

T. EICKENSCHIEDT, J. KRIMMER, M. DRÖSLER

ETABLIERUNG VON NIEDERMOOR- PALUDIKULTUREN



Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz



Europäische Union
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung

Leitfaden zur Etablierung von Niedermoor-Paludikulturen

T. Eickenscheidt¹, J. Krimmer², M. Drösler¹

¹ Tim Eickenscheidt, Matthias Drösler, Peatland Science Centre, Institut für Ökologie und Landschaft, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Am Hofgarten 1, 85354 Freising.

² Johann Krimmer, Samen und Pflanzen für naturnahes Grün, Sünzhauser Str. 5, 85354 Freising-Pulling.

Der Leitfaden zur Etablierung von Niedermoor-Paludikulturen fasst die Ergebnisse des Projekts MOORuse - Paludikulturen für Niedermoorböden in Bayern - Etablierung, Klimarelevanz & Umwelteffekte, Verwertungsmöglichkeiten und Wirtschaftlichkeit (FKZ 64 b –U8639.1-2015/8-14; Laufzeit 03.2016 – 31.12.2022) zusammen. Für eine ausführliche Darstellung wird auf den Schlussbericht des MOORuse-Projektes (<https://forschung.hswt.de/publikationen>) verwiesen.

Das diesem Leitfaden zugrundeliegende Vorhaben MOORuse wurden mit Mitteln des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV) und der Europäischen Union im Rahmen des EU-Programms Ziel IWB EFRE gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Danksagung

Unser besonderer Dank gilt den Landwirten Herrn Ludwig Büchler, Herrn Jochen Krauss und Herrn Josef Ziegeltrum für die Bereitstellung der Untersuchungsflächen sowie für ihre tatkräftige Unterstützung bei allen technischen Projektbelangen. Weiterhin danken wir der Arbeitsgemeinschaft Schwäbisches Donaumoos e.V. und dem Donaumoos-Zweckverband, insbesondere Anja Schuhmann, Ulrich Mäck und Michael Hafner für die Flächenakquise, für die Umsetzung der Wiedervernässungsmaßnahmen sowie für das Flächenmanagement.

IMPRESSUM

- Leitfaden zur Etablierung von Niedermoor-Paludikulturen
- © Peatland Science Centre
- Erscheinungsjahr: 2023

HERAUSGEBER

- Prof. Dr. Matthias Drösler
- Professur für Vegetationsökologie
- Forschungsprofessur für Klimawandel und Moor-Ökosysteme

ANSCHRIFT

- Peatland Science Centre
- Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
- Am Hofgarten 1 | 85354 Freising
- www.hswt.de

REDAKTION, GESTALTUNG UND SATZ

- Tim Eickenscheidt | Carla Bockermann
- Peatland Science Centre
- Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
- E-Mail: tim.eickenscheidt@hswt.de

LAYOUT

- Tim Eickenscheidt | Carla Bockermann | Ella Papp

BILDNACHWEISE

- Titelbild, Abb. Nr.: 1, 2, 3 (linkes Bild), 5, 6 (linkes Bild & mittiges Bild), 7 (rechtes Bild) ©Tim Eickenscheidt
- Abb. Nr.: 3 (rechtes Bild) © Anja Schumann
- Abb. Nr.: 4 (rechtes Bild), 6 (rechtes Bild), 7 (linkes Bild) © Felix Lipp
- Abb. Nr.: 4 (linkes Bild) © Belinda Strahl

INHALTSVERZEICHNIS

1 VORWORT.....	5
2 CHARAKTERISIERUNG DER PFLANZENARTEN UND STANDORTSANSPRÜCHE	6
3 FLÄCHENVORBEREITUNG	8
4 GRUNDBODEN-BEARBEITUNG	8
5 EINSAAT	9
5.1 SAATBETTBEREITUNG	10
5.2 SAATTECHNIK.....	10
5.3 SAATTERMIN.....	11
5.4 SAATMENGE UND SAATGUT	11
6 PFLANZUNG	12
6.1 PFLANZBETTBEREITUNG	13
6.2 PFLANZTECHNIK.....	13
6.3 PFLANZTERMIN	14
6.4 PFLANZVERBÄNDE & PFLANZENGRÖÖE	15
7 PFLEGE – PFLANZENSCHUTZ	16
8 DÜNGUNG.....	17
9 REFERENZEN	18

1 VORWORT

Die Entwässerung und intensive landwirtschaftliche Nutzung von organischen Böden hat in den letzten Jahrzehnten dazu geführt, dass Moore ihre ökologischen Serviceleistungen verloren haben und zu "hot-spots" für Treibhausgas-Emissionen geworden sind. Aktuell trägt die land- und forstwirtschaftliche Nutzung von drainierten Mooren mit 7,7 % zu den nationalen Gesamtemissionen bei (JBA, 2021). Addiert man neben den direkten Lachgas-Emissionen (N_2O) ebenfalls die Kohlenstoffdioxid- (CO_2) und Methan-Emissionen (CH_4) aus der landwirtschaftlichen Nutzung drainierter organischer Böden zusammen¹, so stammen 45 % der Gesamtemissionen des landwirtschaftlichen Sektors aus der intensiven Moornutzung (Tiemeyer et al., 2020). Zahlreiche Forschungsprojekte haben gezeigt, dass die Wiedervernässung degradiert Moorflächen die einzige effiziente Maßnahme zum dauerhaften Klima- und Artenschutz darstellt (z.B. Drösler, 2005; Beetz et al., 2013, Tiemeyer et al., 2013). Entgegen der klassischen Renaturierung von Moorflächen, bieten Paludikulturen (abgeleitet aus dem lateinischen Wort „Palus“ für Sumpf oder Morast) moorschonende, standortangepasste Nutzungsalternativen, welche mit einer Teil- oder Wiedervernässung kombiniert werden können.

