

NAPALU

Nachhaltigkeit von **Paludikulturen** unter besonderer Berücksichtigung des Stoffhaushalts



Projektlaufzeit:
11/2022 – 02/2026

In dem bundesweiten Verbundvorhaben NAPALU wurden Anbauverfahren etablierter Niedermoor-Paludikulturen untersucht und optimiert, um darauf aufbauend nachhaltige Produkte zu entwickeln. Als Paludikultur bezeichnet man die nasse Bewirtschaftung organischer Böden, z.B. Moorböden. Die Projektpartner ermittelten Kennwerte zur Nachhaltigkeit von Niedermoor-Paludikulturen in Hinblick auf Produktivität, Verwertungsschienen und Ökonomie einerseits und in Hinblick auf Wasser- und Nährstoffdynamik, Biodiversität und Klimarelevanz andererseits.

Das Vorhaben beinhaltete folgende Teilziele:

- Erkenntnisse zur Nährstoffversorgung und -dynamik
- Monitoring der Ökosystemleistungen und Anbauparameter (Nährstoffe, Boden, Wasser, Biodiversität, Treibhausgase (THG)-Austausch)
- Modellierung der Bestandsentwicklung
- Ökonomische Bewertung
- Erkenntnisse zur Verwertbarkeit in regionalen Nutzungsketten

Diese Ziele wurden in acht Arbeitspaketen abgedeckt (Abb. 1). Dabei wurden Versuche auf etablierten und neu angelegten Niedermoor-Paludikulturen in Bayern und Niedersachsen durchgeführt (Abb. 2).

