber nur bis sieben Jahre nach Beginn der Maßnahmen (letzte Erhebung 1995). Eine „Langzeit“bewertung der Maßnahmen steht aber immer noch aus und ist nach jetzt über 20 Jahren Laufzeit dringend überfällig. Bemerkenswert ist, dass ähnliche Maßnahmen auch schon zu Beginn des 19. Jahrhunderts diskutiert wurden. ZIERL (1839) schreibt: „Ob eine Besamung vorteilhaft sey, darüber fehlen zwar alle Erfahrungen; unterdessen ist es wahrscheinlich, daß auch bei dieser Vegetation eine Unterstützung der Natur durch künstliche Besamung vorteilhaft ist“.

Allerdings sind andere Maßnahmen, wie sie zum Beispiel in Nordamerika zur Renaturierung von Frästorfflächen praktiziert werden, im Alpenvorland nie erprobt worden. ROCHEFORT et al. (2003) nutzen das hohe vegetative Regenerationspotential von Torfmoosteilchen (Sprosstückchen, Ästchen; POSCHLOD & PFADENHAUER 1989). Dabei werden Torf-

moose entweder in wachsenden Mooren oder aus Torfmooskulturen entnommen, zerkleinert und auf die Frästorfflächen aufgebracht. Anschließend werden sie mit einer Strohmulchauflage bedeckt und eine Phosphordüngerlösung appliziert. Bei geeignetem Wasserhaushalt konnte sich eine allerdings nicht ganz geschlossene *Sphagnum*-Decke bereits nach drei Jahren entwickeln. Die Renaturierung von Frästorfflächen nach dem Abbau zu der ursprünglich torfbildenden Vegetation bleibt nach wie vor die große Herausforderung der Moorrenaturierungsforschung.

4.3 Schlußfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen, dass die Wiederherstellung der Moorfunktionen nach Torfabbau im Stichverfahren möglich ist. Dagegen ist die Rückentwicklung von Frästorfflächen zu torfbildenden Stadien noch immer ein ungelöstes Problem. Die Wahl des Abbauverfahrens ist deshalb für eine nachhaltige Nutzung der Moore entscheidend. Dass dieser Gedanke der Nachhaltigkeit in diesem Zusammenhang allerdings bereits bestand und erst in jüngerer Zeit verloren ging, zeigen die oben genannten Ausführungen von ZIERL (1839), aber auch anderer Autoren. So steht in dem Vorwort der Übersetzung des Werkes von LESQUERUEUX (1847), das von Alexander von Lengerke geschrieben wurde, folgendes: *„Da diese (Lesquereux's) Anweisungen ganz auf die Ansicht gegründet sind, daß dem Torfmoore das Wasser möglichst erhalten werden müsse, und die Moorkultur stets geringeren Gewinn als die Wiedererzeugung des Torfes bringen werde (...)“*. Und weiter: *„Wir hatten zwar schöne Torfmoore auf dem Rücken unserer Vogesen (...); aber man hat sie ohne Methode ausgestochen, ohne daran zu denken, daß es dort Stellen gäbe, an denen es möglich wäre, den Torf wieder zu erzeugen. Unsere Bergwerkskundigen kamen zu uns, um uns Rath zu ertheilen; man hörte nicht auf sie, weil die Landesregierung selbst sich nicht mit diesem wichtigen Gegenstande beschäftigt, und wir sehen schon ein, welchen Schaden diese administrative Nachlässigkeit, diese Willkür in dem Ausstechen unseres Torfes dem Lande verursacht hat“* (Dr. Mougeot de Bruyères in LESQUERUEUX 1847).

Allerdings mögen auch andere Abbauverfahren, die hier nicht betrachtet wurden, für eine nachfolgende Rückentwicklung der Moorfunktionen geeigneter sein. Dies zu überprüfen, wäre eine dringliche Aufgabe.