Schwerpunktfelder für die Etablierung von Paludikulturen sollten bisher intensiv genutzte Acker- oder Grünlandstandorte auf drainierten organischen Böden darstellen. Beide Landnutzungstypen weisen die höchsten Emissionsfaktoren mit 40,4 bzw. 31,7 t CO_2 -eq. $\text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ (Tiemeyer et al., 2020) auf und bieten somit das größte Potential zur signifikanten Reduktion von Treibhausgasen (THG) im landwirtschaftlichen Sektor. Nach derzeitigem Kenntnisstand aus dem MOORuse-Projekt emittieren Paludikulturen bei einem mittleren Jahresgrundwasserstand im Bereich von +4 bis -10 cm bezogen auf die Geländeoberfläche ca. $-13,0 \pm 13,9$ t CO_2 -eq. $\text{ha}^{-1} \text{a}^{-1}$. Somit können Paludikulturen als erhebliche CO_2 -Senke fungieren. Gleichzeitig bieten die unterschiedlichen Paludikulturpflanzen die Möglichkeit einer stofflichen oder energetischen Nutzung. Hierdurch können andere fossile Energieträger substituiert werden, was zu einer weiteren Reduktion der THG-Emissionen führt.

Damit Paludikulturen zukünftig auch für die Betriebe eine ökonomisch attraktive Option darstellen, sind einerseits Förderprogramme wie das bayerische Moorbauernprogramm in Vorbereitung. Andererseits müssen die Verwertungsschienen aufgebaut werden, wofür Investitionsförderungen für Produktionsstätten erforderlich sein werden. Die stetige Neu- und Weiterentwicklung von hochwertigen Produkten aus Paludikulturbiomasse, sowie die Verarbeitung im industriellen Maßstab wird dazu führen, dass einige Paludikulturpflanzenarten wettbewerbsfähige Deckungsbeiträge für den landwirtschaftlichen Betrieb liefern werden.

¹ CO_2 - und CH_4 -Emissionen aus der Nutzung drainierter organischer Böden werden dem Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) zugeordnet. Direkte N_2O -Emissionen werden dem Sektor Landwirtschaft zugerechnet.

Im Zeitraum der letzten Dekade wurden in Deutschland, den Niederlanden und Dänemark zahlreiche Forschungsprojekte im Themenbereich der Paludikulturen durchgeführt. Trotz erheblicher Anstrengungen können neue landwirtschaftliche Produktionsverfahren nicht über einen so kurzen Zeithorizont allumfassend entwickelt werden. Im Themenbereich Etablierungsverfahren, langfristige Ertragsentwicklung, Sorten- und Herkunftsversuche, sowie zu Fragen einer umweltverträglichen Nährstoffrückführung gibt es nach wie vor erhebliche Defizite. Hier wäre es wünschenswert, wenn besonders die einschlägigen Institutionen (Hochschulen, Landes- und Bundesanstalten) großangelegte Dauerversuche anlegen würden. Der vorliegende Handlungsleitfaden basiert auf den Untersuchungen aus dem MOORuse-Projekt, welches im Zeitraum 2016 bis 2022 unter der Leitung der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf mit diversen externen Projektbeteiligten durchgeführt wurde. Nach aktuellem Kenntnisstand handelt es sich dabei bisher um die langfristigen und methodisch fundiertesten Versuche zur Etablierung und Ertragsentwicklung von unterschiedlichsten Paludikulturen. Trotz sorgfältiger und gewissenhafter Bearbeitung kann dieser Handlungsleitfaden nur einen ersten Rahmen zur Etablierung von Paludikulturen bieten. Aus den zahlreichen Versuchen und Erfahrungen leiten wir Handlungsempfehlungen ab, die gegebenenfalls auf die jeweiligen Standortgegebenheiten angepasst werden müssen.

2 CHARAKTERISIERUNG DER PFLANZENARTEN

Für die Paludikultur werden standorttypische Pflanzen genutzt, die an der Moorbildung beteiligt waren und daher an hohe Wasserstände angepasst sind. Als Paludikulturen auf wiedervernässten, degradierten Niedermooren eignen sich vor allem das Gemeine Schilf (*Phragmites australis*), das Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*), Rohrkolbenarten (*Typha* spp.) und Großseggen (*Carex* spp.). Alle aufgeführten Paludikulturarten zeichnen sich durch eine sehr hohe Ertragsleistung aus. Schilfbestände zeigen allerdings ein sehr langsames Jugendwachstum wodurch die volle Ertragsleistung erst im fünften oder sechsten Standjahr erreicht wird. Danach sind in Abhängigkeit vom Standort Trockenmasseerträge (TM) bis zu 23,8 t ha⁻¹ a⁻¹ möglich (Birrr et al., 2021). Rohrkolben erreicht nach Aussaat oder Pflanzung bereits im dritten Standjahr Erträge von bis zu 8,8 t TM ha⁻¹ a⁻¹. Als maximale Erträge werden für die Rohrkolbenarten bis zu 22,1 t TM ha⁻¹ a⁻¹ angegeben (Birrr et al., 2021). Diese hohen Erträge werden aber vermutlich nur unter permanentem Wasserüberstau und der Einleitung nährstoffbelasteter Oberflächenwässer erzielt. Die im Vorwort beschriebene Klimaschutzleistung der Paludikulturen ist nach aktuellem Kenntnisstand bei dieser Art der Bewirtschaftung aufgrund der sehr hohen Methan-Emissionen nicht zu erreichen. Die Seggen und das Rohrglanzgras erreichen ebenfalls bereits im dritten Standjahr Erträge bis zu 11,6 t TM ha⁻¹ a⁻¹. Die höchsten Biomasseerträge erzielen die oben genannten Pflanzen, wenn eine vollständige Wiedervernässung mit mittleren jährlichen Grundwasserständen von –10 cm oder höher unter der Geländeoberfläche erzielt werden. Rohrglanzgras und die Großseggen *Carex acutiformis* und *Carex actua* sind allerdings relativ tolerant gegenüber längeren, trockeneren Phasen mit Grundwasserständen bis zu –30 cm. Schilf und die

Rohrkolbenarten dagegen benötigen permanent hohe Grundwasserstände um dichte Bestände auszubilden.