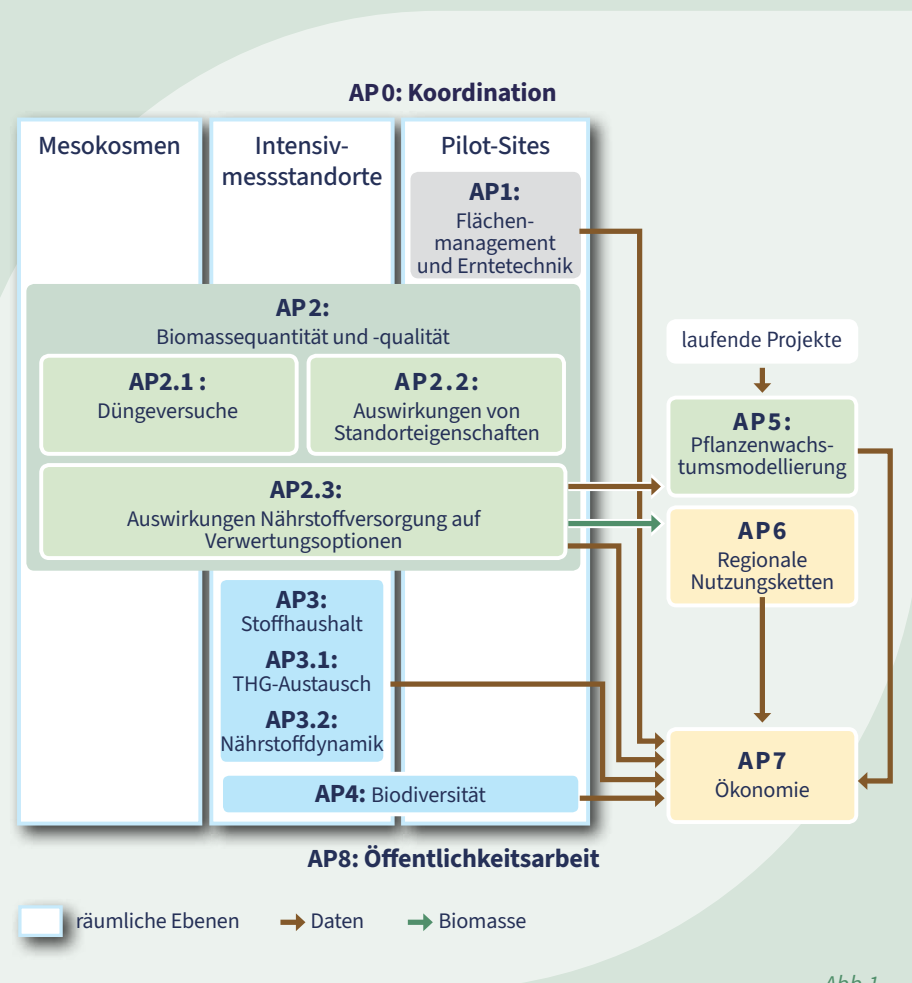


Abb. 1

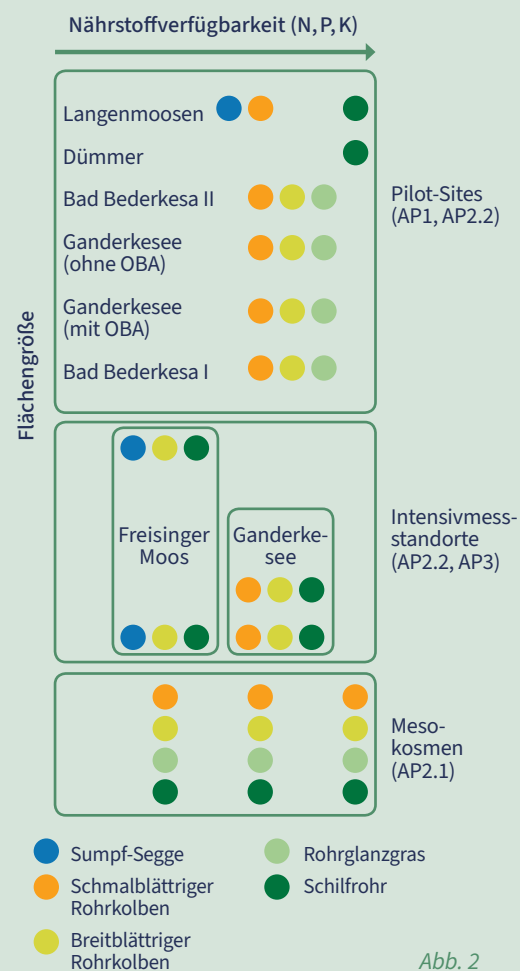


Abb. 2



Erkenntnisse zur Nährstoffversorgung und -dynamik

Der kontinuierliche Entzug von Nährstoffen über die Ernte der Biomasse von Paludikulturen kann zu einer langfristigen Abnahme der Flächenerträge und Qualität der Biomasse führen. Führt man jedoch Nährstoffe zu, beinhalten diese wiederum THG-Emissionen und verringern damit die THG-Senkenleistung des Anbaus. Daher wurden die Auswirkungen der Verfügbarkeit und Zufuhr von Nährstoffen analysiert. Es zeigte sich, dass hohe Nährstoffverfügbarkeiten das Wachstum von Rohrkolben,

Schilfrohr (Reet) und Rohrglanzgras in den Mesokosmen – 1-Kubikmeter Container mit kontrollierbarer Wasserführung – positiv beeinflussen. Ohne Nährstoffnachlieferung setzte ab dem 4. Anbaujahr eine Ertragsdepression ein. Höhere Stickstoffgaben steigerten den Cellulosegehalt der Kulturen und verbesserten dadurch die qualitativen Eigenschaften von Schilfrohr als Nutzung für die Dacheindeckung (längere Halme und geringere Wasseraufnahme).

Monitoring der Ökosystemleistungen und Anbauparameter (Nährstoffe, Boden, Wasser, Biodiversität, THG-Austausch)

Im Versuchspolder Ganderkesee wurde unter anderem untersucht, wie sich ein Oberbodenabtrag auf den THG-Austausch auswirkt.

Statt der Zielkulturen Rohrkolben und Schilfrohr wurden hohe Erträge der Flatterbinse (*Juncus effusus*) erreicht. Dennoch stellten fast alle Paludikultur-Varianten eine Treibhausgas-Senke dar. Die mittlere THG-Bilanz aller Paludikulturen lag bei $-9,8 \text{ t CO}_2\text{-äq ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Insgesamt ergaben sich bei der Variante mit Oberbodenabtrag günstigere Bedingungen, aber nur bei der Verwendung des abgetragenen Torfs in der Fläche.

Im Versuchspolder Freisinger Moos wurde der Einfluss von Nährstoffzugabe auf den THG-Austausch und die Erträge untersucht. Im Ergebnis bestehen deutliche Unterschiede zwischen den untersuchten Pflanzenarten.

Rohrkolben-Bestände: benötigen eine hohe Nährstoffversorgung für ausreichende Biomasseerträge. Da eine Nährstoffzugabe das THG-Minderungspotenzial aufheben würde, sollte der Anbau auf dauerhaft nassen und (natürlich) nährstoffreiche Standorte beschränkt werden.

