

Ein gärtnerisches Kultursubstrat aus Paludikulturen



Substratentwicklung im Projekt OptiMOOS

Charakterisierung der Paludikulturpflanzen Rohrkolben und Schilf als Substratausgangsstoffe und deren Prüfung in pflanzenbaulichen Versuchen.

Melanie Lüttke, Michael Emmel & Prof. Dr. Bernhard Beßler

Dezember 2022

**PALUDI
KULTUR**



OptiMOOS

Projekt OptiMOOS

„Torfmooskultivierung optimieren: Wassermanagement, Klimabilanz, Biodiversität & Produktentwicklung“

Laufzeit: 01.11.2019 bis 31.12.2022

Verbund: Universität Greifswald

Universität Rostock

Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg

Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau Hannover-Ahlem

Förderer: Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz

Europäischer Fond für Regionale Entwicklung (EFRE)

Träger: Investitions- und Förderbank Niedersachsen (NBank)



EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung



Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau Hannover-Ahlem

Heisterbergallee 12

30453 Hannover

Titelbilder:

Pilz/Nordmeyer, LWK Niedersachsen

Hannover, 20.12.2022

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	2
Tabellenverzeichnis	4
1 Einleitung.....	5
2 Rohstoffe und deren Aufbereitung zu Substratausgangsstoffen	6
3 Untersuchungen zur Charakterisierung der Ausgangsstoffe.....	9
3.1 Physikalische und chemische Parameter	11
3.2 Biologische Parameter	13
4 Pflanzenbauliche Versuche.....	17
4.1 Versuche mit Substraten aus im Winter geernteten Rohstoffen.....	18
Weihnachtssterne (<i>Euphorbia pulcherrima</i>)	18
Chinakohl (<i>Brassica rapa subsp. pekinensis</i>)	21
Balkontomaten (<i>Solanum lycopersicum</i>).....	24
Zauberglöckchen (<i>Calibrachoa</i>).....	27
Pelargonien (<i>Pelargonium zonale</i>)	30
Basilikum (<i>Ocimum basilicum</i>)	34
Usambaraveilchen (<i>Saintpaulia ionantha</i>).....	39
4.2 Versuche mit Substraten aus im Sommer geernteten Rohstoffen	44
Chinakohl (<i>Brassica rapa subsp. pekinensis</i>)	44
5 Fazit.....	47

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Unterschiedliche Einblasdämmungen aus Rohrkolben (<i>Typha latifolia</i>).....	6
Abbildung 2: Die Schneidmühle Typ SM-1 von Retsch in der LVG Ahlem im Einsatz.	8
Abbildung 3: Aufbereitung der Rohstoffe.	8
Abbildung 4: Unkrauttest von gehäckseltem Rohrkolben mit vielen Samen im Material.	14
Abbildung 5: Substratmischungen mit 20, 40 und 60 Vol.-% Anteilen an Rohrkolben bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos.	17
Abbildung 6: Gewächshausabteilung in der LVG Ahlem mit einzeln zu bewässernden Tischen.	18
Abbildung 7: Erscheinungsbild von <i>Euphorbia pulcherrima</i> 'Allegra Red' kultiviert bei (A) normaler Stickstoff-Düngung und (B) erhöhter Stickstoff-Düngung in einem Torfsubstrat und in Mischungen aus 25 Vol.-% Rohrkolben in drei unterschiedlichen Qualitäten kombiniert mit Torf.	20
Abbildung 8: Oberirdische Frischmasse von <i>Euphorbia pulcherrima</i> 'Allegra Red' bei normaler Stickstoff-Düngung und erhöhter Stickstoff-Düngung kultiviert in einem Torfsubstrat und in Mischungen aus 25 Vol.-% Rohrkolben in drei unterschiedlichen Qualitäten kombiniert mit Torf.	21
Abbildung 9: Erscheinungsbild von Chinakohlpflanzen (<i>Brassica rapa subsp. pekinensis</i> 'Richi F1') kultiviert (A) ohne Nachdüngung und (B) mit Nachdüngung in einem Torfsubstrat und in Mischungen aus Rohrkolben bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos.	23
Abbildung 10: Oberirdische Frischmasse von Chinakohl (<i>Brassica rapa subsp. pekinensis</i> 'Richi F1') mit und ohne Nachdüngung in einem Torfsubstrat und Mischungen mit steigendem Anteil an Rohrkolben bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos.	23
Abbildung 11: Erscheinungsbild und Boniturergebnisse von Balkontomaten der Sorte 'Summerlast' F1 kultiviert in einem Substrat aus 100 Vol.-% Torfmoos und in Mischungen aus Rohrkolben in Kombination mit Torfmoos.....	25
Abbildung 12: Erscheinungsbild und Boniturergebnisse von Balkontomaten der Sorte 'Summerlast' F1 kultiviert in einem Substrat aus 100 Vol.-% Torfmoos und in Mischungen aus Schilf in Kombination mit Torfmoos.	25
Abbildung 13: Blick in den Pflanzenbestand der Kulturversuche mit Balkontomaten in der 5. Kulturwoche und mit <i>Calibrachoa</i> in der 3. Kulturwoche.	26
Abbildung 14: Erscheinungsbild von <i>Calibrachoa</i> MiniFamous® Uno White+Yellow Eye in einem Torfsubstrat und Mischungen mit steigendem Anteil an Rohrkolben bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos.	28
Abbildung 15: Pflanzendurchmesser von <i>Calibrachoa</i> MiniFamous® Uno White+Yellow Eye kultiviert in einem Torfsubstrat (Kontrolle) und in Mischungen aus Rohrkolben (<i>Typha</i>) bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos.....	28
Abbildung 16: Oberirdische Frischmasse von <i>Calibrachoa</i> MiniFamous® Uno White+Yellow Eye kultiviert in einem Torfsubstrat (Kontrolle) und in Mischungen aus Rohrkolben (<i>Typha</i>) bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos.	29
Abbildung 17: Laubdachhöhe von <i>Pelargonium zonale</i> Moonlight® Katy '13 kultiviert in einem Torfsubstrat und in Mischungen aus Rohrkolben bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos.	31
Abbildung 18: Erscheinungsbild von <i>Pelargonium zonale</i> Moonlight® Katy '13 kultiviert in einem Torfsubstrat und Mischungen mit steigendem Anteil an Rohrkolben bzw. Schilf kombiniert mit Torfmoos.	32

Abbildung 19: Oberirdische Frischmasse von <i>Pelargonium zonale</i> Moonlight® Katy '13 kultiviert in einem Torfsubstrat und in Mischungen aus Rohrkolben bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos.	32
Abbildung 20: Oberirdische Frischmasse von <i>Ocimum basilicum</i> 'Edwina` kultiviert in Substraten mit und ohne Zugabe des Benetzungsmittels H ₂ Gro bestehend aus Torf und Mischungen aus Rohrkolben bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos.	35
Abbildung 21: Laubdachhöhe und Pflanzendurchmesser von <i>Ocimum basilicum</i> 'Edwina` kultiviert in Substraten mit und ohne Zugabe des Benetzungsmittels H ₂ Gro bestehend aus Torf und Mischungen mit steigendem Anteil Rohrkolben bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos.	36
Abbildung 22: Erscheinungsbild von <i>Ocimum basilicum</i> 'Edwina` kultiviert in Substraten mit und ohne Zugabe des Benetzungsmittels H ₂ Gro bestehend aus Torf und Mischungen mit steigendem Anteil an Rohrkolben in Kombination mit Torfmoos.	36
Abbildung 23: Erscheinungsbild von <i>Ocimum basilicum</i> 'Edwina` kultiviert in Substraten mit und ohne Zugabe des Benetzungsmittels H ₂ Gro bestehend aus Torf und Mischungen mit steigendem Anteil an Schilf in Kombination mit Torfmoos.	36
Abbildung 24: Erscheinungsbild von <i>Ocimum basilicum</i> 'Edwina` in der 3. Kulturwoche im Kontrollsubstrat und der Mischung mit 60 Vol.-% Rohrkolben in Kombination mit Torfmoos.	37
Abbildung 25: Durchmesser von <i>Saintpaulia ionantha</i> MAXI Lena bei differenzierter Gießbehandlung während der Einwurzelungsphase kultiviert in einem Torfsubstrat und in Mischungen aus Rohrkolben bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos.	40
Abbildung 26: Oberirdische Frischmasse von <i>Saintpaulia ionantha</i> MAXI Lena bei differenzierter Gießbehandlung während der Einwurzelungsphase kultiviert in einem Torfsubstrat und in Mischungen aus Rohrkolben bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos.	41
Abbildung 27: Erscheinungsbild von <i>Saintpaulia ionantha</i> MAXI Lena kultiviert bei differenzierter Gießbehandlung während der Einwurzelungsphase in einem Torfsubstrat und in Mischungen aus Rohrkolben bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos.	42
Abbildung 28: Blick in den Pflanzenbestand der Kulturversuche mit Basilikum in der 4. Kulturwoche und mit Chinakohl in Sommerernte in der 2. Kulturwoche.	43
Abbildung 29: Trockenmasse und Frischmasse von Chinakohl (<i>Brassica rapa subsp. pekinensis</i>) in einem Torfsubstrat und Mischungen mit steigendem Anteil an Rohrkolben bzw. Schilf aus Sommerernte in Kombination mit Torfmoos.	45
Abbildung 30: Erscheinungsbild von Chinakohl (<i>Brassica rapa subsp. pekinensis</i>) in einem Torfsubstrat und Mischungen mit steigendem Anteil an Rohrkolben bzw. Schilf aus Sommerernte in Kombination mit Torfmoos.	45