Im Weiteren wird die Etablierung dieser Pflanzenarten genauer beschrieben, da diese bisher am umfangreichsten untersucht wurden. Zukünftig wird die Anzahl an vielversprechenden Paludikulturarten vermutlich zunehmen, da eine Vielzahl an Feuchteangepassten Arten weltweit existieren. Das Greifswald Moor Centrum betreibt dazu eine Datenbank mit potentiellen Paludikulturpflanzen (<https://www.greifswaldmoor.de/dppp.html>, Abel et al., 2013).



Abb. 1 Potentielle Paludikulturpflanzen. a) Breitblättriger Rohrkolben, b) Schmalblättriger Rohrkolben, c) Gemeines Schilf, d) Rohrglanzgras, e) Sumpf-Segge, f) Schlank-Segge.

3 FLÄCHENVORBEREITUNG

Mögliche Wiedervernässungsmethoden sowie die erforderlichen rechtlichen Genehmigungsschritte sind nicht Gegenstand dieses Leitfadens, müssen aber im Vorfeld abgeklärt und entsprechend eingeleitet werden. Alle baulichen Maßnahmen die für die Wiedervernässung der Fläche notwendig sind, müssen im Jahr vor der Paludikulturetablierung abgeschlossen sein. Nur so kann gewährleistet werden, dass eine schnelle Wiedervernässung nach der Aussaat oder Pflanzung erzielt wird. Etwaige Drainage-Kappungen oder die Anlage von neuen Bewässerungsgräben sollten so eingeplant werden, dass sie unmittelbar nach der Ernte der Vorfrucht im Spätsommer (bei z.B. Getreideanbau) und noch vor der Grundbodenbearbeitung erfolgt sind. Um nach der Pflanzung oder Aussaat eine schnelle, flächige Wiedervernässung zu erreichen, hat es sich bewährt, unmittelbar nach der Pflanzung oder Aussaat mit einem einscharigem Pflug flache Quer- und Längsgräben vom Vorfluter bzw. den Bewässerungsgräben aus auf der Fläche anzulegen. Ist dieser Schritt geplant, so können schon vorher die Pflanzreihen in diesen Bereichen ausgespart werden.

4 GRUNDBODEN-BEARBEITUNG

Auf **Ackerflächen** die zukünftig als Paludikulturflächen bewirtschaftet werden sollen, erfolgt im Herbst eine konventionelle Bodenbearbeitung mit einem Pflug. Die Pflugtiefe sollte bei 20-25 cm liegen. Da die Befahrbarkeit der Flächen im Herbst häufig noch günstiger ist als im Frühjahr, empfiehlt es sich die Fläche nach dem Pflügen mit einem Kreiselgrubber mit Nachlaufwalze nachzubearbeiten. Dies dient auch der Rückverfestigung. Da Ackerstandorte im Vergleich zu Grünlandstandorten auf Niedermoorböden in der Regel über das Jahr besser befahrbar sind, ist die Grundboden- und Saatbettbearbeitung zeitlich flexibler planbar. Um die Methan-Emissionen nach der Wiedervernässung im Folgejahr möglichst gering zu halten, sollte die eingearbeitete Biomassemenge möglichst gering sein (wie im Fall von z.B. Silomais bzw. Getreide mit anschließender Strohgewinnung). Die Ansaat einer Zwischenfrucht sollte nicht erfolgen. Auf erosionsgefährdeten Standorten kann in Abhängigkeit von der Befahrbarkeit das Pflügen auch im Frühjahr erfolgen. Generell ist darauf zu achten, dass nicht zu viele Bodenbearbeitungsschritte bis zur Aussaat erfolgen, da der Oberboden bei degradierten Niedermoorböden schnell seine Gefügestabilität verliert und „puffig“ wird. Zudem sind bereits viele Oberböden vom Degradationstatus „vermulmt“. Im ausgetrockneten Zustand sind diese Böden durch Wasser und Wind sehr erosionsgefährdet und können nur sehr schlecht Wasser aufnehmen (hydrophobe Oberflächen).

Nach der bestehenden Rechtslage sind Paludikulturen agrarförderrechtlich Dauerkulturen (DK), d.h. der Anbau auf Dauergrünland (DG) ist eine DG-Umwandlung und bedarf ggf. einer Genehmigung. Ausgenommen von einer Umwandlung ist Dauergrünland in bestimmten Gebietskulissen, wie Flächen mit Biotopschutz, Natura2000-Gebiete, Naturschutzgebiete etc.. Hier ist Dauergrünland zu erhalten. Für sensible

Dauergrünlandflächen sowie für DG in der Moorbodenkulisse besteht somit in förderrechtlicher Hinsicht ein vollständiges Umwandlungs- und Pflugverbot. Eine Genehmigung der Umwandlung dieses DG ist nur bei Vorliegen besonderer Voraussetzungen möglich (siehe z.B. StMELF, 2023), die im Falle der Neuanlage von Paludikulturen aus wissenschaftlicher Sicht erfüllt sind.

