©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Laufener Seminarbeitr. 6/98, S. 9-24 • Bayer. Akad. Natursch. Landschaftspfl. Laufen/Salzach 1999

Renaturierung von Mooren im süddeutschen Alpenvorland

Jörg PFADENHAUER

1. Einleitung

Die Renaturierung von Feuchtgebieten ist in allen Teilen der westlichen Welt zu einer wichtigen Aufgabe geworden (PFADENHAUER & KLÖTZLI 1996). Gründe sind ihr Reichtum an seltenen und spezialisierten Arten sowie ihre Rolle als Stoffsenke im Landschaftshaushalt aus regionaler und globaler Sicht. In entwässertem Zustand verlieren sie ihre Funktion als Habitat und werden darüberhinaus häufig zur Stoffquelle; sie tragen damit auch zum Treibhauseffekt bei. Definitionsgemäß sind Feuchtgebiete von Oberflächenwasser überflutet oder von Grundwasser gesättigt, und zwar in einer Häufigkeit und Dauer, daß unter natürlichen Bedingungen Organismen gefördert werden, die an Sauerstoffarmut und Wassersättigung im Boden angepaßt sind (LUGO 1990). Gegenüber Süß- und Salzwassersümpfen sind Moore durch ihre biogenen Sedimente gekennzeichnet, zu denen neben Torf auch Kalksinter (Alm) und Mudden gehören (SUCCOW 1988). Die Terminologie ist derzeit auf regionaler wie überregionaler Ebene noch äußerst uneinheitlich (HOFSTETTER 1983; WHEELER 1995). Während man früher Bezeichnungen wählte, die sich auf die Oberflächengestalt der Moore bezogen (z. B. Flachmoor = Niedermoor mit nicht aufgewölbter Oberfläche), bevorzugt man heute funktionale (ökosystemare) Begriffe. So hat sich in Zentraleuropa eine Klassifikation der Moore in entwicklungsgeschichtlich-hydrologische Moortypen durchgesetzt (s. KAPFER & POSCHLOD 1997): Man unterscheidet die von mineralischem Grundwasser geprägten Grundwassermoore (= Niedermoore) und die von Niederschlagswasser bestimmten Regenwassermoore. Grundwassermoore gliedern sich nach ihrer Enstehungsweise in Verlandungs-, Versumpfungs-, Durchströmungs-, Überflutungs-, Quell- und Kesselmoore; zu den Regenwassermooren zählen die zentraleuropäischen aufgewölbten Hochmoore (funktional definiert, d. h. bestehend aus Hochmoorweite, -randgehänge und -randlagg) als häufigster Ökosystemtyp, ferner Sattel- und Kammoore in Gebirgslagen sowie die Deckenmoore der britischen Inseln.

Jedes Moorökosystem enthält verschiedene Moorstandorte, die sich nach der Trophie (d. h. der potentiell verfügbaren Nährstoffmenge, gemessen als N/C-Verhältnis; eutroph, mesotroph, oligotroph), dem pH-Wert (basisch, sauer), dem Elektrolytgehalt des Moorwassers ("Reichmoor", "Zwischenmoor", "Armmoor") sowie seinem Anteil an freien Huminsäuren unterscheiden lassen (SUCCOW 1988). Diese Moorstandorte sind in Abb. 1 schematisch dargestellt.

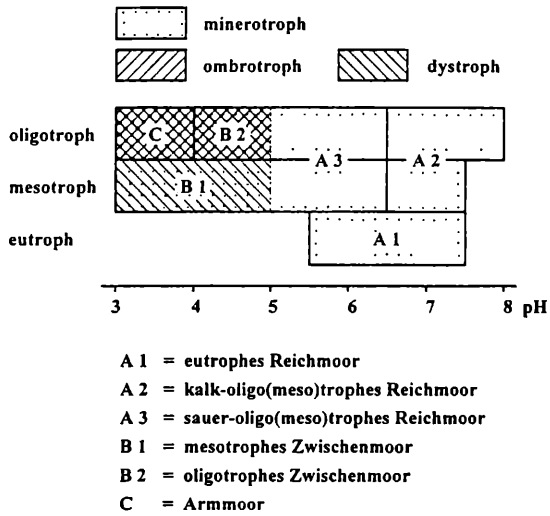

Abbildung 1

Gliederung der Moorstandorte in Süddeutschland (in Anlehnung an SUCCOW 1988, verändert; aus PFADENHAUER 1997)

Das Alpenvorland nördlich der Alpen gehört zu den besonders moorreichen Gebieten Mitteleuropas (KAULE 1974; GRÜNIG 1994; GROSSEBRAUCKMANN 1997). In Bayern und Baden-Württemberg umfassen die Torfgebiete derzeit noch rund 2070 km^2, von denen etwa ein Viertel auf Regenwassermoore entfällt (Tab. 1). Den Mooren wird deshalb vom Naturschutz besondere Aufmerksamkeit geschenkt; in Bayern sind immerhin knapp 10% aller Moore unter strengen Schutz gestellt. 11,2% der Naturschutzgebietsfläche des Freistaats sind Moore und assozierte Feuchtgebiete; im moorreichen Oberbayern sind es 15,1% (Daten aus BLU 1996). Sieht man sich ihre Qualität näher an, so zeigt sich, daß der überwiegende Teil durch Entwässerung, Torfabbau, land- und forstwirtschaftliche Nutzung zu Torflagerstätten degradiert ist (vgl. die Nutzungsgeschichte der Loisach-Kochelseemoore in GANZERT 1992), die keine der für

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

intakte Feuchtgebiete typischen Funktionen mehr erfüllen. Diese Funktionen sind:

Speicherung von Feststoffen und Immobilisierung von Nährstoffen während des Torfbildungsprozesses, aber auch Filtration in Überflutungs- und Quellmooren,

Retention von Überschußwasser von außerhalb des Moorgebiets durch vorübergehende Überflutung und langsame Abgabe (INGRAM 1983),

Angebot von Lebensraum für an Wasserüberschuß (stellenweise kombiniert mit geringer Nährstoffverfügbarkeit) angepaßte Moorarten und ihre Lebensgemeinschaften.

Unter Berücksichtigung bisher vorliegender Zahlen (SCHUCH et al. 1986; KRAEMER 1958) dürften grob gerechnet etwa 10% der Grundwassermoore und knapp die Hälfte der Hochmoore noch eines der o.g. Kriterien erfüllen; der Rest stünde zur Renaturierung an, sofern umweltpolitische Ziele im Vordergrund stehen.

Ein derart großes Renaturierungspotential erfordert einige grundsätzliche Vorüberlegungen. So wird nach allen bisherigen Erfahrungen empfohlen, Ziele und Maßnahmen auf die Situation des ganzen Moorgebiets auszurichten und nicht nur auf einzelne, isolierte Moorparzellen. Letzteres ist zwar für viele "Renaturierer" einfacher, da die im Privatbesitz befindlichen Grundstücke meist preiswert angekauft oder gepachtet werden können und eine Renaturierungsmaßnahme in überschaubarem Rahmen abläuft; andererseits sind die Flächen häufig zu klein, um die oben genannten Funktionen eines ökologisch intakten Moores langfristig (d. h. über mehrere Jahrzehnte hinaus) zu reaktivieren. Entwicklungskonzepte sollten deshalb möglichst das gesamte Moor umfassen; sie enthalten in der Regel eine Zonenabfolge, die mehr oder weniger der ursprünglichen Gliederung folgt und gleichzeitig - je nach Ausgangszustand - verschieden intensive, aber ausschließlich einmalige Maßnahmen zur Initiierung der gewünschten Prozesse enthält (permanente Pflege bzw. Bewirtschaftung höchstens randlich).

Ein Beispiel ist das Entwicklungskonzept Wurzacher Ried (Abb. 2; KRÜGER & PFADENHAUER 1991; PFADENHAUER 1998), das seit Anfang der neunziger Jahre sukzessive umgesetzt wird (SCHANZ 1998). Wegen seiner Größe, Geschlossenheit und Vielfalt vollständiger Moorstandortabfolgen ist das Wurzacher Ried für eine Naturschutzstrategie prädestiniert, die die Rückführung in einen völlig ungestörten, auf großen Flächen weder gepflegten noch bewirtschafteten Moorkomplex nahelegt. Der drohenden Bewaldung und Versauerung der grundwasserbeeinflußten Bereiche wird nur durch Initialvernässung, in allerdings beträchtlichem Umfang, begegnet (KRÜGER 1998). Lediglich im Randbereich sind Pflegeflächen mit extensiven Nutzungsformen als Bestandteil eines graduellen Übergangs von der nicht genutzten Kernzone zu den landwirtschaftlichen Nutzflächen der Umgebung ausgewiesen. Vorbild war die historische Moorzonation vor dem Eingriff des Menschen, die aus sechs durch Grundwassermoore (mit ausgedehnten Großseggen- und Fadenseggenrieden) voneinander getrennten Hochmoorschilden bestand. Das äußere ehemalige Randlagg soll neben dem Schutz von Arten oligo- und eutropher Reichmoorstandorte der stofflichen Pufferung dienen: Dort, wo empfindliche Moorabschnitte ohne Schutzstreifen und hydrologische Abstandszonen schädigenden Einträgen oder andauerndem randlichen Wasserentzug ausgesetzt sind, soll das Randlagg großflächig brachfallen. Von außen zufließende Gewässer, die mit Nähr- und Feststoffen übermäßig befrachtet sind, sollen über bewachsene Bodenfilter (Röhrichte, Seggenriede) verrieseln und gereinigt werden, bevor sie in das Ried eintreten. Entwicklungsziele und Maßnahmen im landwirtschaftlichen Umfeld des Europareservats (d. h. in seinem Wassereinzugsgebiet) sind auf die weitgehende Vermeidung von Austrägen aus den Wirtschaftsflächen abgestellt. Die Konzeption definiert somit drei Entwicklungszonen abgestufter Nutzungs- und Eingriffsintensität, nämlich eine Tabu-(Kern-)zone mit

Tabelle 1

Moorverbreitung in den süddeutschen Bundesländern Bayern und Baden-Württemberg (nach Angaben in GROSSE-BRAUCKMANN 1997)

	Moorfläche insgesamt		Moor-Naturschutzgebiete km^2	Regenwassermoore km^2	Grundwassermoore km^2
	km^2	in % der Landesfläche			
Bayern	1650	2,3	294	450	1200
Baden-Württemberg	420	1,2	128	50	370