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die im Projekt verwendeten Ausgangsstoffe.....	7
Tabelle 2: Zusammenfassung der untersuchten substratrelevanten Parameter mit Angabe der angewandten VDLUFA Methodenvorschrift.	10
Tabelle 3: Rohdichten der untersuchten Substratausgangsstoffe.	11
Tabelle 4: Analysenergebnisse von im Winter geerntetem Schilf und Rohrkolben (<i>Typha latifolia</i>) unterschiedlicher Herkunft.	12
Tabelle 5: Analysenergebnisse der torfhaltigen Kontrolle und der aufbereiteten Ausgangsstoffe von der Versuchsfläche in Hankhausen.	12
Tabelle 6: Ergebnisse des Unkrauttest und des Kresstest aller Substratausgangsstoffe.....	14
Tabelle 7: Relative Frischmasse und Keimrate in Prozent aus den Chinakohl-Tests der getesteten Ausgangsstoffe mit unterschiedlichen Prüfmaterialeanteilen im Substrat.	15
Tabelle 8: Veränderung des Mineralstickstoff-Gehaltes in den getesteten Ausgangsstoffen über einen Bebrütungszeitraum von 20 und 60 Tagen.	16
Tabelle 9: Analysenergebnisse der Substratvarianten im Versuch mit Balkontomaten zu Versuchsbeginn und Versuchsende.	26
Tabelle 10: Analysenergebnisse der Substratvarianten im Versuch mit <i>Calibrachoa</i> zu Versuchsbeginn und Versuchsende.	30
Tabelle 11: Analysenergebnisse der Substratvarianten im Versuch mit <i>Pelargonium zonale</i> zu Versuchsbeginn und Versuchsende.	33
Tabelle 12: Analysenergebnisse der Substratvarianten im Versuch mit <i>Ocimum basilicum</i> zu Versuchsbeginn und Versuchsende ohne und mit H ₂ Gro.	38
Tabelle 13: Analysenergebnisse der Substratvarianten im Versuch mit <i>Saintpaulia ionantha</i> zu Versuchsbeginn und Versuchsende bei differenzierter Gießbehandlung während der Einwurzelungsphase.	43
Tabelle 14: Analysenergebnisse der Substratvarianten im Versuch mit Chinakohlpflanzen zu Versuchsbeginn und Versuchsende.	46

1 Einleitung

Auf der Suche nach geeigneten Ersatzstoffen für Torf werden immer wieder neue Rohstoffe auf ihre Eignung als Substratbestandteil geprüft, wobei auch der ökologische Aspekt eine wichtige Rolle spielt. Mooren wird ein großes Potential im Klima- und Artenschutz zugeschrieben, auch wiedervernässten Moorstandorten. Die produktive Nutzung solcher Standorte wird als Paludikultur bezeichnet und bietet eine klimaschonende und nachhaltige Möglichkeit zur Bewirtschaftung nasser Moorböden. So können zum Beispiel Torfmoose auf wiedervernässtem Hochmoor angebaut und die Biomasse als Torfersatzstoff in Kultursubstraten eingesetzt werden (Eymann et al. 2015¹, Wichtmann et al. 2016²).

Das Verbundprojekt OptiMOOS steht für: „Torfmooskultivierung optimieren: Wassermanagement, Klimabilanz, Biodiversität & Produktentwicklung“. Ziel des Projektes war die Produktion und Ernte von Torfmoos aus Paludikultur weiter zu optimieren. Das Projekt lief von November 2019 bis Dezember 2022 und wurde mit Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz gefördert.

Das Teilprojekt Produktentwicklung startete im Januar 2021 in der Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau Hannover-Ahlem. Darin sollte die Eignung von Rohrkolben und Schilf als Substratausgangstoffe geprüft und in Kombination mit Torfmoos-Biomasse ein gartenbauliches Substrat aus Paludikulturpflanzen entwickelt werden.

Um einen Überblick über den aktuellen Forschungsstand und die derzeitige Nutzung von Rohrkolben und Schilf als Ausgangsstoffe für Substrate zu erhalten, wurde zu Projektstart hierzu recherchiert. Die Ergebnisse sind in einer Literaturstudie zusammengefasst, welche als Download verfügbar ist unter:

<https://www.lwk-niedersachsen.de/services/download.cfm?pmofile=362>

Im weiteren Verlauf des Projektes wurden Rohrkolben (*Typha angustifolia*, *Typha latifolia*) und Schilf (*Phragmites australis*) von unterschiedlichen Herkünften und Erntezeitpunkten aufbereitet, auf ihre physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften hin untersucht und hinsichtlich ihrer Substrat-Kompatibilität beurteilt. Anschließend wurden Substratmischungen mit unterschiedlichen Anteilen der aufbereiteten Rohstoffe in mehreren Kulturversuchen auf ihre pflanzenbauliche Eignung getestet. Die verwendeten Materialien, Methoden sowie Ergebnisse dieser praktischen Untersuchungen sind im Folgenden aufgeführt.

¹ Eymann, L., Mathis, A., Stucki, M., & Amrein, S. (2015) Torf und Torfersatzprodukte im Vergleich: Eigenschaften, Verfügbarkeit, ökologische Nachhaltigkeit und soziale Auswirkungen. Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.

² Wichtmann, W., Schröder, C., & Joosten, H. (2016) Paludikultur–Bewirtschaftung nasser Moore. Schweizerbart, Stuttgart.

2 Rohstoffe und deren Aufbereitung zu Substratausgangsstoffen

Während der Projektzeit wurden unterschiedliche Rohstoffe aus Paludikultur aufbereitet, untersucht und anschließend in Pflanzenversuchen getestet, um ein torffreies gartenbauliches Substrat aus ihnen zu entwickeln.

Im ersten Projektjahr wurden Schilf (*Phragmites australis*) und Rohrkolben (*Typha ssp.*) von der Firma Wetland Products bezogen, da noch keine Biomasse von der eigenen Versuchsfläche zur Verfügung stand. Beim Rohrkolben handelte es sich um *Typha latifolia* (Breitblättriger Rohrkolben), welcher zur Verwendung als Einblasdämmung bereits aufbereitet war. Das natürlich getrocknete Wintermaterial war hierfür bereits direkt während des Ernteprozesses auf eine Korngröße von 0,5 - 2,0 cm gehäckselt worden. Da diese Aufbereitung einen Ausgangsstoff ergab, der auch zur Verwendung in Substratmischungen geeignet erschien, wurde das Material in drei unterschiedlichen Varianten in die Untersuchungen einbezogen. Zwei der drei Varianten unterschieden sich in der Menge der enthaltenen Kolben im geernteten Bestand. Während ein Bestand geschätzt weniger als 20 % Pflanzen mit Kolben aufwies, trugen im anderen mehr als 90 % einen Samenstand (Herkunft: Anklamer Fähre, D). Die unterschiedliche Menge an Samen im Material war deutlich sichtbar. Im Folgenden werden die Ausgangsstoffe daher mit "Rohrkolben wenig Samen" und "Rohrkolben viele Samen" bezeichnet. Die dritte untersuchte Einblasdämmung stammt aus früheren Untersuchungen an der LVG Ahlem. Sie wurde dort seit 2018 trocken und bei Zimmertemperatur gelagert, und wird im Folgenden als "Rohrkolben gelagert" bezeichnet. Der Standort des geernteten Feldes ist unbekannt. Die Einblasdämmungen sind in Abbildung 1 zu sehen. Sie wurden in die Untersuchungen zur Charakterisierung als Ausgangsstoffe mit einbezogen und in einem Kulturversuch getestet.



Abbildung 1: Unterschiedliche Einblasdämmungen aus Rohrkolben (*Typha latifolia*). Links: Material mit max. 20 % Kolben im geernteten Bestand, Mitte: Material mit ca. 90 % Kolben im geernteten Bestand, Rechts: Material aus unbekannter Herkunft. (Fotos: Pilz/Nordmeyer, LWK Niedersachsen)

Ein im Februar 2021 bei Medenblik (NL) geerntetes Bündel Schilf stand noch zur Verfügung, ebenso wie einige im Winter geerntete Bündel mit Stängeln von *Typha latifolia* und *Typha angustifolia*. Diese stammten aus Ankeveen in Nordholland (NL). Die Schilf- und Rohrkolbenbündel wurden für Zerkleinerungs- und Aufbereitungsversuche genutzt, sowie als Anschauungsmaterial. Während aufbereitetes Schilfmaterial aus Medenblik zur Charakterisierung von Schilf aus Winterernte verwendet wurde, bis Material von der eigenen Versuchsfläche zur Verfügung stand, wurden die Rohrkolbenstängel nicht weiter analysiert. Im Bericht wird der aus dem Schilf entstandene Ausgangsstoff mit "Schilf Fremd" bezeichnet. Nachdem Rohstoffe von der eigenen Versuchsfläche zur Verfügung standen wurde im Weiteren mit diesen gearbeitet.