Leider wurden diese Aspekte nicht in den Leitfaden zum *„Wise use of mires and peatlands“* (JOOSTEN & CLARKE 2002) aufgenommen. Trotzdem dieser Leitfaden für eine nachhaltige Nutzung der Moore geschrieben wurde, enthält er keine Ausführungen zu Naturschutzbelangen, wie Moore nach Torfabbau zurückentwickelt werden können, geschweige denn Empfehlungen, welche Verfahren für eine kurz- bis mittelfristige Rückentwicklung besonders geeignet

wären. Obwohl die Wiederherstellbarkeit gerade der Akkumulationsfunktion aufgrund der bedeutenden Rolle der Moore im Kohlenstoffhaushalt ein zentrales Anliegen sein sollte, wurden in Europa keinerlei Verfahren oder Pläne vor dem Abbau eines Moores entwickelt. Trotzdem in der Konvention zur Biodiversität die Leitsätze 5 und 6 lauten, dass (5) *„conservation of ecosystem structure and functioning, in order to maintain ecosystem services, should be a priority target“* und (6) *„ecosystems must be managed within the limits of their functioning“*, werden diese in der aktuellen Nutzung der Moore ignoriert. Schließlich steht in Leitsatz 11: *„The ecosystem approach should consider all forms of relevant information, including scientific and indigenous and local knowledge, innovations and practices“*. Leider gibt es in diesem Zusammenhang bisher fast kein Wissen, da die aktuellen Renaturierungsprojekte entweder keine Erfolgskontrolle beinhalten oder die Laufzeit so kurz ist, dass daraus keine Empfehlungen abgeleitet werden können. Bisher liegt zum Beispiel aus dem Alpenvorland noch nicht einmal eine Zusammenschau aller vorliegenden Bewertungen entsprechender Renaturierungsmaßnahmen vor. Schließlich ist jedes Moor individuell hinsichtlich Entstehung, Hydrologie, etc., sodass Maßnahmen, die sich in einem Moor als erfolgreich erwiesen haben, nicht unbedingt auf andere Moore übertragen werden können. Nicht nur Abbauverfahren, auch Qualität und Mächtigkeit des Resttorfkörpers, Qualität des Wassers und vieles mehr entscheiden über die Möglichkeiten der Rückentwicklung nach dem Abbau. PRICE et al. (2003) stellen deshalb fest: *„No standard management prescription can be made because each site presents unique challenges“*. Dazu ist eine vergleichende Zusammenschau dringend notwendig. Dies auch insofern, da viele theoretische Betrachtungen hinsichtlich der Moorrenaturierung (zum Beispiel EGGELSMANN 1987) sich in der Praxis als nicht durchführbar erwiesen. Dies betrifft insbesondere die Oberflächen-Gestaltung von Torfabbauflächen nach dem Abbau und die Wiedervernässungsmaßnahmen. Letztere waren zum Beispiel im Wurzachener Ried für jede Torfabbaufläche ursprünglich individuell geplant, praktisch aber nicht durchführbar. Heute verfügbare Werkzeuge wie Internetportale sollten genutzt werden, diese Erfahrungen wenigstens allgemein verfügbar zu machen.

Schließlich sind mit den wenigen wissenschaftlich begleiteten Projekten viele Probleme nicht gelöst worden. Deshalb sollten auch weiterhin Anstrengungen unternommen werden, den Torfverbrauch zu reduzieren und Alternativen insbesondere für gärtnerische Substrate zu entwickeln (SCHMILEWSKI 2001). Dies schließt insbesondere Methoden, Torf als erneuerbare Ressource zu betrachten und Torfabbauflächen für eine neue Form der *„Paludikultur“* zu nutzen, mit ein (GAUDIG & JOOSTEN 2002, GRANTZAU & GAUDIG 2005, GAUDIG et al. 2008).

Danksagung

Die Arbeiten bauen auf der Doktorarbeit des Erstautors unter der Anleitung des „Geburtstagskindes“ und einer darauf folgenden Kooperation auf. Das erste Projekt wurde von Jörg Pfadenhauer initiiert, das zweite Projekt war die Folge eines Ökologisches Entwicklungskonzeptes für das Wurzacher Ried, das unter der Koordination von Jörg Pfadenhauer erarbeitet wurde. Die starke Betonung ökologischer Langzeitforschung in der Arbeitsgruppe des Erstautors hatte ihren Ausgang in einem Konzept und einer Literaturstudie, die im Auftrag der ANL in einer Kooperation von Jörg Pfadenhauer, Rainer Buchwald und dem Autor erarbeitet wurden.