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

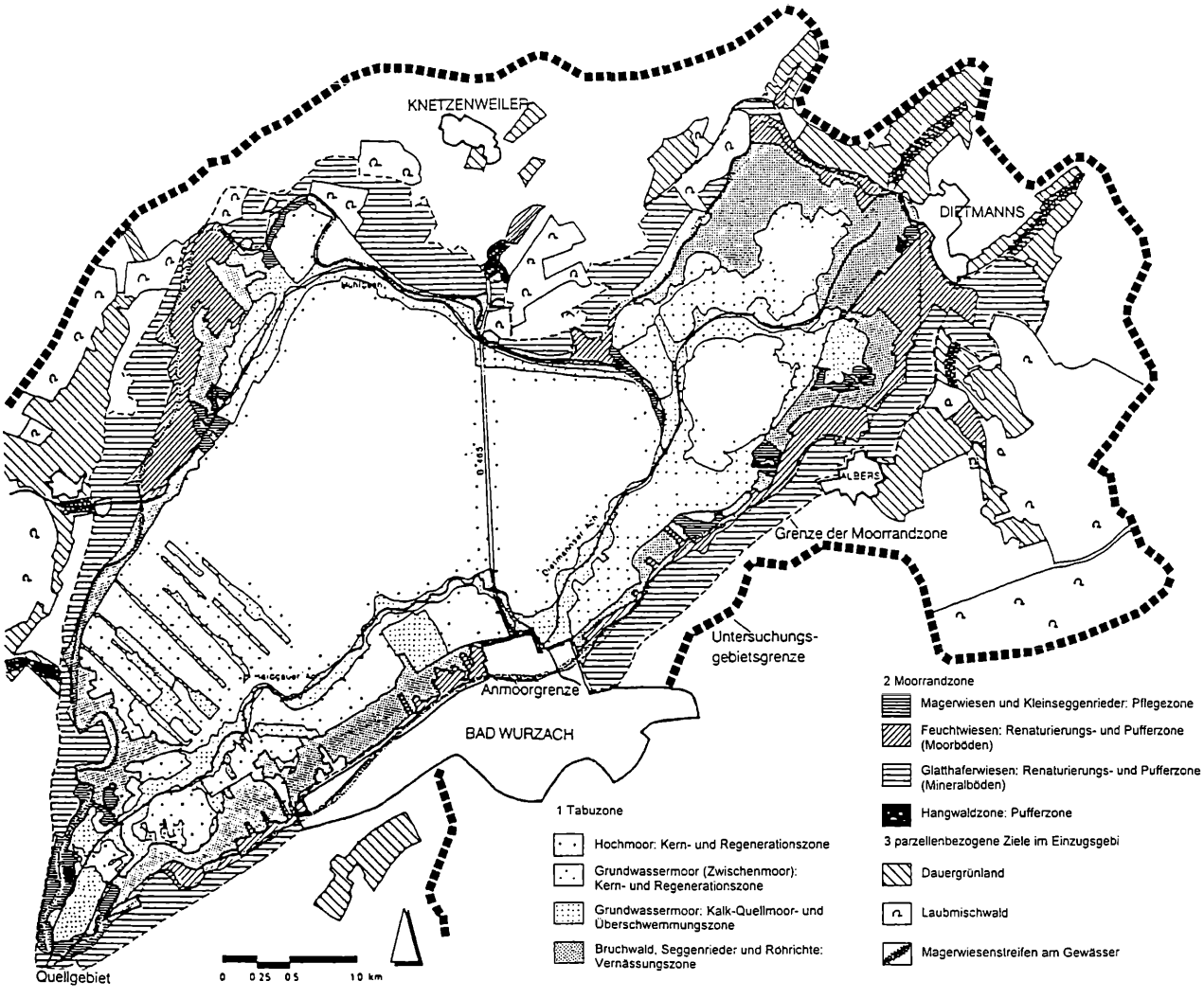

Abbildung 2

Ökologisches Entwicklungskonzept Wurzacher Ried (stark vereinfacht und generalisiert; Originalmaßstab 1 5 000; aus PFADENHAUER 1998)

dem Ziel der Selbstregulation, eine Moorrandzone und das Einzugsgebiet mit Nutzungsrestriktionen.

Solche Enwicklungskonzepte mit langfristigen, auf hydrologische Selbstregulation abgestellten Perspektiven (JOOSTEN 1993; SCHNEEBELI 1991) wurden bedauerlicherweise nur für wenige der großen süddeutschen Moore erstellt. Außer dem Wurzacher Ried sind dies das Donaumoos bei Ingolstadt (PFADENHAUER & al. 1991), die Kendlmühlfilzen südlich des Chiemsee (PFADENHAUER & al. 1990), das Pfrunger Ried (WAGNER & WAGNER 1996). Viele der im Auftrag der Naturschutzverwaltung von Planungsbüros erstellten Pflege- und Entwicklungspläne sind fachlich nicht befriedigend, weil die Verfasser mit der Moorökologie nicht vertraut sind und ihre Aussagen oft nur auf das Vorkommen einzelner Pflanzen- und Tierarten aufbauen. Moore sind aber Ökosysteme, deren Genese ebenso wie ihre Reaktion auf Eingriffe von den Wechselbeziehungen zwischen Pflanzendecke, Torfbildungsprozessen und Wasserhaushalt abhängig sind. Darüber Bescheid zu wissen und vor allem die entsprechenden Methoden handhaben zu können, ist unabdingbare Voraussetzung für die Erarbeitung solcher Konzeptionen (vgl. GROOTJANS & VAN DIGGELEN 1995).

Die staatlichen Moorforschungsstellen mit ihrem reichen Erfahrungsschatz wurden leider aufgelöst (Baden-Württemberg) oder personell unverhältnismäßig reduziert (Bayern), weil Moor- und Torfnutzung heute keine wirtschaftliche Bedeutung mehr haben. Lediglich in den extrem degradierten Grundwassermooren des nördlichen Alpenvorlands deutet sich nach der intensiven Diskussion der letzten Jahre über die klimarelevanten Spurengasemissionen (s. Abschnitt 2) ein gewisses politisches Interesse an, das zu Moorschutzaktivitäten Anlaß gibt.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

2. Grundwassermoore

2.1 Voraussetzungen

Das süddeutsche Klimagefälle von der Donau zum Alpenrand mit einem Niederschlagsunterschied zwischen knapp 700 mm (Regensburg) bis etwa 1600 mm pro Jahr (Bad Tölz) beeinflußte die Kultivierung und ihre Rentabilität entscheidend. Die Grundwassermoore des Alpenrands sind deshalb - von Ausnahmen abgesehen - meist weniger ausgetrocknet als diejenigen entlang der Donau. Dort finden sich auch noch artenreiche Naßwiesen der Verbände *Calthion* und *Caricion davallianae*, die sekundär durch Moorbeweidung entstanden (im Rahmen der Allmende) und erst seit Beginn des 19. Jahrhunderts zur Futter- oder Streugewinnung gemäht wurden (KONOLD 1994; RADLMAIR & al. 1999). Mit ihren borealen und dealpinen/praealpiden Florenelementen sind sie aus Artenschutzgesichtspunkten besonders erhaltungswürdig (BRAUN 1968). Niemand käme auf die Idee, diese Wiesen trotz des wenn auch nur wenige Dezimeter abgesenkten Grundwasserspiegels wieder zu vernässen, um die Torfbildung in Gang zu setzen. Dafür gibt es hier ein Problem, das aus allen extrem humiden Gebieten bekannt ist (z. B. ZOLLER & SELLDORF 1989; KOERSELMAN & VERHOEVEN 1995), nämlich das der Entkalkung und nachfolgenden Versauerung des Oberbodens, aus dem bayerischen Alpenvorland erstmals beschrieben von BRAUNHOFER (1978). Die Folgen sind das Verschwinden der die Artenfülle bestimmenden Kalkpflanzen und ihr Ersatz durch Säurezeiger wie *Carex fusca*, vor allem auch durch Arten der Gattung *Sphagnum* ("Ombrotrophierung"; POSCHLOD & BLOCH 1998). Dem müßte durch Einleitung von sauberem kalkreichen Wasser begegnet werden. Hier besteht in vielen Mooren des Alpenvorlands dringender Handlungsbedarf.

Pflege bzw. Bewirtschaftung solcher Naßwiesen sind in der Naturschutzpraxis noch immer in der Diskussion, obwohl wenigstens über die Mahd und ihre Wirkung auf die Artenzusammensetzung und das Verhaltensmuster einzelner Arten genügend bekannt ist (PFADENHAUER 1989b; QUINGER et al. 1995). Seit der Streubedarf durch die Umstellung der Grünlandbetriebe von Festmistaufstallung auf Schwemmentmistung vor allem im Allgäu drastisch zurückgegangen ist und die freigesetzten Streuflächen nicht mehr in intensive Formen land- und forstwirtschaftlicher Nutzung umgewandelt werden können und brachfallen, wird darüber gestritten, ob alternativ eine Beweidung in Frage kommt oder nicht (vgl. hierzu zusammenfassend auch BRIEMLE & al. 1991). Inzwischen zeichnet sich aus den wenigen Arbeiten, die es zu diesem Thema gibt, eher eine vorsichtige Befürwortung von Weidesystemen ab; weder in der Entomofauna (RADLMAIR & LAUSSMANN 1997) noch in der Phanerogamen-Flora (BRUDI n. p., s. PFADENHAUER 1997) sind solche Unterschiede zwischen beweideten und gemähten Pfeifengraswiesen und Kleinseggenrieden des bayerischen Alpenvorlands zu erkennen, die zu einer völligen Ablehnung der Beweidung aus naturschutzfachlicher Sicht führen müßten.

Das äußere Erscheinungsbild ist allerdings verschieden: Die beweideten Flächen sehen zerrupft aus und zeigen nicht das gleichmäßige, im Frühsommer buntblumige Bild der Streu- und Futterwiesen. Vermutlich ist dies ein wesentlicher Grund für viele engagierte Naturschützer, die Beweidung abzulehnen. Man darf aber nicht vergessen, daß die Offenlandschaften süddeutscher Grundwassermoore durch vermutlich jahrtausende lange Beweidung entstanden sind, während die Wiesennutzung eine Erscheinung der vergangenen 200 Jahre ist (RADLMAIR et al. 1999).

Degradierte Grundwassermoore, wie sie in Süddeutschland in den Talniederungen der Donau und ihrer südlichen Nebenflüsse vorkommen, sind nach heutiger Kenntnis ein Gefährdungspotential aus überregionaler und globaler Sicht. Im Gesamtökologischen Gutachten Donaumoos (erarbeitet im Auftrag des Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen und 1986 fertiggestellt; PFADENHAUER et al. 1991) wurde in Deutschland erstmals die Ausgasung von N_2O und CO_2 eines landwirtschaftlich intensiv genutzten

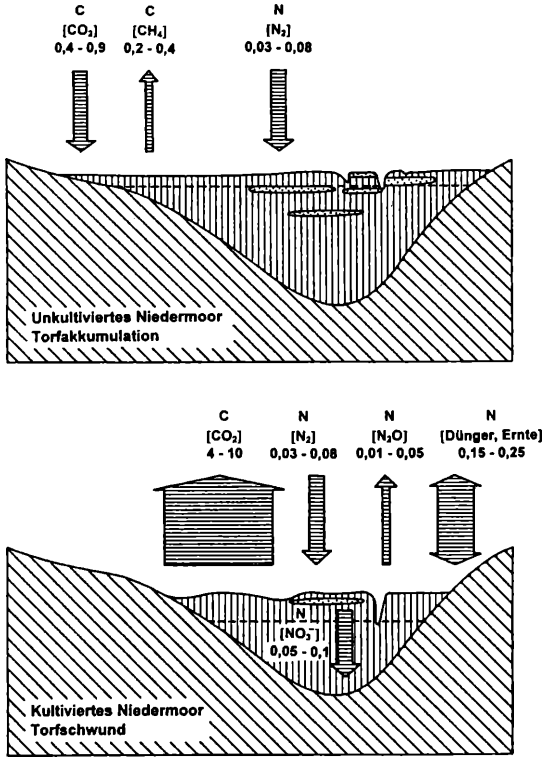

Abbildung 3

Überschlägiger Vergleich der Stoffein- und austräge (in t pro ha und Jahr) **von kultivierten und unkultivierten Niedermooren** (nach verschiedenen Autoren aus PFADENHAUER 1997)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Torfkörpers flächenhaft berechnet. Wenn auch die damals aus wenigen (und andernorts durchgeführten) Messreihen berechneten Daten zu hoch angesetzt waren, hat sich das Risikopotential nach den heute vorliegenden Ergebnissen (AUGUSTIN et al. 1996; FLESSA et al. 1998) im wesentlichen bestätigt (Abb. 3).

