

PALUDI
KULTUR



GREIFSWALD

Typha-Substrat-Broschüre

Rohrkolben-Biomasse als alternativer Substratrohstoff für den Gemüsebau



GREIFSWALD
MOOR
CENTRUM

UNIVERSITÄT GREIFSWALD
Wissen lockt. Seit 1456





Rohrkolben-Biomasse als alternativer Substratrohstoff für den Gemüsebau

Impressum

Herausgeber	Universität Greifswald, Partner im Greifswald Moor Centrum Institut für Botanik und Landschaftsökologie Soldmannstraße 15 17487 Greifswald
Autoren	Claudia Oehmke, Dorothee Scheuch, Sebastian Günther, Uli Johannes König, Jennifer Liang, Christian Schulze, Robert Wellink, Kirsten Venker-Metarp & John Couwenberg
Zitiervorschlag	Oehmke, C., Scheuch, D., Günther, S., König, U.J., Liang, J., Schulze, C., Wellink, R., Venker-Metarp, K. & Couwenberg, J. (2024) TyphaSubstrat – Rohrkolben-Biomasse als alternativer Substratausgangsstoff in Kultursubstraten für den Gemüsebau. Universität Greifswald. 38 S.
Kontakt	info@greifswaldmoor.de

Diese Broschüre wurde gefördert durch das Ministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Sie ist im Projekt TyphaSubstrat entstanden. FKZ 2220MT003A-C

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Umsetzung von Layout & Textsatz	Vreni Knödler – Graphic Design (vrnbk.de)
Abbildungen	Kirsten Venker-Metarp: S. 1 Aquarell Rohrkolbenpflanzen, Text: Abb. 8 (l.); Mooratlas 2023 Eimermacher/stockmarpluswalter: Abb. 1, CC BY 4; Claudia Oehmke: Einband: Rohrkolben im Winter, Rohr- kolben im Sommer, Jungpflanzen in Kisten, Text: Abb. 2–11, Abb. 8 (r), Abb. 12 erstellt mit QGIS https://qgis.org/ ; Jennifer Liang: Text: Abb. 13–17, Abb. 13 und Abb. 16 erstellt mit BioRender.com; Uli Johannes König: Einband: Presstöpfe, Kohlrabi-Jungpflanzen in Presstöpfen, Text: Abb. 18–25; Wellink GmbH, Robert Wellink: Einband: Mahdtechnik, Text: Abb. 26–34
Partner im Projekt TyphaSubstrat	Universität Greifswald, Partner im Greifswald Moor Centrum – AG Moorforschung: Projektleitung- und -koordination und Abteilung Pharmazeutische Biologie: Bioakkumulation Forschungsring Darmstadt e.V. – Substratentwicklung, Bio-Anbau Wellink GmbH – Entwicklung von Erntetechnik auf nassen Moorböden

Alle Angaben ohne Gewähr. Für Schäden, die durch die Nutzung dieser Broschüre entstehen, sowie für Entscheidungen, die auf Basis der bereitgestellten Informationen und Daten getroffen werden und deren Folgen daraus, schließen die Veröffentlichenden jegliche Haftung aus.

Inhalt

Rohrkolben-Biomasse als alternativer Substratausgangsstoff in Kultursubstraten für den Gemüsebau

	Vorwort	6
1	Was hat Gemüse jetzt mit Moorschutz zu tun?	
1.1	Moorschutz ist Klimaschutz	7
1.2	Substrate und Blumenerden für den Gemüsebau	9
1.3	Rohrkolben	10
2	Biomassemenge und Biomassequalität von Rohrkolben	
2.1	Biomassemenge und Biomassezusammensetzung	12
2.2	Rohstoffeigenschaften	15
3	Rohrkolben und Bioakkumulation	
3.1	Schwermetalle in Rohrkolben-Biomasse	18
3.2	Pestizide in Rohrkolben-Biomasse	21
4	Entwicklung torfreduzierter Presstöpfe mit Rohrkolben	
4.1	Steckbrief: Rohrkolben	23
4.2	Steckbrief: Sphagnum (Torfmoose)	24
4.3	Der neue Ansatz: Reifen statt Mischen	25
4.4	Derzeitiger Entwicklungsstand	26
5	Technikentwicklung Rohrkolbenernte	
5.1	Spezialtechnik für Rohrkolben	30
6	Fazit	34

Vorwort

„Torffrei gärtnern ist Klimaschutz!“ Das Moore bedeutende Kohlenstoffspeicher sind, und deshalb Torf wünschenswerterweise nicht mehr in unsere Blumentöpfe gehört, ist schon vielen Menschen klar. Aber wie steht es mit dem Gemüse, das wir essen? Oder den Jungpflanzen aus dem Baumarkt, die wir einkaufen, um Sie in unseren Gärten großzuziehen? Wissen Sie, dass noch immer ein beträchtlicher Anteil von Torf im Substratsektor der Jungpflanzenanzucht und somit im Gemüsebau genutzt und verbraucht wird? Der Umstieg von torfhaltigen Erden für den Gemüsebau zu torf reduzierten Möglichkeiten ist viel schwieriger als die Umstellung der Erden im Hobbybereich. Die Anforderungen an die physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften von Presstopferden für die Jungpflanzenanzucht sind sehr hoch. Die Verfahren sind sehr hochtechnisiert, Maschinen zur Herstellung angepasst an die Torferden. Ein ganzer Industriezweig hat sich seit Jahrzehnten auf die Nutzung von Torf angepasst.

Der Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung sieht in der Torf reduzierung in Kultursubstraten ein bedeutendes Potential Treibhausgas-Emissionen zu reduzieren (BMEL 2022). Torfersatzstoffe wie Holz- und Kokosfasern, Komposte und Reste aus der Landwirtschaft werden immer stärker in der Substratherstellung verwendet. Gleichzeitig sind Torfersatzstoffe auf dem Markt hart umkämpfte Ressourcen, die insbesondere auch in anderen Industriezweigen bei der Umstellung auf eine nachhaltigere Produktion genutzt werden, wie z.B. Holzfasern oder grasartige Biomasse.

Paludikultur, die standortangepasste nasse landwirtschaftliche Nutzung von wiedervernässten Mooren bietet die Chance Biomasse als Rohstoff für die Substratindustrie bereitzustellen. In nordwestdeutschen Hochmooren forscht die Universität Greifswald schon jahrelang zu dem Anbau und der Nutzung von Torfmoosen als Substratersatz für Torf (Moorwissen.de). Während Vorstudien zeigte sich aber auch, dass Rohrkolben als zugemischter Rohstoff für Substrate geeignet wäre.

Das Projekt TyphaSubstrat vereint deshalb den Ansatz von Paludikultur, die Produktion von Rohrkolben-Biomasse auf nassen Mooren, mit der Reduzierung von Torf im Erwerbsgartenbau. Torf reduzierte Presstopferden mit Rohrkolben wurden entwickelt und diese im Feldversuch getestet. Dabei setzte das Projekt auf unterschiedliche Mischungen von Rohkolben mit alternativen Torfersatzstoffen, wie z.B. Holzfaser, Torfmoos und Grünschnittkompost. Neben der Substratentwicklung waren die Biomassequalität und -produktivität von Rohrkolben, die Bioakkumulation und die Entwicklung von Erntetechnik weitere Schwerpunkte.

Die Projektergebnisse sollen einen weiteren Beitrag zur Transformation hin zu einer klimaneutralen Nutzung nasser Moore (Paludikultur) und einer nachhaltigen Substratproduktion leisten, sowie zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit des Gartenbaus.

1 Was hat Gemüse jetzt mit Moorschutz zu tun?

1.1 Moorschutz ist Klimaschutz

Moore spielen als kohlenstoffreiche Böden eine besondere Rolle im Kohlenstoffkreislauf. Sie bieten deshalb eine große Chance für natürliche Klimaschutzmaßnahmen. In Deutschland gibt es ca. 1,8 Mill. Hektar Moorböden (BMUV 2021). Etwa 75 % davon werden entwässert und landwirtschaftlich genutzt. Werden Moore entwässert, gelangt der „eingelagerte“ Kohlenstoff in Form von CO₂ in die Luft. Deshalb sind entwässerte Moore große Quellen von Treibhausgasemissionen (THG).

In Deutschland werden etwa 42 Mill. t CO₂ Äquivalente pro Jahr aus landwirtschaftlich genutzten, entwässerten Mooren emittiert (Schäfer et al. 2022). Das ist ein Anteil von 37 % an den Gesamtemissionen aus der Landwirtschaft. Neben Treibhausgasemissionen führt die Entwässerung von Mooren auch zu Bodendegradation, Nährstoffaustrag und Biodiversitätsverlust. Durch Wiedervernässung können nicht nur die Treibhausgasemissionen gestoppt bzw. verringert werden. Nasse Moore können zusätzliche Ökosystemdienstleistungen erfüllen, wie z.B. Wasser- und Nährstoffrückhalt in der Landschaft, Kühlungseffekte und die Steigerung der Biodiversität. Dies sind wertvolle Funktionen in Hinblick auf die Überdüngung der Landschaft und Gewässer, und die Folgen des Klimawandels, wie zum Beispiel Dürre- und Starkregenereignisse, als auch Artenschwund.

Paludikultur ist die nachhaltige standortangepasste Nutzung wiedervernässter Moore. Sie bietet eine Perspektive, die Wiedervernässung mit einer landwirtschaftlichen Nutzung und somit einer dauerhaften Wertschöpfung zu verbinden (Wichtmann 2016). Paludikulturen sind Dauerkulturen, die sich natürlicherweise nach Wiedervernässung einstellen (z.B. Nasswiesen), oder auch gezielt als Anbau-Paludikulturen gepflanzt werden (z.B. Erle, Schilf und Rohrkolben). Die Biomasse kann auf vielfältige Weise stofflich oder energetisch genutzt werden (Nordt et al. 2022, Wichtmann et al. 2016). Neben der Reduktion der THG-Emissionen trägt Paludikultur mit der Nutzung von Rohstoffen zusätzlich zur Dekarbonisierung bei: dabei kann der Rohstoff aus

Paludikultur (1) als Ersatz für fossile Rohstoffe dienen, (2) als Produkt Kohlenstoff auch langfristig festlegen, zum Beispiel in Baustoffen und (3) unter dauerhaft nassen Bedingungen können Moore wieder Torf bilden und Kohlenstoff speichern (Schäfer et al. 2023).

Die Umstellung auf Paludikultur stellt ein Paradigmenwechsel dar, der Landwirt*innen, aber auch Behörden und Flächeneigentümer vor große Herausforderungen stellt, die gesamtgesellschaftlich getragen werden müssen. Die großflächige Umsetzung von Paludikultur steht erst am Anfang. Viele Landwirt*innen sind offen für das Thema. Einige Pilotbetriebe bewirtschaften bereits bei hohen Wasserständen. Praxis-Erfahrungen, finanzielle Unterstützung, konkrete wirtschaftliche Perspektiven und verlässliche Verwertungspartner sind unbedingt nötig, um Paludikultur in landwirtschaftliche Betriebe zu integrieren.