5. Literatur:

- BEETS, C. (1993): Hochmoorregeneration nach Wiedervernässung industriell abgetorfte Hochmoore in den Niederlanden (Einrichtung, Kosten und Entwicklungen). – *Telma* 23: 271-285.
- CAMPBELL, D.R. & ROCHEFORT, L. (2003): Germination and seedling growth of bog plants in relation to the recolonization of milled peatlands. – *Plant Ecology* 169: 71-84.
- 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.
- DANIELS, R.E. & EDDY, A. (1985): Handbook of European Sphagna. – Institute of Terrestrial Ecology, Abbots Ripton.
- EGGELSMANN, R. (1987): Ökotechnische Aspekte der Hochmoor-Regeneration. – *Telma* 17: 59-74.
- EHRENDORFER, E. (1973): Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. – Fischer, Stuttgart.
- FERGUSON, P. & LEE, J.A. (1980): Some effects of bisulphite and sulphate on the growth of Sphagnum species in the field. – *Environmental Pollution, Ser. A.*, 21: 59-71.
- FERGUSON, P., LEE, J.A. & BELL, J.N.B. (1978): Effects of sulphur pollutions on the growth of *Sphagnum* species. – *Environmental Pollution* 16: 151-162.
- FRAHM, J.-P. & FREY, W. (1983): Moosflora. – Ulmer, Stuttgart.
- FRANKL, R. (1996): Zur Vegetationsentwicklung in den Rottauer Filzen (südliche Chiemseemoore) im Zeitraum 1957 bis 1992. – *Bayreuther Forum Ökologie* 37: 1-257.
- FRANZÉN, L., G. (1994): Are wetlands the key to the ice age cycle enigma? – *Ambio* 23: 300-308.
- FRENZEL, B., PECSI, M. & VELICHKO, A.A. (1991): Atlas of Paleoclimates and Palaeoenvironments of the Northern Hemisphere. Late Pleistocene - Holocene. – Fischer, Stuttgart.
- GAUDIG, G. & JOOSTEN, H. (2002): Peat moss (*Sphagnum*) as a renewable resource – an alternative to Sphagnum peat in horticulture? – In: SCHMIDLEWSKI, G. & ROCHEFORT, L. (Eds.): Proceedings of the International Symposium: Peat in horticulture – Quality and environmental challenges. – International Peat Society, Jyväskylä (Finland), pp. 117-125.
- GAUDIG, G., JOOSTEN, H. & KAMERMANN, D. (2008): Growing growing media: Promises of *Sphagnum* biomass. – *Acta Hort.* 779: 165-172.
- GORHAM, E. (1991): Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to global warming. – *Ecological Applications* 1: 182-195.
- GORHAM, E. (1995): The biogeochemistry of northern peatlands and its possible responses to global warming. – In: WOODWELL, G.M. & MACKENZIE, F.T. (Eds.): Biotic Feedbacks in the Global Climate System: Will the Warming Feed the Warming? – Oxford University Press, Oxford, pp.169-186.
- GÖRRES, M. (1991): Über den Eintrag anorganischer Nährstoffe in ombrogenen Moore als Indikator der ehemaligen Aerosolbelastung. – *Dissertationes Botanicae* 181: 1-179.
- GRANTZAU, E. & GAUDIG, G. (2005): Torfmoos als Alternative. – *TASPO Magazin* 3: 8-10.
- GREMER, D. & POSCHLOD, P. (1991): Vegetationsentwicklung im Torfstichgebiet des Haidgauer Rieds (Wurzacher Ried) in Abhängigkeit von Abbaueise und Standort nach dem Abbau. – *Verhandlungen Gesellschaft für Ökologie* 20: 315-324.
- HERKOMMER, U., ULLMANN, A., BORSUTZKI, H., HORNING, H.-H. & MAIER, K.-J. (2002): Erfolgskontrolle Wurzacher Ried 2001/02. Vegetation – Fauna – Limnochemie. – Unveröff. Abschlußbericht im Auftrag des Naturschutzzentrums Bad Wurzach, Ulm.
- INGRAM, H.A.P. (1983): Hydrology. – In: GORE, A.J.P. (Ed.): Mires: Swamp, Bog, Fen and Moor. Ecosystems of the World 4a. – Elsevier, Amsterdam, pp.67-158.
- JOOSTEN, H. (2003): The wise use of peatlands: The Backgrounds and principles of the IPS/IMCG approach. – In: BAUEROCHSE, A. & HASSMANN, H. (Eds.): Peatlands. – Verlag Marie Leidorf, Rahden, pp. 225-232.
- JOOSTEN, H. & CLARKE, D. (2002): Wise use of mires and peatlands – Background and principles including a framework for decision-making. – International Mire Conservation Group, NHBS Ltd., Totnes.
- KAPFER, A. & POSCHLOD, P. (1998): Sümpfe und Moore. – Weitbrecht, Stuttgart.
- KOHLER, A., POSCHLOD, P., RAHMANN, H., JANSEN, W., SCHUCKERT, U., GREMER, D., DEUSCHLE, A., FOK, P., KOCH, M. & THAM, J. (1994): Wissenschaftliche Begleituntersuchung der Wiedervernässungsmaßnahmen innerhalb des Renaturierungsprojekts Wurzacher Ried. – Unveröff. Abschlußbericht im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg, Universität Hohenheim.
- KRÜGER, G.-M. & PFADENHAUER, J. (1992): Wurzacher Ried. Ökologisches Entwicklungskonzept für ein bedeutendes Feuchtgebiet. – *Im Oberland* 3 (1): 9-16.
- LAVOIE, C., GROSVERNIER, P., GIRARD, M. & MARCOUX, K. (2003): Spontaneous revegetation of mined peatlands: An useful restoration tool? – *Wetlands Ecology and Management* 11: 97-107.
- LESQUEREUX, L. (1847): Untersuchungen über die Torfmoore im Allgemeinen (aus dem Französischen, hrsg. von A. von LENGERKE). – Verlag von Veit und Comp., Berlin.