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist es für die Etablierung von Paludikulturen unumgänglich, dass die alte Narbe vollständig entfernt wird. Dafür sollte der letzte Schnitt im Herbst möglichst tief geführt werden, so dass nur noch wenig oberirdische Biomasse stehen bleibt. Alternativ kann die Fläche nach dem letzten Schnitt gemulcht werden. Dabei gilt, je weniger frische Biomasse später eingearbeitet wird, desto geringer fallen die Methan-Emissionen unmittelbar nach der Wasserstandsanhhebung im Folgejahr aus. Das Abtöten der alten Grasnarbe mit Herbiziden sollte vermieden werden. Um die Biomasse und Altnarbe nicht oberflächlich im Saatbett einzuarbeiten empfiehlt sich eine konventionelle Bodenbearbeitung mit einem Pflug (bzw. einer Pflug-Packer-Kombination) der zusätzlich mit Vorschäler und Scheibensech ausgestattet ist. Die Pflugtiefe sollte analog zum Ackerstandort ebenfalls bei 20-25 cm liegen. Zur Rückverfestigung empfiehlt sich nach dem Pflügen ein weiterer Bodenbearbeitungsschritt mit einem Kreiselgrubber mit Nachlaufwalze. Alternativ zum Pflug kann auch eine Umkehrfräse mit einer Frästiefe von 10-13 cm eingesetzt werden. Das Pflügen bzw. Fräsen sollte möglichst spät im Jahr erfolgen, richtet sich jedoch an die Befahrbarkeit der Fläche. Nach derzeitigem Kenntnisstand ist eine Direktsaat ohne Zerstörung der Narbe nicht zu empfehlen. Laufende Versuche zeigen aber erste positive Etablierungsergebnisse mit Seggen, die in die bestehende Grasnarbe eingepflanzt wurden.

5 EINSAAT

Die Einsaat von Schilf und Rohrkolben kann empfohlen werden, wenn unmittelbar (1-7 Tage) nach der Aussaat der Flächengrundwasserstand bis zur Geländeoberfläche angehoben werden kann. Ein Wasserüberstau muss vermieden werden. Dies richtet sich vornehmlich nach den Standortgegebenheiten, der zur Verfügung stehenden Wassermenge und dem Wiedervernässungsverfahren. Die Einsaat von Rohrglanzgras ist ohne Einschränkungen zu empfehlen. Eine zügige Teil- bzw. Wiedervernässung ist aber auch hier notwendig, um dem Rohrglanzgras die notwendige Konkurrenzkraft gegenüber auflaufenden Beikräutern zu verschaffen. Alle Saatversuche mit Seggen (*Carex* spp.) sind im Projekt MOORuse gescheitert oder unzureichend gewesen. Aktuell werden im Projekt "Moorverträgliche Bewirtschaftungsmaßnahmen" (MOORbewi) an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf und der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft weiterführende Versuche zu diesem Themenbereich durchgeführt. Nach aktuellem Kenntnisstand kann eine Einsaat von Seggen nicht empfohlen werden. Eine abschließende Beurteilung zur Aussaat von Seggen wird nach den Ergebnissen des MOORbewi Projektes (2024) möglich sein.

5.1 SAATBETTBEREITUNG

Eine sorgfältige und sachgerechte Aussaat ist von entscheidender Bedeutung für den Etablierungserfolg von Paludikulturen. Nach der Grundbodenbearbeitung kann je nach zu erwartendem Unkrautdruck und Befahrbarkeit der Fläche zwei bis drei Wochen vor dem Saattermin durch Walzen ein „falsches Saatbett“ erstellt werden. Die Bodentemperatur sollte dabei bereits über 10 °C liegen. Auf den Einsatz von Herbiziden sollte zur Bekämpfung der auflaufenden Beikräuter verzichtet werden, da diese im Torfkörper sehr lange persistent bleiben. Stattdessen sollte in Abhängigkeit des Entwicklungsstadiums der Beikräuter eine flache, 1-2 cm tiefe, mechanische Bodenbearbeitung mit einem Striegel (bis Keimblattstadium) oder wenn das Keimblattstadium überschritten wurde, eine 4-5 cm tiefe Bodenbearbeitung mit einer Kreiselegge erfolgen (Abb. 2). Da die meisten Paludikulturpflanzen sehr kleine Samen haben (Tabelle 1) reicht ein feines, abgesetztes Saatbett nicht aus. Es wird empfohlen die Fläche unmittelbar vor der Aussaat mit einer Wiesenwalze ein- bis zweimal zu verdichten (Abb. 2). Gleichzeitig dient das Walzen dazu einen ebenen Saathorizont herzustellen wodurch die sehr flache Saattiefe (Tabelle 1) zuverlässiger eingestellt werden kann. Das Walzen hilft zudem den Bodenschluss auf den sehr leichten organischen Böden wiederherzustellen und einen kapillaren Wasseraufstieg zu ermöglichen wodurch die Wasserversorgung für den keimenden Samen besser erreicht wird.



Abb. 2 Linkes Bild: Mit Hilfe eines Kreiselgrubbers wird ein feines Saatbett erstellt. Rechtes Bild: Unmittelbar vor der Pflanzung bzw. Aussaat wird das Saatbett mit einer Wiesenwalze verdichtet.

5.2 SAATTECHNIK

Um die sehr geringen Saatgutmengen für die Paludikulturen besser handhaben zu können, hat es sich bewährt, das Saatgut mit Sojaschrot als Ansaathilfe zu strecken. Hierbei ist darauf zu achten, dass das Sojaschrot die gleiche Korngröße wie das Saatgut aufweist. Zudem muss unbedingt auf eine homogene Durchmischung von Saatgut und Ansaathilfe geachtet werden. Um die Aussaatmenge genau zu ermitteln ist vor der Aussaat eine Abdreprobe durchzuführen. Für die Einsaat von Rohrglanzgras, Rohrkolben und Schilf eignen sich Universal-Drillmaschinen mit einem Reihenabstand von 12-14 cm. Je nach Auslegung der Drillmaschine muss das Saatgut von Rohrkolben und Schilf entsprechend

mit der Ansaathilfe auf die minimal einstellbare Saatgutmenge der Maschine gestreckt werden.