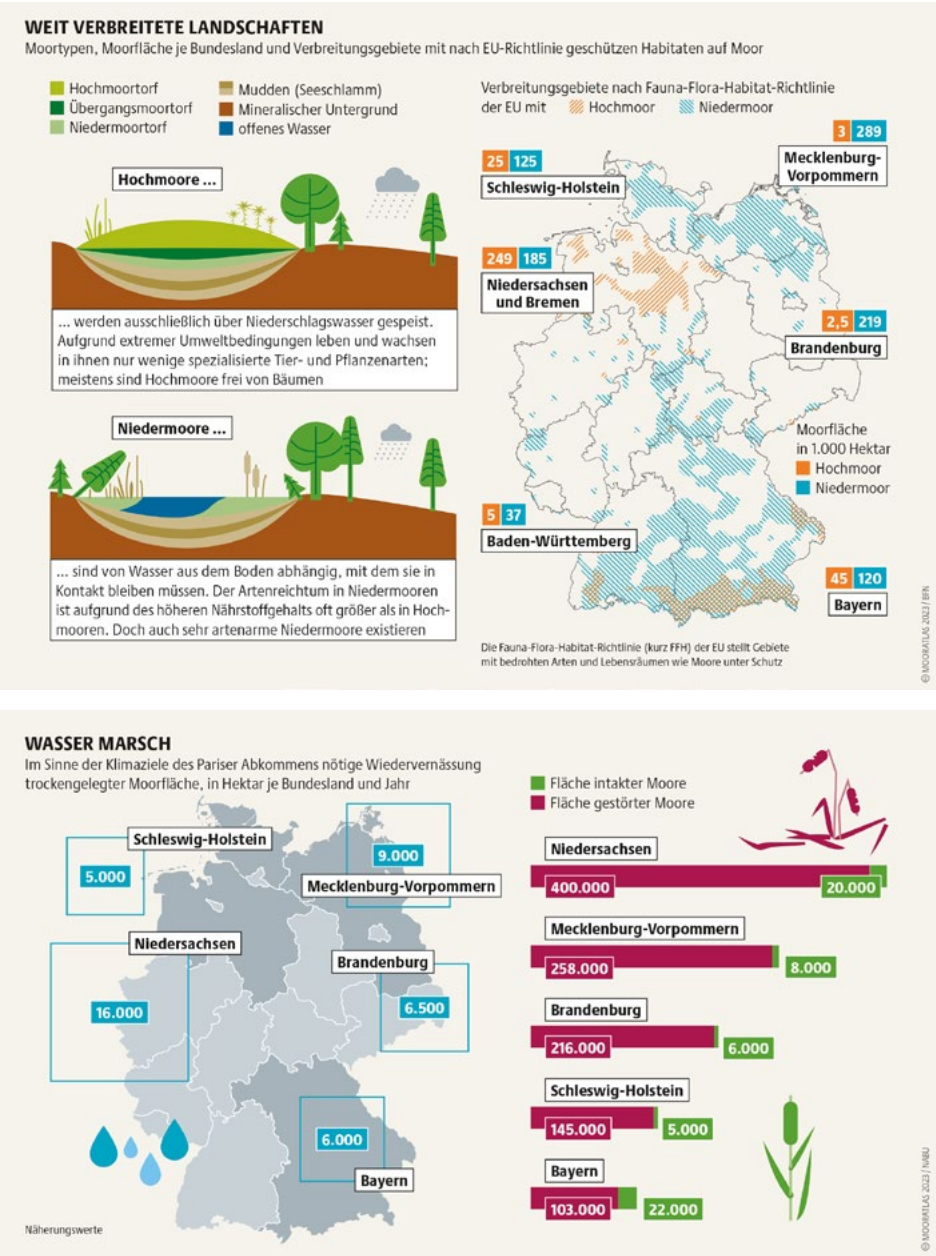


Abb. 1. „Weit verbreitete Landschaften“ (oben) – der Unterschied zwischen Hochmoor und Niedermoor, und Fläche von Mooren in den moorreichen Bundesländern, „Wasser marsch“ (unten) – Flächenanteil von Mooren in den moorreichen Bundesländern, die zur Erreichung der Klimaziele des Pariser Abkommens wiedervernässt werden müssen und Flächen intakter bzw. gestörter Moore je Bundesland

1.2 Substrate und Blumenerden für den Gemüsebau

Der Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung sieht in der Torfreduzierung in Kultursubstraten ein bedeutendes Potential aus Sicht des Klimaschutzes Treibhausgas-Emissionen zu reduzieren (BMEL 2022). Laut Industrieverband Garten e.V. wurden in Deutschland etwa 8 Mill. Kubikmeter Substrate hergestellt. Dafür wurden im Jahr 2022 ca. 6 Mill. Kubikmeter Torf verwendet. Insgesamt wurden nur ca. 75 % davon in Deutschland genutzt. Der Anteil an verwendeten Kultursubstraten im Hobbybereich ist mit ca. 3,8 Mill. Kubikmeter fast doppelt so hoch, wie die produzierten 2 Mill. Kubikmeter Kultursubstrate für den Erwerbsgartenbau. Im Erwerbsgartenbau werden wesentlich weniger alternative Substratkomponenten (23 %) beigemischt, während bei Hobbyerden etwa 57 % bereits durch andere Rohstoffe ersetzt wurden (IVG 2023, 2023a).

Der Torfabbau verursacht in der Europäischen Union THG-Emissionen von ca. 21,4 Mill. Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Jahr (Mooratlas 2023). Im Vergleich zu den Gesamtemissionen aus Moorböden sind das ungefähr ein Sechstel. Der Torf-Abbau und deren Verwendung erzeugt im Gegensatz zu anderen Moornutzungen die höchsten Emissionen pro Hektar, da

der Kohlenstoff bei der Torfnutzung enorm schnell abgegeben wird (Mooratlas 2023). In Deutschland sinkt der Torfabbau zwar stetig, die Substratindustrie weicht aber zunehmend auf Mooregebiete im Baltikum aus. Der Abbau erfordert immer eine Entwässerung und durch den Bodenabtrag auch die komplette Zerstörung des Moorökosystems.

Es ist höchste Zeit das Torfersatzstoffe auch im Erwerbsgartenbau stärker angewendet werden, um die restlichen 77 % Torf ebenfalls zu ersetzen (IVG 2023a). In der Branche sind die Herausforderungen an die alternativen Rohstoffe besonders hoch, da einerseits die Anzucht von Jungpflanzen wesentlich anspruchsvoller ist. Andererseits sind Technik und Produktionsabläufe seit Jahrzehnten auf diesen einen Rohstoff „Torf“ optimiert worden. Gleichzeitig war und ist Torf ein (zu) günstiger Rohstoff, im Gegensatz zu Alternativen, sodass sich zurzeit weitestgehend nur Reststoffe aus anderen Produktionszweigen für die Substrathersteller rechnen. Zahlreiche Pilotprojekte haben die Erschließung von Torfersatzstoffen zum Ziel, sei es durch Nutzung von Abfallprodukten der Landwirtschaft, oder auch durch Biomassennutzung aus Paludikultur (FNR Projektdatenbank 2024).



Abb. 2 Lollo-Rosso-Salat in Presstopferden mit Typha-Substrat. Die verwendeten Presstöpfе enthielten Rohrkolben (bis 25 %), Torfmoos, Holzfasern, Grünschnitt und Schwarztorf (o-65 %). Durchgeführt vom Forschungsring e.V. im TyphaSubstrat-Projekt, Darmstadt.

1.3 Rohrkolben

Rohrkolben (*Typha* spp.) sind mehrjährige, ausdauernde Wasser- und Sumpfpflanzen, die in Mooren, Teichen, See- und Flussufern vorkommen. Die Pflanzen sind für ihre charakteristischen kolbenförmigen Blütenstände bekannt, die im Sommer gebildet werden. In Deutschland sind vor allem der Breitblättrige Rohrkolben (*Typha latifolia*) und der Schmalblättrige Rohrkolben (*Typha angustifolia*) verbreitet (Abb. 3). Beide Arten vermehren sich durch Ausläufer oder auch durch Samen (Abb. 4). Je nach Standortbedingungen können Hektarerträge von 10–25 t Trockenmasse (TM) erreicht werden (Geurts & Fritz 2018). Die Höhe der Biomasseerträge nimmt mit zunehmendem Alter des Bestandes zu: Erträge älterer Bestände (≥ 3 Jahre) sind 2–3 Mal höher als jüngerer Bestände (< 3 Jahre) (Geurts et al. 2020). Ihre Biomasse ist vielseitig einsetzbar. Die Verwertungsoptionen von Rohrkolben sind sehr vielfältig (Abel & Kallweit 2022):

- Junge Sprosse als neues Saisonprodukt in der gehobenen Küche
- Pollen als Nahrungsquelle für Milben zum biologischen Pflanzenschutz in Gewächshäuser
- Fasern der Fruchtstände als Füllmaterial für Kissen oder als Daunenersatz in Kleidung



Abb. 3 Die beiden häufigsten Rohrkolbenarten in Deutschland: breitblättriger Rohrkolben *Typha latifolia* (l.) und Schmalblättriger Rohrkolben *Typha angustifolia* (r.) mit Stängel-Querschnitt

- Naturfaserverstärkte Kunststoffe
- Sommerbiomasse als Futter für Milchvieh (frisch oder siliert)
- Winterbiomasse für Bau- und Dämmstoffe (Bauplatten, Dämmplatten, Einblasdämmung)

Aufgrund ihrer Fähigkeit, Schadstoffe aus dem Wasser aufzunehmen und zu speichern, werden Rohrkolben auch in der ökologischen Reinigung von Feuchtgebieten und Abwasserkläranlagen eingesetzt. Sie können dazu beitragen, das Wasser zu klären und Schwermetalle sowie andere Verunreinigungen zu absorbieren. Zum Beispiel sind sie in der Lage, Substanzen wie Stickstoff, Phosphor und Schwermetalle aus dem Wasser zu entfernen, indem sie diese in ihren Wurzeln und Rhizomen speichern. Dieser Prozess, der als Phytoremediation bekannt ist, ist eine umweltfreundliche Methode zur Reinigung von Abwässern.

Durch Rohrkolbenanbau auf nassen Mooren, können Landwirte dazu beitragen, die Biodiversität in den Flächen zu erhöhen. Die dichten Bestände von Rohrkolben bieten Lebensraum und Nahrung für eine Vielzahl von Lebewesen.



Abb. 4 Spontane Ausbreitung von Rohrkolben-Keimlingen im August im Polder Große Rosin

Rohrkolben-Paludikultur

Wenn wir von der Nutzung von Rohrkolben sprechen, meinen wir die Ansiedlung von Beständen in Paludikultur. Rohrkolbenbestände bilden sich spontan nach Wiedervernässung, oder können durch Anpflanzung oder Ansaat in Paludikultur angelegt werden. Dabei ist die Anpflanzung die sicherste, aber auch aufwändigste Etablierungsmethode. Zur Einrichtung einer Rohrkolben-Paludikultur gibt es erst wenige Forschungsergebnisse, und nur Einzelne konnten einen großflächigen Maßstab von mehreren Hektar erproben – Mecklenburg-Vorpommern: Neubert et al. 2022, Bayern: Pfadenhauer & Wild 2001, Eickenscheidt et al. 2023a, Niederlande: Geurts & Fritz 2018. geben Hinweise zur erfolgreichen Etablierung, z.B. durch Beachtung von Wasserständen, Ausbringungsarten von Samen, optimale Pflanzzeiten und Management in den ersten Jahren (Nordt et al. 2022, Geurts & Fritz 2018, Eickenscheidt et al. 2023b). In naher Zukunft erwarten wir weitere Erkenntnisse

durch die derzeitigen Paludikultur-Projekte in moorreichen Bundesländern (FNR_Projektdatebank 2024a). Der großflächigen Wiedervernässung und Etablierung von Paludikulturen stehen auch heute noch zahlreiche Herausforderungen gegenüber, die es zu überwinden gilt. Einerseits gibt es weiterhin Hürden bezüglich der schnellen genehmigungsrechtlichen Umsetzung von Wiedervernässung auf großen Flächen. Bezüglich der Förderkulisse im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik der Europäischen Union (GAP 2023–2027) sind Verbesserungen schon erfolgt, Paludikultur wurde als landwirtschaftliche Praxis aufgenommen. Dennoch bleiben Lücken bestehen z.B. hinsichtlich dem Grünlandumbruchverbot und der Beihilfefähigkeit von Paludikulturpflanzen als landwirtschaftliche Nutzpflanzen. Weitere Verbesserungen wären in der kommenden GAP 2027 für die Etablierung von Paludikultur notwendig (GMC 2025).

2 Biomassemenge und Biomassequalität von Rohrkolben

2.1 Biomassemenge und Biomassezusammensetzung

Rohrkolben vermehren sich hauptsächlich vegetativ, durch Ausläufer. Die einzelnen „Pflanzen“, die man oberirdisch in einem Bestand sehen kann, sind durch ein großes Rhizomnetz unterirdisch verbunden (Abb. 5). Blühende Pflanzen entwickeln im Sommer den für Rohrkolben typischen „Kolben“. In einem Bestand blühen aber nicht alle Pflanzen. Ein Teil der Pflanzen bildet nur Blätter aus, und fruchtet nicht (nicht-blühend).