- LÜTKE-TWENHÖVEN, F. (1992a): Effects of nitrogen depositions on the vegetation of a raised bog. – In: BRAGG, O.M., HULME, P.D., INGRAM, H. A.P. & ROBERTSON, R.A. (Eds.): Peatland Ecosystems and Man: An Impact Assessment. – Dep. Biol. Sci., Univ. Dundee, Dundee, pp. 231-237.
- LÜTKE-TWENHÖVEN, F. (1992b): Untersuchungen zur Wirkung stickstoffhaltiger Niederschläge auf die Vegetation von Hochmooren. – Mitt. AG Geobotanik Schleswig-Holstein Hamburg 44: 1-172.
- MAAS, D. & POSCHLOD, P. (1991): Restoration of exploited peat areas in raised bogs: technical management and vegetation development. – In: RAVERA, O. (Ed.): Terrestrial and Aquatic Ecosystems. Perturbation and Recovery. – E. Horwood Limited, Chichester, pp. 379-386.
- MCCUNE, B. & MEFFORD, M.J. (1999): Multivariate Analysis of Ecological Data Version 4.21. – MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
- PAUL, H. & RUOFF, S. (1932): Pollenstatistische und stratigraphische Mooruntersuchungen im südlichen Bayern. II. Teil: Moore in den Gebieten der Isar-, Allgäu- und Rheinvorlandgletscher. – Ber. Bayer. Bot. Ges. 20: 1-264.
- PFADENHAUER, J. (1988): Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen in Mooren des Alpenvorlandes. – Natur und Landschaft 63: 327-334.
- PFADENHAUER, J. & KINBERGER, M. (1985): Torfabbau und Vegetationsentwicklung im Kulbinger Filz (Region Südostbayern). – Ber. ANL 9: 37-44.
- PFADENHAUER, J., KRÜGER, G.-M. & MUHR, E. (1991): Ökologisches Gutachten Donaumoos: Konzept zur künftigen Landschaftsentwicklung. – Schriftenreihe Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 109: 1-88.
- PFADENHAUER, J., POSCHLOD, P. & BUCHWALD, R. (1986): Überlegungen zu einem Konzept geobotanischer Dauerbeobachtungsflächen für Bayern. Teil 1: Methodik der Anlage und Aufnahme. – Ber. ANL 10: 41-60.
- POSCHLOD, P. (1989): Untersuchungen zur Diasporenbank der Bunkerde am Beispiel der Kollerfilze (Rosenheimer Becken; Alpentorfwerke Raubling). – Telma Beiheft 2: 295-311.
- POSCHLOD, P. (1990): Vegetationsentwicklung in abgetorften Hochmooren des bayerischen Alpenvorlandes unter besonderer Berücksichtigung standortkundlicher und populationsbiologischer Faktoren. – Dissertationes Botanicae 152: 1-331.
- POSCHLOD, P. (1994): Gedanken über die Möglichkeiten und Grenzen der Renaturierung von Regen-(Hoch-)mooren. – In: BÖCKER, R. & KOHLER, A. (Hrsg.): Feuchtgebiete – Gefährdung, Schutz, Renaturierung. – 26. Hohenheimer Umwelttagung, Verlag Günter Heimbach, Stuttgart, S.75-92.
- POSCHLOD, P. (1995): Diaspore Rain and Diaspore Bank in Raised Bogs and Implications for the Restoration of Peat-mined Sites. – In: WHEELER, B.D., SHAW, S.C., FOJT, W.J. & ROBERTSON, R.A. (Eds.): Restoration of Temperate Wetlands. – John Wiley & Sons, Chichester, pp. 471-494.
- POSCHLOD, P. & BAUMANN, A. (2010): The historical dynamics of calcareous grasslands in the Central and Southern Franconian jurassic mountains – a comparative pedoanthracological and pollen analytical study. – The Holocene 20: 1-11.