Die 2022 geprüften Rohstoffe stammten ausnahmslos von der Versuchsfläche des Projektes im Hankhauser Moor im Landkreis Ammerland. Die Torfmoos-Biomasse wurde 2021 von der Fläche geerntet und professionell im Erdenwerk (Torfwerk Moorkultur Rahmsloh – abgekürzt MoKuRa) aufbereitet. Somit lag das Torfmoos als fertiger Substratbestandteil vor und es war keine weitere Aufbereitung nötig. Die verwendete Biomasse von Rohrkolben (*Typha angustifolia*) und Schilf (*Phragmites australis*) wurde im

südlichen Filterbecken der Versuchsfläche geerntet. Untersucht wurde sowohl im Winter als auch im Sommer geerntetes Material. Die Ernten des Sommermaterials erfolgten im Juli 2021 und im August 2022, die Wintermahd im Dezember 2021. Das Wintermaterial war bereits natürlich getrocknet, wurde jedoch für eine gute Lagerfähigkeit nochmals für einige Wochen auf Gewächshaustischen ausgebreitet um vollständig trocknen zu können. Auf gleiche Weise wurde mit dem frischen Material der Sommerernte 2022 verfahren. Die Sommerernte 2021 hingegen wurde im Trockenschrank bei 70°C getrocknet. Aus Rücksicht auf den noch sehr jungen Pflanzenbestand wurde im Sommer 2021 nur eine geringe Menge Rohrkolben und Schilf geerntet. Dieses Material war lediglich ausreichend für Laboruntersuchungen zur Materialcharakterisierung, Kulturversuche waren nicht möglich. An den aufbereiteten Rohstoffen von der Projekt-Versuchsfläche wurden alle Untersuchungen zur Charakterisierung durchgeführt, und mit den daraus entstandenen Substraten zahlreiche Kulturversuche umgesetzt. Die im Bericht im Folgenden verwendeten Bezeichnungen für die unterschiedlichen Ausgangsstoffe finden sich in Tabelle 1.

Tabelle 1: Übersicht über die im Projekt verwendeten Ausgangsstoffe.

Ausgangsstoff	Erntezeitpunkt	Herkunft
<i>Typha latifolia</i>		
Einblasdämmung aus einem Bestand mit max. 20 % Kolben tragenden Pflanzen (wenig Samen)	Winter	Anklamer Fähre
Einblasdämmung aus einem Bestand mit ca. 90 % Kolben tragenden Pflanzen (viele Samen)	Winter	Anklamer Fähre
mehrere Jahre alte und gelagerte Einblasdämmung (gelagert)	Winter	unbekannt
<i>Typha angustifolia</i>		
Rohrkolben aus dem südlichen Filterbecken der Versuchsfläche	Winter 2021	Hankhauser Moor
	Sommer 2021	Hankhauser Moor
	Sommer 2022	Hankhauser Moor
<i>Phragmites australis</i>		
zugekauftes Schilf (Fremd)	Winter 2021	Medenblik (NL)
Schilf aus dem südlichen Filterbecken der Versuchsfläche	Winter 2021	Hankhauser Moor
	Sommer 2021	Hankhauser Moor
	Sommer 2022	Hankhauser Moor
<i>Sphagnum</i>		
aufbereitetes Torfmoos	2021	Hankhauser Moor

Um die Rohstoffe als Substratbestandteile nutzen zu können, war zuerst eine Zerkleinerung nötig. Die produzierte Struktur sollte grob genug sein, um dem Substrat genügend Luft gefüllten Raum und Drainage zu geben, aber auch fein genug sein, um ausreichend Wasser zu halten und die Wurzeln nicht beim Wachsen zu blockieren. Die ersten Versuche zur Zerkleinerung der Rohstoffe erfolgten mit Gartenhäckslern. Es wurden zwei Modelle mit unterschiedlichem Häckselwerk getestet. Sowohl der Walzen-, als auch der Messerhäcksler lieferte keine geeignete Partikelgröße. Die Stücke der Stängel waren deutlich zu groß für eine Verwendung als Substratbestandteil. Auch ein mehrmaliges Häckseln erbrachte keine zufriedenstellenden Ergebnisse. Als nächste Option wurde daher die in der LVG Ahlem vorhandene Schneidmühle (Typ SM-1 von Retsch) getestet (siehe Abbildung 2). Hiermit konnte bei der Verwendung eines Siebeinsatzes mit 10 x 10 mm Lochgröße ein geeignetes Ausgangsmaterial erzeugt werden. Es wurde ausschließlich bereits getrocknetes Material zerkleinert. Um möglichst homogenes Material mit einer

Partikelgröße kleiner 10 mm zu erhalten, wurde das Häckselgut bei Bedarf nach dem Zerkleinern nochmals über ein Sieb mit 10 mm Maschenweite geschüttet. Der Materialanteil größer 10 mm wurde dann zur weiteren Zerkleinerung wiederholt durch die Schneidmühle gegeben. Alle verwendeten Rohstoffe wurden auf diese Weise mit der Schneidmühle in der LVG Ahlem aufbereitet. Die fertig aufbereiteten Substratausgangsstoffe sind in Abbildung 3 zu sehen. Es wurde jeweils nur die benötigte Menge für den nächsten Kulturversuch und Analysen gehäckselt.

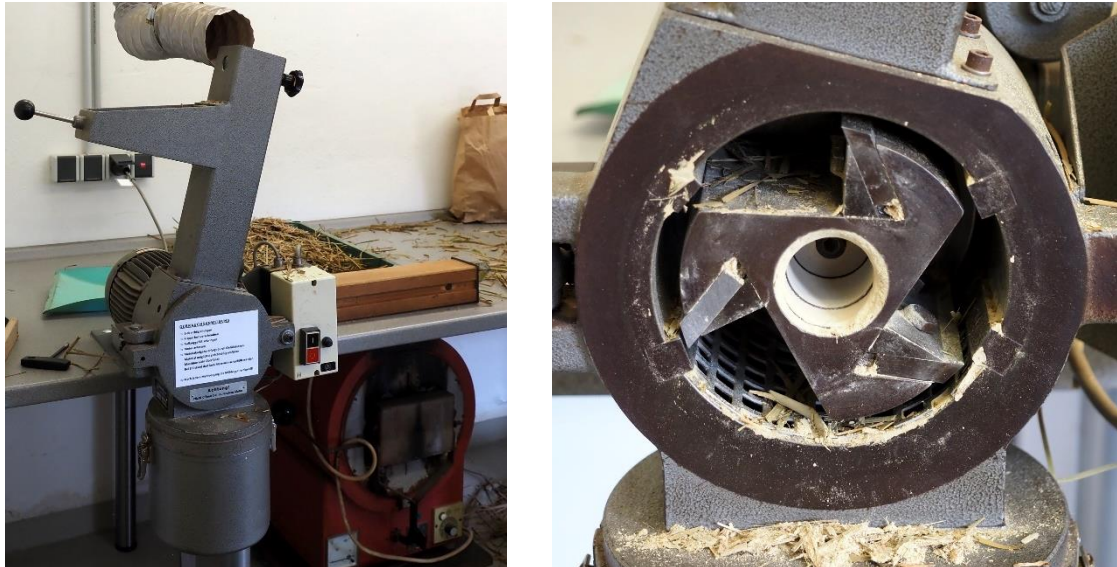


Abbildung 2: Die Schneidmühle Typ SM-1 von Retsch in der LVG Ahlem im Einsatz. Links: Ansicht der ganzen Schneidmühle bestehend aus Einfüllstutzen, Schneidwerk und Auffangbehälter. Rechts: Das geöffnete Schneidwerk der Mühle mit Siebeinsatz. (Fotos: Pilz/Nordmeyer, LWK Niedersachsen)



Abbildung 3: Aufbereitung der Rohstoffe (hier links oben: *Typha angustifolia* aus Sommerernte) und die gebrauchsfertigen Substratausgangsstoffe. Obere Reihe: Rohrkolben aus Winterernte (Mitte) und Sommerernte (rechts). Untere Reihe: Torfmoos (links), Schilf aus Winter- (Mitte) und Sommerernte (rechts). (Fotos: Pilz/Nordmeyer, LWK Niedersachsen)

Der Großteil der trockenen Rohstoffe wurde unverarbeitet in Big Bags im überdachten Freiland gelagert. Während der Lagerung erfolgte einmal wöchentlich eine Temperaturmessung (an zwei unterschiedlichen Stellen) in den Big Bags, um eine mögliche Selbsterhitzung erkennen zu können. Um zu gewährleisten, dass die Rohstoffe durch die Lagerung im Freien nicht wieder feuchter werden, wurde einmal im Monat der Wassergehalt (mittels Trockenmasse-Bestimmung) kontrolliert. Eine gleichbleibende Qualität der Rohstoffe wäre dann nicht mehr sicher, da die Lagerung von feuchtem Material zur Schimmelbildung führen, oder bei leicht abbaubaren Stoffen Umsetzungsprozesse begünstigen kann. Beides würde die Qualität der Rohstoffe beeinflussen.

Für das Kontrollsubstrat wurden Weißtorf (Frästorf) und Schwarztorf der Firma Kekkilä-Brill Substrates GmbH verwendet.

3 Untersuchungen zur Charakterisierung der Ausgangsstoffe

Nach ihrer Aufbereitung erfolgte die Charakterisierung der Rohstoffe, wofür verschiedene physikalische, chemische und biologische Parameter ermittelt wurden. Es wurden gezielt Untersuchungen gewählt, die Aufschluss über die Eignung als Substratbestandteil geben. Alle Untersuchungen erfolgen in Anlehnung an die in Tabelle 2 aufgelisteten VDLUFA Methoden.