Beide Pflanzen-Typen „nicht-blühende“ und „blühende“ unterscheiden sich morphologisch deutlich (Abb. 7). Nicht-blühende Pflanzen bestehen nur aus aneinandergereihten, großen Blättern mit einem charakteristisch ausgebildetem Luftgewebe (Aerenchym). Blühende Pflanzen bilden einen langen Stängel aus, der 2–3 kleinere Blätter trägt, und auf dem dann die Blüte sitzt. Oftmals spielt die Ausbildung von Kolben in der Biomasse für die Verwertung eine wichtige Rolle. Zum Beispiel sind für die Rohrkolben-Einblasdämmung, als auch als Substrat-Rohstoff, die Samen der Kolben nicht erwünscht. Die Vermutung lag daher nahe, dass diese unterschiedlichen Pflanzen-Typen auch einen Einfluß auf die Eigenschaften als Substratrohstoff haben könnten (→ siehe Kapitel 2.2 Rohstoffeigenschaften).

Die Gewichts-Anteile der verschiedenen Pflanzentypen und Kolben wurden deshalb für *Typha latifolia* und *Typha angustifolia* in unterschiedlichen Beständen bestimmt (Abb. 6). Dazu wurden die nicht-blühenden Pflanzen, und blühenden Pflanzen getrennt gewogen, und die Blüten-Stängel mit Blättern, aber ohne Kolben, und die Kolben separat gemessen. Auf den untersuchten Standorten in MV und Niedersachsen zeigte sich, dass die Kolben im Dezember, falls noch weitestgehend an den Stängeln vorhanden, bis zu 24 % am Gesamtanteil der Biomasse haben können. Auf den Standorten mit weniger Kolbenanteilen (zwischen 3–6 %) waren diese bereits durch den Wind abgeblasen. Die Anzahl der leeren Kolben, deren Samen schon abgestoßen wurden, stieg vom Sommer zum Winter hin an. Ein Standort (Kamp) hatte keine Kolben ausgebildet. Es wird angenommen, dass das Wachstum beeinträchtigt wurde, da die Fläche im Herbst zuvor stark durch Wild umgewühlt wurde. Bei den anderen Beständen liegt der Anteil an nicht-blühenden Pflanzen bei *Typha latifolia* zwischen 26–60 %. Bei *Typha latifolia* zwischen 52–58 %. Damit ist das Verhältnis von nicht-blühenden zu blühenden Pflanzen bei *Typha angustifolia* für eine Verwertung, die mehr Blattmasse bevorzugt, günstiger.



Abb. 5 Ende August: Rhizome an Jungpflanzen (l.) und an ausgewachsenem Rohrkolben (m.), neu austreibende Triebe (*Typha latifolia*) (r.)

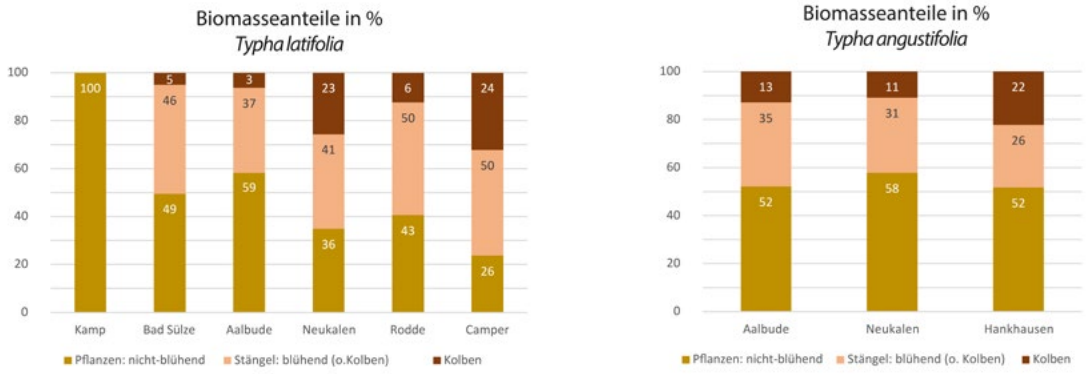


Abb. 6 Biomasseanteil von nicht-blühenden Pflanzen, blühenden Stängeln und Kolben in der Biomasse von *Typha latifolia* und *Typha angustifolia*. Bei blühenden Pflanzen wurden die Blüten- Stängel mit Blättern, aber ohne Kolben, und die Kolben separat gemessen. Standorte (siehe Abb. 12)



Abb. 7 Querschnitt *Typha latifolia* nicht-blühende Pflanze (l.), Querschnitt Blüten-Stängel (r.)

Der Vergleich von Biomassegewichte von *T. latifolia* (1020 g/m²) und *T. angustifolia* (895 g/m²) in Norddeutschland ergab im Mittel nur geringe Unterschiede (Abb. 8). Venker-Metarp 2024 stellt auch für die unterschiedlichen Pflanzenteile Gewichtsanteile pro m² dar. Sie unterschieden sich wesentlich für *T. angustifolia* und *T. latifolia* im November/Dezember. Bei *T. latifolia* hatten die Blütenstängel (gemessen ohne Kolben)

ein Gewicht von 677 g/m², bei *T. angustifolia* waren diese mit 337 g/m² wesentlich leichter. Die Kolben von *T. angustifolia* und *T. latifolia* zeigten auf den Standorten ein ähnliches Gewicht, 184 g/m² *T. latifolia* und 170 g/m² *T. angustifolia* (Venker-Metarp 2024). Obwohl die Gewichte der einzelnen Kolben von *T. angustifolia* geringer sind als von *T. latifolia*.

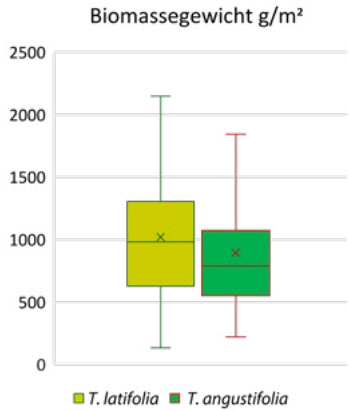
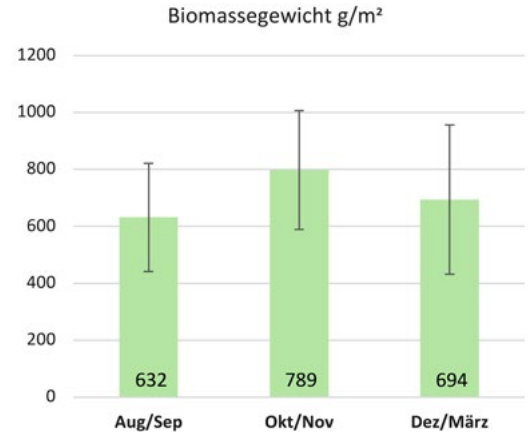


Abb. 8 Biomassegewicht von *Typha latifolia* (7 Standorte, N=126) und *Typha angustifolia* (3 Standorte, N=54) im November/Dezember (Venker-Metarp 2024) (l.), Biomassegewicht von *Typha latifolia* im Sommer, Herbst und Winter (5 Standorte, N=126) (r.)

Das Biomassegewicht von Standorten in MV erreicht im Herbst sein Maximum mit ca. 800 g/m², da die Rohrkolbenpflanzen bei milden Temperaturen auch weiterhin wachsen (Abb. 8). Zum Winter hin sinkt das Biomassegewicht auf ca. 700 g/m² im Mittel zurück. Die Spannweite der aufgenommenen Daten ist mit ca. 400–1000 g/m² groß. Feldbeobachtungen haben gezeigt, dass Rohrkolben anders als Schilf sehr anfällig für starke Wetterereignisse wie Wind, Niederschlag oder Schnee ist. Bestände können bei ungünstigen



Witterungsbedingungen einbrechen und Biomasse kann verloren gehen. Ende Oktober/November ist bereits ein Großteil der Biomasse abgetrocknet (Abb. 9). Der Wassergehalt sank kontinuierlich von Aug/Sep mit 75 %, auf 50–60 % im November/Dezember bis knapp unter 50 % im Januar/März (Abb. 10). Eine Trocknung nach der Ernte wird trotzdem für Rohrkolben empfohlen, um die Lagerfähigkeit zu erhöhen.



Abb. 9 Rohrkolbenbestand in Mecklenburg-Vorpommern im September, November und Dezember.

2.2 Rohstoffeigenschaften

Rohrkolben wurde schon in zahlreichen Projekten hinsichtlich der Eignung in Kultursubstraten als Beimischung analysiert. Die generelle Eignung als Beimischung bis zu 25 %, stößt seitdem auf wachsendes Interesse in der Substratbranche. Lüttke et al. 2021 fassten Studien und Daten für Schilf und Rohrkolben als Substratrohstoff übersichtlich zusammen. Im Projekt TyphaSubstrat konzentrierten wir uns auf die anspruchsvolle Herstellung von alternativen Presstopferden mit Rohrkolben (→ siehe Kapitel 3 Substratentwicklung). Um die Rohstoffeigenschaften einzuordnen, standen unterschiedliche Erntezeiten und die Biomassezusammensetzung von Rohrkolben-Beständen im Vordergrund. Fünf Rohrkolbenbestände (*T. latifolia*) wurden in Norddeutschland im August/September, Oktober/November und Dezember-März beprobt, um unterschiedliche Erntezeiten zu vergleichen (Abb. 10). Insgesamt war die Sommerbiomasse hinsichtlich der Eignung als Rohstoff für Substrate kritisch. Die im Winter geerntete

Biomasse konnte jedoch, bis auf löslichen Phosphor, alle Richtwerte für Holzfasern einhalten. Erntet man im späten Herbst, Oktober/November, sind bis auf Salzgehalt und löslichen Phosphor ebenso die Kriterien erfüllt. Die Untersuchung zeigte aber auch, dass es in allen Parametern bei der Biomasse trotzdem standörtliche Unterschiede gibt, die Zeitlichen aber stärker ausgeprägt sind. Der Salzgehalt war im Sommer mit 3,7 g/L am höchsten. Nur Biomasse aus Dezember bis März konnte im Mittel den vorgegebenen Richtwerten einhalten (Abb. 10). Für Kultursubstrate und Blumenerde ist der Richtwert etwas höher, bei 3 g/L, weshalb hier eine Beimischung von Rohrkolben hinsichtlich des Salzgehaltes weniger problematisch ist.

Anmerkung zum Kapitel 2: Alle Biomassegewichte und Rohstoffeigenschaften sind Durchschnittswerte mehrerer Standorte, bzw. Mediane (Boxplots Abb. 8, links) und beziehen sich auf Trockenmasse (getrocknet bei 80 °C 24 h), außer der Wassergehalt.