Im Projekt „Paludi-PRIMA“ des Greifswalder Moor Centrums wurden erste Versuche zur Einsaat von Rohrkolben auf zuvor wiedervernässten Flächen mittels einer Drohne durchgeführt. Aufgrund der sehr geringen Aussaatstärke (Tabelle 1) kann dies eine sehr kostengünstige Alternative zur herkömmlichen Aussaat darstellen. Zudem kann eine vor der Aussaat erfolgreich eingeleitete Wiedervernässung das Risiko reduzieren, dass Samen nicht keimen oder absterben. Dies ist besonders in Gebieten zu empfehlen, in denen zu erwarten ist, dass eine ausreichende Wiedervernässung nicht schnell genug erreicht werden kann.



Abb. 3 Linkes Bild: Fünfreihe Spezialsaatmaschine (Anfertigung durch die LfL Landtechnik) für Saatstärken von $< 2 \text{ kg ha}^{-1}$. Rechtes Bild: Universaldrillmaschine während der Einsaat von Rohrglanzgras am Untersuchungsstandort Riedhausen.

5.3 SAATTERMIN

Für alle beschriebene Paludikulturarten sollte die Aussaat möglichst im Zeitraum Mitte April- bis Ende Mai erfolgen. Je später die Aussaat erfolgt, desto höher ist das Risiko, dass die Samen bzw. Keimlinge absterben, aufgrund der hohen Temperaturen welche der schwarze Niedermoortorf unter Sonneneinstrahlung erreicht. Dieses Risiko wird durch eine schnell eingeleitete Wiedervernässung nach der Aussaat deutlich reduziert. Versuche die Aussaat mittels einer dünnen Strohschicht vor zu hohen Temperaturen zu schützen, wurden bisher nicht praktiziert, könnten aber unter Umständen vielversprechend sein. Die Aussaat von Rohrglanzgras kann bis Ende Juli verlängert werden. Eine Aussaat der Paludikulturen ab August ist nicht zu empfehlen, da (zumindest im süddeutschen Raum) das Risiko besteht, dass die Wurzeln der Jungpflanzen bei Frost abreißen bzw. die Pflanzen aus dem Boden frieren und vertrocknen.

5.4 SAATMENGE UND SAATGUT

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die empfohlenen Saatstärken. Abgesehen von Rohrglanzgras besteht nach wie vor für alle aufgeführten Paludikulturen ein Mangel an zukaufbarem Saatgut. Inwieweit sich zukünftig Paludikulturen großflächig umsetzen

lassen, hängt wesentlich davon ab, ob genügend Saatgut produziert wird. Aus naturschutzfachlicher Sicht muss ebenfalls geklärt werden, inwieweit ein Fokus auf autochthonem Saatgut liegen sollte. Untersuchungen zur Keimfähigkeit und Ertragsentwicklung unterschiedlicher Sorten und Herkünfte gibt es bisher nur wenige bis gar keine. Im Rahmen des Projektes „Paludi-PRIMA“ der Universität Greifswald wurden erste Genotypisierungen von Schilf vorgenommen, sowie Schilfbestände in Mecklenburg-Vorpommern charakterisiert. Saatgutgewinnungsversuche im MOORuse-Projekt weisen darauf hin, dass die Seggen-Bestände nicht jährlich keimfähiges Saatgut ausbilden.

Tabelle 1 Empfohlene Aussaatstärken für Paludikulturen

Pflanzenart	Empfohlene Saatstärke [kg ha ⁻¹]	Saattiefe [cm]	Tausendkorngewicht [g]
Rohrglanzgras	10 - 15	1 - 2	1,14286
Gemeines Schilf	0,5 - 1	0 - 0,5	0,1087
Rohrkolben	0,5 - 1	0 - 0,5	0,0339 - 0,04082

6 PFLANZUNG

Die Pflanzung von vorgezogenen Ballenpflanzen kann für alle Paludikulturen ohne Einschränkungen empfohlen werden. Nach aktuellem Kenntnisstand ist die Pflanzung bisher die einzige Möglichkeit Seggen (*Carex* spp.) sicher zu etablieren. Für die anderen Paludikulturpflanzenarten besteht die Möglichkeit einer Einsaat (s.o.). Die Etablierung mittels Pflanzung ist immer mit sehr hohen Kosten und einem höheren Aufwand an Organisation im Vorfeld verbunden. Zum einen müssen Gärtnereien mit der Anzucht großer Stückzahlen an Ballenpflanzen beauftragt werden. Zum anderen treten größere logistische Herausforderungen für den Transport und die Zwischenlagerung der benötigten Pflanzen auf. Auch für die Pflanzung selbst wird eine entsprechende Technik sowie geschultes Personal benötigt, welches in der Regel dem landwirtschaftlichen Betrieb nur über Lohnunternehmen zur Verfügung steht. Die Pflanzung kann überall da eingesetzt werden wo die Wiedervernässung unter Umständen nicht ganz so schnell erreicht werden kann. Allerdings ist hier sehr genau auf die Witterungsbedingungen zu achten, damit die Pflanzen nicht vertrocknen! Als Problem hat sich im MOORuse-Projekt am Versuchsstandort in Langenmosen (im Bayerischen Donaumoos) die Anwesenheit von Krähen und Störchen nach der Pflanzung herausgestellt. Die Tiere neigen dazu bei Trockenheit die Pflanzen aus dem Boden zu ziehen und unter den Wurzelballen nach Würmern zu suchen. Dabei können ganze Kulturen mit etlichen tausend Pflanzen innerhalb kürzester Zeit vernichtet werden. Das Vergrämen der Tiere hat sich als äußerst schwierig herausgestellt. Als sichere Variante konnten die Kulturen mit Kulturnetzen geschützt werden. Das Ausbringen dieser Netze ist allerdings nur sehr begrenzt für großflächige Etablierungen umsetzbar (Abb. 7).

6.1 PFLANZBETTBEREITUNG

Die Pflanzbettbereitung ist analog zur Saatbettbereitung (Abschnitt 0) durchzuführen.