Rohrglanzgras: ist am besten als ungedüngtes Ein-Schnitt-System zu bewirtschaften, um das THG-Minderungspotenzial zu erhalten. Ist ein Zwei-Schnitt-System unvermeidbar, kann Nährstoffzugabe notwendig werden (zumindest auf mäßig bis schwach nährstoffversorgten Standorten) und sollte bei vorübergehend abgesenktem Wasserstand erfolgen.

Seggen: bieten in der Regel das größte THG-Minderungspotenzial und sind zudem eine torfbildende Art. Eine Nährstoffzugabe scheint keinen Einfluss auf die Ertragsstabilität zu haben und ist daher nicht zielführend. Die Sumpf-Segge sollte unter diesem Aspekt die präferierte Kultur für die Neuanlage von Paludikulturen sein.

Biodiversität:

Zur Analyse der Biodiversität wurden großflächige Kartierungen auf den Paludikultur- und Referenzflächen in Niedersachsen und Bayern durchgeführt. Auf den Referenzflächen wurde eine herkömmliche landwirtschaftliche Nutzung durchgeführt. Insgesamt wurden 106 Pflanzenarten, 20 Heuschreckenarten, 34 Libellenarten und zahlreiche Vogelarten erfasst – davon ein Großteil direkt in den Paludikulturen (Tabelle 1). Darunter befanden sich einige Rote-Liste-Arten, wie zum Beispiel der Bunte Grashüpfer (*Omocestus viridulus*), im Rohrglanzgras-Bestand am Standort Dümmer sowie in den Referenzflächen in Hohenböken und Bad Bederkesa. Die vom Aussterben bedrohte Libellenart Vogel-Azur-

jungfer (*Coenagrion ornatum*) (Abb. 3) wurde in den Rohrkolben-Kulturen in Langemoosen gefunden. Am gleichen Standort konnte auch die extrem seltene Isländische Sumpfkresse (*Rorippa islandica*) nachgewiesen werden. SeggenBestände waren insgesamt artenärmer. Aus naturschutzfachlicher Sicht sind bewirtschaftete Paludikulturen zwar kein vollwertiger Ersatz für nährstoffarme Niedermoore und Pfeifengraswiesen. Sie können aber bei konsequenter Integration von Strukturelementen wie Brachen, Hochstaudenfluren, Flachwasserzonen, Pufferstreifen und zeitlich gestaffelten Mahdregimen wertvolle Brut- und Rückzugsräume bereitstellen. Dies gilt insbesondere für gefährdete Vogel- und Libellenarten.



Abb. 3

Tabelle 1. Gesamtartenzahlen auf den Paludikultur- und Referenzflächen in Niedersachsen und Bayern.

Artenzahl	Gesamt	Paludikulturen	Referenz
Pflanzen	106	78	50
Heuschrecken	20	17	19
Libellen	34	33	22
Vögel gesamt	95	72	56

Modellierung der Bestandsentwicklung

Prozessbasierte Pflanzenwachstumsmodelle bilden reale Wachstumsmechanismen theoretisch ab, indem sie die zugrunde liegenden, von Umweltbedingungen gesteuerten biologischen Prozesse analysiert und berechnet. Im Rahmen von NAPALU wurde das sogenannte SWAP-WOFOST Modell genutzt. Es wurde angepasst, kalibriert und validiert, um Blattfläche und Ertrag von Rohrglanzgras für drei unterschiedliche Wasserstandsklassen und hoher Nährstoffversorgung zu simulieren. Das für hohe Wasserstände kalibrierte Modell wurde verwendet, um Ernteerträge unter dem vom Deutschen Wetterdienst bereitgestellten Klimaszenarien für die Jahre 2022 bis 2050 zu projizieren. Die Ergebnisse zeigten stabile Erträge von $8 - 11 \text{ t ha}^{-1}$ über den gesamten Prognosezeitraum trotz der prognostizierten klimatischen Veränderungen. Daraus kann man ableiten: Wasser- und Nährstoffversorgung sind von größerer Bedeutung für die Biomasse-Erträge als die zu erwartenden Klimaänderungen.