Zu Beginn wurden alle Ausgangsstoffe im Umfang einer so genannten Grundanalyse untersucht. Diese beinhaltet die Bestimmung von Rohdichte _{feucht}, pH-Wert, Salzgehalt und den löslichen Hauptnährstoffen Stickstoff (N) als Ammonium- (NH_4^-) und Nitrat-Stickstoff ($\text{NO}_3\text{-N}$), Kalium (K_2O), Phosphat (P_2O_5) und Magnesium (Mg). Sie gibt Aufschluss darüber, welche Nährstoffen und welches pH-Wert Niveau ein Ausgangsstoff für das Substrat bereits mitbringt. Weiterhin wurden in den Rohstoffen von der eigenen Versuchsfläche die Gehalte an Natrium (Na) und Chlorid (Cl) bestimmt, da aus der Recherche zu Beginn des Projektes bekannt war, dass es zu einer Akkumulation dieser Stoffe in Rohrkolben und Schilf kommen kann. Hohe Gehalte an Natrium und Chlorid im Substrat führen meist zu Pflanzenschäden und erhöhen den Salzgehalt im Substrat stark, daher ist dies eine wichtige Information zur Einordnung von Beeinträchtigungen im Pflanzenwachstum.

Zur allgemeinen Überprüfung auf pflanzenschädigende Stoffe in den Ausgangsstoffen wurden unterschiedliche Keimtests mit Pflanzen durchgeführt. Mittels eines so genannten Kressetests wurde das Material auf flüchtige phytotoxische Stoffe geprüft. Der Test wurde mit 100 % des Prüfmateri als durchgeföhrt. Hierzu wurde ein in Kresse Saatgut getauchter Wattebausch in einem geschlossenen Gefäß über leicht angefeuchtetes Prüfmateri gehängt. Die Kontrolle enthält Wasser anstatt eines Substratausgangsstoffes. Nach drei bis vier Tagen wird die Keimung und Gesundheit der Sprosse und Wurzeln mit der Kontrolle verglichen und bewertet. Die Bewertung erfolgte in Anlehnung an die Methode A 10.2.2 (1997) der VDLUFA. Die Überprüfung auf über die Wurzel einwirkende pflanzenschädigende Stoffe erfolgt mit der Testpflanze Chinakohl. Die Rohstoffe wurden mit Anteilen von 25 Vol.-% und 50 Vol.-% getestet. Als Mischungskomponente und als Kontrolle wurde ein selbstgemischtes Torfsubstrat (60 % Weißtorf + 40 % Schwarztorf; V+V) verwendet. Einzig das Torfmoos wurde auch in einer 100 Vol.-% Variante geprüft. Da bei Substraten möglichst die Freiheit von Unkräutern gewährleistet werden sollte, wurde die Ausgangsstoffe auf keimfähige Samen und austriebsfähige Pflanzenteile (Unkrauttest) untersucht. Dieser Test wurde ebenfalls mit einer Mischung (50 % + 50 %, V+V) der Prüfmateri und dem zuvor genannten Torfsubstrat durchgeföhrt. Weiterhin wurde zur Charakterisierung der organische bzw. mineralischen Substanz der Ausgangsstoffe der Glühverlust ermittelt.

Da die verwendeten Rohstoffe einen hohen Anteil an organischer Substanz aufwiesen und bei solchen Materialien häufig eine hohe Stickstoff-Immobilisierung festgestellt wird, wurden Brutversuche durchgeföhrt. Diese dienen zur Beurteilung der Stabilität des Stickstoffhaushaltes. In Anlehnung an die VDLUFA Methodenvorschrift wurde die Ausgangsstoffe sowohl 20 Tage, als auch 60 Tage lang bebrütet.

Die Untersuchungen erfolgen jeweils nach Erhalt der Rohstoffe und deren Aufbereitung. Die Biomasse aus den Sommerernten wurde somit im 3. Quartal 2021 bzw. 2022 untersucht, das zugekaufte Fremdmaterial aus Winterernte ebenfalls im 3. Quartal 2021 und die im Winter geernteten Rohstoffe von der eigenen Versuchsfläche im 4. Quartal 2021 und 1. Quartal 2022.

Um die benötigte Aufkalkung und Aufdüngung der Substrate bestimmen zu können, wurde vor den ersten Kulturversuchen zunächst die jeweiligen Mischungen der Ausgangsstoffe analysiert. Zur Ermittlung der nötigen Kalkmengen für die pH-Wert Einstellung wurden Kalksteigerungsreihen (s.g. Pufferkurven) angelegt. Weiterhin erfolgte in allen Fällen eine Analyse der gebrauchsfertigen Substratmischungen zu Versuchsbeginn und -ende. Bestimmt wurden die Rohdichte _{feucht}, der pH-Wert und Salzgehalt, sowie die Hauptnährstoffe Ammonium- und Nitrat-Stickstoff, Kalium und Phosphat. Bei Versuchen mit einer Kulturdauer von mehr als vier Wochen erfolgten auch eine oder mehrere Analysen in der Kulturmitte, um mögliche Abweichungen vom Optimalbereich frühzeitig erkennen und gegensteuern zu können. Analysen nach Versuchsbeginn wurden immer mit Mischproben aus allen Wiederholungen durchgeführt.

Tabelle 2: Zusammenfassung der untersuchten substratrelevanten Parameter mit Angabe der angewandten VDLUFA Methodenvorschrift.

Untersuchungsparameter	Methode
Physikalische Parameter	
Rohdichte _{feucht} (g/l Substrat)	nach VDLUFA A 13.2.1 (1991)
Rohdichte _{trocken} (g/l Substrat)	berechnet
Wassergehalt/Trockenmasse (%)	nach VDLUFA A 2.1.1 (1991)
Chemische Parameter	
Hauptnährstoffgehalte NH ₄ -N, NO ₃ -N, K ₂ O, P ₂ O ₅ , Mg (mg/l Substrat)	nach VDLUFA A 13.1.1 (2004) in CAT
Natrium und Chlorid (mg/l Substrat)	nach VDLUFA A 13.4.3 (2012) in H ₂ O
Salzgehalt (als KCl) (g/l Substrat)	nach VDLUFA A 13.4.1 (1991) in H ₂ O
pH-Wert	nach VDLUFA A 5.1.1 (2016) in CaCl ₂
Glühverlust/Organische Substanz (%)	nach VDLUFA A 15.2
Biologische Parameter	
Test auf keimfähige Samen und austriebfähige Pflanzenteile (Unkrauttest)	nach VDLUFA A 13.5.2 (2004)
Test auf pflanzenschädigende Stoffe (Chinakohltest)	nach VDLUFA A 10.2.1 (2016)
Test auf gasförmige Phytotoxine (Kressetest)	Methode in Anlehnung an VDLUFA A 10.2.2 (1997)
Stabilität des Stickstoffhaushaltes (Brutversuch)	nach VDLUFA A 13.5.1 (2007)

Alle Analysen und Tests wurden selbst durchgeführt. Hierzu standen das Labor und Diagnosegewächshaus der LVG Ahlem zur Verfügung. Einzige Ausnahme bildet die Bestimmung von Natrium und Chlorid, diese wurde bei der LUFA Nord-West in Oldenburg in Auftrag gegeben.

3.1 Physikalische und chemische Parameter

Als grundlegende physikalische Parameter der Substratausgangsstoffe wurden die Rohdichte_{frisch} und Rohdichte_{trocken} bestimmt. Letztere wird aus der Rohdichte_{frisch} und der Trockenmasse einer Probe berechnet. Diese Werte dienen einerseits der Charakterisierung der Ausgangsstoffe, wurden aber insbesondere auch für die meisten weiteren Untersuchungen benötigt.

Weiterhin wurde die organische Substanz der Rohstoffe bestimmt. Alle Ausgangsstoffe weisen eine hohe organische Substanz und eine geringe Rohdichte auf.

Tabelle 3 fasst die ermittelten Werte von Rohdichte und organischer Substanz zusammen.

Tabelle 3: Rohdichten der untersuchten Substratausgangsstoffe.

Ausgangsstoff	Org. Substanz [% TM]	Rohdichte [g/l]	
		frisch	trocken
<i>Sphagnum</i>			
Torfmoos	92,5	405	65
Rohrkolben (<i>Typha angustifolia</i>)			
Sommer 2021	92,6	135	49
Sommer 2022	96,4	105	70
Winter 2021	97,5	115	40
Rohrkolben (<i>Typha latifolia</i>)			
wenig Samen	93,8	80	35
viele Samen	92,9	150	57
Schilf (<i>Phragmites australis</i>)			
Sommer 2021	94,4	180	84
Sommer 2022	97,2	140	96
Winter 2021	98,2	215	60
Schilf Fremd	95,2	220	156

Die Ergebnisse der chemischen Analysen der verschiedenen Substratausgangsstoffe sind in den nachfolgenden beiden Tabellen zusammengefasst. Tabelle 4 zeigt die Werte der zugekauften Rohstoffe von unterschiedlichen Standorten.

Tabelle 5 fasst die Daten der Ausgangsstoffen zusammen, die im Filterbecken der Versuchsfläche in Hankhausen zu unterschiedlichen Zeitpunkten geerntet wurden. Weiterhin enthält sie die Analyseergebnisse des Kontrollsubstrates aus 100 Vol.-% Torf.

Tabelle 4: Analysenergebnisse von im Winter geerntetem Schilf und Rohrkolben (*Typha latifolia*) unterschiedlicher Herkunft.