- POSCHLOD, P. & PFADENHAUER, J. (1989): Regeneration vegetativer Sprosssteilchen von Torfmoosen – eine vergleichende Studie an neun *Sphagnum*-Arten. – Telma 19: 77-88.
- POULIN, M., ROCHEFORT, L., QUINTY, F. & LAVOIE, C. (2005): Spontaneous revegetation of mined peatlands in eastern Canada. – Canadian Journal of Botany 83: 539-557.
- PRICE, J.S., HEATHWAITE, A.L. & BAIRD, A.J. (2003): Hydrological processes in abandoned and restored peatlands: An overview of management approaches. – Wetlands Ecology and Management 11: 65-83.
- ROCHEFORT, L. (2000): *Sphagnum* – A keystone genus in habitat restoration. – The Bryologist 103: 503-508.
- ROCHEFORT, L., CAMPEAU, S. & BUGNON, J.-L. (2002): Does prolonged flooding prevent or enhance growth of *Sphagnum*? Implications for peatland restoration. – Aquatic Botany 74: 327-341.
- ROCHEFORT, L., QUINTY, F., CAMPEAU, S., JOHNSON, K. & MALTERER, T. (2003): North American approach to the restoration of *Sphagnum* dominated peatlands. – Wetlands Ecology and Management 11: 3-20.
- RODERFELD, H. (1992): Die ökologische Wertigkeit von Bunkerde in Nordwestdeutschland. – Dissertation, University of Göttingen.
- RODERFELD, H., KUNTZE, H. & SCHWAAR, J. (1993): Vegetationsversuche mit Bunkerde – ein Beitrag zur Wiederbesiedlung teilabgetorfte Hochmoore mit hochmoortypischen Pflanzen. – Telma 23: 163-180.
- ROULET, N.T. (2000): Peatlands, carbon storage, greenhouse gases and the Kyoto Protocol. Prospects and significance for Canada. – Wetlands 20: 605-615.
- SCHMEIDL, H., SCHUCH, M. & WANKE, R. (1970): Wasserhaushalt und Klima einer kultivierten und unbeeinträchtigten Hochmoorfläche am Alpenrand. – Schriftenreihe Kuratorium für Kulturbauwesen 19: 1-174.
- SCHMILEWSKI, G. (2001): Proceedings of the International Symposium: Peat in Horticulture – Peat and its alternatives in growing media. – International Peat Society, Jyväskylä (Finland).
- SCHOUWENAARS, J.M. (1982): Maßnahmen im Wasserhaushalt der niederländischen Hochmoorreste – zur Kenntnis der Anforderungen für eine Hochmoorregeneration. – Telma 12: 219-234.
- SCHUCH, M. (1994): Das Donaumoos bei Neuburg a.D. – Entstehung, Entwässerung, Besiedlung, Kultivierung und Zukunftspunkte. – In: KONOLD, W. (Hrsg.): Historische Wasserwirtschaft im Alpenraum und an der Donau. – Wittwer, Stuttgart, S. 493-525.
- SCHUCKERT, U., KUHN, G., BÖCKER, R. & PFADENHAUER, J. (1997): 3. Vegetation. – In: BÖCKER, R. (Hrsg.): Erfolgskontrolle im Naturschutz am Beispiel des Moorkomplexes Wurzacher Ried. – Ulmer, Stuttgart, S. 55-94.
- SCHWINEKÖPER, K., SCHÜLE, E.-M. & KONOLD, W. (1991): Die Nutzungsgeschichte des Wurzacher Rieds. Verhandlungen Gesellschaft für Ökologie 20: 291-300.
- SLIVA, J. (1997): Renaturierung von industriell abgetorften Hochmooren am Beispiel der Kendlmühlfilzen. – Herbert Utz-Verlag, München.
- SLIVA, J. & PFADENHAUER, J. (1999): Restoration of cut-over raised bogs in southern Germany – a comparison of methods. – Applied Vegetation Science 2: 137-148.