Hinzu treten nicht unbeträchtliche Nitratüberschüsse aus der Mineralisation der stickstoffreichen Torfe (RÜCK 1993; RÜCK & STAHR 1995; WILD & PFADENHAUER 1997; FLESSA et al. 1996) sowie die fehlende Retentionsfähigkeit für Überschußwasser aus dem Einzugsgebiet, die sich aus den Ergebnissen des BMBF-Verbundvorhabens "Ökosystemmanagement für Niedermoore" (PFADENHAUER 1995) inzwischen überschlägig berechnen läßt (vgl. HEIDT 1998; DIETRICH et al. 1996). Daraus ergibt sich zwanglos ein Renaturierungs-Leitbild, das primär die Minimierung aller Stoffausträge aus Grundwassermooren zum Ziel hat (abiotisches Leitbild; vgl. PLACHTER & REICH 1996).

Für solche Moorgebiete wird deshalb als prioritäres Ziel die Reduktion des Torfschwunds durch partielle (winterliche) oder ganzjährige Vernässung angestrebt, soweit dies wegen der Besitzzersplitterung dieser Moore überhaupt möglich ist. Das Leitbild wird nach den Vorschlägen des Forschungsverbunds "Ökosystemmanagement für Niedermoore" (PFADENHAUER 1995) aus den Kriterien Moormächtigkeit und Vernäßbarkeit entwickelt (ZEITZ et al. 1997). Die Vorgehensweise im einzelnen ist beispielhaft im Entwicklungskonzept für das Obere Rhinluch bei Berlin dargestellt (ZALF 1998). Kombiniert man diese Kriterien, so erhält man ein Planungsmodell, das im wesentlichen aus vier Zonen mit je nach Moorgebiet unterschiedlicher Größe und Anordnung besteht (Abb. 4): Eine Torfentwicklungszone bei ganzjähriger Vernäßbarkeit mit dem Ziel der Torfbildung, eine Feuchtgrünland-Entwicklungszone bei nur winterlicher Vernässung, eine Dauergrünlandzone bei fehlender Vernäßbarkeit auf Torf, um zumindest den Torfabbau zu verlangsamen, und spezielle Artenschutzzonen mit ggf. notwendigen speziellen Pflege- und Entwicklungsprogrammen (vgl. auch SUCCOW 1998).

Wegen der Vielzahl von Eigentümern in den süddeutschen Grundwassermooren bedarf es hier einer besonderen, auf die örtlichen Befindlichkeiten ausgerichteten Vorgehensweise. Schon bei der Planung von Entwicklungskonzepten könnte die frühzeitige Einbeziehung der Betroffenen hilfreich sein. Umso mehr gilt das, wenn Flächen für Renaturierungsmaßnahmen oder für die Arrondierung landwirtschaftlicher Betriebe bereitgestellt werden müssen. Ankauf und Pacht mit staatlichen Mitteln (z. B. aus dem bayerischen Naturschutzfonds), Tausch und alle übrigen damit zusammenhängenden Geschäfte werden z. B. im Donaumoos bei Ingolstadt von einem Zweckverband durchgeführt, der von den Donaumoosgemeinden, dem Landkreis Neuburg-Schrobenhausen und dem Regierungsbezirk Oberbayern getragen wird. Da den Landwirten eine Politik der Vernässung nach 200 Jahren Moorkultivierung und -nutzung erwartungsgemäß nicht ohne weiteres eingängig ist, muß nach Alternativen gesucht werden, die Nutzung und umweltpolitische Ziele vereinen.

2.2 Wiederherstellung torfbildender Grundwassermoore

In Anlehnung und in Ergänzung zu EGGELSMANN (1989) lassen sich vier verschiedene Vernässungsmaßnahmen unterscheiden, deren Wirksamkeit je nach Ausgangszustand verschieden ist: **Grabenanstau**, definiert als Verringerung des Abflusses aus den Entwässerungsgräben durch Einbau von Stauvorrichtungen, ist zwar ein gängiges, aber nur beschränkt wirksames Verfahren: Außer in alpennahen Niedermooren mit ihren hohen Niederschlägen reicht das Wasserdargebot nicht aus, um den Grundwasserstand gleichmäßig und längerfristig anzuheben. Für den **Grabeneinstau** wird zusätzlich Fremdwasser aus dem Einzugsgebiet in die ehemaligen Entwässerungsgräben eingeleitet; diese dienen somit nicht mehr der Ent-, sondern der Bewässerung. Da der Moorwasserspiegel von unten her an die Geländeoberfläche herangeführt wird, sind ausreichendes Wasserangebot und wie bei Grabenanstau - hohe Durchlässigkeit des Torfkörpers Voraussetzung für die Wirksamkeit des Verfahrens. In Grundwassermooren mit verdichtetem Oberboden oder/und wasserundurchlässiger Kalkmudde (Verlandungs-Grundwassermoore) reicht deshalb meist der Grabeneinstau nicht aus; hier wird man zum **Überstau** greifen müssen, bei dem die Gräben völlig - d. h. unter Berücksichtigung der sackungsbedingt abgeschrägten Grabenschultern mit weit heraufgezogenen Stauwerken geschlossen werden und gleichzeitig soviel Fremdwasser wie möglich in das zu vernässende Gelände eingeleitet wird. Je nach Wasserdargebot des Einzugsgebiets bekommt man entweder nur einen winterlichen oder einen bis in den Sommer hineinreichenden Überstau. Da Fremdwasser häufig nährstoff- und sedimentbefrachtet ist, wird die eutrophe Situation des degradierten Torfkörpers noch verstärkt; das Moor gewinnt auf besonders effiziente Weise seine Funktion als Stoffsenke zurück. Je nach Geländesituation und Besitzverhältnissen muß evtl. gepoldert werden, und zwar durch Verwallung der zu renaturierenden Flächen mit Torfrücken, um die Auswirkungen eines Überstaus auf benachbarte Flächen zu minimieren.

Bei langanhaltendem Überstau (bis in den Sommer hinein) siedeln sich rasch anemochore Röhrichte an, bei geringerer Trophie auch Großseggen wie *Carex gracilis* und andere Grasartige (HELLBERG 1995). Nach bisherigen Erfahrungen aus Vernässungsmaßnahmen im Oberen Rhinluch bei Berlin und der Friedländer Großen Wiese (Vorpommern) setzt die Torfbildung schon nach wenigen Jahren ein, wenn es gelingt, den Wasserstand einiger-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

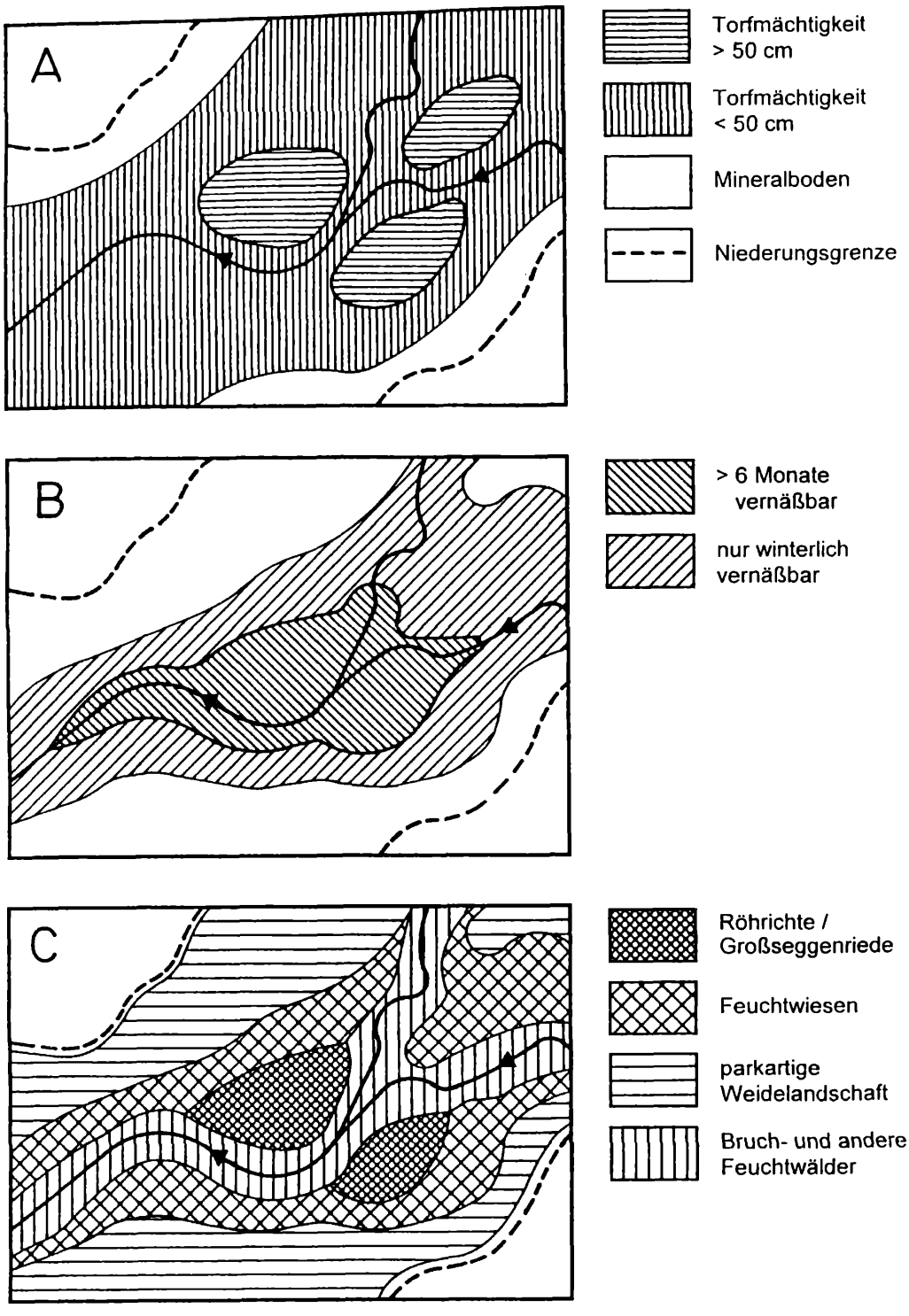

Abbildung 4

Modell eines Entwicklungskonzepts (C) für intensiv genutzte Talniedermoore, abhängig von Torfmächtigkeit (A) und Vernäßbarkeit (B). Erläuterung im Text (aus PFADENHAUER & KLÖTZLI 1996)

maßen konstant zu halten. Solche Flächen sind zunächst floristisch wenig, für durchziehende Vogelarten aber sehr interessant eine weitgehend störungsfreie Situation vorausgesetzt. Da sie sehr produktiv sind, kann die Phytomasse im Winter nach Rückzug der Nährstoffe in die Speicherorgane genutzt werden: Derzeit laufen Versuche mit *Phragmites* (WICHTMANN & KOPPISCH 1998) bei Greifswald und mit *Typha* im Donaumoos bei Ingolstadt als nachwachsende Rohstoffe (erstgenannte Art als Energie- und Faserstoff-Lieferant, letztgenannte zur Herstellung von Dämmplatten im Wohnungsbau verwendbar) in mit belastetem Oberflächenwasser vernäßten Poldern. Die Vorteile liegen in der Multifunktionalität dieses Verfahrens: Die Wirtschaftlichkeit des Rohstoffs und der daraus