6.2 PFLANZTECHNIK

Für die Etablierung großer Flächen mittels Pflanzung kommen nur maschinelle Pflanzverfahren in Frage, um eine ausreichende Flächenleistung zu gewährleisten. Aufgrund des geringen Bodenwiderstandes kann die Verwendung herkömmlicher Gemüsepflanzmaschinen bisher nicht empfohlen werden (Abb. 4). Hier werden weiterführende Versuche mit unterschiedlich verfügbaren Anbaugeräten oder selbstfahrenden Maschinen dringend benötigt. Sehr gute Ergebnisse konnten mit einer Anbaupflanzplattform mit vorlaufender Pflanzlochwalze (Eigenbau Johann Krimmer, Samen und Pflanzen für naturnahes Grün) erzielt werden. Die vorlaufende Walze ermöglicht es dabei unterschiedliche Reihen und Pflanzabstände einzustellen. Die Pflanzleistung liegt mit diesem System bei einem eingespielten Pflanzteam bei ca. 4000 Pflanzen pro Stunde (Abb. 4).



Abb. 4 Linkes Bild: Maschinelle Pflanzung von *Carex acutiformis* am Versuchsstandort Riedhausen. Über die Vorlaufwalze werden die Pflanzlöcher im definierten Reihen- und Pflanzabstand in den Boden gedrückt. Hier im Bild werden fünf Reihen mit einem Abstand von 0,5 m parallel bepflanzt. Die Pflanzleistung liegt bei ca. 4000 Pflanzen pro Std. Rechtes Bild: Maschinelle Pflanzung von *Carex acutiformis* am Versuchsstandort Langenmosen mittels einer Gemüsepflanzmaschine. Trotz zweimaligem Walzen der Fläche war der Bodenwiderstand zu gering für diese Maschine was zu einem Verstopfen der Schare führte.



Abb. 5 Linkes Bild: Pflanzversuche mit unterschiedlichen Pflanzverbänden am Untersuchungsstandort im Freisinger Moos. Rechtes Bild: Saatversuch mit einem Reihenabstand von 0,5 m mit Schilf. Zwischen den Reihen hatte sich eine dichte Beikrautflora eingestellt die nach der Wiedervernässung nicht mehr maschinell bekämpft werden konnte. Durch die hohe Konkurrenzkraft von Schilf unter sehr nassen Bedingungen stellte dies für die anschließenden Kulturjahre aber keine Gefahr dar.

6.3 PFLANZTERMIN

Für alle beschriebene Paludikulturarten sollte die Pflanzung im Zeitraum Ende Mai bis Ende Juli erfolgen. Eine frühe Pflanzung setzt voraus, dass die Jungpflanzen schon im Jahr zuvor im Gewächshaus angezogen und überwintert werden müssen. Dadurch sind sie in der Regel deutlich teurer im Einkauf. Eine Pflanzung der Paludikulturen ab September ist nicht zu empfehlen, da (zumindest im süddeutschen Raum) das Risiko besteht, dass die Ballen aus dem Boden frieren und die Pflanzen vertrocknen.

In der Woche vor der Auslieferung ist eine Flüssig-Mehrnährstoffdüngung der Ballenpflanzen in der Gärtnerei empfehlenswert. Bei Seggen und Rohrglanzgras sollte vor der Pflanzung die oberirdische Biomasse auf ein Drittel eingekürzt werden, um die Transpiration zu reduzieren. Vor der Pflanzung sollten die Wurzelballen der Pflanzen in der Anzuchtplatte unbedingt mit Wasser aufgesättigt werden. Somit kann je nach Witterung die erste kritische Phase bis zur vollständigen Wiedervernässung bzw. einsetzendem Regen überbrückt werden. Im Vorfeld sollte abgeklärt werden, inwieweit Technik für eine Notfallbewässerung zur Verfügung steht, falls die Wiedervernässung nicht schnell genug erfolgt bzw. der Regen ausbleibt. Güllefässer mit seitlichem Auswurf haben sich hierfür als zweckdienlich erwiesen, da sie über eine akzeptable Flächenleistung verfügen (Abb. 7).



Abb. 6 Linkes Bild: Eine tägliche Kontrolle der Gewächshausatemperatur und Ballenfeuchtigkeit ist unerlässlich für eine erfolgreiche Anzucht der Paludikultur-Jungpflanzen. Bild Mitte: Für den Abtransport vorbereitete kräftige Jungpflanzen von *Typha angustifolia*. Rechtes Bild: Unmittelbar vor der Pflanzung sollten die Wurzelballen mit Wasser gesättigt werden.

6.4 PFLANZVERBÄNDE UND PFLANZENGRÖÖE

Tabelle 2 führt die empfohlenen Pflanzverbände auf. In der Literatur werden häufig weitere Pflanzverbände für Schilf und Rohrkolben angegeben. Dies richtet sich immer nach der Größe und Qualität des Pflanzgutes, dem erwarteten Unkrautdruck und der Nährstoffverfügbarkeit. Die Pflanzverbände gelten für Pflanzen die in 77er Anzuchtplatten (QuickPot Standard QP® 77) vorgezogen wurden. Diese Größe scheint einen guten Kompromiss zwischen Spross- und Wurzelbiomasse zu liefern. Der Wurzelballen ist dabei quadratisch mit den Maßen 4 x 4 cm und einer Höhe von 5 cm.

Seggen, Rohrkolben und Schilf besitzen sehr stark ausgeprägte vegetative Verbreitungsstrategien über Rhizome wodurch unter günstigen Bedingungen ein zügiger Dichtschluss zwischen den Reihen erreicht werden kann. Alle Paludikulturen zeigen unter idealen Standortbedingungen eine sehr hohe Konkurrenzskraft, dadurch bilden sich meist schon im zweiten oder dritten Standjahr monodominante Bestände. Bei den angegebenen Pflanzverbänden wird für Rohrkolben und Seggen schon im zweiten Standjahr die volle Ertragsleistung erreicht. Schilf hat dagegen eine sehr langsame Jugendentwicklung, die volle Ertragsleistung wird erst im fünften oder sechsten Standjahr erreicht. Ein engerer Pflanzverband als angegeben erhöht die Ertragsleistung von Schilf nicht signifikant.