SPENCER-FAMOUS, M. & TAYLOR, N. (2005):
Regeneration of three *Sphagnum* species. – *Wetlands Ecology and Management* 13: 635-645.

STEGMANN, H. & ZEITZ, J. (2001):
Bodenbildende Prozesse entwässerter Moore. – In: SUC-COW, M. & JOOSTEN, H. (Hrsg.): *Landschaftsökologische Moorkunde*. – 2. Aufl., Schweizerbart, Stuttgart, S. 47-57.

SUCCOW, M. & JESCHKE, L. (1986):
Moore in der Landschaft: Entstehung, Haushalt, Lebewelt, Verbreitung, Nutzung und Erhaltung der Moore. – Harri Deutsch, Thun, Frankfurt/Main.

VASANDER, H., TUUTTILA, E.-S., LODE, E., LUNDIN, L., ILOMETS, M., SALLANTAU, T., HEIKKILÄ, R., PITKÄNEN, M.-L. & LAINE, J. (2003):
Status and restoration of peatlands in northern Europe. – *Wetlands Ecology and Management* 11: 51-63.

ZIERL, L. (1839):
Ueber Gewinnung und Benützung des Torfes in Bayern (hrsg. V. Central Verwaltungsausschuß des polytechnischen Vereins in Bayern). – Dr. Karl Wolf, München.

ZOLLER, H. & SELLDORF, P. (1989):
Untersuchungen zur kurzfristigen Sukzession von Torf- und Braunmoosgesellschaften in einem Übergangsmoor aus den Schweizer Alpen. – *Flora* 182: 127-151.

Anschriften der Verfasser:

Prof. Dr. Peter Poschlod, Christina Meindl,
Andreas Seemann, Teresa Wallner
Lehrstuhl für Botanik
Fakultät für Biologie und Vorklinische Medizin
Universität Regensburg
93040 Regensburg
peter.poschlod@biologie.uni-regensburg.de
christina1.meindl@biologie.uni-regensburg.de

Udo Herkommer, Anja Ullmann
agl Ulm
Marlene-Dietrich-Strasse 1
89231 Neu-Ulm

Ulrike Schuckert
Im Weizen 47
71636 Ludwigsburg

Laufener Spezialbeiträge 2/09

Vegetationsmanagement und Renaturierung –
Festschrift zum 65. Geburtstag von Prof. Dr. Jörg Pfadenhauer