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

gewonnenen Produkte ist nur einer von mehreren Vorteilen; weitere sind die Reinigung von Fließgewässern (nach dem Funktionsprinzip von Pflanzenkläranlagen), die Reduktion der Emission klimarelevanter Spurengase, der Beitrag zur Retention von Überschußwasser, den die Polder leisten, sowie gegebenenfalls ihre Rolle als Nahrungs- und Brutgebiet für Wasservögel. Bei einer den volkswirtschaftlichen Vorteilen entsprechenden finanziellen Unterstützung könnte der Anbau von *Phragmites*, *Typha* und anderen Röhrichtarten eine Nutzungsalternative für Landwirte sein. Mit keinem anderen nachwachsenden Rohstoff ist eine solche Vielfalt an positiven Effekten verbunden.

Schließlich sei noch auf eine Vernässungsmaßnahme eingegangen, die in jüngster Zeit von den Naturschutzverwaltungen und privaten Organisationen öfter durchgeführt wird: In Anlehnung an Niedermoor-Torfstiche, in denen hin und wieder nahezu komplette Kalk-Kleinseggenriede aufgewachsen sind (SCHUCKERT et al. 1992), wird Torf bis zum Niveau des Moorwasserspiegels abgegraben und die entstandene Grube (ggf. nach Impfung mit geeigneten Pflanzenarten) sich selbst überlassen. Hauptproblem ist hier nach wie vor der in entwässerten Grundwassermooren stark schwankende Wasserspiegel, der auch in solchen Ausschürfungen keine gleichbleibende Nässe garantiert. Deshalb ist nur unter besonders günstigen Umständen (z. B. durch reichlich zufließendes Wasser) eine Ansiedlung torfbildender Vegetation möglich (WILD 1997).

2.3 Wiederherstellung artenreichen Feuchtgrünlands

In Gebieten, in denen eine ganzjährige Vernässung mit dem Ziel der Torfbildung nicht möglich oder nicht sinnvoll ist, wird häufig als Alternative die Renaturierung zu artenreichen Grünlandgesellschaften der Verbände *Molinion*, *Calthion* oder *Caricion davallianae* angestrebt. Allerdings ist hier lediglich eine Schonung des noch vorhandenen Torfkörpers (d. h. einer Verlangsamung des Torfschwundes gegebenenfalls bis zum Stillstand) zu vermuten. Besonders in den eutrophen Reichmooren der Sumpfdotterblumenwiesen dürfte der Verlust an organischer Substanz weitergehen. Hier stehen deshalb eher Flora und Fauna im Vordergrund der naturschutzpolitischen Zielsetzung.

Die zu renaturierende Fläche ist zumeist ein aus der Nutzung genommener Acker oder eine bisher mehrmals gemähte bzw. beweidete, gedüngte und meist ziemlich artenarme, vielfach mit Quecke und Brennessel durchsetzte Grünlandparzelle. Der erste Schritt wird als Aushagerung bezeichnet; Ziel ist es, für die gewünschten Feuchtwiesenarten (Zielarten) geeignete Keimungs- und Etablierungsbedingungen zu schaffen. Die Verfahren hierzu sowie die Reaktion der Arten hierauf sind in den vergangenen fünfzehn Jahren Gegenstand zahlreicher Forschungsvorhaben gewesen, sodaß man inzwischen gut über die einzelnen Prozesse unterrichtet ist (KAPFER 1988, 1997; EGLOFF 1986; BAKKER 1989; ROSENTHAL 1992; BIEWER 1997; PATZELT 1998; WILD 1997). Je nach der Zusammensetzung des Ausgangspflanzenbestands (Zielarten noch vorhanden oder nicht) wird zwei- bis dreimal pro Jahr gemäht, das Mähgut entfernt und vorläufig auch nicht gedüngt. In Abhängigkeit vom P- und K-Speichervermögen des Torfs hagern durchschlickte Torfe in fünf bis zehn, nicht durchschlickte oft schon innerhalb von drei bis fünf Jahren aus. Der Aushagerungsprozess ist beendet, wenn ein Trockenmasse-Ertrag von 40 dt pro Hektar und Jahr erreicht ist. Die Pflanzendecke besteht dann meist aus wenig anspruchsvollen Mittel- und Untergräsern wie *Anthoxanthum odoratum*, *Holcus lanatus*, *Festuca rubra*, und ist meist lückig genug, daß sich konkurrenzschwache Zielarten ansiedeln können. Dies gelingt allerdings nur unter drei Voraussetzungen:

Erstens ist hierfür ein pflanzenphysiologisch ausgewogenes Verhältnis der Nährstoffe im Boden nötig. Bei Aushagerungsmaßnahmen durch Mahd wird aber häufig selbst die für anspruchslose Wildpflanzen geringe verfügbare Kalium- (seltener auch Phosphor-)menge unterschritten, sodaß die Pflanzen unter Kaliummangel leiden, sofern sie überhaupt keimen. Nach Versuchen im Federseeried, Baden-Württemberg, wird deshalb empfohlen, ausgehagerte Wiesen mit Kalium zu düngen, wenn der K-Spiegel im Aufwuchs unter 0,5% des Trockengewichts sinkt (BIEWER 1997).

Zweitens ist die Oberfläche vererdeter und zur Austrocknung neigender Grundwassermoortorfe kein geeignetes Substrat für die Keimung und Entwicklung der Jungpflanzen. Sie leiden unter dem häufigen Wechsel von Trockenheit und Staunässe sowie unter zeitweilig hohen Oberflächentemperaturen. Sofern Wasserdargebot und Porosität des Torfkörpers es zulassen, wird deshalb empfohlen, Aushagerungsmaßnahmen immer mit einer Anhebung des Moorwasserspiegels zu koppeln, sodaß die Flächen zumindest im Winter und im zeitigen Frühjahr bis an die Bodenoberfläche vernäßt sind (KAPFER 1997). Dies führt zu einer Rückquellung der Torfe und erhöht damit die Porosität (SCHMIDT 1995). Wenn eine Vernässung nicht möglich ist, kann auch der gesamte Oberboden auf 20 bis 30 cm abgetragen werden. Die darunter liegenden Torfschichten sind weniger stark vererdet, nährstoffärmer und hinsichtlich der Nährstoffversorgung ausgeglichener (WILD & PFADENHAUER 1997). Die Etablierung der Zielarten ist deshalb erfolgreich, v. a. dann, wenn sie mit Mähgut übertragen werden (s. unten). Freilich kann das Verfahren aus den in Abschnitt 2.1 genannten Gründen nur kleinflächig angewendet werden.

Drittens muß gewährleistet sein, daß die gewünschten Zielarten in absehbarer Zeit auf die Renaturierungsfläche gelangen. Wenn sie noch im Ausgangsbestand vorhanden sind, sollten die Aushagerungmaßnahmen so durchgeführt werden, daß sie nicht

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

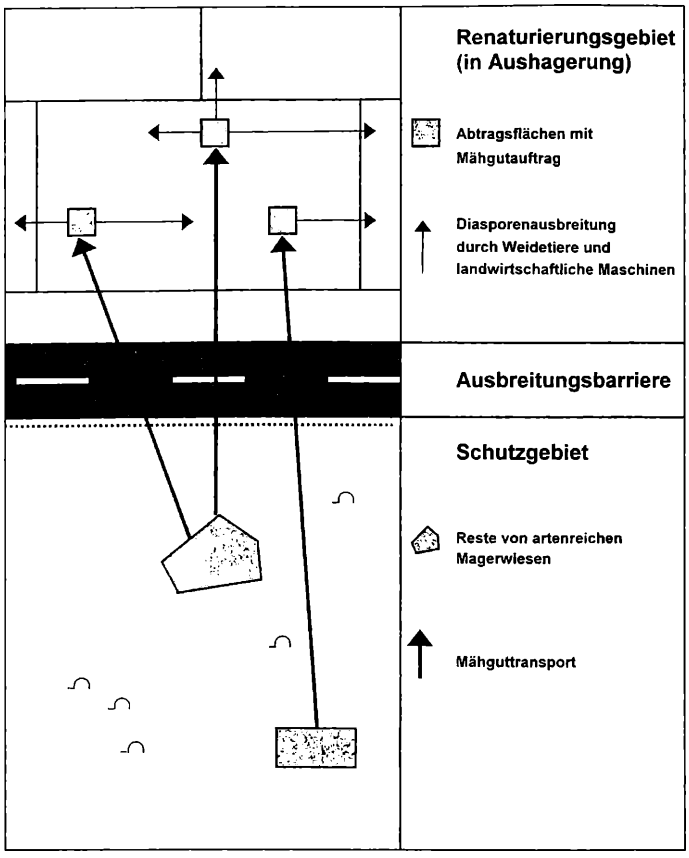

Abbildung 5

Konzept zum Aufbau artenreicher Feuchtwiesen in ehemals ± intensiv genutzten Gebieten (aus PFADENHAUER & KLÖTZLI 1996, etwas verändert)

geschwächt, sondern gefördert werden (höchstens zweimalige Mahd pro Jahr, kein Bodenabtrag). Keimfähige Diasporen können durch Vertikutieren zum Keimen gebracht werden und so den Renaturierungsprozess beschleunigen, sofern sie in ausreichender Zahl (mehr als ca. 50 pro Art und Quadratmeter) vorhanden sind. Meist sind aber nach der intensiven Bewirtschaftung kaum mehr keimfähige Samen aus den früheren Feuchtwiesen in ausreichender Zahl vorhanden (PFADENHAUER & MAAS 1987; SCHOPP-GUTH 1993, 1997).

Da auch eine natürliche Einwanderung in der phragmentierten mitteleuropäischen Kulturlandschaft viele Jahrzehnte dauert, greift man heute zur künstlichen Einbringung. Für Feuchtwiesen hat sich dabei besonders die Übertragung der Samen mit dem Mähgut aus intakten, d.h. der gewünschten Artenzusammensetzung entsprechenden Restflächen desselben Naturraums bewährt (s. den Beitrag von PATZELT & PFADENHAUER in diesem Heft, ferner PATZELT et al. 1997; BIEWER 1997). Die Übertragungsquote variiert zwischen 40 und 70% und ist abhängig vom Zeitpunkt der Mähgutgewinnung sowie von der Struktur der Empfängerflächen. So etablieren sich die meisten Arten auf abgetragenen Parzellen, weil sie während der Keimung durch das Mähgut vor extremen Einflüssen geschützt sind und ohne Konkurrenz durch andere Pflanzen aufwachsen können. Selbst Orchideen (nach eigenen Erfahrungen *Dactylorhiza majalis*, *Epipactis palustris*) werden auf diese Weise übertragen.