Abb. 10 Substrateigenschaften von *Typha-latifolia*-Biomasse im Sommer, Herbst und Winter, (Mittelwerte von 4 Standorten, 1 Standort Paludikultur, N=105), grün= Richtwerte nach Gütekriterien erfüllt, rot= Richtwerte nach Gütekriterien nicht erfüllt, * nach Gütekriterien (RAL-GZ 250/5-1), ** bei Ernte

Parameter	Einheit	Holz*	Rohrkolben		
			August-September	Oktober-November	Dezember-März
Rohdichte	g/l FM	wird analysiert	153	118	96
Wassergehalt**	%	-	75	56	48,5
pH-Wert		≤ 6,5	5,8	6,2	6,1
Salzgehalt	g/l	≤ 0,5	3,7	2,4	0,4
Lösliche Nährstoffe CAT-Extrakt:					
NH ₄ -N + NH ₃ -N	mg/l	≤ 50	16	5	4
P ₂ O ₂	mg/l	≤ 50	157	83	79
K ₂ O	mg/l	≤ 100	404	98	93
Hg	mg/kg	≤ 1	0,07	0,07	0,08

In *Typha*Substrat wurden die Proben von *Typha latifolia* und *Typha angustifolia* auch fraktioniert, nicht-blühende Pflanzen, blühende Stängel und Kolben wurden separat analysiert (Abb. 11). Auffällig ist der sehr hohe Salzgehalt der blühenden Stängel, der in etwa doppelt so hoch war, wie in nicht-blühenden Pflanzen. Der pH-Wert ist bei beiden Pflanzenarten in den unterschiedlichen Fraktionen in etwa gleich, und liegt unter 6,5. Die Konzentrationen von Nährstoffen, wie Stickstoff, Phosphor und Kalium, sind in beiden Arten in den Kolben im Winter am höchsten (Venker-Metarp 2024). Die Kolben von *Typha latifolia* enthielten 1,75% Stickstoff, 0,4% Phosphor, 1% Kalium, Kolben von *Typha angustifolia* 1,5% Stickstoff, 0,35% Phosphor und 1,5% Kalium. Stängel (blühend) und nicht-blühende Pflanzen beider Arten enthalten von den Nährstoffen wesentlich weniger, <1% Stickstoff, <0,1% Phosphor und <0,5% Kalium. Diese Hauptnährstoffe werden zum Winter hin in die Wurzeln verlagert, als Reserve für das nächste Frühjahr. Deshalb bleiben in der oberirdischen Biomasse im Winter auch weitaus weniger Nährstoffe zurück (Neubert et al. 2022).

Die Anzahl von blühenden Pflanzen im Rohrkolben-Bestand kann einen Einfluss auf die Biomassequalität haben, insbesondere wenn ihr Gewichtsanteil an der Gesamtbiomasse hoch ist (siehe auch Abb. 6). Der Salzgehalt und auch Nährstoffkonzentrationen können dann in der Biomasse höher sein. In zwei von fünf Standorten von *Typha latifolia* kamen blühende Stängel und Kolben insgesamt auf einen hohen Gewichtsanteil von 64% und 74%. Diese Ergebnisse können bei einer Mischung mit anderen Substrat-Rohstoffen berücksichtigt werden. Verwendet man Rohrkolben-Rohstoff in Mischung mit weiteren alternativen Substraten, wie z. B. Torfmoosen, Holzfasern und Grünschnitt, können sich die unterschiedlichen Eigenschaften der jeweiligen Ausgangssubstrate auch ausgleichen.

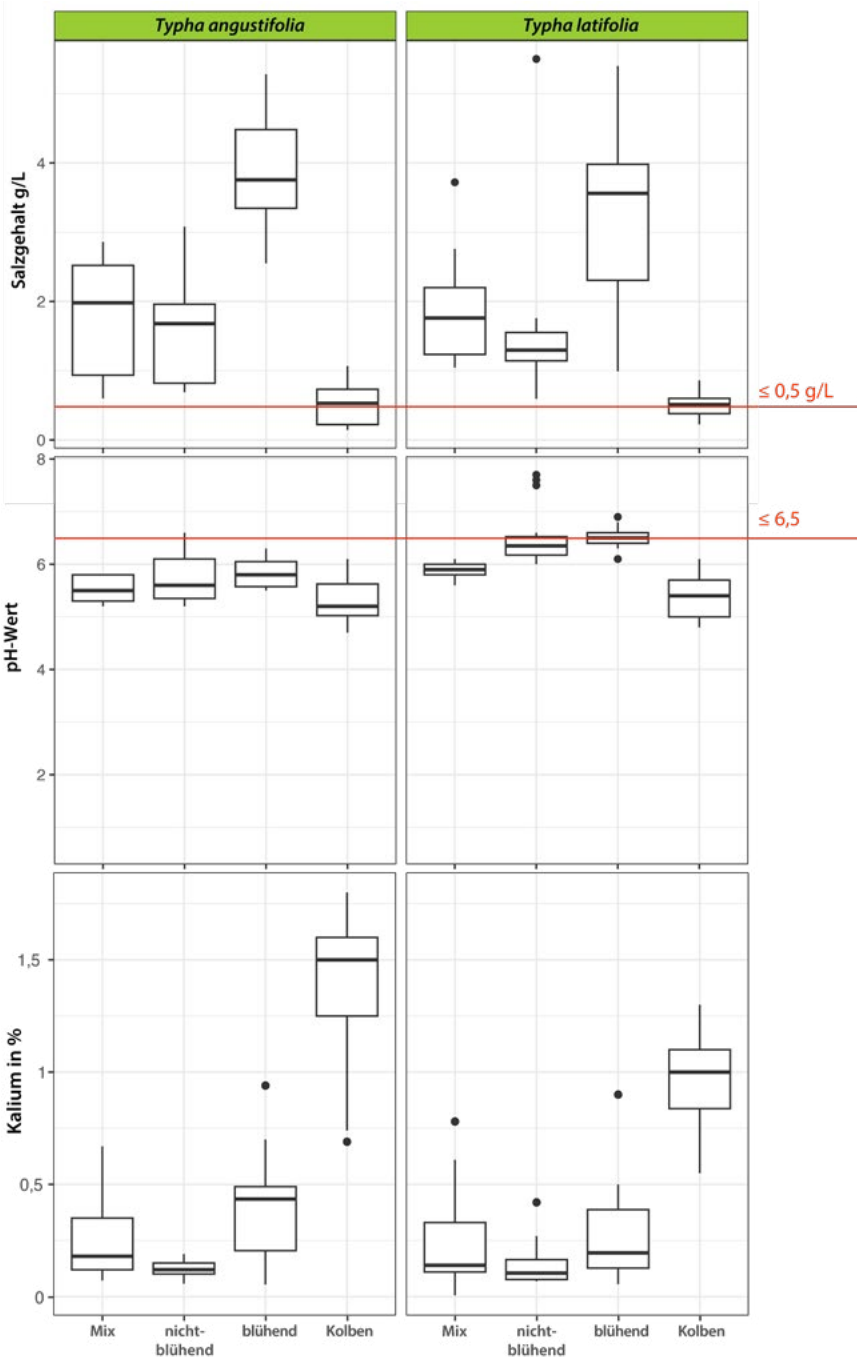


Abb. 11 Salzgehalt, pH-Wert und Kaliumgehalt in unterschiedlichen Pflanzenteilen von *Typha angustifolia* und *Typha latifolia*. Mix=gemischte Biomasse (Gesamt), nicht-blühende Pflanzen, blühende Stängel und Kolben. Rote Linien sind Richtwerte nach RAL-Gütekriterien für Holz (RAL-GZ 250/5-1).

3 Rohrkolben und Bioakkumulation

Für die Nutzung von Rohrkolben als Substratausgangsstoff ist die Schadstofffreiheit entscheidend. Nur unbelastetes Material, frei von Schwermetallen und Pestiziden, gewährleistet einen sicheren und umweltverträglichen Einsatz. Schadstoffe können nicht nur die Pflanzenentwicklung beeinträchtigen, sondern auch langfristig Boden und Umwelt belasten. Daher ist eine systematische Untersuchung der Biomasse erforderlich. Rohrkolben zeichnet sich durch die Fähigkeit aus, Schwermetalle effizient aufzunehmen und in den Wurzeln zu speichern. Diese Eigenschaft ermöglicht es, potenziell kontaminierte Standorte zu bewerten und die Reinheit der Biomasse sicherzustellen. Studien zeigen, dass Schwermetalle wie Blei, Kupfer und Zink hauptsächlich in den Wurzeln konzentriert

sind, während der Transfer in oberirdische Pflanzenteile nur gering ist (Klink et al. 2013, Sasmaz et al. 2008). Dies weist auf eine natürliche Schutzbarriere hin, die die Nutzung von Rohrkolben als schadstofffreie Biomasse unterstützt.

Auch Pestizidrückstände stellen eine Herausforderung dar, da viele dieser Substanzen persistent sind und in der Biomasse verbleiben. Rückstände könnten wachstumshemmende Effekte haben und die Qualität des Substrats beeinträchtigen. Systematische Untersuchungen an verschiedenen Standorten zeigen jedoch, dass die meisten Proben unbelastet sind, was die Eignung von Rohrkolben für eine nachhaltige Substratproduktion weiter untermauert.

3.1 Schwermetalle in Rohrkolben-Biomasse

In TyphaSubstrat wurden für die Schwermetallanalyse unterschiedliche Rohrkolben-Bestände zu verschiedenen Erntezeitpunkten beprobt (Abb. 12). Zur Analyse der Bioakkumulation von Schwermetallen (Blei, Cadmium, Kupfer) und Selen wurde eine Methode basierend auf der Atom-Absorptions-Spektroskopie (AAS) etabliert. Der prinzipielle Ablauf der Schwermetallanalyse enthält viele Teilschritte, vom Ernten der Rohrkolben, über das Vermahlen, Gefriertrocknen, Veraschen, Aufschließen mittels Mikrowellenaufschluß bis hin zum konkreten Messen im AAS (Abb. 13). Die Untersuchung dient dem Nachweis der Unbedenklichkeit der Nutzung von Rohrkolben-Biomassen, da eine Bioakkumulation von Schwermetallen in Rohrkolben bei einer (auch weit zurückliegenden) Kontamination von Anbauflächen bekannt ist. Es wurden 53 Proben von 24 verschiedenen Standorten und zu unterschiedlichen Erntezeiten analysiert. Zusätzlich wurden Wurzeln und

Kolben von Rohrkolben getrennt untersucht, um die Verteilung der Schwermetallrückstände innerhalb der Pflanze zu bestimmen. Diese Analyse dient dazu, die Eignung der verschiedenen Pflanzenteile für eine spätere Verwendung zu beurteilen.

In allen Proben wurden zumindest Spuren von Schwermetallen nachgewiesen. Die Konzentrationen variierten stark, abhängig vom Standort und Erntezeitpunkt (Abb. 14). Bei einzelner Betrachtung der Schwermetalle zeigte Kupfer geringfügig höhere, Cadmium dagegen deutlich höhere Konzentrationen im Herbst. Cadmium-Konzentrationen verringerten sich vom Winter zum Sommer, um ebenfalls im Herbst ein Maximum zu erreichen. Selen war in der ersten Messung im Winter am höchsten und verringerte sich mit jeder weiteren Messung bis zum Herbst hin. Die Bleikonzentration war im Mittel über alle Standorte im Winter und Herbst ungefähr gleich hoch, und verringerten sich

dann zum Herbst. Am Standort Polder Rodde war die Bleikonzentration im Sommer am höchsten. Selen war oft nicht nachweisbar oder wurde in nur sehr geringen Mengen gefunden. Die Verteilung in den Pflanzenabschnitten war sehr variabel (Abb. 14 c). In den Wurzeln wurden weitaus weniger Blei- und viel höhere Kupferkonzentrationen gefunden als in der oberirdischen Biomasse. Die Konzentration von Cadmium war in den Wurzeln und oberirdischer Biomasse etwa gleich.

Alle gemessenen Konzentrationen lagen aber deutlich unter den geltenden Grenzwerten für Schwermetalle in Torf als Substratausgangsstoff. So liegt der Grenzwert für Blei mit 150 mg/kg etwa 100-mal höher, während der für Cadmium 1,5 mg/kg etwa 10-mal höher als die gemessenen Werte ist. Für Kupfer und Selen gibt es

keine festgelegten Grenzwerte. Ein niedriger Wert von Schwermetallen in Rohrkolben, einer Pflanze mit Fähigkeit zur Phytoremediation, weist auf eine unbelastete Fläche hin. Die Lagerung hatte keinen Einfluss auf die Konzentration der Schwermetalle. Alles zusammen zeigt, dass Rohrkolben von den beprobten Standorten hinsichtlich der Schwermetallbelastung keine Einschränkungen aufweist, und er diesbezüglich ein geeigneter Ausgangsstoff für Torfersatz ist.