Tabelle 2 Empfohlene Pflanzverbände für Paludikulturpflanzen

Pflanzenart	Empfohlener Pflanzverband	Pflanzengröße
Seggen	0,50 m x 0,32 m	Anzuchtplatte QuickPot Standard QP® 77
Schilf	1,00 m x 0,32 m	Anzuchtplatte QuickPot Standard QP® 77
Rohrkolben	1,00 m x 0,32 m	Anzuchtplatte QuickPot Standard QP® 77



Abb. 7 Linkes Bild: Wenn die Wiedervernässung trockenheitsbedingt nicht schnell genug erfolgt, kann es je nach Witterung schon im Zeitraum von 2 Tagen nach der Pflanzung notwendig sein die Kultur zu bewässern um einen vollständigen Ausfall der Pflanzung zu verhindern. Rechtes Bild: Zum Schutz vor Krähen oder Störchen kann es notwendig sein, die frisch gepflanzten Kulturen gegen Herausziehen mit einem Kulturnetz zu sichern. Dies ist natürlich von der Flächenausdehnung her nur begrenzt möglich.

7 PFLEGE – PFLANZENSCHUTZ

Langfristige Untersuchungen zur Pflege der Paludikulturen existieren bisher noch nicht. Der Einsatz von Herbiziden ist entsprechend der gesetzlichen Regelungen (Pflanzenschutzgesetz, diverse Verordnungen) auf den wiedervernässten Paludikulturen verboten. Aufgrund der sehr hohen Konkurrenzkraft der Paludikulturpflanzen bilden sich unter optimalen Wuchsbedingungen fast immer monodominante Bestände. Die Pflege der Paludikulturen wird hauptsächlich über den Flächenwasserstand und zum anderen über die Mahd-Frequenz gesteuert. Beikräuter entwickeln sich vornehmlich wenn der Wasserstand unter -10 cm bezogen auf die Geländeoberfläche abfällt oder über den Jahresverlauf sehr stark schwankt. Für die Rohrkolbenarten, Schilf und die Seggen, können Überstauphasen im Frühjahr und Frühsommer die Konkurrenzkraft gegenüber Beikräutern fördern. Rohrglanzgras reagiert dagegen mit Ertragseinbußen bei zu langen Überstauphasen im Frühjahr. Für einschürige (Wintermahd) Rohrglanzgras- und Seggen-Bestände kann es je nach Standort vorteilhaft sein, wenn sie in einem Abstand von drei bis vier Jahren zweischürig bewirtschaftet werden. Dabei sollte der erste Schnitt nicht vor Anfang Juli erfolgen.

Falls sich der Wasserstand nach einer Pflanzung oder Aussaat nicht so schnell wie erwartet einstellt bzw. trockenheitsbedingt nach erfolgreichem Auflaufen der Kulturen wieder absinkt, kann es bei den Seggen oder dem Rohrglanzgras von Vorteil sein, einen Schröpfschnitt bei $10 - 15$ cm Wuchshöhe zur Unterdrückung aufgelaufener Beikräuter und einjähriger Gräser durchzuführen. Für beide Rohrkolbenarten und Schilf darf kein Schröpfschnitt durchgeführt werden, da sie sehr empfindlich auf einen zu frühen Schnitt reagieren und das Risiko besteht, dass sie vollständig ausfallen. Je nach Wasserstand kann für Rohrglanzgras und Seggen im Frühjahr eine angepasste Wiesenpflege (Walzen, Schleppen) empfohlen werden (Flyer Rohrglanzgras, 2016).

8 DÜNGUNG

Die Düngung von Paludikulturen ist bisher noch nicht abschließend geklärt. Nach aktueller Rechtslage (Düngemittel-Gesetz und Düngemittel-Verordnung (DüMV)) ist eine Düngung von Paludikulturen nicht erlaubt, da Paludikulturen dauerhaft wassergesättigt sind! Inwieweit eine Düngung tatsächlich notwendig wird, hängt ganz wesentlich von der initialen Nährstoffverfügbarkeit des Standorts, der Nährstoffzusammensetzung, des eingeleiteten Bewässerungswassers, der Nutzungsintensität und des Erntezeitraums ab. Bei einem einmaligen Schnitt im November bis Februar ist der Nährstoffentzug mit der Biomasse verhältnismäßig gering, da die meisten Paludikulturarten die Nährstoffe aus der oberirdischen Biomasse in die Wurzeln und Rhizome zurückverlagert haben. Der geringe Nährstoffentzug kann dann im Normalfall problemlos über das kontinuierlich eingeleitete Bewässerungswasser gedeckt werden. Anders verhält es sich z.B. bei einer Zweischnittnutzung von Rohrglanzgras als Substrat für die Biogasgewinnung. Hier werden sehr große Nährstoffmengen von der Fläche abgefahren. In Regionen mit nährstoffbelasteten Oberflächengewässern kann dies evtl. auch noch kompensiert werden, bei einer mäßigen Nährstofffracht wird es kurz- oder langfristig zu Aushagerungserscheinungen und Ertragsrückgängen kommen. Ein künstliches Absenken der Grundwasserstände im Sinne der DüMV zum Sommerschnitt Anfang Juli mit anschließender Nährstoffrückführung führt unmittelbar zur Reaktivierung der Torfmineralisierung, wodurch die THG-Einsparpotentiale massiv reduziert bzw. aufgehoben werden. Dabei gilt es auch hier zu bedenken, dass es sehr lange Zeiträume bedarf bis der Torfkörper im Oberboden soweit abgetrocknet ist, um bedenkenlos organische oder mineralische Düngemittel auf- oder einzubringen. Zudem muss der niedrige Wasserstand im Anschluss der Düngerausbringung sehr lange aufrecht erhalten bleiben, damit es nicht zu erheblichen Auswaschungs- und Denitrifikationsverlusten kommt. Aktuell wird dieses Thema im Verbundvorhaben „Nachhaltigkeit von Paludikulturen unter besonderer Berücksichtigung des Stoffhaushaltes (NAPALU, Förderkennzeichen: 2221MT010A bis G)“ untersucht.