Zusammenfassend ergibt sich der in Abb. 5 dargestellte Vorschlag für die Renaturierung von intensiven landwirtschaftlichen Nutzflächen zu ertragsschwachen artenreichen Feuchtwiesen: Nach Aushagerung des zu renaturierenden Gebiets durch ein dem Ausgangspflanzenbestand adäquates Mahdregime werden einige zufällig im Gebiet verteilte, ca. 400 m^2 große Abtragungsflächen als Saatbeet vorbereitet und mit Mähgut aus der Umgebung geimpft. Von diesen Trittsteinen aus können sich die Arten durch die übliche Bewirtschaftung mit Weidetieren oder während des Heuens mit landwirtschaftlichen Maschinen langsam in die Umgebung ausbreiten.

3. Renaturierung von Hochmooren

3.1 Voraussetzungen

Unter den Regenmooren ist das klassische Hochmoor mit seiner aufgewölbten Oberfläche, gegliedert in Randlagg, Randgehänge und Hochmoorweite, im süddeutschen Raum am weitesten verbreitet, so daß sich die folgenden Ausführungen auf diesen Typus der Regenwassermoore beschränken. Die selteneren Sattel- und ombrosoligenen Moore der höheren Gebirgslagen bleiben ebenso außer acht wie die kaum gefährdeten Kesselmoore der Eiszerfallslandschaften. Das Leitbild der Hochmoor-Renaturierung ist eine Regeneration (also Wiederherstellung) der Funktion eines wachsenden Torfkörpers, wie einleitend bereits gefordert, d. h. der

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Aufbau eines Akrotelms. Dieser, definiert als oberste (15 bis 40 cm mächtige, aus schwach zersetzten Torfmoosen aufgebaute, durchwurzelte und von Moorwasserspiegelschwankungen betroffene) Schicht hoher Wasserleitfähigkeit, ist verantwortlich für Auf- und Abbauprozesse der organischen Substanz und damit Verursacher des Moorwachstums (INGRAM 1983; JOOSTEN 1993). Der darunter liegende Katotelm (= ständig wassergesättigte Torfakkumulationszone) mit stärker zersetztem, weniger wasserdurchlässigem Torf entscheidet über den Wasserhaushalt des Hochmoors. Die Voraussetzung für die jeweils zutreffenden Maßnahmen ist nicht nur die Kenntnis der aktuellen, der potentiell natürlichen sowie der historischen Pflanzendecke, sondern auch des Wasserzustands (Chemismus, Lage und Schwankungsbereich des ombrogenen Moor- sowie des mineralischen Grundwasserspiegels), der chemisch-physikalischen Eigenschaften des Resttorfkörpers sowie der Stratigraphie. Denn Erfolg oder Mißerfolg hängen vom Ausgangszustand des zu renaturierenden Moores ab.

3.2 Vorentwässerte Hochmoore

Sie wurden ursprünglich für land- oder/und forstwirtschaftliche Zwecke mittels Gräben und quer dazu angelegten Schlitzdränen entwässert, ohne daß die geplante Kultivierung ausgeführt wurde. Die Entwässerung senkte den Moorwasserspiegel beträchtlich, erhöhte seine jahreszeitliche Schwankung und trocknete vor allem den Akrotelm irreversibel aus. Die bekannten Folgen sind Torfsackung und -verdichtung vor allem in der Umgebung der Gräben, wobei die Mooroberfläche ein beetartiges Aussehen mit mittiger Aufwölbung zwischen den Gräben erhielt. Die Vegetation wird häufig von *Calluna vulgaris* beherrscht; diese Hochmoorzwergstrauchheiden entwickeln sich zu sekundären, floristisch armen Moorbirken- oder Waldföhrenwäldern weiter, wobei das Endstadium am Alpenrand vermutlich von der Fichte beherrscht sein dürfte. Auf der ehemaligen Hochmoorweite kann das Standortsmilieu bei tiefer Entwässerung so lebensfeindlich sein, daß sich Baumkeimlinge nur schwer zu etablieren vermögen. Unter diesen Umständen persistieren *Calluna*-Heiden jahrzehntelang.

Vernässungsmaßnahmen müssen in solchen stark reliefierten Mooren so durchgeführt werden, daß der Grabenanstau in der Fläche wirksam wird. Staueinrichtungen sollten also so hoch sein, daß das angestaute Wasser auch die benachbarten Flächen umfaßt. Bei breiten und tiefen Gräben müssen solche Querwerke aus zweireihigen Palisaden bestehen, die mit massiven Querhölzern verstärkt sind und deren Zwischenraum mit gestampftem Torf aufgefüllt wird (zur Technik s. u. a. PABSCH 1989; KRÜGER 1998). Solche Stauhaltungen sind während der letzten fünf Jahre großflächig im Wurzacher Ried, im Weidmoos südlich des Starnberger Sees (SIUDA 1995) und in den Kendlmühlfilzen angelegt worden. Wegen ihrer Tiefe, ihres dystrophen, nährstoffarmen Moorwassers sowie des zu erwartenden Wellenschlags dürfte ihre Besiedlung mehrere Jahrzehnte dauern. Deshalb sollte mittels aufschwimmenden Materials (Reisig, ggf. auch flutende Matten aus Vlies) und einer leichten PK-Startdüngung Schwingrasenverlandung initiiert werden. Wie effizient solche Aufstaumaßnahmen sind, ist derzeit noch nicht abzusehen; eine 20jährige Erfolgskontrolle ist dringend nötig.

3.3 Im Handtorfstich abgetorfte Hochmoore

In vielen Handtorfstichen süddeutscher Hochmoore hat sich seit dem Ende des Torfabbaus eine torfbildende Vegetation eingestellt. Diese besteht in der Regel aus grünen Sphagnen der *Angustifolia*-Gruppe, die sich zwischen Torfschlammpionieren wie *Carex rostrata* oder *Eriophorum angustifolium* angesiedelt haben und diese offenbar sukzessive überwachsen. Oft haben sich flächig bereits Arten mesotropher Zwischenmoore wie *Carex lasiocarpa*, *Scheuchzeria palustris* sowie vereinzelt ombrotraphente Spezialisten (wie *Vaccinium oxycoccus*) eingestellt. Solche Entwicklungsstadien wurden ausführlich von POSCHLOD (1990) beschrieben; sie bilden Zwischenmoortorf ("*Scheuchzeria*-Torf") ähnlicher Qualität, wie er in der Stratigraphie süddeutscher Hochmoore als Vorstufe des Hochmoortorfs ("*Sphagnum-Eriophorum*-Torf"; GROSSEBRAUCKMANN 1990) nachweisbar ist. Die Voraussetzungen für eine derartige Entwicklung, erstmals beschrieben von PFADENHAUER & KINBERGER (1985), bestätigt auch für norddeutsche Hochmoore in RODERFELD (1992; vgl. auch LÜTT 1992), sind:

1. Torfabbau bis unter den mittleren Moorwasserspiegel, so daß nach dem Ende des Abbaus der Stich vollaufen kann, gefördert durch ein eher extensives, bald verfallendes Entwässerungssystem.
2. Hydraulische Isolation der Stiche durch die stehengebliebenen, gesackten und verdichteten Torfrücken, somit ein gleichmäßiger, jahreszeitlich kaum schwankender Moorwasserspiegel.
3. Impfung des Stichs mit dem vor der Abtorfung abgezogenen Vegetationshorizont, meist vermischt mit nicht stechbarem Material (Wurzelstöcke, zerbrochene Torfziegel o. ä.), als Bunkerde in die Stiche geworfen.

Unter diesen Bedingungen kann ein Verlandungsprozess einsetzen: Durch das Aufschwimmen der Bunkerde werden eventuell noch vorhandene Wasserspiegelschwankungen gedämpft. Außerdem sind in dem Material keimfähige Diasporen aus der ehemaligen Hochmoorweite enthalten, die den Etablierungsprozess beschleunigen (POSCHLOD & PFADENHAUER 1989; POSCHLOD 1995).

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

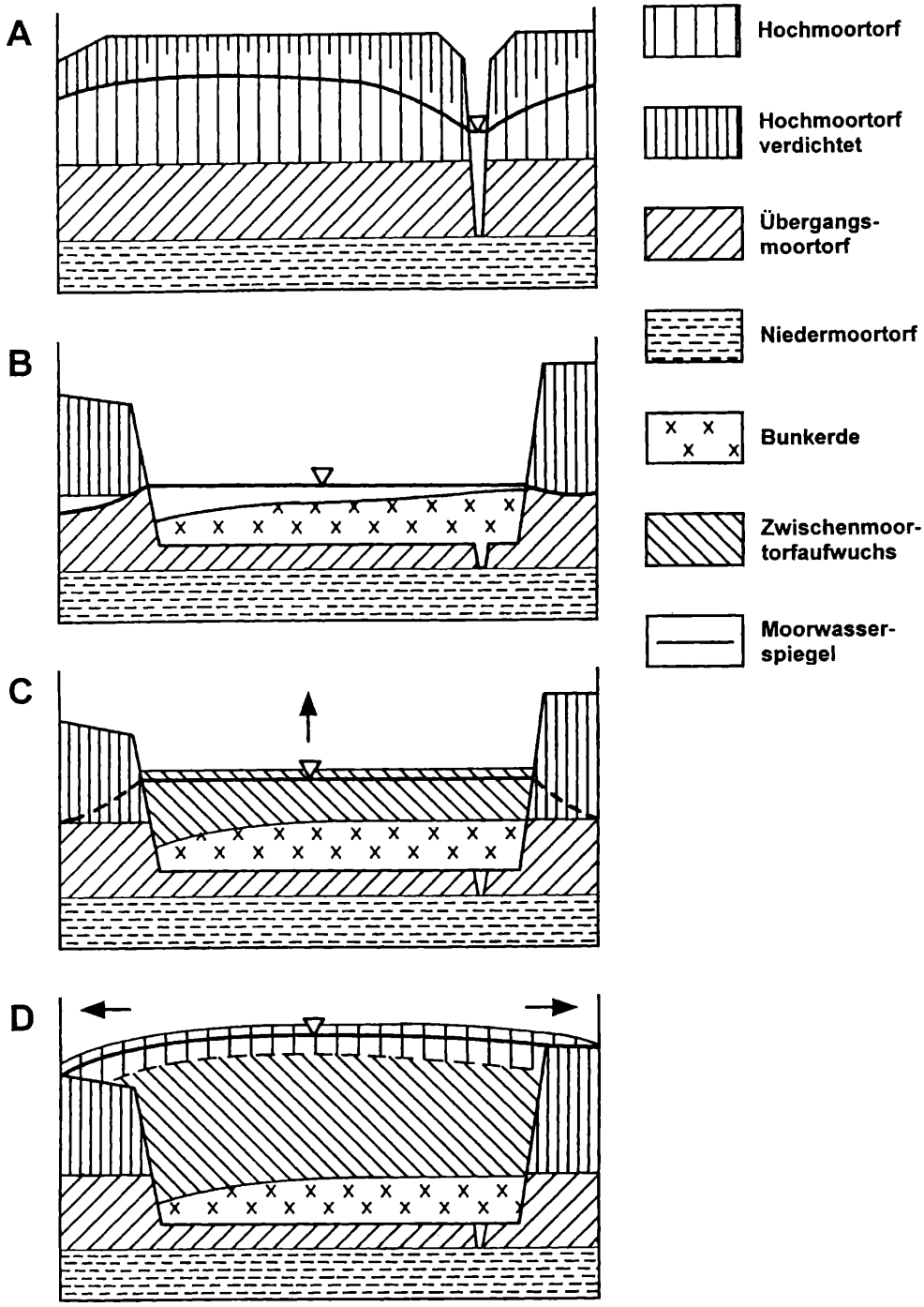

Abbildung 6

Modell der Regeneration eines Hochmoors aus einem Handtorfstich in Süddeutschland. A = vorentwässerte Hochmoorweite mit Torfsackung in der Umgebung der Entwässerungsgräben. B = Situation unmittelbar nach dem Ende der Austorfung; der Stich ist mit Bunkerde gefüllt. C = Situation etwa 50 Jahre nach dem Ende der Austorfung. Ein Akrotelm aus wüchsiger *Sphagnum*decke ist entstanden. D = Prognose: der Torfkuchen überwächst die Umgebung. (aus PFADENHAUER & KLÖTZLI 1996, etwas verändert)