Ausgangsstoff	pH-Wert (CaCl ₂)	Nährstoffgehalte (CAT-Methode) [mg/l Substrat]						Salz [g/l]
		NH ₄ -N	NO ₃ -N	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	
<i>Typha latifolia</i>								
Rohrkolben wenig Samen	5,8	< 1	< 1	< 1	49	70	47	0,29
Rohrkolben viele Samen	6,4	15	< 1	15	137	414	69	0,71
Rohrkolben gelagert	5,6	19	< 1	19	93	146	77	0,42
<i>Phragmites australis</i>								
Schilf Fremd	5,3	14	< 1	14	8	76	n.b.*	0,23

* Wert wurde nicht bestimmt (n.b.).

Tabelle 5: Analysenergebnisse der torfhaltigen Kontrolle und der aufbereiteten Ausgangsstoffe von der Versuchsfläche in Hankhausen.

Ausgangsstoff	pH-Wert (CaCl ₂)	Nährstoffgehalte (CAT-Methode) [mg/l Substrat]						(H ₂ O) [mg/l]		Salz [g/l]
		NH ₄ -N	NO ₃ -N	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Na	Cl	
Torf										
Kontrolle	3,1	17	< 1	17	3	11	99	n.b.*	n.b.*	0,15
<i>Sphagnum</i>										
Torfmoos	4,2	64	< 1	64	27	88	96	36	72	0,25
Rohrkolben (<i>Typha angustifolia</i>)										
Sommer 2021	5,7	13	< 1	13	318	791	121	577	1240	2,66
Sommer 2022	6,0	69	< 1	69	147	541	167	776	1368	2,42
Winter 2021	6,1	< 1	< 1	< 1	11	52	106	106	123	0,25
Schilf (<i>Phragmites australis</i>)										
Sommer 2021	5,4	12	< 1	12	351	1604	101	67	797	2,97
Sommer 2022	5,9	64	< 1	64	128	878	166	149	736	2,23
Winter 2021	5,7	< 1	< 1	< 1	27	204	108	68	171	0,31

* Wert wurde nicht bestimmt (n.b.).

Die Analyseergebnisse der Torfmischung für das Kontrollsubstrat zeigen, wie erwartet, einen niedrigen pH-Wert und geringe Nährstoffgehalte. Hierbei wird eine Ähnlichkeit des Torfmooses zum Torf deutlich. Zwar bringt das Torfmoos minimal höhere Nährstoffgehalte mit, jedoch sind diese immer noch sehr gering. Ebenso der Salzgehalt und der pH-Wert. Hier sind niedrige Werte bei Ausgangsstoffen von Vorteil, da Substraten dann individuell durch Düngung und Kalkung für den entsprechenden Zweck angepasst werden können. Hohe Gehalte in Ausgangsstoffen, wie die von z.B. Kalium in den Rohstoffen aus Sommerernte, lassen sich ohne weitere Behandlung nur durch Mischung mit nährstoffarmen Bestandteilen wieder ausgleichen. Ebenso, wenn das Material bereits einen hohen pH-Wert mit sich bringt. Die Absenkung des pH-Wertes in einem Substrat ist schwieriger als seine Anhebung. Somit sind niedrige pH-Ausgangswerte

von Vorteil. Für die meisten Kulturen sind Werte um einen Bereich von pH 5,5 bis 6,0 wünschenswert, aber es gibt auch Kulturen die lieber ein saureres Milieu in einem Bereich von pH 5,0 oder noch darunter bevorzugen. Die Ausgangsstoffe aus Rohrkolben und Schilf lagen jedoch alle oberhalb dieses Wertes. Für die eigenen Versuche war der niedrige pH-Wert des Torfmooses als Mischungspartner somit von Vorteil, da so auch der pH-Wert der Mischungen niedriger war und gut durch Kalkung angepasst werden konnte.

In den Ausgangsstoffen aus Winterernte lagen die Stickstoff- und Magnesiumgehalte im niedrigen Bereich, ebenso die Phosphat- und Kaliumgehalte. Einzig das Material mit vielen Samen wies einen deutlich höheren Kaliumgehalt auf. In den Sommerernten waren die Nährstoffgehalte, wie zu erwarten, wesentlich höher. Zwar sind auch hier die Stickstoffgehalte niedrig, dafür die Kaliumgehalte jedoch wesentlich höher. In Kombination mit den ebenfalls hohen Natrium- und Chloridgehalten ergeben sich so hohe Salzfrachten in den Ausgangsstoffen, die während der Kultur zu Schäden an den Pflanzen führen können. Dies spiegelt sich auch in der Höhe der Salzgehalte wieder. Die Inhaltsstoffe der beiden Sommerernten unterscheiden sich insbesondere bei den Phosphat- und Kaliumwerten, diese liegen im zweiten Jahr etwas niedriger. Der Natriumgehalt ist hingegen etwas höher, während Chlorid auf einem ähnlichen Niveau liegt. Die Ursache hierfür könnte z.B. in Schwankungen der zur Verfügung stehenden Menge der Inhaltsstoffe in den Filterbecken liegen. Auch der Wasserspiegel und das Erntedatum können eine Rolle spielen, denn in 2022 erfolgte die Ernte einen Monat später als im Vorjahr (Wichmann & Wichtmann 2009³, Hartung & Meinken 2021⁴).

Die untersuchten Parameter der Ausgangsstoffe liegen bei der Winterernte in einem für Substrate geeigneten Bereich. Die hohen Kalium-, Natrium- und Chloridgehalte der Sommerernte sind kritisch zu betrachten und bei den Mischungsanteilen als Substratbestandteil zu beachten, falls sie dennoch verwendet werden.

3.2 Biologische Parameter

Zur Charakterisierung der biologischen Eigenschaften der Ausgangsstoffe wurden Brutversuche und verschiedene Keimtests durchgeführt.

Die Ergebnisse vom Nachweis keimfähiger Samen und austriebfähiger Pflanzenteile (Unkrauttest) sowie vom Nachweis auf gasförmige pflanzenschädigende Stoffe (Kressetest) sind in Tabelle 6 zu sehen. Während die Ausgangsstoffe von der eigenen Versuchsfläche unkrautfrei sind, sind die zugekauften Materialien alle als stark verunkrautet zu bewerten. Hierfür ist einerseits sicherlich der Anteil an Samenständen im verarbeiteten Material verantwortlich, so wurde insbesondere in dem Rohrkolbenmaterial mit hohem Anteil an Kolben im geernteten Bestand viele Keimlinge gezählt (siehe Abbildung 4). Andererseits wurden die zugekauften Ausgangsstoffe aus *Typha latifolia* maschinell geerntet und hierbei direkt gehäckselt. Unkräuter können so direkt während des Ernteprozesses ins Material gelangt sein. Hierfür spricht, dass nicht nur Rohrkolben und Schilfkeimlinge im Unkrauttest gefunden wurden. Das Ausgangsmaterial von der Versuchsfläche hingegen enthielt fast gar keine Samenstände im aufbereiteten Material, und sofern sie bei der Aufbereitung sichtbar waren, wurden die Kolben per Hand aussortiert. Daher sollte bei einer Verwendung als Substratausgangsstoff die Kolbenbildung des Bestandes im Blick behalten werden oder das Material einer Behandlung unterzogen werden, um Unkrautfreiheit zu gewährleisten (z.B. Dämpfung).

³ Wichmann, S. & Wichtmann, W. (Hrsg.) (2009) Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt "Energiebiomasse aus Niedermooren (ENIM)" Institut für Botanik und Landschaftsökologie, Universität Greifswald.

⁴ Hartung, C., & Meinken, E. (2021, 11. März) Suitability of fen plants as growing media constituent in terms of chloride content [Poster Präsentation]. Virtual Conference Renewable Resources from Wet and Rewetted Peatlands - RRR 2021, Digital.



Abbildung 4: Unkrauttest von gehäckseltem Rohrkolben mit vielen Samen im Material. Geerntet von einem Bestand mit ca. 90 % Pflanzen mit Samenständen.

Der Kressetest zeigte weitestgehend keine gasförmigen Phytotoxene in den Ausgangsstoffen. Ausnahmen bildeten das Rohrkolbenmaterial mit vielen Samen und das aus der Sommerernte 2022 von der Versuchsfläche im Hankhauser Moor. In beiden Fällen blieben die Wurzeln der Kresse hier kürzer als bei der Kontrolle, Schäden waren jedoch nicht zu sehen. Ein negativer Einfluss dieser Ausgangsstoffe auf das Pflanzenwachstum ist somit nicht ausgeschlossen.

Tabelle 6: Ergebnisse des Unkrauttest und des Kressetest aller Substratausgangsstoffe.