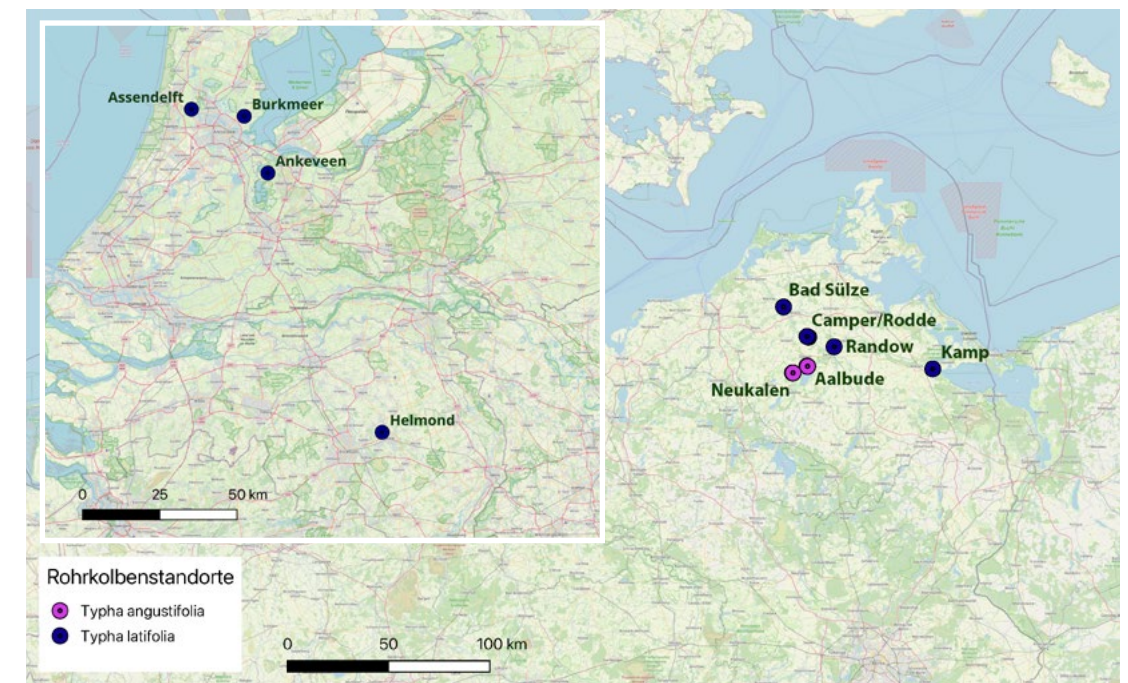


Abb. 12 In TyphaSubstrat beprobte Rohrkolbenstandorte in Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und in den Niederlanden. Bioakkumulation: Schwermetalle und Herbizide - alle Standorte außer Hankhausen. Biomassequalität und Biomassemenge: alle Standorte in Norddeutschland.

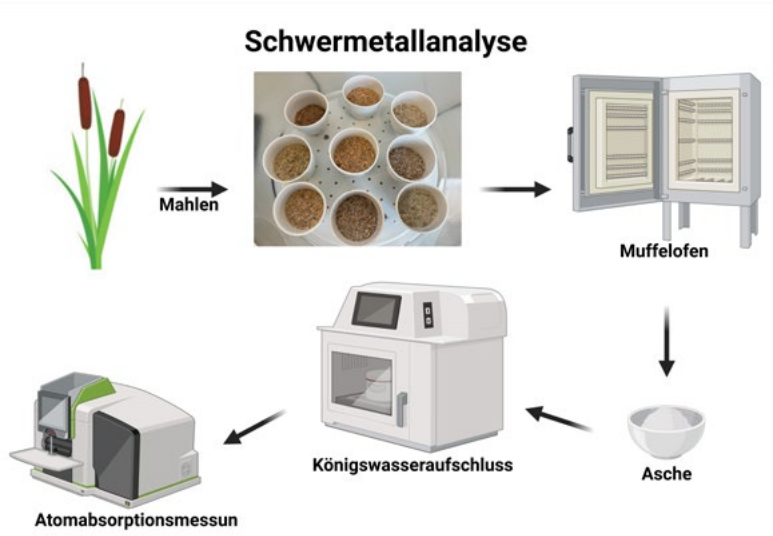


Abb. 13 Methode Schwermetallanalyse

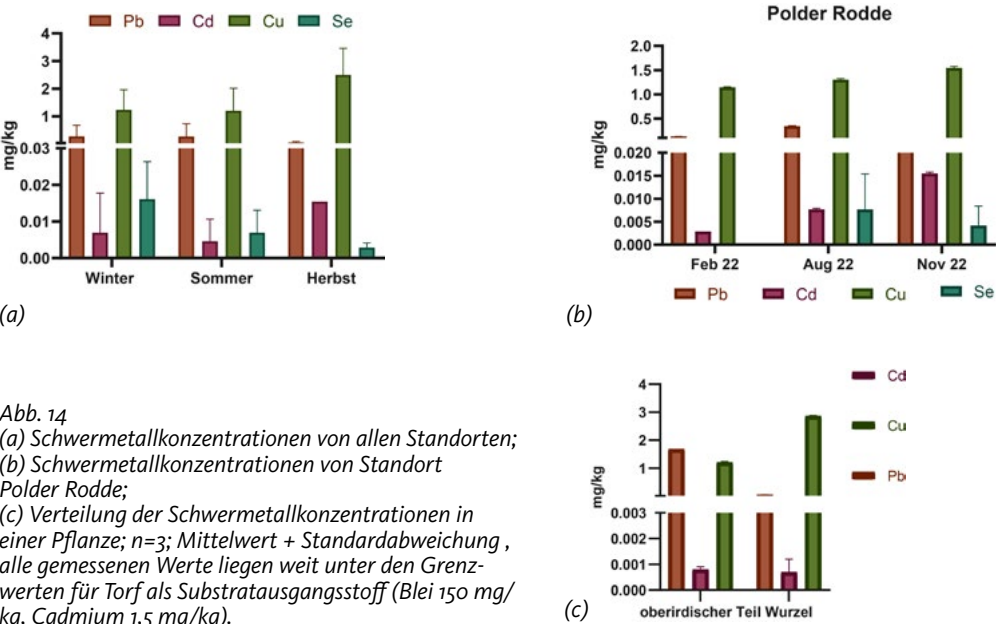


Abb. 14 (a) Schwermetallkonzentrationen von allen Standorten; (b) Schwermetallkonzentrationen von Standort Polder Rodde; (c) Verteilung der Schwermetallkonzentrationen in einer Pflanze; n=3; Mittelwert + Standardabweichung, alle gemessenen Werte liegen weit unter den Grenzwerten für Torf als Substratausgangsstoff (Blei 150 mg/kg, Cadmium 1,5 mg/kg).

3.2 Pestizide in Rohrkolben-Biomasse

Im Projekt wurde auch die Bioakkumulation von Pestiziden in Rohrkolben gemessen. Im Jahr 2022 waren 1000 Pflanzenschutzmittel mit 1849 Handelsnamen EU weit zugelassen (UBA 2024). Die Zahl der eingesetzten Wirkstoffe lag bei 281. Als eine Aufgabe im Projekt galt es deshalb, aus den verschiedenen Pestiziden eine Auswahl für die Analyse von Rohrkolben zu treffen (Abb. 15).

- Bei der Auswahl der Pestizide wurden folgende Kriterien zugrunde gelegt:
- Analysierbarkeit durch LC-MS
 - häufiger Einsatz in Deutschland und der EU, mit besonderem Fokus auf die Region Mecklenburg-Vorpommern
 - Nachweis in früheren Studien (z. B. in Gewässern in Mecklenburg-Vorpommern)

Herbizide	Insektizide	Fungizide
Chloridazon	Acetamiprid	Cyprodinil
Diuron	Clofentezin	Dimethomorph
Flufenacet	Dimethoat	Fenpropimorph
Fluroxypyr	Flonicamid	Mandipropamid
Isoproturon	Pirimicarb	Propamocarb
Linuron	Pymetrozin	Pyraclostrobin
Pendimethalin	Spinosad	Tebuconazol
Prosufocarb		

Die Methode zur Analyse der Pestizide basiert auf einer standardisierten Methode zur Extraktion von Pestiziden in Lebensmitteln (AOAC 2007.01). Diese wurde für Rohrkolben in TyphaSubstrat optimiert, um die besonderen Eigenschaften des Rohrkolbens zu berücksichtigen (Abb. 16). In den gemessenen Proben wurden keine Pestizide nachgewiesen (Abb. 15, Abb. 17). Im Rohrkolben und somit auch auf den unterschiedlichen Standorten waren keine Pestizide in nachweisbaren Konzentrationen vorhanden. Dies deutet darauf hin, dass die Rohrkolben-Biomasse unbelastet ist und somit als potenziell geeigneter Torfersatz genutzt werden kann. Zwar wurden nicht alle in der EU zugelassenen Pestizide untersucht, jedoch spricht das Fehlen der nachweisbaren Substanzen für eine weitgehende Reinheit der Proben.

Abb. 15 Liste der untersuchten Pestizide

Die Auswahl der Pestizide erfolgte anhand von:

- Sichtung von 42 verschiedenen wissenschaftlichen Publikationen
- aktuelle nationale und europäische Gesetze zur Pestizidkontrolle und -anwendung
- Jahresberichte verschiedener nationaler und europäischer Behörden (z. B. EFSA 2018)
- Statistiken von Institutionen wie EFSA, BVL, BfR und BMEL

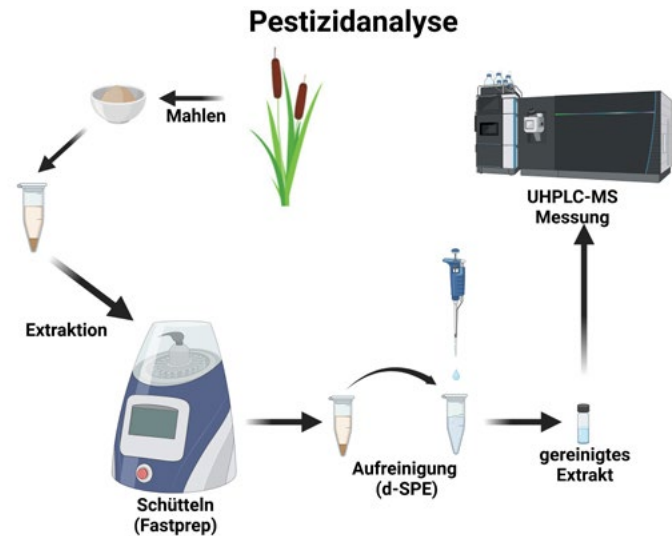


Abb. 16 Methodenübersicht Pestizidanalyse

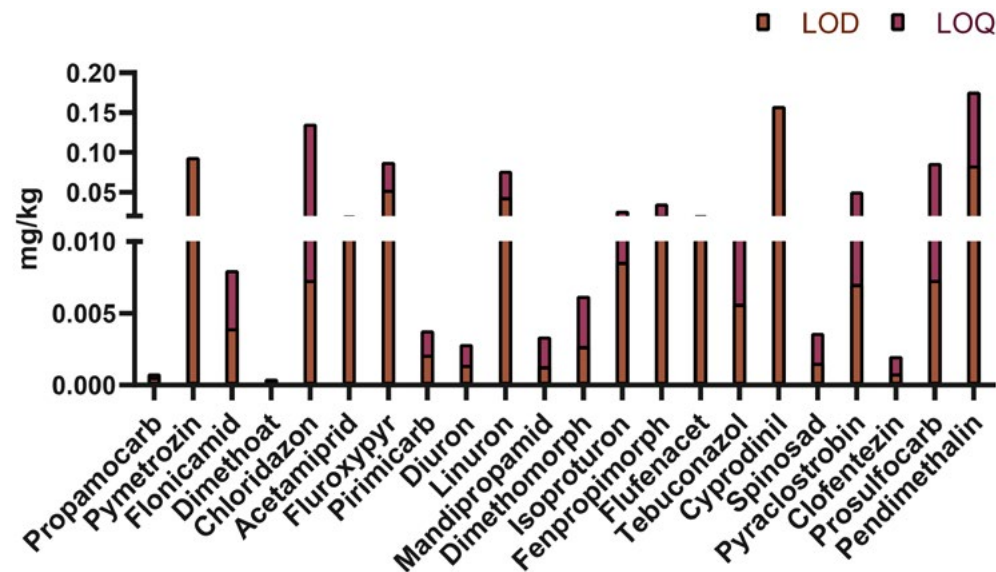


Abb. 17 LOD (Nachweisgrenze) und LOQ (Quantifizierungsgrenze) der finalen Methode

4 Entwicklung torfreduzierter Presstöpfe mit Rohrkolben

Substrate im Erwerbsgemüseanbau werden derzeit noch auf der Grundlage von hohen Torfanteilen produziert. Torf hat aber nur schwer zu ersetzende Eigenschaften: er ist uniform und sehr stabil, neutral in seinem Nährstoffverhalten und technisch gut zu verarbeiten. Insbesondere der letzte Punkt ist eine große Hürde bei der Suche nach einem gleichwertigen Ersatz-

stoff. Außerdem werden bei einer Umstellung von Torf auf alternative Rohrstoffe große Mengen an Ersatzstoffen benötigt, die derzeit noch nicht zur Verfügung stehen.