Ein Modell dieses Vorgangs (Abb. 6) zeigt in A die Ausgangssituation einer vorentwässerten Hochmoorweite mit verdichteten und gesackten Streifen zwischen den Gräben, in B die Situation unmittelbar nach dem Ende des Abbaus, in C einen Zustand, wie man ihn heute in Torfstichen finden kann, wobei die neugebildeten, noch kaum zersetzten und locker gelagerten hellbraunen Torfschichten schon innerhalb von 40 bis 50 Jahren über einen halben Meter Mächtigkeit erreichen können. Die Prognose in D kann bisher noch nirgends beobachtet werden, bewahrheitet sich aber unter der Voraussetzung eines für die Hochmoorbildung günstigen Klimas vielleicht in einigen Jahrzehnten.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Allerdings bieten alte Torfstiche keineswegs immer gute Voraussetzungen für eine Moorregeneration. Meistens sind sie zu trocken und bewalden sich rasch. Wie schwierig es ist, solche Flächen so stark zu vernässen, daß sich ein Akrotelm bilden kann, zeigt der Beitrag von ZOLLNER & CRONAUER in diesem Heft. Vor solchen Maßnahmen sollte das zu renaturierende Gelände einnivelliert und mit Hilfe renaturierungsspezifischer Parameter (Moorwasserqualität, -schwankungsbereich usw.) auf seine Renaturierbarkeit geprüft werden.

3.4 Industriell abgetorfte Hochmoore

In süddeutschen Hochmooren sind derzeit noch knapp 1500 ha in industriellem Abbau begriffen; ihre Renaturierung im Sinne der Regeneration eines wüchsigen Hochmoors wird angestrebt, läßt sich aber nur dann realisieren, wenn einige Voraussetzungen erfüllt sind. Diese werden aus den Vorgängen in vorindustriellen Handtorfstichen und aus den Ergebnissen eines Renaturierungsexperiments in den Kendlmühlfilzen südlich des Chiemsees abgeleitet (PFADENHAUER 1989a; SLIVA 1997; SLIVA et al. 1997):

Von 1976 bis 1985 wurde dort auf einer knapp 1400 m langen und 250 m breiten Fläche Hochmoortorf im Fräsverfahren abgebaut. Nach behördlich verfügter Einstellung des Torfabbaus wurden die im Schnitt 30 m breiten, von tiefen Entwässerungsgräben gesäumten Fräsbahnen nach den am Bodentechnologischen Institut des Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung, Bremen für norddeutsche Moore entwickelten Verfahren (EGGELSMANN 1987) terrassiert und verwallt, um auf diese Weise ebene Polder zu erhalten, in denen Niederschlagswasser zurückgehalten werden kann. Nach Beendigung der Baumaßnahmen wurden im Jahr 1986 Versuchsflächen mit Arten der Zwischen- und Armmoore angelegt, um deren Eignung für die Moorentwicklung zu testen (s. PFADENHAUER 1989a). Nach zehnjähriger Kontrolle zeigt sich nun, daß nur dort, wo durch Lücken einer Schluff-/Tonlinse des Mooruntergrunds artesisch gespanntes mineralisches Grundwasser an die Oberfläche tritt, ganzjährig Wasser über der Mooroberfläche steht. Überall sonst versickert das Niederschlagswasser in dem durchlässigen Torf und speist den mooreigenen Wasserspiegel; dieser liegt mit jährlichen Schwankungen von 50 cm im Mittel bei 10 bis 20 cm unter Flur, so daß winterliche Nässe mit sommerlichen Trockenperioden abwechselt. Hier finden *Sphagnen* keine geeigneten Standortsbedingungen; eine Akrotelmbildung ist ausgeschlossen. Auf dem trockenen nackten Torf siedelte sich dagegen spontan der anemochore Pionier *Eriophorum vaginatum* an und täuschte vorübergehend eine erfolgreiche Hochmoorregeneration vor. Inzwischen werden diese Flächen erwartungsgemäß von Birken überwachsen.

Auf den vom mineralischen Druckwasserspiegel beeinflußten Poldern bildeten sich dagegen schon nach zwei Jahren Herden von *Typha latifolia*, die inzwischen von *Phragmites australis*-Röhrichten und von *Carex rostrata*-Beständen (z. T. aus Pflanzungen hervorgegangen, z. T. spontan) abgelöst wurden. Dies sind die einzigen Stellen auf den ehemaligen Fräsfeldern, wo sich erneut Torf bilden kann; Pflanzversuche mit verschiedenen Torfmoosarten haben gezeigt, daß v. a. die Struktur von *Carex rostrata*-Rasen außerordentlich vorteilhaft für die Bildung einer geschlossenen und wüchsigen *Sphagnum*-Decke ist. Diese ist unerläßlich für die Ausbildung eines Akrotelms. Ohne den dicht gelagerten, als Wasserstauer fungierenden Schwarztorf, der in nordwestdeutschen Mooren ein geeignetes Substrat für die Vernässung durch Niederschlagswasser sein kann (NICK et al. 1993), führt demnach die Terrassierung nach dem Vorschlag von EGGELSMANN (1987) nicht zum Erfolg.

In Mooren des Alpenvorlands mit ihrem porösen Hoch- und Übergangsmoortorf müssen am Ende des industriellen Abbaus geschlossene Stichsysteme überbleiben, wie sie - allerdings viel kleiner - in traditionellen Handtorfstichgebieten zu finden sind. Dies geschieht am besten im Rahmen eines "qualifizierten Endabbaus" (SCHUCH 1993) durch Entnahme im Klumpentorfverfahren (vgl. RICHARD 1990); dabei kann in den Moor- oder gar Grundwasserspiegel hinein abgetorft werden, so daß die Stichflächen 20 bis 30 cm überstaut sind (Abb. 7). Da die spontane Besiedlung dieser Flächen mehrere Jahrzehnte dauern kann und in der Regel keine diasporenhaltige Bunkerde mehr zur Verfügung steht, um die Stiche zu impfen, sollten klonal wachsende Pionier-Phanerogamen als für den Aufwuchs von grünen Torfmoosen notwendige Matrix eingebracht werden (Pflanzung von Rhizomstücken, z. B. von *Carex rostrata*; Details s. SLIVA 1997). Wegen des a priori lebensfeindlichen Milieus in Torfstichen mit rein ombrotrophem Charakter ist die Wiederbesiedlung erschwert und verläuft verzögert; es ist deshalb durchaus kein Nachteil, wenn so tief ausgebaggert wird, daß der Einfluß des mineralischen Grundwassers spürbar ist. Dies ist auch in regenerierenden Torfstichen oft der Fall.

4. Zusammenfassung

Rund 90% der Nieder- und ca. 50% der Hochmoore sind in Süddeutschland renaturierungsbedürftig; sie erfüllen nicht oder nur ungenügend die Funktionen ökologisch intakter Moore (Stoffspeicherung als Senken im Landschaftshaushalt, Retention von Überschußwasser, Lebensraum für an Wasserüberschuß und ggf. Nährstoffmangel angepaßte Arten). Primäres Renaturierungsziel ist Moorwachstum. Die hierfür notwendigen Vernässungsmaßnahmen bestehen in möglichst ganzjährigem Überstau bei stark degradierten Niedermooren; in vorentwässerten Hochmooren ist Grabenanstau, in industriell abgebauten Hochmooren die Austorfung bis in den Moorwasserspiegel hinein (Torfstichsimulation)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

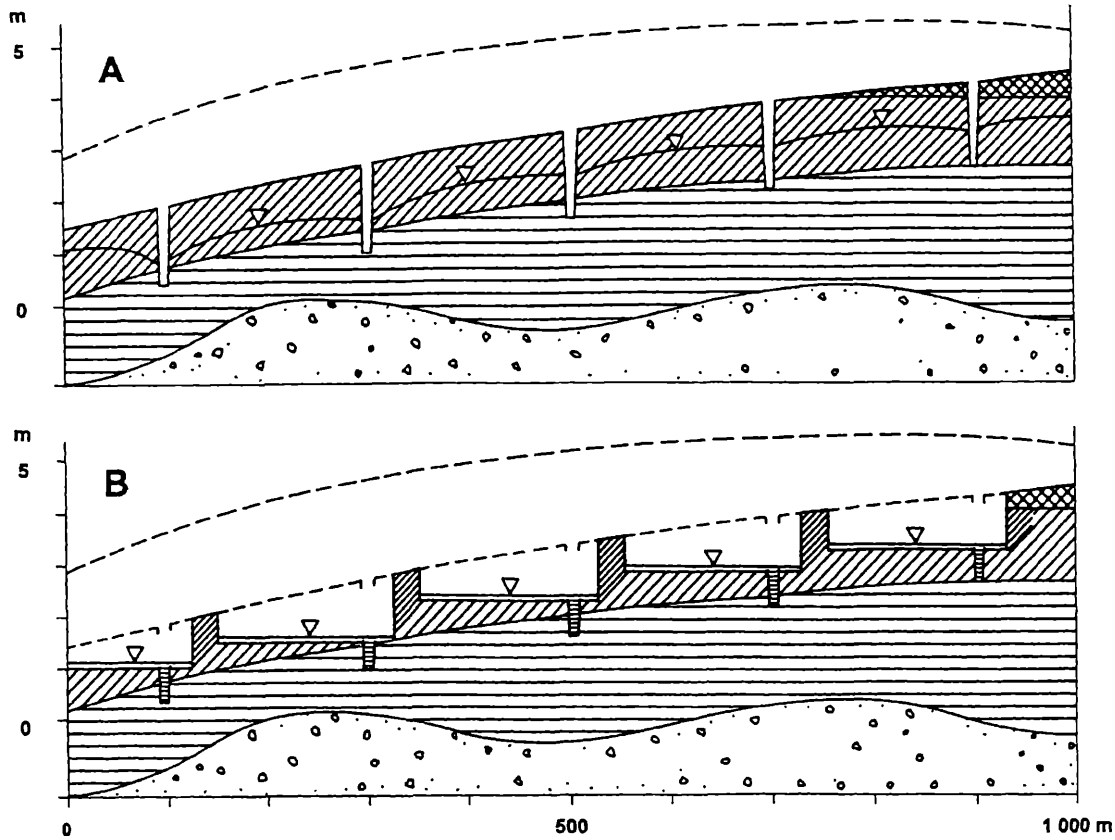

Abbildung 7

Schema der Terrassierung von Fräsfeldern in Süddeutschland. Nach Beendigung des Frästorfabbaus (A) werden im Klumpentorfverfahren Torfstiche erzeugt, deren Basis in den Moor- bzw. Grundwasserspiegel hineinreicht (B). Gestrichelt = ehemalige Mooroberfläche, kreuzweise schraffiert = Hochmoor-, schräg schraffiert = Übergangsmoor- (eng = verdichtet), waagrecht schraffiert = Niedermoortorf.