Ausgangsstoff	Unkrauttest		Kressetest
	Anzahl Pflanzen/Liter	Bewertung	Bewertung
<i>Sphagnum</i>			
Torfmoos	0	weitgehend unkrautfrei	keine Schäden zu erwarten
Rohrkolben (<i>Typha angustifolia</i>)			
Sommer 2021	0	weitgehend unkrautfrei	keine Schäden zu erwarten
Sommer 2022	0	weitgehend unkrautfrei	keine Schäden zu erwarten
Winter 2021	0	weitgehend unkrautfrei	keine Schäden zu erwarten
Rohrkolben (<i>Typha latifolia</i>)			
wenig Samen	6,7	stark verunkrautet	keine Schäden zu erwarten
viele Samen	236	stark verunkrautet	Schäden möglich
gelagert	26,7	stark verunkrautet	keine Schäden zu erwarten
Schilf (<i>Phragmites australis</i>)			
Sommer 2021	0	weitgehend unkrautfrei	keine Schäden zu erwarten
Sommer 2022	0	weitgehend unkrautfrei	Schäden möglich
Winter 2021	0	weitgehend unkrautfrei	keine Schäden zu erwarten
Schilf Fremd	6,7	stark verunkrautet	keine Schäden zu erwarten

Die Tests zur Prüfung auf pflanzenschädigende Stoffe, die durch Aufnahme über die Wurzeln wirken (Chinakohl-Test), wurden abweichend zur VDLUFA Methodenvorschrift mit unterschiedlichen Anteilen an Prüfmaterial durchgeführt. So wurden in allen Fällen Mischungen mit 25 und 50 Vol.-% Testausgangsstoff getestet. Das Torfmoos wurde auch mit einem Anteil von 100 Vol.-% geprüft. Als Mischkomponente und Kontrollsubstrat wurde 100 % Torf verwendet (60 Vol.-% Weißtorf + 40 Vol.-% Schwarztorf). Die relative Frischmasse im Bezug zur Kontrolle sowie die Keimrate für die verschiedenen Ausgangsstoffe ist in Tabelle 7 aufgelistet. Eine pflanzenschädigende Wirkung durch das Prüfmaterial wäre bei Werten $\leq 85\%$ zu erwarten. Die relative Frischmasse der Tests mit 25 Vol.-% Prüfmaterialanteil liegen alle oberhalb dieses Wertes. Bei der Verwendung von 50 Vol.-% Prüfmaterial zeigten sich beim Schilf aus den beiden

Sommerernten und dem zugekauften Schilfmaterial eine geringere Masse. Die Probe mit 50 Vol.-% Rohrkolben aus Sommerernte in 2022 liegt auch nur knapp über dem Grenzwert. Diese Ausgangsstoffe sollten somit in geringeren Anteilen in Substratmischungen verwendet werden. Eine Keimhemmung ist bei keinem der Ausgangsstoffe aufgetreten.

Tabelle 7: Relative Frischmasse (FM) und Keimrate in Prozent aus den Chinakohl-Tests der getesteten Ausgangsstoffe mit unterschiedlichen Prüfmaterialanteilen im Substrat (Mittelwerte, n=4 Töpfe mit je 25 Pflanzen).

Ausgangsstoff	25 Vol.-% Prüfmaterial		50 Vol.-% Prüfmaterial	
	FM (r) [%]	Keimrate [%]	FM (r) [%]	Keimrate [%]
Rohrkolben (<i>Typha angustifolia</i>)				
Sommer 2021	120,2	92,0	96,7	98,7
Sommer 2022	103,1	98,7	85,2	100,0
Winter 2021	105,0	96,0	105,7	93,3
Rohrkolben (<i>Typha latifolia</i>)				
wenig Samen	97,7	96,0	98,7	93,3
viele Samen	99,2	94,7	99,0	98,7
gelagert	95,3	93,3	93,7	94,7
Schilf (<i>Phragmites australis</i>)				
Sommer 2021	93,8	89,3	23,5	94,7
Sommer 2022	94,3	97,3	55,5	98,7
Winter 2021	109,2	96,0	99,8	97,3
Schilf Fremd	91,1	100,0	70,6	97,3
Sphagnum				
Torfmoos	115,9	93,3	123,0	94,7
	100 Vol. % Prüfmaterial			
	FM (r) [%]	Keimrate [%]		
	137,2	93,3		

Die Stabilität des Stickstoffhaushaltes wurde durch so genannte Brutversuche beurteilt. Die Bebrütung erfolgte bei allen Ausgangsstoffen über 20 Tage, bei einigen wurde der Zeitraum, abweichend von der Methode, auf 60 Tage verlängert, um die weitere Entwicklung im Material verfolgen zu können. Die Ergebnisse der Brutversuche sind in Tabelle 8 zu finden. Der VDLUFA empfiehlt (beruhend auf der Bebrütungsdauer von 20 Tagen) leicht instabile Materialien maximal mit einem Volumenanteil von 40 Vol.-% mit stabilen Ausgangsstoffen zu Substraten zu mischen. Nicht stabile Ausgangsstoffe mit einer Veränderung des Stickstoffgehaltes unter 250 mg N/l sollten zu höchstens 20 Vol.-% Anteil eingesetzt werden. Weiter wird empfohlen Materialien die darüber liegen nicht als Ausgangsstoffe für Substrate zu verwenden.

Während Torf und Torfmoos über 20 Tage einen stabilen Stickstoffhaushalt aufweisen und erst bei einer Bebrütung von 60 Tagen leicht instabil reagieren, ist die Mehrheit der anderen Substratausgangsstoffe als nicht stabil zu beurteilen. Es werden teilweise hohe Mengen Stickstoff immobilisiert. Die im Winter 2021

von der Versuchsfläche geernteten Ausgangsstoffe Rohrkolben und Schilf wurden nach 9 Monaten Lagerung erneut getestet (Winter 2021 WH). Hier zeigte sich eine deutliche Abweichung zu der Bewertung aus dem ersten Testansatz. Sowohl Rohrkolben, als auch Schilf zeigen in der Wiederholung (WH) einen als 'nicht stabil' beurteilten Stickstoffhaushalt. Ob diese Unterschiede auf Veränderungen im Rohstoff während der Lagerung beruhen, ist im Nachhinein nicht nachzuvollziehen. Doppelbestimmungen bei beiden Testansätzen lieferten jeweils nah beieinander liegende Ergebnisse. Ausgehend von diesen Ergebnissen ist der Einsatz von Rohrkolben und Schilf ohne weitere Vorbehandlung in gärtnerischen Substraten als kritisch zu beurteilen. Die Stickstoff-Immobilisierung ist in jedem Fall bei der Verwendung zu beachten.

Anzumerken ist, dass die Ansätze mit Rohrkolben und Schilf alle zu einer Verpilzung während der Bebrütung neigten, besonders stark das Material aus Sommerernte.

Tabelle 8: Veränderung des Mineralstickstoff-Gehaltes in den getesteten Ausgangsstoffen über einen Bebrütungszeitraum von 20 und 60 Tagen.

Ausgangsstoff	Stickstoffhaushalt nach 20 Tagen Bebrütung		Stickstoffhaushalt nach 60 Tagen Bebrütung	
	ΔN mg/l	Bewertung	ΔN mg/l	Bewertung
Torf				
Kontrolle	-27	stabil	-80	leicht instabil
Sphagnum				
Torfmoos	18	stabil	-105	leicht instabil
Rohrkolben (<i>Typha angustifolia</i>)				
Sommer 2021	-231	nicht stabil	-257	nicht stabil
Sommer 2022	-333	nicht stabil	-	-
Winter 2021	-22	stabil	-188	nicht stabil
Winter 2021 WH	-310	nicht stabil	-	-
Rohrkolben (<i>Typha latifolia</i>)				
wenig Samen	-99	leicht instabil	-233	nicht stabil
viele Samen	-250	nicht stabil	-456	nicht stabil
Schilf (<i>Phragmites australis</i>)				
Sommer 2021	-169	nicht stabil	-236	nicht stabil
Sommer 2022	-489	nicht stabil	-	-
Winter 2021	-117	leicht instabil	-241	nicht stabil
Winter 2021 WH	-361	nicht stabil	-	-
Schilf Fremd	-764	nicht stabil	-1018	nicht stabil

Anmerkung: Aus der Bewertung ergeben sich die folgenden Empfehlungen der VDLUFA für die Verwendung als Substratbestandteil. Grün = zu 100 Vol. % einsetzbar, Gelb = zu max. 40 Vol. % einsetzbar, Orange = zu max. 20 Vol. % einsetzbar, Rot = es sollte kein Einsatz als Substratausgangsstoff erfolgen.

4 Pflanzenbauliche Versuche

Um die Eignung der Materialien als Bestandteil von gartenbaulichen Substraten weiter zu testen, wurden Mischungen aus der aufbereiteten Rohrkolben- bzw. Schilf-Biomasse in Kombination mit Torfmoos hergestellt. Da im Projekt der Fokus auf der Prüfung dieser drei Paludikulturpflanzen lag, wurde den Substraten kein anderer Substratausgangsstoff zugegeben. Die Anteile von Rohrkolben und Schilf wurden hierbei in Schritten gesteigert, um mögliche Einsatzgrenzen zu erkennen. Abbildung 5 zeigt die Substratmischungen, die am häufigsten verwendet wurden.

Als Kontrollsubstrat wurde in den meisten Pflanzenversuchen ein reines Torfsubstrat aus Weiß- und Schwarztorf verwendet, um mit anderen pflanzenbaulichen Versuchen vergleichbar zu bleiben. Nur in einem Kulturversuch mit Balkontomaten bestand die Kontrolle stattdessen zu 100 Vol.% aus dem aufbereiteten Torfmoos. Die Mischungsverhältnisse der zu testenden Rohstoffe in den Substraten sind unter den jeweiligen Versuchen zu finden.



Abbildung 5: Substratmischungen mit 20, 40 und 60 Vol.-% Anteilen an Rohrkolben bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos. Obere Reihe: Rohrkolben, Untere Reihe: Schilf. (Fotos: Pilz/Nordmeyer, LWK Niedersachsen)

Alle Kulturversuche wurden im Gewächshaus in einer eigenen Abteilung durchgeführt. Somit war die individuelle Steuerung der optimalen Sollwerte für Heizung, Lüftung, Schattierung und Belichtung möglich. Die Bewässerung erfolgte bis zum Einwurzeln der Pflanzen per Gießgerät von oben, anschließend per Anstaubewässerung über die Tische. Es war eine bedarfsgerechte Bewässerung jeder einzelnen Wiederholung möglich. Über die Anstaubewässerung erfolgte dann auch die Düngung der Pflanzen in den beim Versuch angegebenen Konzentrationen.