ISSN 1863-6446 – ISBN 978-3-931175-87-0

Verkaufspreis 10,- €

Die Themenheftreihe „Laufener Spezialbeiträge“ (abgekürzt: LSB) ging im Jahr 2006 aus der Fusion der drei Schriftenreihen „Beihefte zu den Berichten der ANL“, „Laufener Forschungsberichte“ und „Laufener Seminarbeiträge“ hervor und bedient die entsprechenden drei Funktionen.

Daneben besteht die Zeitschrift „ANLIEGEN NATUR“ (vormals „Berichte der ANL“).

Herausgeber und Verlag:

Bayerische Akademie für Naturschutz
und Landschaftspflege (ANL)

Seethalerstr. 6

83406 Laufen a.d.Salzach

Telefon: 08682/8963-0

Telefax: 08682 8963-17 (Verwaltung)

08682 8963-16 (Fachbereiche)

E-Mail: poststelle@anl.bayern.de

Internet: <http://www.anl.bayern.de>

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit zugeordnete Einrichtung.

Schriftleitung:

Ursula Schuster, ANL

Telefon: 08682 8963-53

Telefax: 08682 8963-16

Ursula.Schuster@anl.bayern.de

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Autoren verantwortlich. Die mit dem Verfassernamen gekennzeichneten Beiträge geben nicht in jedem Fall die Meinung der Schriftleiterin wieder.

Schriftleitung und Redaktion für das vorliegende Heft:

Ursula Schuster und Dr. Harald Albrecht,

Lehrstuhl für Vegetationsökologie,

Technische Universität München.

Wissenschaftlicher Beirat:

Prof. em. Dr. Dr. h. c. Ulrich Ammer, PD Bernhard Gill,

Prof. em. Dr. Dr. h. c. Wolfgang Haber, Prof. Dr. Klaus Hackländer,

Prof. Dr. Ulrich Hampicke, Prof. Dr. Dr. h. c. Alois Heißenhuber,

Prof. Dr. Kurt Jax, Prof. Dr. Werner Konold, Prof. Dr. Ingo Kowarik,

Prof. Dr. Stefan Körner, Prof. Dr. Hans-Walter Louis,

Dr. Jörg Müller, Prof. Dr. Konrad Ott, Prof. Dr. Jörg Pfadenhauer,

Prof. Dr. Ulrike Pröbstl, Prof. Dr. Werner Rieß,

Prof. Dr. Michael Suda, Prof. Dr. Ludwig Trepl.

Herstellung:

Satz: Hans Bleicher, Grafik · Layout · Bildbearbeitung,
83410 Laufen

Druck und Bindung:

Korona Offset-Druck GmbH & Co.KG, 83395 Freilassing

Erscheinungsweise:

unregelmäßig (ca. 2 Hefte pro Jahr).

Urheber- und Verlagsrecht:

Das Heft und alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge, Abbildungen und weiteren Bestandteile sind urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwendung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der ANL und der AutorInnen unzulässig.

Bezugsbedingungen/Preise:

Jedes Heft trägt eine eigene ISBN und ist zum jeweiligen Preis einzeln bei der ANL erhältlich: bestellung@anl.bayern.de oder über den Internetshop www.bestellen.bayern.de.

Auskünfte über Bestellung, Versand und Abonnement:

Annemarie Maier,

Tel. 08682 8963-31

Über Preise und Bezugsbedingungen im einzelnen:
siehe Publikationsliste am Ende des Heftes.

Zusendungen und Mitteilungen:

Manuskripte, Rezensionsexemplare, Pressemitteilungen, Veranstaltungsankündigungen und -berichte sowie Informationsmaterial bitte nur an die Schriftleiterin senden.

Für unverlangt Eingereichtes wird keine Haftung übernommen und es besteht kein Anspruch auf Rücksendung.

Wertsendungen (Bildmaterial) bitte nur nach vorheriger Absprache mit der Schriftleiterin schicken.