zielführend. Ansaat bzw. Pflanzung von Pionierarten, unter ombrotrophen Bedingungen ggf. eine leichte PK-Startdüngung beschleunigen den Wiederbesiedlungsprozeß. Auf vorher gedüngtem, vererdetem Niedermoor führt die totale Vernässung zu hochproduktiven Röhrichten und Seggenrieden; solche Flächen können zur Reinigung belasteter Fließgewässer eingesetzt werden (Aktivierung der Senkenfunktion). In Einzelfällen kann die Phytomasse für industrielle Zwecke abgeschöpft werden. Auf nicht oder nur winterlich vernäßbaren Niedermooren wird eine Kombination aus Aushagerung und Ansaat mittels Mähgut vorgeschlagen, mit der artenreiches Feuchtgrünland ohne großen finanziellen Aufwand aufgebaut werden kann. Es empfiehlt sich, extensive Bewirtschaftungsformen zu etablieren (z.B. Mutterkuhhaltung, Jungviehweide), um die neuen Feuchtwiesen langfristig zu sichern.

Summary

About 90% of fens and 50% of rain-bogs are worth to be restored in southern Germany, because they don't fullfill sufficiently the function of ecologically intact mires, e. g. sinks for solid materials and nutrients, retention of surplus waters, living space for plant and animal species adapted to wet and sometimes nutrient poor site conditions. The primary goal of restoration has to be peat growth. Therefore in strongly degraded fens rewetting measures have to be planned in a way that the fen area is flooded by water over the most part of the year. Pre-drained rain bogs require ditch closing; in industrially exploited bogs peat mining has to be finished by excavating beneath the mire water level so that peat holes remain like in former hand cutting areas. Sowing and/or planting of pioneer phanerogams and mosses like *Carex rostrata* or green *Sphagna* accelerate the vegetation development and the peat growth; these processes can slightly be promoted by a PK-fertilization.

Total rewetting leads to high productive reeds of *Thypha*, *Phragmites* or tall sedges if the fen soils were loaded by phosphorous due to previous intensiv agricultural use. In this case, such areas can serve as cleaning systems for polluted waters and become sinks again. The phytomass could possibly be used for industrial use. Fens not suitable for total

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

rewetting are suggested to be developed for moist grassland rich in species. For this goal, a combination of impoverishment and introducing the desired plant species is recommended. To stabilize these new created vegetation systems extensive forms of grassland pasturing have to be installed.

5. Literatur

AUGUSTIN, J.; W. MERBACH, W. SCHMIDT & E. REINIG (1996):
Effect of changing temperature and watertable on trace gas emissions from minerotrophic mires. - Angew. Bot. 70: 45-51.

BAKKER, J. P. (1989):
Nature management by grazing and cutting. - Geobotany 14, 400 S.

BIEWER, H. (1997):
Regeneration artenreicher Feuchtwiesen. - In: BIEWER, H. & P. POSCHLOD (Hrsg.): Regeneration artenreicher Feuchtwiesen im Federseegebiet. Veröff. Projekt Angewandte Ökologie 24: 11-323.

BLU (Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Hrsg.) (1996):
Nationalparks, Naturschutzgebiete, Landschaftsschutzgebiete und Naturparke Bayerns mit naturräumlicher Gliederung. - Karte im Maßstab 1 500 000 mit rückseitigen Erläuterungen.

BRAUN, W. (1968):
Die Kalkflachmoore und ihre wichtigsten Kontaktgesellschaften im bayerischen Alpenvorland. Diss. Bot. 1, 134 S.

BRAUNHOFER, H. (1978):
Die Vegetation westlich des Staffelsees und ihre Standortsbedingungen. - Diss. TU München, 188 S.

BRIEMLE, G.; D. EICKHOFF & R. WOLF (1991):
Mindestpflege und Mindestnutzung unterschiedlicher Grünlandtypen aus landschaftsökologischer und landeskultureller Sicht. Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 60, 160 S.

DIETRICH, O.; R. DANNOWSKI, J. QUAST & R. TAUSCHKE (1996):
Untersuchungen zum Wasserhaushalt nordostdeutscher Niedermoore am Beispiel der Friedländer Großen Wiese und des Oberen Rhinluchs. - ZALF-Bericht Müncheberg 25, 59 S.

EGGELSMANN, R. (1987):
Ökotechnische Aspekte für eine Hochmoor-Regeneration. - Telma 17: 52-94.

——— (1989):
Wiedervernässung und Regeneration von Niedermoor. - Telma 19: 27-41.

EGLOFF, T. (1986):
Auswirkungen und Beseitigung von Düngungseinflüssen auf Streuwiesen. - Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich 89, 183 S.

FLESSA, A.; U. WILD, M. KLEMISCH & J. PFADENHAUER (1996):
C- und N-Stofflüsse auf Torfstichsimulationsflächen im Donaumoos. - Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 38: 11-17.

FLESSA, H; U. WILD, M. KLEMISCH & J. PFADENHAUER (1998):
Nitrous oxide and methane fluxes from organic soils under agriculture. - European Journal of Soil Science 49: 327-335.

GANZERT, C. (1992):
Der Einfluß der Agrarstruktur auf die Umweltentwicklung in Feuchtgebieten Konflikte, agrarpolitische Maßnahmen und Lösungsansätze. Urbs et Regio 59, 156 S.

GÖTTLICH, K. H. & H. KUNTZE (1990):
Moorkultivierung für Land- und Forstwirtschaft. In: GÖTTLICH, K. H. (Hrsg.): Moor- und Torfkunde. - 3. neubearb. Auflage, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, S. 385-410.

GROOTJANS, A. & R. VAN DIGGELEN (1995):
Assessing the restoration prospects of degraded fens. In: WHEELER, B. D.; S. C. SHAW, W. J. FOJT & R. A. ROBERTSON (eds.): Restoration of temperate wetlands. - John Wiley & Sons, Chichester, S. 73-90.

GROSSE-BRAUCKMANN, G. (1990):
Ablagerungen der Moore. In: GÖTTLICH, K. H. (Hrsg.): Moor- und Torfkunde. - 3. neubearb. Auflage, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, S. 175-236.

——— (1997):
Moore und Moor-Naturschutzgebiete in Deutschland eine Bestandsaufnahme. - Telma 27: 183-205.

GRÜNIG, A. (ed.) (1994):
Mires and Man. Mire Conservation in a Densily Populated Country - the Swiss Experience. - Swiss Fed. Inst. Forest, Snow, Landscape, Birmensdorf, 415 S.

HEIDT, P. (1998):
Steuerung des Wasserhaushalts zur Wiedervernässung von Niedermooren. Mitt. Inst. f. Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau der Univ. Hannover 85.

HELLBERG, F. (1995):
Entwicklung der Grünlandvegetation bei Wiedervernässung und periodischer Überflutung. - Diss. Bot. 243, 271 S.

HOFSTETTER, R. H. (1983):
Wetlands in the United States. In: GORE, A. I. P. (ed.): Mires: Swamp, Bog, Fen and Moor. - Ecosystems of the World, Vol. 4 B, 201-214.

INGRAM, H. A. P. (1983):
Hydrology. - In: GORE, A. J. P. (ed.): Mires: Swamp, Bog, Fen and Moor. - Elsevier, Amsterdam, S. 67-158.

JOOSTEN, J. H. J. (1993):
Denken wie ein Hochmoor: Hydrologische Selbstregulation von Hochmooren und deren Bedeutung für Wiedervernässung und Restauration. - Telma 23: 95-115.

KAPFER, A. (1988):
Versuche zur Renaturierung gedüngten Feuchtgrünlands. Aushagerung und Vegetationsentwicklung. - Diss. Bot. 120, 144 S.

KAPFER, A. & P. POSCHLOD (1997):
Sümpfe und Moore. Biotope erkennen, beschützen, bestimmen. - In: HUTTER, C. P. (Hrsg.): Biotop-Bestimmungsbücher. - Weitprecht, Stuttgart, Wien, Bern, 135 S.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

KAULE, G. (1974):
Die Übergangs- und Hochmoore Süddeutschlands und der Vogesen. - Diss. Bot. 27, 345 S.

KOERSELMAN, W. & J. T. A. VERHOEVEN (1995):
Eutrophication of fen ecosystems: external and internal nutrient sources and restoration strategies. - In: WHEELER, B. D.; S. C. SHAW, W. J. FOJT & R. A. ROBERTSON (eds.): Restoration of temperate wetlands. - John Wiley & Sons, Chichester, 91-112.

KONOLD, W. (1994):
Von der Dynamik einer Kulturlandschaft. In: KONOLD, W. (Hrsg.): Naturlandschaft - Kulturlandschaft. - Ecomed, Landsberg, 22-27.

KRAEMER, O. (1958):
Die Typen der bayerischen Moore, ihre Verbreitung und ihre Nutzung. - Mitt. f. Landkultur, Moor- und Torfwirtschaft 6: 33-42.

KRÜGER, G.-M. (1998):
Wasserbauliche Maßnahmen im Wurzacher Ried. - In: Naturschutzzentrum Bad Wurzach (Hrsg.): Zehn Jahre Projekt Wurzacher Ried. - Margraf, Weikersheim, 79-95.

KRÜGER, G.-M. & J. PFADENHAUER (1991):
Naturschutzkonzept für eine Moorlandschaft europäischen Rangs - das Wurzacher Ried in Baden-Württemberg. Verhandl. Ges. f. Ökologie 20: 333-337.

LÜTT, S. (1992):
Produktionsbiologische Untersuchung zur Sukzession der Torfstichvegetation in Schleswig-Holstein. Mitt. Arbeitsgemeinschaft Geobotanik Schleswig-Holstein Hamburg 43.

LUGO, A. E. (1990):
Introduction. - In: LUGO, A. E.; M. BRINSON & S. BROWN (eds.): Forested Wetlands. - Ecosystems of the World, Vol. 15: 1-14.

MAAS, D. (1988):
Keimung und Etablierung von Streuwiesenpflanzen nach experimenteller Ansaat. Natur und Landschaft 63: 411-415.