Abbildung 6: Gewächshausabteilung in der LVG Ahlem mit einzeln zu bewässernden Tischen. Links mit leeren Tischen und rechts mit Weihnachtsstern in der 1. Kulturwoche (eine Variante pro Tisch). (Fotos: Lüdtkke (links), Pilz/Nordmeyer (rechts), LWK Niedersachsen)

Für die Kulturversuche wurden Zierpflanzen mit unterschiedlichen Ansprüchen gewählt, die zum entsprechenden Kulturzeitraum passten. Ergänzt wurden diese mit Kräutern und Gemüsepflanzen, da so auch Tests mit einer kürzeren Kulturdauer möglich waren. Neben Jungpflanzen wurden manche Pflanzenarten auch ausgesät, um den Einfluss der Substrate auf die Keimung beobachten zu können. Während zum einen die grundsätzliche Eignung der Rohstoffe getestet wurde, wurden in manchen Versuchen auch weiterführende Versuchsfragen untersucht. So wurde neben dem Einsatz von Benetzungsmittel in den Substratmischungen vor allem der Einfluss der Düngung getestet. Zum Beispiel durch unterschiedliche Nährlösungskonzentrationen bei der Bewässerungsdüngung oder zusätzliche Düngebehandlungen zu einem bestimmten Kulturzeitpunkt.

Die folgenden Versuche wurden in den Jahren 2021 und 2022 durchgeführt:

4.1 Versuche mit Substraten aus im Winter geernteten Rohstoffen

Weihnachtssterne (*Euphorbia pulcherrima*)

Versuchsaufbau

- Versuchsfrage: Wie reagieren Poinsettien auf torfreduzierte Substratmischungen mit Rohrkolben-Anteil und unterschiedlicher Stickstoff-Nachdüngung?
- Kulturzeit: KW 34/2021 - KW 47/2021
- Pflanze: *Euphorbia pulcherrima* 'Allegra Red' (Lazzeri)
- Topfen: Jungpflanzen in 11er Kunststofföpfe (Teku)
- Rohstoffe: Rohrkolben **A** (*Typha latifolia*); max. 20 % Kolben im geernteten Bestand; Fremdmaterial aus Winterernte 2021
 Rohrkolben **B** (*Typha latifolia*); ca. 90 % Kolben im geernteten Bestand; Fremdmaterial aus Winterernte 2021
 Rohrkolben **C** (*Typha latifolia*); seit 2018 gelagert; Fremdmaterial aus Winterernte 2021
- Substrate: 1) Kontrolle 100 Vol.-% Torf (60 Vol.-% Weißtorf + 40 Vol.-% Schwarztorf)
 2) 25 Vol.-% Rohrkolben A + 75 Vol.-% Torf
 3) 25 Vol.-% Rohrkolben B + 75 Vol.-% Torf
 4) 25 Vol.-% Rohrkolben C + 75 Vol.-% Torf

Düngung:	ab KW 35 differenzierte Bewässerungsdüngung a) erhöhte Stickstoff-Düngung mit 1,7 g/l Ammoniumnitrat (18 % N) + 0,4 g/l Basis 4 (0-14-37) (306 mg N/l, 56 mg P ₂ O ₅ /l, 148 mg K ₂ O/l) b) normale Stickstoff-Düngung mit 0,85 g/l Ammoniumnitrat (18 % N) + 0,4 g/l Basis 4 (0-14-37) (153 mg N/l, 56 mg P ₂ O ₅ /l, 148 mg K ₂ O/l)
Bewässerung:	vom Topfen bis zum Einwurzeln von oben, ab dem Einwurzeln Anstaubewässerung; bedarfsgerecht für jede Wiederholung
Temperatur:	zu Beginn 20 °C Heizung, 22 °C Lüftung; ab KW 15 18 °C Heizung, 20 °C Lüftung
Behandlungen:	biologischer Pflanzenschutz; Pinzieren (Entspitzen) in KW 35
Aufbau:	pro Variante randomisiert 3 Wiederholungen mit je 30 Pflanzen (Auswertung von 20 Pflanzen); insgesamt 360 Pflanzen in 8 Varianten im Versuch
Auswertung:	Pflanzendurchmesser, Laubdachhöhe ab Topfrand, Anzahl der zum Pflanzenaufbau beitragen Triebe mit gefärbten Brakteen, oberirdische Frischmasse, Benotung der Ballendurchwurzelung, Anzahl der Bewässerungsgänge, Dokumentation der Ergebnisse durch Fotos

Jede Substratmischung wurde individuell mit dem Volldünger Hakaphos grün (20+5+10) und den Einzel Nährstoffen Kaliumsulfat und Calciumdihydrogenphosphat aufgedüngt. Es sollte ein einheitliches Nährstoff-Niveau um 200 mg N/l, 85 mg P₂O₅/l, 200 mg K₂O /l erreicht werden. Weiterhin wurden allen Substraten 0,1 g/l Radigen (Mikronährstoff-Depotdünger) und 0,05 g/l Tenso Iron (Eisendünger) beigemischt. Zur Einstellung der pH-Werte wurde Gärtnerkalk (CaCO₃) verwendet. Die pH-Werte lagen in einem Bereich zwischen 5,7 - 5,8.

Für die differenzierte Düngebehandlung wurde jeweils die Hälfte der Pflanzen einer Substratvarianten randomisiert auf unterschiedliche Seiten der Gewächshausabteilung gestellt, da die Tische jeder Seite einen eigenen Tank für die Bewässerungsdüngung haben. So konnten die Pflanzen auf der einen Seite mit Nährlösung a) bewässert werden, und die auf der anderen Seite mit Lösung b). Jede Wiederholung stand auf einem individuell nach Bedarf zu bewässernden Tisch.

Substratanalysen erfolgten zu Beginn des Versuches (KW 34), in der Mitte (KW 38 und 42) und am Ende (KW 47). In KW 42 wurde mit einer Zwischenbonitur der Unkrautbewuchs (Anzahl je Topf) im Bestand erfasst, da bei den Rohstoffen die Prüfung im Unkrauttest eine starke Belastung ergeben hatte. Die Endbonitur erfolgte in der 13. Kulturwoche, nachdem die Pflanzen im Kontrollsubstrat mit normaler Stickstoff-Düngung einen verkaufsfähigen Zustand erreicht hatten.

Mit dem Weihnachtsstern wurde eine gartenbaulich bedeutende und jahreszeitlich passende Versuchspflanze gewählt, die besondere Ansprüche an das Substrat stellt. So sind eine gute Luftkapazität und Drainage bei gleichzeitig hoher Wasserspeicherfähigkeit wichtig, da Staunässe unbedingt vermieden werden sollte.

Versuchsergebnisse

Der erste Versuch wurde mit Poinsettien in Substratmischungen aus zugekauftem Rohrkolbenmaterial in drei unterschiedlichen Qualitäten durchgeführt. Aufgrund der in der Literatur gefundenen Hinweise auf einen instabilen Stickstoffhaushalt von Rohrkolben und den eigenen Ergebnissen aus den Brutversuchen, wurde jeweils die Hälfte des Pflanzenbestandes mit unterschiedlich hohen Stickstoffnachdüngungen während der Kultur behandelt. Die Düngebehandlung mit 0,85 g Ammoniumnitrat (18 % N; entspricht 153 mg N/l) pro Liter Düngerlösung wird im Folgenden als "normale Düngung" bezeichnet, da sie eine in der Praxis übliche Konzentration enthält. Die Behandlung mit 1,7 g Ammoniumnitrat pro Liter Nährlösung (entspricht 306 mg N/l) aufgrund der höheren Stickstoffmenge "erhöhte Düngung" genannt. Durch eine Erhöhung des Stickstoffgehaltes in der Nährlösung sollte eine mögliche Immobilisierung durch das Rohrkolbenmaterial im Substrat ausgeglichen werden.

Die im Versuch kultivierten Pflanzen zeigten keine Schäden oder Mangelerscheinungen.

Über beide Düngebehandlungen hinweg lagen die Pflanzen in den Testmischungen in Höhe und Durchmesser hinter denen im Kontrollsubstrat zurück (siehe Abbildung 7). Dies zeigte sich auch in der ermittelten oberirdischen Frischmasse (siehe Abbildung 8). Zwischen den unterschiedlichen Rohrkolbenvarianten waren keine großen Unterschiede zu erkennen. Die Weihnachtssterne im Substrat mit wenig Samen waren bei beiden Düngebehandlungen am kleinsten und wiesen die geringste Masse auf. Die Mischungen mit gelagertem Rohrkolben und Rohrkolben mit vielen Samen zeigten Ergebnisse mit nur minimalen Unterschieden zueinander. Des Weiteren blieben die mit erhöhter N-Düngung versorgten Poinsettien allesamt kleiner als die normal gedüngten. Auch die Anzahl pflanzenaufbauender Triebe war bei erhöhter Düngung etwas geringer, jedoch zwischen Kontrolle und Testsubstraten auf einem Niveau.