Ökonomische Bewertung

Aus volkswirtschaftlicher Sicht sind Paludikulturen sinnvoll, da sie einen erheblichen Klimanutzen – im Sinne eines Klimaschutzeffektes durch Treibhausgas-minderungen – haben. Jedoch zeigte sich, dass die Erlöse aus dem Verkauf von Biomasse allein nicht ausreichen, um die Kosten der Bewirtschaftung vollständig zu decken. Aus unternehmerischer Sicht lohnt sich die Nutzung wiedervernässter Moorböden daher nur, wenn zusätzlich die erbrachten Klimaschutzleistungen vergütet werden. Dafür braucht es stabile agrar- und umweltpolitische Rahmenbedingungen und ein Vergütungssystem, auf das sich die Landwirtschaft in Moorregionen langfristig verlassen kann. Da Wiedervernässung und nasse Bewirtschaftung überwiegend auf freiwilliger Beteiligung beruhen, ist die Akzeptanz unter den Bewirtschaftenden ein zentraler Erfolgsfaktor. In einer Befragung zeigte sich, dass die Landwirt:innen potenzielle produktionstechnische und marktbezogene Risiken wahrnehmen und eher verhalten gegenüber Anbau-Paludikulturen reagieren. Eine Nasswiesenbewirtschaftung scheint umsetzbarer, weil sie als näher an den bestehenden Bewirtschaftungsmethoden eingeschätzt wird. Selbst bei einer finanziellen Vergütung der Treibhausgas-minderungsleistungen lehnte die Hälfte der Befragten eine Umstellung auf Paludikultur ab. Das setzt einer weitreichenden Transformation der Moorbewirtschaftung, die auf Freiwilligkeit basiert, zurzeit eine strukturelle Grenze.

Erkenntnisse zur Verwertbarkeit in regionalen Nutzungsketten

Die Pilotflächen in Hohenböken, Bederkesa, am Dümmer und in Langenmosen wurden über mehrere Jahre intensiv betreut. Regelmäßige Ernten von Rohrkolben und Schilfrohr für die Nutzung in Bioraffination, Faserguss, Verbundwerkstoffe und Substratversuchen wurden so ermöglicht.

Verbundwerkstoffe für die Verarbeitung im Spritzguss und 3-D-Druck konnten erfolgreich auf Basis von zwei biobasierten Polymeren (PLA, PHA) und einem Biomasseanteil von bis zu 30 % hergestellt werden. Dabei kam die Biomasse von Seggen, Rohrglanzgras, Schilfrohr und Rohrkolben zum Einsatz. Be-



sonders vielversprechend waren Schilfrohr und Rohrkolben, da mit ihnen die besseren mechanischen Kennwerte erzielt wurden. Aber auch Seggen und Rohrglanzgras zeigen Potenzial als Füllstoff für biobasierte Verbundwerkstoffe.

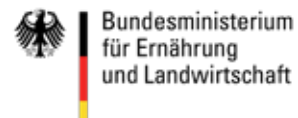
Zudem wurden Untersuchungen zur Eignung des Pflanzenmaterials als Substratausgangsstoff für den Gartenbau durchgeführt. Nach der Kompostierung und anschließender Auswaschung konnte hochwertiger Substratkompost (Typ-1 Qualität) erreicht werden. Die Qualität war hier eher artspezifisch als abhängig von der Nährstoffvariante. Der Schmalblättrige Rohrkolben ist demnach als Substratkompost sehr geeignet.

Ausblick

Paludikulturen auf wiedervernässten Niedermooren verbinden Moor- und Klimaschutz mit hoher Biodiversität und schaffen neue Wertschöpfungsketten. Besonders im Bereich der biobasierten Kunststoffe findet Paludi-Biomasse einen zukunftsweisenden Anwendungsbereich. Doch auch für die Verwendung als Torfersatzstoff, zur Herstellung von Papier und Verpackung sowie im Bauwesen weisen sie gute Eigenschaften auf. Das Verbundprojekt NAPALU liefert dafür belastbare Daten und hat mehrere vielversprechende Verwertungspfade demonstriert. Auch zu Erträgen, Stoffhaushalt, Biodiversität und Wirtschaftlichkeit zentraler Paludikulturen liefert das Projekt Einblicke, auf deren Basis in Zukunft weitere Forschung stattfinden kann. Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse befindet sich im Abschlussbericht sowie in der Leitlinie zum Produktionsverfahren von Niedermoor-Paludikulturen. Beide Dokumente stehen auf unserer Website zur Verfügung (siehe Kontakt).



Gefördert durch:



Projektkonsortium:



In Kooperation mit:



Kontakt:

3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe und Bioökonomie e.V.
Kompaniestraße 1
49757 Werlte
Tel.: 05951 9893 - 0
info@3-n.info
www.paludikultur-niedersachsen.de