NICK, K. J.; J. BLANKENBURG, R. EGGELSMANN, H. E. WEBER, D. MOSSAKOWSKI, H. FRÄMBS, R. BEINHAUER & J. LIENEMANN (1993):
Beiträge zur Wiedervernässung abgebauter Schwarztorfflächen. Ergebnisse eines Erprobungs- und Entwicklungsvorhabens im Leegmoor, Landkreis Emsland. Naturschutz Landschaftspflege Niedersachsen 29, 129 S.

PABSCH, E. (1989):
Planung und Anleitung von Baumaßnahmen für das Renaturierungsprojekt Rotes Moor. Telma Beiheft 2: 67-75.

PATZELT, A. (1998):
Vegetationsökologische und populationsbiologische Grundlagen für die Etablierung von Magerwiesen in Niedermooren. - Diss. Bot. 297, 215 S.

PATZELT, A.; F. MAYER & J. PFADENHAUER (1997):
Renaturierungsverfahren zur Etablierung von Feuchtwiesenarten. - Verhandl. Ges. f. Ökologie 27: 165-172.

PFADENHAUER, J. (1989a):
Renaturierung von Torfabbauflächen in Hochmooren des bayerischen Alpenvorlands. - Telma, Beiheft 2: 313-330.

——— (1989b):
Gedanken zur Pflege und Bewirtschaftung voralpiner Streuwiesen aus vegetationskundlicher Sicht. - Schriftenreihe Bayer. Landesamt für Umweltschutz 95: 25-42.

——— (1995):
Ökosystemmanagement für Niedermoore. Ausblick auf die zweite Phase des Verbundvorhabens. - Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 36: 132-137.

——— (1997):
Vegetationsökologie - ein Skriptum. - 2. verb. und wesentlich erweiterte Auflage. IHW-Verlag, Eching.

——— (1998):
Das ökologische Entwicklungskonzept Wurzacher Ried - ungestörte Entwicklung als Schutzstrategie für Moore. - In: Naturschutzzentrum Bad Wurzach (Hrsg.): Zehn Jahre Projekt Wurzacher Ried. - Margraf, Weikersheim, 35-49.

PFADENHAUER, J. & M. KINBERGER (1985):
Torfabbau und Vegetationsentwicklung im Kulbinger Filz (Region Südostoberbayern). Ber. ANL (Laufen) 9: 37-44.

PFADENHAUER, J. & F. KLÖTZLI (1996):
Restoration experiments in middle European wet terrestrial ecosystems: an overview. Vegetatio 126: 101-115.

PFADENHAUER, J.; G.-M. KRÜGER & E. MUHR (1991):
Ökologisches Gutachten Donaumoos. Konzept zur künftigen Landschaftsentwicklung. Schriftenreihe Bayer. Landesamt für Umweltschutz München 109, 83 S.

PFADENHAUER, J. & D. MAAS (1987):
Samenpotential in Niedermoorböden des Alpenvorlandes bei Grünlandnutzung unterschiedlicher Intensität. - Flora 179: 85-97.

PFADENHAUER, J.; C. SIUDA, C. KRINNER, H. LIPSKY & N. BRÄU (1990):
Ökologisches Entwicklungskonzept Kendlmühlfilzen. Schriftenreihe Bayer. Landesamt für Umweltschutz München 91, 61 S.

PLACHTER, H. & M. REICH (1996):
Großflächige Schutz- und Vorrangräume: Eine neue Strategie des Naturschutzes in Kulturlandschaften. - Veröff. Projekt Angewandte Ökologie 14: 159-188.

POSCHLOD, P. (1990):
Vegetationsentwicklung in abgetorften Hochmooren des bayerischen Alpenvorlandes unter besonderer Berücksichtigung standortkundlicher und populationsbiologischer Faktoren. - Diss. Bot. 152, 331 S.

——— (1995):
Diaspore rain and diaspore bank in raised bogs and its implication for the restoration of peat mined sites. - In: WHEELER, B. D.; S. C. SHAW, W. J. FOJT & R. A. ROBERTSON (eds.): Restoration of temperate wetlands. - John Wiley & Sons, Chichester, S. 471-494.

POSCHLOD, P. & D. BLOCH (1998):
Verbreitung, Nutzungsgeschichte und heutige Situation der Moore in Baden-Württemberg. - In: Naturschutzzentrum Bad Wurzach (Hrsg.): Zehn Jahre Projekt Wurzacher Ried. - Margraf, Weikersheim, 173-188.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

POSCHLOD, P. & J. PFADENHAUER (1989):
Regeneration vegetativer Sproßteilchen von Torfmoosen. Eine vergleichende Studie an neun *Sphagnum*-Arten. Telma 19: 77-88.

QUINGER, B.; U. SCHWAB, A. RINGLER, M. BRÄU, R. STROHWASSER & J. WEBER (1995):
Lebensraumtyp Streuwiesen. - In: Bay. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen & Bay. Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (Hrsg.): Landschaftspflegekonzept Bayern II.9, 396 S.

RADLMAIR, S. & H. LAUSSMANN (1997):
Auswirkungen extensiver Beweidung und Mahd von Moorstandorten in Süddeutschland auf die Heuschreckenfauna (*Saltatoria*). Verhandl. Ges. f. Ökologie 27: 199-205.

RADLMAIR, S.; H. PLACHTER & J. PFADENHAUER (1999):
Geschichte der landwirtschaftlichen Moornutzung im süddeutschen Alpenvorland - ein Beitrag zur naturschutzfachlichen Leitbilddiskussion. - Landschaftsökologie und Naturschutz, im Druck.

RICHARD, K.-H. (1990):
Torfgewinnung und Torfverwertung. - In: GÖTTLICH, K. H. (Hrsg.): Moor- und Torfkunde. - 3. neubearb. Auflage, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, S. 411-454.

RODERFELD, H. (1992):
Die ökologische Wertigkeit von Bunkerde in Nordwestdeutschland. - Diss. Univ. Göttingen.

ROSENTHAL, G. (1992):
Erhaltung und Regeneration von Feuchtwiesen. Vegetationsökologische Untersuchungen auf Dauerflächen. Diss. Bot. 182, 283 S.

RÜCK, F. (1993):
Standortspezifische Stickstoffmineralisierung, jahreszeitlicher Verlauf des Mineralstickstoffvorrats und der Nitratauswaschung in Böden des Wasserschutzgebietes Donauried. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte 15, 226 S.

RÜCK, F. & K. STAHR (1995):
Beitrag der Stickstoffmineralisierung zur N-Bilanz auf Wirtschaftsgrünland und Streuwiesen im Allgäu. - Mitt. Deutsch. Bodenkundlicher Gesellschaft 76: 923-926.

SCHANZ, R. (1998):
Projektmanagement im Naturschutzprojekt Wurzacher Ried. - In: Naturschutzzentrum Bad Wurzach (Hrsg.): Zehn Jahre Projekt Wurzacher Ried. - Margraf, Weikersheim, 59-67.

SCHNEEBELI, M. (1991):
Jahrtausendelanges Moorwachstum und Regeneration. Telma 21: 111-118.

SCHOPP-GUTH, A. (1993):
Einfluß unterschiedlicher Bewirtschaftung auf populationsbiologische Merkmale von Streuwiesenpflanzen und das Samenpotential im Boden. - Diss. Bot. 204, 165 S.

——— (1997):
Diasporenpotential intensiv genutzter Niedermoorböden Nordostdeutschlands - Chancen für die Renaturierung? - Z. Ökologie u. Naturschutz 6: 97-109.

SCHUCH, M. (1993):
Moorrenaturierung durch qualifizierten Endabbau im Ainringer Moos. - Telma 23: 243-252.

SCHUCH, M.; W. LAFORCE & W. MEINDL (1986):
Die Moorvorkommen Bayerns und ihr derzeitiger Zustand. - Telma 16: 11-21.

SCHUCKERT, U.; P. POSCHLOD & J. PFADENHAUER (1992):
Torfstich im Niedermoor - ein Beitrag zum Arten- und Biotopschutz? - Telma 22: 253-265.

SIUDA, C. (1995):
Renaturierung eines teilentwässerten Hochmoors im südlichen Oberbayern (Weidfilz). - Telma 25: 193-202.

SLIVA, J. (1997):
Renaturierung von industriell abgetorften Hochmooren am Beispiel der Kendlmühlfilzen. - Herbert Utz-Verlag Wissenschaft, München, 221 S.

SLIVA, J.; D. MAAS & J. PFADENHAUER (1997):
Rehabilitation of milled fields. - In: PRKYN, A. L.; R. E. STONEMAN & H. A. P. INGRAM (eds.): Conserving Peatlands. - CAB International, Wallingford, 295-314.

SUCCOW, M. (1988):
Landschaftsökologische Moorkunde. - Bornträger, Berlin.

——— (1998):
Nutzung, Nutzen und zukünftige Nutzbarkeit von Niedermoorstandorten. In: Naturschutzzentrum Bad Wurzach (Hrsg.): Zehn Jahre Projekt Wurzacher Ried. - Margraf, Weikersheim, 21-33.

WAGNER, A. & I. WAGNER (1996):
Pfrunger-Burgweiler Ried. Pflege und Entwicklungsplan. Ökologische Grundlagen und Konzeption zum Schutz einer oberschwäbischen Moorlandschaft. - Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 85, 304 S.

WHEELER, B. D. (1995):
Introduction: Restoration of Wetlands. - In: WHEELER, B. D.; S. C. SHAW, W. J. FOJT & R. A. ROBERTSON (eds.): Restoration of Temperate Wetlands. - John Wiley & Sons, Chichester, 1-18.

WICHTMANN, W. & D. KOPPISCH (1998):
Nutzungsalternativen für Niedermoore am Beispiel Nordostdeutschlands. - Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 39: 162-168.

WILD, U. (1997):
Renaturierung entwässerter Niedermoore am Beispiel des Donaumooses bei Ingolstadt: Vegetationsentwicklung und Stoffhaushalt. Herbert Utz-Verlag Wissenschaft, München.

WILD, U. & J. PFADENHAUER (1997):
Stickstoffhaushalt auf Niedermoor-Renaturierungsflächen im Donaumoos. Verhandl. Ges. f. Ökologie 27: 235-242.

ZALF (Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e. V., Hrsg.) (1998):
Ökologisches Entwicklungskonzept Oberes Rhinluch. Nicht publizierter Abschlußbericht für BMBF, Müncheberg.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

ZEITZ, J.; I. VOGEL, R. TÖLLE & H. LEHRKAMP (1997):
Entwicklung eines Bewertungsverfahrens und Erarbeitung von Richtlinien zum Schutz der Bodenfunktionen in Niedermooren Brandenburgs. - Ökologische Hefte der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät Berlin 8, 153 S.

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

ZOLLNER, A. (1993):
Renaturierung von bewaldeten Mooren im oberbayerischen Staatswald. - Telma 23: 297-359.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Jörg Pfadenhauer
Technische Universität München
Lehrstuhl für Vegetationsökologie
D-85350 Freising
e-mail: pfadenha@weihenstephan.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge (LSB)

Jahr/Year: 1998

Band/Volume: 6_1998

Autor(en)/Author(s): Pfadenhauer Jörg

Artikel/Article: Renaturierung von Mooren im süddeutschen Alpenvorland 9-24