Bei den meisten Acker- und Grünlandstandorten liegt der initiale Nährstoffgehalt im Boden so hoch, dass es in den ersten Kulturjahren zu keinen Ertragseinbußen aufgrund eines Nährstoffmangels kommen sollte. Allerdings ist darauf zu achten, dass es beim Umbruch von Grünland auf Niedermoorstandorten zu einer Kaliumfixierung kommen kann. Dies kann bei Rohrglanzgras und den Rohrkolbenarten zu Ertragseinbußen führen, wenn der resultierende K-Mangel nicht durch das eingeleitete Bewässerungswasser gedeckt wird.

Es empfiehlt sich vor der Neuanlage von Paludikulturen den Nährstoffgehalt im Boden zu ermitteln. Zudem sollte bekannt sein, welche Nährstofffrachten das zukünftige Bewässerungswasser aufweist. Darauf abgestimmt sollte die Auswahl der geeigneten Paludikulturpflanzenarten für einen gegebenen Standort erfolgen. Genaue Angaben zum Nährstoffbedarf der einzelnen Paludikulturpflanzenarten können bisher noch nicht gegeben werden. Aus Düngerversuchen im Rahmen des MOORuse-Projektes zeigt sich, dass sich die Erträge von Schmalblättrigem Rohrkolben und Rohrglanzgras durch eine mineralische Düngung in Höhe des Entzugs auf einem ertragsschwachen Standort leicht

steigern bzw. stabilisieren lassen. Dahingegen konnten keine signifikanten Änderungen durch Düngung in Erträgen von Seggen, Breitblättrigem Rohrkolben und Schilf nachgewiesen werden. Vom Nährstoffbedarf kann somit grob folgende Reihenfolge festgelegt werden: Schmalblättriger Rohrkolben > Rohrglanzgras > Breitblättriger Rohrkolben > Schlanksegge > Sumpfssegge & Schilf.

9 REFERENZEN

Abel, S., Couwenberg, J., Dahms, T. & Joosten, H. (2013): The Database of Potential Paludiculture Plants (DPPP) and results for Western Pomerania. – *Plant Div. Evol.* 130: 219–228.

Beetz, S., Liebersbach, H., Glatzel, S., Jurasinski, G., Buczko, U., Höper, H. (2013): Effects of land use intensity on the full greenhouse gas balance in an Atlantic peat bog, *Biogeosciences*, 10, 1067–1082.

Birr, F., Abel, S., Kaiser, M., Närmann, F., Oppermann, R., Pfister, S., Tanneberger, F., Zeitz, J. & Luthardt, V. (2021): Zukunftsfähige Land- und Forstwirtschaft auf Niedermooren – Steckbriefe für klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftungsverfahren. 148 S. Auszug aus den BfN-Skripten 616, bearb. Fassung. Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde und Greifswald Moor Centrum (Hrsg.). Eberswalde, Greifswald.

Drösler, M. (2005): Trace gas exchange of bog ecosystems, Southern Germany. Technische Universität München, Freising, 2005.

Flyer Rohrglanzgras 2016, Greifswald Moor Centrum, <https://www.moorwissen.de/pflanzen-nutztierarten.html>

StMELF (2023): Merkblatt zur Umwandlung von Dauergrünland, Genehmigung gemäß §5 des GAP-Konditionalitäten-Gesetzes (GAPKondG) und Ausnahmen nach Art. 3 Abs. 4,5 Bayerisches Naturschutzgesetz (BayNatSchG), Anzeige der Umwandlung von ab dem 1. Januar 2021 entstandenem Dauergrünland gemäß § 6 GAPKondG.

Tiemeyer, B., A. Freibauer, E.A. Borraz, J. Augustin, M. Bechtold, S. Beetz, C. Beyer, M. Ebli, T. Eickenscheidt, S. Fiedler, C. Förster, A. Gensior, M. Giebels, S. Glatzel, J. Heinichen, M. Hoffmann, H. Höper, G. Jurasinski, A. Laggner, K. Leiber-Sauheitl, M. Peichl-Brak, M. Drösler (2020): A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. *Ecological Indicators*, 109, (2020), 105838.

Tiemeyer, B., Freibauer, A., Drösler, M., Albiac-Borraz, E., Augustin, J., Bechtold, M., Beetz, S., Belting, S., Bernrieder, M., Beyer, C., Eberl, J., Eickenscheidt, T., Fell, H., Fiedler, S., Förster, C., Frahm, E., Frank, S., Giebels, M., Glatzel, S., Grünwald, T., Heinichen, J., Hoffmann, M., Hommeltenberg, J., Höper, H., Laggner, A., Leiber-Sauheitl, K., Leppelt, T., Metzger, C., Peichl-Brak, M., Röhling, S., Rosskopf, N., Rötzer, T., Sommer, M., Wehrhan, M., Werle, P., & Zeitz, J. (2013): Klimarelevanz von Mooren und Anmooren in Deutschland: Ergebnisse aus dem Verbundprojekt "Organische Böden in der Emissionsberichterstattung", Thünen Working Paper, No. 15, <https://www.nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:253-201311-dn052806-7>.

UBA 2021 (Umweltbundesamt 2021): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2021: Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2020. Dessau: Umweltbundesamt (UBA)