4.1 Steckbrief: Rohrkolben

Breitblättriger Rohrkolben (*Typha latifolia*)

Standort: Degradierete, wiedervernässte Niedermoore mit hoher Nährstoffverfügbarkeit sind besonders für den Anbau von Rohrkolben geeignet. Eine Bewässerung mit nährstoffreichem Oberflächenwasser wird empfohlen. Idealerweise werden Rohrkolbenkulturen entlang nährstoffreicher Vorfluter etabliert.

Wasserstand: 0–40 cm über Flur (Wasserstufe: 5+/6+)

Etablierung: Saat oder Pflanzung

Ertrag: 5–20 t Trockenmasse je Hektar und Jahr

Ernte: jährlich; erste Ernte nach 1–2 Jahren

Verwertung: ökologische Baustoffe, Bioenergie, Substratrohstoff

Emissionsminderung: ca. 18 t CO₂-Äq. je Hektar und Jahr (im Vergleich zu nährstoffreichen, entwässerten Niedermooren, ohne Emissionsminderung durch Ersatz fossiler Rohstoffe).

Die in Mitteleuropa heimischen Arten Schmalblättriger Rohrkolben (*Typha angustifolia*), Breitblättriger Rohrkolben (*Typha latifolia*) und deren Hybrid (*Typha x glauca*) sind hochproduktive, ausdauernde Wasser- und Sumpfpflanzen. Sie haben ein kräftiges, stärkehaltiges Rhizom und steif aufwachsende Blätter, die Höhen von 1,5–3 (–4) m erreichen. Die Blätter besitzen ein ausgeprägtes Aerenchym (Durchlüftungsgewebe). Die vielen „Luftkammern“ machen Rohrkolben als nachwachsenden Rohstoff im Baustoffsektor interessant.

Quelle: geändert nach moorwissen.de, www.moorwissen.de/rohrkolben.html

4.2 Steckbrief: Sphagnum (Torfmoose)



Torfmoose (*Sphagnum spec.*)
mit Sonnentau (*Drosera rotundifolia*)

Torfmoose (Gattung *Sphagnum* L.) sind Laubmoose, die vor allem in nährstoffarmen, sauren, nassen Habitaten vorkommen. Weltweit gibt es 150–450 Arten. Durch die Zerstörung ihrer Lebensräume sind viele Torfmoos-Arten in Deutschland gefährdet. Torfmoose sind Haupttorfbildner in natürlichen Hochmooren.

Standort: Torfmoos-Paludikultur kann auf wiedervernässten Hochmoorflächen umgesetzt werden, die zuvor z. B. als Hochmoorgrünland genutzt wurden oder auf denen Torf abgebaut wurde.

Wasserstand: 2–10 cm unter Torfmoosoberfläche

Etablierung: Ausbringen von Torfmoosfragmenten, Etablierungsdauer: 1,5 (–3) Jahre

Ertrag: 2–8 t Trockenmasse je Hektar und Jahr

Ernte: alle 3–5 Jahre

Verwertung: Rohstoff für gartenbauliche Substrate u.v.m.

Emissionsminderung: ca. 15–25 t CO₂-Äq. je Hektar und Jahr (im Vergleich zum entwässerten Hochmoorgrünland; ohne Emissionsminderung durch Torfersatz)

Quelle Moorwissen.de, moorwissen.de/torfmoose.html

4.3 Der neue Ansatz: Reifen statt Mischen

Aus früheren Untersuchungen ist bekannt, dass sich die möglichen Rohstoffalternativen eher unberechenbar zeigen, sobald sie in einem Substrat miteinander gemischt werden. Je leichter ein Rohstoff in einen Rottezustand übergehen kann, umso stärker war dieser Effekt. Als ein Ergebnis wurde ein grundsätzlich neuer Ansatz in der Herstellung von Substratmischungen gewählt: ein teilweises Anrotten der Komponenten, ohne dass deren Struktur vollständig zusammenbricht. Dieser Prozess wird im Weiteren als „Fermentation“ bezeichnet. Aus dem bisherigen bloßen Mischen der Komponenten wird so ein möglichst weit geführter Reifeprozess. Die Fermentation selbst erfolgt unter Zumischung von 10 % reifem Grüngut-Kompost über einen Zeitraum von wenigen Wochen.

Die Komponenten

Rohrkolben (*Typha* spp.): Es kamen beide Arten (*Typha latifolia* und *T. angustifolia*) zum Einsatz. Diese wurden fein gehäckselt und mit Grüngutkompost fermentiert (Abb. 18). Die Geschwindigkeit der Fermentation kann dabei über den Feuchtezustand reguliert werden. Zu stark fermentiertes Material kann als Kompost verwendet werden.

Sphagnummoos: Dieses aus der Paludikultur stammende Torfmoos war ca. 2–10 Jahre alt. Es wurde lediglich sehr fein gehäckselt.

Holzfasern: Als Klassiker mit guten Ergebnissen aus der Praxis kommt auch die feine fermentierte Holzfasern zum Einsatz (Abb. 18). Es ist neben Kokosfasern der stabilste Torfersatzstoff. Die Herausforderung ist lediglich, eine sehr feine Struktur zu erhalten.

Grüngutkompost: Ein wichtiges Bindemittel ist der Kompost. Je nach enthaltenem Anteil an Sand oder Lehm/Ton ist er ein Ersatz für die fehlende Plastizität, die der Schwarztorf bietet. Sandiger Grüngutkompost erwies sich als weniger geeignet, lehmig-toniger hingegen als besonders gut. Eine ähnlich gute Qualität ergab der Rohrkolbenkompost, der durch fortgeschrittene Fermentation entstanden war.

Weitere Zuschläge sind Ton für eine bessere Bindigkeit, Kalk um den pH-Wert anzuheben und Stickstoffdünger zur Kompensation des hohen Kohlenstoffanteils der meisten Torfersatzstoffe. Es soll hier noch erwähnt werden, dass selbst die gelieferten Schwarztorfe eine zunehmende Variabilität in ihrer Qualität aufwiesen, wodurch ihre Verwendung für Presserden teilweise eingeschränkt war.



Abb. 18 v.l.n.r.: fermentierte Rohrkolben-Biomasse, gehäckselt Sphagnummoos und fermentierte Holzfasern (unten) und rohe Holzfasern (oben)

4.4 Derzeitiger Entwicklungsstand

Im Projekt wurden eine Vielzahl von Mischungen hergestellt und getestet, teilweise im eigenen Versuchsbetrieb, teilweise aber auch im gärtnerischen Großbetrieb. Fragestellungen waren dabei vor allem, inwieweit die Mischungen technisch in der Erdpresstopfmaschine laufen, der anschließende Jungpflanzenaufwuchs, die Verwendbarkeit der Pflanzen in der (Bänder-)Pflanzmaschine und schließlich das Pflanzenwachstum auf dem Feld.

Getestet wurden meistens Mischungen mit steigenden Anteilen von Torfersatz, die mit einer betriebsüblichen Erde des Jungpflanzenbetriebes verglichen

wurden (Variante 35%). Als Beispiel sei folgende Zusammensetzung aus den Versuchen 1 und 2 aus 2024 angeführt (Abb. 19). In der Erdpresstopfmaschine liefen die Substrate gut, mit etwas fallender Tendenz mit steigendem Torfersatz (Abb. 20). Eine Herausforderung für die Serienanwendung wird in Zukunft die Wasserführung sein, da die Substrate sehr feucht gefahren werden müssen.

Abb. 19 Zusammensetzung der Substrate für die Versuche 1 und 2 in 2024 und deren Anteil an Torfersatz-Rohstoffen in %

Komponente	Torfersatz				
	35%	50%	65%	80%	100%
Rohrkolben	0	15	15	15	20
Sphagnum	0	10	15	30	40
Holzfaser (ferm.)	20	10	15	15	20
Rohrkolben-Kompost	0	5	5	5	5
Grünschnitt-Kompost	15	10	15	15	15
Schwarztorf	65	50	35	20	0



Abb. 20 Probepressung auf der Unger Erdpresstopfmaschine



Abb. 21 Jungpflanzen des Romanasalates



Abb. 22 Die Bänderpflanzmaschine im Einsatz



Abb. 23 Die Versuchspartzellen des Anbauversuches

Die Keimung des ausgesäten Romanasalates verlief gleichmäßig und ohne Unterschied zur Kontrolle. Es wurde ein vollständiger Aufgang erreicht. Die Auspflanzung mit der Bänderpflanzmaschine war möglich, wenn auch hier der Feuchtezustand des Pflanzgutes von besonderer Bedeutung war, da die einzelnen Pflanzbällchen im Vergleich zur Kontrolle etwas schwerer abtrennbar waren. Der Aufwuchs im Feld war entsprechend gleichmäßig. Unterschiede in der Entwicklung und der Pflanzengesundheit konnten nicht erkannt werden.

Dementsprechend lagen die Erträge der verschiedenen Varianten alle im Bereich der Kontrolle oder darüber (Abb. 24). Da die Anzahl Pflanzen pro Fläche gleich war, lag dieser Ertragseffekt an einer guten Ausbildung der Einzelköpfe (Abb. 25). Lediglich eine zweite schwächerwüchsige Sorte des Romanasalates lag im Ertrag niedriger (grüne Säulen), was aber ein sortenspezifischer Effekt war und nicht mit den Substraten zusammenhing.

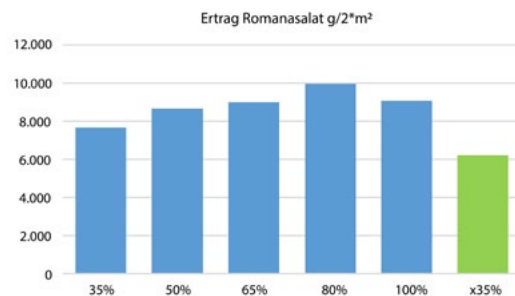


Abb. 24 Ertrag des Romanasalates (in Gramm/2 m²), Prozentwerte = Torfersatz, Variante 35 % Kontrolle: Substrat aus dem Handel, x35 % grün schwachwüchsige Salatsorte

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass alle neuen Mischungen sehr sensibel aus den verfügbaren Komponenten zusammengestellt werden mussten, um die zuvor angeführten Prüfstufen mit Erfolg durchlaufen zu können. Vor allem zeigte sich, dass die große Variabilität des Rohrkolbens, aber auch unterschiedliche Qualitäten der Holzfaser und des Schwarztorfes eine Rolle spielten.

Die Haltbarkeit der gemischten Substrate war deutlich kürzer als bei vergleichbaren torfbasierten Substraten mit nur geringem Torfersatz. Diese liegt im Bereich von wenigen Monaten. Im Vergleich dazu können die herkömmlichen Substrate ein halbes bis zu einem Jahr gelagert werden. Ursache hierfür ist die geringe Stabilität des Rohrkolbens.

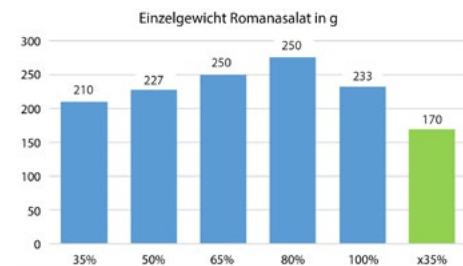


Abb. 25 Einzelkopfgewicht in Gramm, Prozentwerte = Torfersatz, Variante 35% Kontrolle: Substrat aus dem Handel, x35% grün schwachwüchsige Salatsorte

5 Technikentwicklung Rohrkolbenernte

Um Rohrkolben von wiedervernässten Mooren zu ernten, bedarf es einer speziellen Erntetechnik. Diese muss bestimmte Anforderungen erfüllen. Moorböden sind durch hohe Wassersättigung, geringe Tragfähigkeit und eine empfindliche Bodenstruktur gekennzeichnet. Konventionelle landwirtschaftliche Maschinen sind für diese Bedingungen ungeeignet (Dahms et al. 2017).

Im Spektrum der Spezialtechnik für nasse Moorböden gibt es

1. Kleintechnik: für den kleinflächigen Einsatz, die z. B. nur für die Offenhaltung von Naturschutzgebieten geeignet ist, wobei der Abtransport der Biomasse meist nicht im Erntesystem integriert ist (Mulchen).

2. angepasste Grünlandtechnik: kommt zum Einsatz, wenn der Wasserstand in den Flächen im Sommer unter Flur sinkt oder bei gefrorenem Boden im Winter. Es sind hier herkömmliche Erntefahrzeuge, die durch Breitreifen, oder Zwillingsbereifung sowie leichte Ballenpressen mit Tandemachse und Breitreifen umgebaut werden, und deshalb einen geringeren Bodendruck ausüben als herkömmliche Grünlandtechnik. Trotzdem kann der erforderliche Bodendruck für die sichere Befahrung bei Wasserständen in Flur mit <200 g/cm² nicht erreicht werden.

3. bei raupenbasierter Technik wie z. B. umgebaute Pistenraupen oder Spezialraupen mit Ketten liegt der Bodendruck zwischen 50–100 g/cm², welcher den Boden kaum beeinträchtigt. Im Vergleich dazu übt der Mensch in etwa 175 g/cm² auf den Boden aus. Sodass raupenbasierte Technik noch dort fahren kann, wo wir gar nicht mehr laufen können. Trotzdem haben Erfahrungen gezeigt, dass die Mehrfachbefahrung und Fehlbedienung der Raupen je nach Flächenbeschaffenheit auch zu Schäden an der Vegetation führen kann.

Angepasste Technik für die Paludikultur zeichnet sich durch mehrere Besonderheiten aus:

- reduziertes Maschinengewicht,
- erhöhte Kontaktfläche zur Verminderung des Kontaktflächendrucks,
- Ausbalancieren des Maschinengewichts, der Ernteaufsätze und der Zuladung,
- Entwicklung weiterer technischer Lösungen zur Vermeidung von Scherkräften,
- separate Ernte- und Transportfahrzeuge,
- bei Kettenfahrzeugen: Ketten sollten ein Breite-Länge-Verhältnis von 1:4 bis 1:5 besitzen,
- Berücksichtigung der speziellen maschinellen und standörtlichen Anforderungen beim Fahrpersonal.

Ein weiterer Unterschied besteht in der Bauweise der Mahdköpfe. Da in der Paludikultur spezielle Pflanzen wie Schilf, Rohrkolben oder Torfmoose angebaut werden, müssen die auf diese Kulturen abgestimmt werden. Wichtig ist auch, dass das Erntegut gleich nach dem Schnitt aufgenommen wird, damit die Biomasse nicht nass wird oder verschmutzt.

5.1 Spezialtechnik für Rohrkolben

Zu Beginn des Projektes wurde eine Schilferntemaschine zur Mahd und Bündelung von Rohrkolben getestet. Versuche haben gezeigt, dass Rohrkolben sich mit dieser Technik nicht so leicht ernten lassen wie Schilf. Das Abschneiden ist zwar gleich, aber der vertikale Transport, das Reinigen und Bündeln ist sehr speziell und nicht mit der Schilfmahd zu vergleichen. Zunächst war geplant, die Schilferntemaschine umzubauen, um sie für Rohrkolben einzusetzen, doch es hat sich gezeigt, dass nur ein Neubau für die Bündeltechnik für Rohrkolben möglich ist.

Grundlage der Technikentwicklung der Firma Wellink in TyphaSubstrat waren kettenbasierte Erntefahrzeuge der Firma LogLogic. Im Projekt wurde der Softrak ST 140 für die Rohrkolbenernte umgebaut. Dieser kann mit unterschiedlichen Kettenbreiten ausgestattet werden. Der Bodendruck kann im Leerzustand zwischen 102 g/cm^2 bei einer Kettenbreite (KB) von 60 cm bis 67 g/cm^2 (KB 100 cm) variieren. Dementsprechend ist dieser mit Zulässigem Gesamtgewicht etwas höher. Mit einer Zuladung von max. 2,5 t kann der Bodendruck bei 182 g/cm^2 (KB 60 cm) und bei 115 g/cm^2 (KB 100 cm) liegen. Die Firma Wellink bietet in ihrem Portfolio auch die Möglichkeit einer etwas größeren Variante mit dem Softrak 165 Heavy Duty an, der bis zu 4 t zuladen kann. Je nach Kettengröße werden hier Bodendruckwerte von 133 bis 214 g/cm^2 erreicht (incl. max. Zuladung).

Die Anpassung eines vorhandenen Behälters hat sich als nicht ausreichend erwiesen. Die Umsetzung eines funktionalen und sicheren Sammelbehälters, der am Feldrand abladen kann und die Arbeit wirklich erleichtert, wurde im Projekt mit dem Bau eines Hochkippers realisiert (Abb. 26, Abb. 33). Der Hochkipper ist mit einem GPS-System ausgestattet.

Die Entwicklung eines Spezialfahrzeugs zur Bündelernte konnte im Projekt leider nicht abgeschlossen werden. Im Gespräch mit Interessenten wurde jedoch deutlich, dass eine hohe Nachfrage nach Rohrkolben-Bündel-Erntetechnik besteht. Grund dafür ist, dass je

nach weiterer Verwertung die Zerkleinerung jeweils maschinell nach der Feldernte durchgeführt und so an die angestrebte Verwendung der Biomasse angepasst werden kann. Nach der Ernte kann man dann auf die richtige Länge zerkleinern. So ist der Verarbeiter sehr flexibel und der Landwirt kann die Biomasse besser verkaufen. Auch Lagerung und Transport profitieren davon. Eine Maschine, die den Rohrkolben erntet und bündelt, soll auch einfacher und sicherer werden.

Es erscheint sinnvoll, das Ernte-Fahrzeug um eine Waage zu ergänzen. Sie ermöglicht es, zu bestimmen, wie voll der Hochkipper bei unterschiedlichen Materialien ist und wieviel er in einer bestimmten Erntezeit laden kann. So kann vermieden werden, dass der Hochkipper während der Arbeit überladen wird. Auch die Kommunikation mit dem Spediteur, der das Erntegut abholt, wird einfacher, da keine zusätzliche Waage benötigt wird.

Die Erfahrung zeigt, dass die Ernte von Schilf viel einfacher ist als die von Rohrkolben, da das Schilf sich leichter bündeln, reinigen und vertikal transportieren lässt. Zudem ist die Ernte von Schilf als Dachreet schon seit Jahrzehnten in nassen Mooren etabliert und funktionierende Erntetechnik entwickelt.



Abb. 26 Hochkipper l. und r. (o. l.), Einsatz in Nordholland (o. r.), BCS Ernte mit Rohrkolben-Umbau (unten l. m. r.)

Abb. 27. Technische Spezifikationen Softrak 140 (mit CE-Zertifizierung)

Motor	
Ausführung mit verstellbare Hebearmen	CAT1.
Max. Hebekapazität im Schnellkupplungshebel	1 050 kg
Max. empfohlenes Gewicht Anbauteil	700 kg
Antrieb	
Gummi Tracksystem	Bridgestone
Trackbreite	600 mm
Max. Geschwindigkeit	12 km/h
Bodendruck (unbeladen, statisch)	102 g/cm ²
Max. Zugkraft	3,6 t
Getriebe	
Vollständig hydrostatisch	1 Griff-Servo Bedienung
Max. Systemdruck	350 bar
Hydraulik Radmotor	2 x 750 cc/Umdr.
Hydraulikpumpe Vorderantrieb Radmotor	2 x 65 cc/Umdr.
Abmessungen und Gewicht	
Gewicht Basismaschine inkl. Ladefläche	3 300 kg
Ladevermögen	2 500 kg
Breite x Transporthöhe ohne / mit Behälter	232 x 260 / 305 cm
Transportlänge / Bodenfreiheit	380 cm / 52,5 cm
Extrahydraulikpumpe für Anbauteile (optional)	
Hydraulikpumpen (Zahnrad)	8 oder 20 cc/Umdr.
Max. Arbeitsdruck	240 bar
Hydraulik Leistung	18-45 L/min @ 2 300 RPM
Kabine	
Ausführung	1 Person, ROPS
Sitz	1 x Grammer, luftgefedert, Rollengurt
Dashboard	Motormanagement-System
Ventilationssystem	Inkl. Auftau- und Heizungssystem und Klimaanlage
Arbeitslampen	2 + 2 LED
Spiegel	1 Innen und Aussenspiegel
Kapazität	
Brennstofftank	170 L
Hydrauliköltank	100 L
3 Punkt Rückhebevorrichtung Vorderseite	
Ausführung mit verstellbaren Hebearmen	CAT 1.
Max. Hebekapazität im Schnellkupplungshebel	850 kg
PTO's (optional)	
PTO mit 1 3/8, 6 Splines Rückseite	55 kW @ 540 RPM
Hydraulische PTO Abnahme	80 KW
Vorder- und Rückseite	
Hydraulischer PTO Ölertrag	115 L / min. @ 2.000 RPM
Max. Arbeitsdruck	420 bar



Abb. 28 Rohrkolben-Bündel



Abb. 29 Rohrkolben in Testbehälter



Abb. 30 Handgeschnürtes Rohrkolben-Bündel



Abb. 31 Internationaler Besuch beim Demonstrationstag in Zunderdorp Januar 2024



Abb. 32 Ernte von Torfmoos in Hankhausen (Niedersachsen)



Abb. 33 Hochkipper mit 11 m³ kippt Erntematerial ab

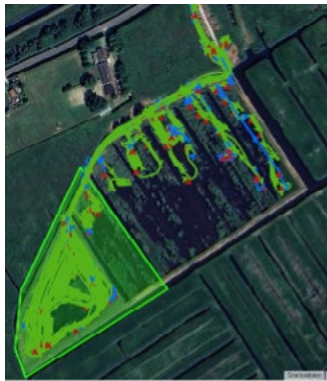


Abb. 34 GPS-Registrierung Erntematerial ab

6 Fazit

Rohrkolben-Biomasse eignet sich als Torfersatz in Presstopferden, wenn dieser mit anderen Komponenten wie Torfmoos und Holzfasern kombiniert wird. Im Projekt wurde die Eignung der einzelnen Komponenten durch eine Kompostierung beziehungsweise Fermentierung verbessert. Die Biomasse erwies sich als unbelastet von Schwermetallen und Pestiziden in nachweisbaren Konzentrationen. Dies spricht für die Reinheit der Rohrkolben-Biomasse. Daher kann Rohrkolben als nachhaltiger und umweltschonender Rohstoff für den Substratersatz betrachtet werden. Auf den beprobten Rohrkolben-Standorten in Norddeutschland und den Niederlanden lag der Biomassertrag im Mittel bei 7 bis 8 t/ha im Herbst und Winter. Die Eigenschaften der Rohrkolben-Biomasse konnten bei einer Ernte zwischen Dezember bis März weitestgehend die Anforderungen an die Gütekriterien für Pflanzensubstrate erfüllen.

Die größte Herausforderung für die Nutzung von Paludi-Rohstoffen an Stelle von Torf in der Substratbranche ist, dass sofort große Rohstoffmengen verfügbar sein müssen. Allerdings kann eine Umstellung auf Rohstoff-Alternativen für Torf erfahrungsgemäß nur in kleinen Schritten erfolgen. Dies ermöglicht es in der Praxis Kulturverfahren ohne große Einbußen anzupassen. Hierfür sind ebenfalls größere Mengen an Substraten nötig. Sogar für eine Praxiserprobung im größeren Maßstab, gibt es aktuell nicht genügend Rohrkolben-Biomasse.

Es fehlt derzeit der wirtschaftliche Anreiz für Landwirt*innen, die Substratrohstoffe aus Paludikultur zu produzieren. Insbesondere in der Substratindustrie werden häufig billige Reststoffe aus anderen Industriezweigen verwendet; auch Torf an sich ist ein billiger Rohstoff. Bei der Nutzung von Rohrkolben als Substratrohstoff kann die Kombination von unterschiedlichen Nutzungen weiterhelfen: Rohrkolbenbiomasse ist ein guter Dämmstoff und bei der Herstellung von hochwertiger Einblasdämmung fallen günstige Reststoffe an. Diese Reststoffe können für die Herstellung

von gärtnerischen Substraten verwendet werden und dadurch die Substrate wirtschaftlich interessant machen.

Bei der Nutzung von Rohrkolben als Substrat-Rohstoff treten ähnliche „Henne-Ei“-Herausforderungen auf, wie bei anderen Paludikulturen und den damit verbundenen Wertschöpfungsketten. Landwirt*innen werden erst auf neue Bewirtschaftungskonzepte umstellen, wenn die Biomasse-Abnahme garantiert ist. Unternehmensseitig wird erst Rohstoff in die Produktionskette integriert, wenn die Biomasse-mengen für einen langen Zeitraum gesichert sind. Es zeigt sich, das Unternehmen als auch Landwirte in dem Bestreben Paludikultur zu integrieren gestärkt und unterstützt werden müssen. Paludikultur senkt gesellschaftliche Klima-Folgekosten indem sie hilft, der ökologische Krise zu begegnen: für mehr und auch saubereres Wasser sorgt, und trotzdem Moore als landwirtschaftliche Nutzflächen erhält. Deshalb sollte Paludikultur von Politik und Gesellschaft unterstützt und getragen werden.

Literaturverzeichnis

Abel, S. & Kallweit, T. (2022) Potential Paludiculture Plants of the Holarctic. Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe 04/2022 (Selbstverlag, ISSN 2627-910X), 440 S. > [greifswaldmoor.de/files/dokumente/GMC_Schriften/2022_Abel_&_Kallweit_2022_DPPP_Holarctis.pdf](https://www.greifswaldmoor.de/files/dokumente/GMC_Schriften/2022_Abel_&_Kallweit_2022_DPPP_Holarctis.pdf)

BfR – Bundesinstitut für Risikobewertung (2024) Liste der Pestizide zu denen gegenwärtig methodische Informationen verfügbar sind > www.bfr.bund.de/de/bfr_daten_fuer_die_esi_ms_ms_detektion-5831.html

BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2022) Torffrei gärtnern, Klima schützen. PDF-Dokument des BMEL > www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/torfminderungsstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=6

BMUV (2022) Nationale Moorschutzstrategie Kabinettsbeschluss vom 9. November 2022.

BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2021) Jahresbericht 2021 Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. > www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/NAP-NationalerAktionsplanPflanzenschutz2021.pdf?__blob=publicationFile&v=4

BVL – Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2020) Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland. > www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/04_Pflanzenschutzmittel/01_meldungen_par_64/meld_par_64_2020.pdf?__blob=publicationFile&v=5

Dahms, T., Oehmke, C., Kowatsch, A., Abel, S., Wichmann, S., Wichtmann, W. & Schröder, C. (2017): Paludi-Pellets-Broschüre. Halmgutartige Festbrennstoffe aus nassen Mooren. 2. Auflage. Universität Greifswald. Greifswald.

EFSA – European Food Safety Authority (2018) The 2018 European Union report on pesticide residues in food. > doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6057

Eickenscheidt, T. et al. (2023a): MOORuse – Paludikulturen für Niedermoorböden in Bayern – Etablierung, Klimarelevanz & Umwelteffekte, Verwertungsmöglichkeiten und Wirtschaftlichkeit. Bericht. 254 p. doi: 10.5281/zenodo.10778063. > www.hswt.de/fileadmin/Redaktion/Forschung/Forschungseinrichtungen/Peatland_Science_Centre/Downloads_Publikationen/Abschlussbericht_MOORuse.pdf

Eickenscheidt, T., Krimmer, J., Drösler, M. (2023 b) Guideline for the establishment of fen paludicultures, Peatland Science Centre. > file:///C:/Users/AG%20Moor/Downloads/Guidelinefortheestablishmentoffenpaludicultures.pdf

FNR Projektdatenbank (2024) Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, > torfersatz.fnr.de/foerderung/projektdatenbank

FNR Projektdatenbank (2024 a) Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, > torfersatz.fnr.de/foerderung/projektdatenbank

Geurts, J. J. M. & Fritz, C. (2018) Paludiculture pilots and experiments with focus on cattail and reed in the Netherlands – Technical report – CINDERELLA project FACCE-JPI ERA-NET Plus on Climate Smart Agriculture. Bericht. 71 S. > repository.ubn.ru.nl/handle/2066/192628

Geurts, J. J. M. et al. (2020) Nutrient removal potential and biomass production by *Phragmites australis* and *Typha latifolia* on European rewetted peat and mineral soils. The Science of The Total Environment 747. > www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720346313

Greifswald Moor Centrum (2025) Der Beitrag von Paludikultur zum Erreichen der Umweltziele innerhalb der Gemeinsamen Agrarpolitik > greifswaldmoor.de/files/dokumente/Infopapiere_Briefings/Paludi%20BGAP-Umweltziele_GMC_22-02-2025.pdf

Industrieverband Garten e.V. & Gütegemeinschaft Substrate für Pflanzen e.V. (2023) Kultursubstrate und Hobbyerden – die wichtigsten Fragen und Antworten.

Industrieverband Garten e.V. (2023 a) Pressemitteilung, Mai 2023. IVG veröffentlicht Produktionsstatistik von Kultursubstraten für den Erwerbsgartenbau. > ivg.org/wp-content/uploads/2023/05/PM-Statistik-Profisubstrate-2023-1.pdf

Klink, A., Macioli, A., Wisłocka, M., Krawczyk, (2013) Metal accumulation and distribution in the organs of typha and their potential use in bioindication. Limnologia 43. > dx.doi.org/10.1016/j.limno.2012.08.012

Lüdtke, M. (2021) Die Nutzung von Rohrkolben (*Typha spp.*) und Schilf (*Phragmites australis*) als Substratausgangsstoff. Landwirtschaftskammer Niedersachsen. > moorwissen.de/www.moorwissen.de/projekte-und-praxis.html

Neubert, J., Köhn, N., Haldan, K., Kuprina, K., Wichmann, S. (2022): Paludi-PRIMA. Paludikultur in die Praxis bringen: Integration – Management – Anbau. Universität Greifswald. 82 S. > www.fnr.de/ftp/pdf/berichte/22026017.pdf

Nordt, A., Abel, S., Hirschelmann, S., Lechtape, C. & Neubert, J. (2022): Leitfaden für die Umsetzung von Paludikultur. Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe 05/2022 (Selbstverlag, ISSN 2627–910X), 144 S. > greifswaldmoor.de/files/dokumente/GMC%20Schriften/2022-05_Nordt%20et%20al_Paludikultur%20Leitfaden.pdf

Pfadenhauer, J. & Wild, U. (2001) Rohrkolbenanbau in Niedermooren – Integration von Rohstoffgewinnung, Wasserreinigung und Moorschutz zu einem nachhaltigen Nutzungskonzept. Bericht. Freising-Weihenstephan. > www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-10628.pdf

RAL-GZ 250/5-1 (2018) Gütekriterien für Holzfasern als Substratausgangsstoff. Gütegemeinschaft Substrate für Pflanzen e.V. > www.substrate-ev.org/wp-content/uploads/2018/08/Gütekriterien-Holzfasern-2018.pdf

Sasmaz, A., Obek, E., Hasar, H. (2008) The accumulation of heavy metals in *Typha latifolia* L. grown in a stream carrying secondary effluent. Ecological Engineering 33. > doi.org/10.1016/j.ecoeng.2008.05.006

Schäfer, A., Nordt, A., Peters, J., Wichmann, S. (2022): Anreize für Paludikultur zur Umsetzung der Klimaschutzziele 2030 und 2050. Climate Change 44/2022. Hrsg. vom Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

UBA – Umweltbundesamt (2024) Pflanzenschutzmittelverwendung in der Landwirtschaft. > www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/pflanzenschutzmittelverwendung-in-der#zulassung-von-pflanzenschutzmitteln

Venker-Metarp, K. (2024) Eignung von Rohrkolben als alternativer Rohstoff für Preststopferden: Einfluss von Biomassezusammensetzung und Bodeneigenschaften auf Qualität und Ertrag von *Typha latifolia* und *T. angustifolia*. Bachelorarbeit Universität Greifswald. (unveröffentlicht)

Wichmann, S., Nordt, A. & Schäfer, A. (2022): Lösungsansätze zum Erreichen der Klimaschutzziele und Kosten für die Umstellung auf Paludikultur. Hintergrundpapier zur Studie „Anreize für Paludikultur zur Umsetzung der Klimaschutzziele 2030 und 2050“. Hrsg. v. Deutsche Emissionshandelsstelle im Umweltbundesamt (DEHSt). Berlin.

Wichtmann, W., Schröder, C. & Joosten, H. (Hrsg.) (2016): Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz – Biodiversität – regionale Wertschöpfung. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 272 S.

Weiterführende Informationen

Moorschutz und Paludikultur

[Greifswald Moor Centrum](#) – Schnittstelle zwischen Wissenschaft, Politik und Praxis in allen Moorfragen – lokal und weltweit. Partner im GMC sind Universität Greifswald, Succow Stiftung und das Institut für Nachhaltig Entwicklung der Naturräume der Erde (DUENE e.V.)

[Moorwissen](#) – Plattform für Moor-Informationen, sowie Projekte und Praxiserfahrungen vom Greifswald Moor Centrum und seinen Partner*innen

[MoorNet](#) – Begleitung der Umsetzung der nationalen Moorschutzstrategie, Vernetzung der Moorschutzakteure in Deutschland (Moorschutzdatenbank, Erkenntnisse, Veranstaltungen)

[3N e.V. Kompetenzzentrum](#) – Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe und Bioökonomie mit Fokus Niedersachsen, unterstützt niedersächsische Interessen und Akteure im Bereich nachwachsender Rohstoffe und Bioenergie, u.a. mit einer Kompetenzstelle für Paludikultur

[Peatland Science Centre](#) der Hochschule Weihenstephan Triesdorf – wissenschaftliches Zentrum für Moore mit Fokus auf Süddeutschland und auch International

[DSS-Torbos](#) Entscheidungsunterstützungssystem zur torf-schonenden Bewirtschaftung organischer Böden (Niedermoore) mit ausführlichen Steckbriefen unterschiedlicher Nutzungen

Paludikultur in Gartenbau und Substratentwicklung

[FNR Torfersatz](#) – Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe e.V. als Projektträger des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Koordination Forschungs-, Entwicklungs-, und Demonstrationsprojekte im Bereich nachwachsender Rohstoffe u.a. Torfersatz aus Paludikulturen

[Norddeutsche Kooperation im Gartenbau](#) – gärtnerische Versuchswesen und Beratung von Gartenbaubetrieben durch acht Kompetenzzentren in fünf norddeutschen Bundesländern (SH, N, NRW, MV, SA)

[Verzicht auf Torf – Bundesamt für Naturschutz](#) – Informationen zur Moorschutzstrategie, Gärtnern ohne Torf, Torfersatzstoffe (Deutschland)



en Grundwasser
 ng Torferhalt
 or Artenvielfalt

Landwirtschaft
 Greifswald

Kohlenstoffzertifikate
 Dachschilf

Energieb
 Na