A) normale Stickstoff-Düngung



B) erhöhte Stickstoff-Düngung



Abbildung 7: Erscheinungsbild von *Euphorbia pulcherrima* 'Allegra Red' kultiviert bei (A) normaler Stickstoff-Düngung (153 mg N/l Nährlösung) und (B) erhöhter Stickstoff-Düngung (306 mg N/l Nährlösung) in einem Torfsubstrat (Kontrolle) und in Mischungen aus 25 Vol.-% Rohrkolben in drei unterschiedlichen Qualitäten kombiniert mit Torf zu Versuchsende. (Fotos: Pilz/Nordmeyer, LWK Niedersachsen)

Diese Ergebnisse wurden so nicht erwartet, da von einem besseren Wachstum bei einem höheren Stickstoffangebot ausgegangen wurde. Dies gilt insbesondere in den Testmischungen, da hier ein Stickstoffverlust durch Immobilisierung erwartet wurde. Die genaue Ursache hierfür konnte nicht abschließend geklärt werden. Die Dünge-lösungen wurden geprüft und waren korrekt dosiert. Auch die Analysen spiegelten die unterschiedlichen Stickstoffmengen der Düngerlösungen anhand der Gehalte im Substrat wider. Weiterhin waren die Nährstoff- und Salzgehalte in der Behandlungsvariante mit erhöhter Düngung auch nicht so hoch, dass hierdurch eine Wuchsminderung verursacht werden konnte. In den Varianten mit erhöhter N-Düngung war während der gesamten Kulturdauer eine gute Stickstoffversorgung gewährleistet. In der Variante mit normaler Düngung lagen die Werte in der Kulturmitte (7. Kulturwoche) im eher niedrigen Bereich. Die Phosphatgehalte fielen in allen Substraten der beiden Düngungsbehandlungen nach Versuchsbeginn ab auf ein niedriges Niveau (zwischen 18 bis 40 mg P₂O₅/l). Die Kaliumgehalte lagen über den Kulturverlauf in allen Substraten im Bereich einer guten Versorgung. Zu Versuchsende wiesen die Substrate beider Düngebehandlungen Nährstoffgehalte in einem wünschenswerten Bereich auf.

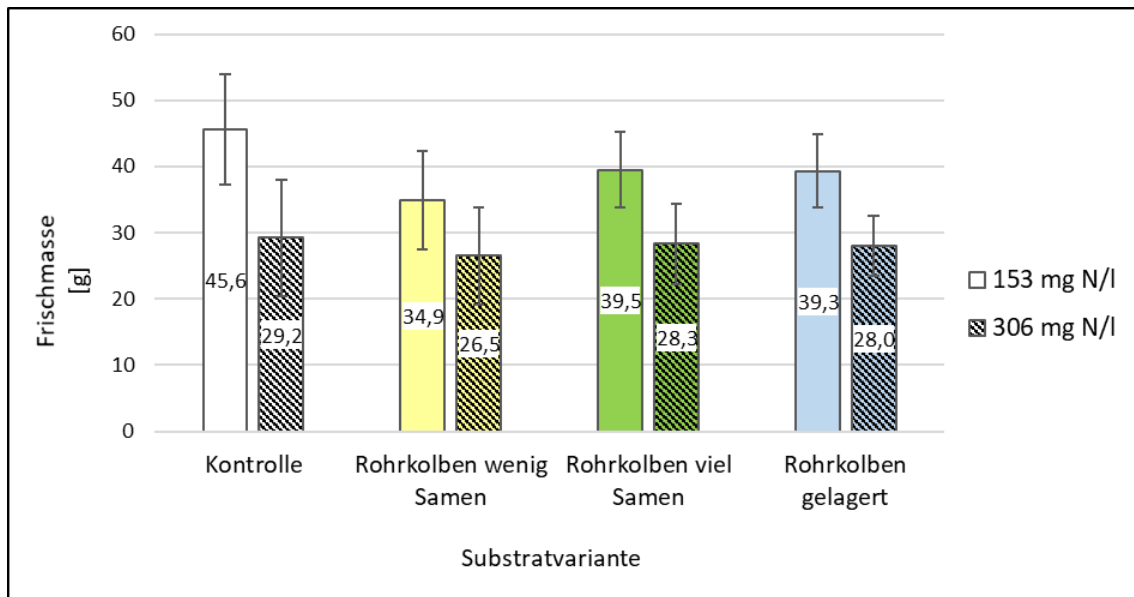


Abbildung 8: Oberirdische Frischmasse von *Euphorbia pulcherrima* 'Allegra Red' bei normaler Stickstoff-Düngung (153 mg N/l Nährlösung) und erhöhter Stickstoff-Düngung (306 mg N/l Nährlösung) kultiviert in einem Torfsubstrat (Kontrolle) und in Mischungen aus 25 Vol.-% Rohrkolben in drei unterschiedlichen Qualitäten kombiniert mit Torf (Mittelwerte \pm Standardabweichung, n=60).

Nicht ganz optimal waren die pH-Werte. Diese sind in allen Mischungen und der Kontrolle nach Versuchsbeginn zunächst gestiegen, aber im späteren Kulturverlauf wieder gefallen. Während die Substratvarianten mit normaler Düngung wieder auf optimale Werte kamen, kam es in den Varianten mit erhöhter Stickstoffdüngung zu einem weiteren Abfall auf pH-Werte unterhalb von 5,0.

Die Durchwurzelung der Ballen wurde über alle Versuchsvarianten hinweg größtenteils als schlecht bis mittelmäßig beurteilt. Da es jedoch kaum Unterschiede zwischen Kontrolle und Testsubstraten gab, wird nicht von einem Einfluss der getesteten Rohstoffe ausgegangen.

Aufgrund der zuvor durchgeführten Unkrautttests wurden in der 8. Kulturwoche die Unkräuter in allen Töpfen im Versuchsbestand gezählt. Im Gegensatz zu den Unkrautttests nach VDLUFA Methode zeigten sich unter realen Kulturbedingungen nicht mehr Unkräuter in dem Substrat aus Rohrkolbenmaterial mit vielen Samen als in der Kontrollvariante. Stattdessen wurde der meiste Beiwuchs in der Variante mit dem gelagerten Rohrkolben gezählt.

Chinakohl (*Brassica rapa subsp. pekinensis*)

Versuchsaufbau

- Versuchsfrage: Wie reagiert Chinakohl auf torffreie Substratmischungen mit unterschiedlichen Torfmoos-, Rohrkolben- und Schilf-Anteilen bei unterschiedlicher Nachdüngung?
- Kulturzeit: KW 10/2022 - KW 13/2022
- Pflanze: *Brassica rapa subsp. pekinensis* 'Richi F1'
- Topfen: Aussaat in 12er Kunststofföpfe (Teku); 25 Samen/Topf
- Rohstoffe: Rohrkolben (*Typha angustifolia*), Winterernte 2021 Hankhausen
Schilf (*Phragmites australis*), Winterernte 2021 Hankhausen
- Substrate: 1) Kontrolle 100 Vol.-% Torf (80 Vol.-% Weißtorf + 20 Vol.-% Schwarztorf)
2) 20 Vol.-% Rohrkolben + 80 Vol.-% Torfmoos
3) 40 Vol.-% Rohrkolben + 60 Vol.-% Torfmoos

- 4) 60 Vol.-% Rohrkolben + 40 Vol.-% Torfmoos
- 5) 20 Vol.-% Schilf + 80 Vol.-% Torfmoos
- 6) 40 Vol.-% Schilf + 60 Vol.-% Torfmoos
- 7) 60 Vol.-% Schilf + 40 Vol.-% Torfmoos

Düngung:	ab KW 11 differenzierte Behandlung
	a) ohne Nachdüngung
	b) mit Nachdüngung (1x wöchentlich pro Topf 50 ml Düngerlösung mit 2,0 g/l Universol Blue (18-11-18))
Bewässerung:	von oben, individuell nach Bedarf für jeden einzelnen Topf
Temperatur:	20 °C Heizung, 22 °C Lüftung
Behandlungen:	biologischer Pflanzenschutz
Aufbau:	randomisiert 4 Töpfe mit je 25 Pflanzen pro Substratvariante und Behandlung (Auswertung aller Töpfe); ohne Wiederholung; insgesamt 56 Töpfe in 14 Varianten im Versuch
Auswertung:	Keimrate, oberirdische Frisch- und Trockenmasse, Benotung von Laubblattfarbe und -form, sowie Wurzelgesundheit und Ballendurchwurzelung, Dokumentation der Ergebnisse durch Fotos

Alle Substratmischungen wurden auf ein Stickstoff-Niveau von 280 mg N/l eingestellt. Hierfür wurde der Volldünger PG-Mix (14-16-18) verwendet. Die Höhe des eingestellten Stickstoffgehaltes orientiert sich am Keimpflanzentest mit Chinakohl. Bei Substraten mit stabilem N-Haushalt ist dieser Gehalt für die ca. dreiwöchige Kulturdauer ohne Nachdüngung ausreichend. Zur Einstellung der pH-Werte wurde Gärtnerkalk (CaCO_3) verwendet. Die pH-Werte lagen nach dem Aufkalken in einem Bereich zwischen 5,5 - 5,9.

Für die differenzierte Düngebehandlung wurde jeweils die Hälfte der Töpfe einer Substratvarianten getrennt und randomisiert in einem Block aufgestellt. Eine Woche nach Aussaat erfolgte bei der einen Hälfte wöchentlich die Gabe von 50 ml Nährlösung, bei der anderen wurde Gießwasser gegeben. Die Düngergabe erfolgte bei ausreichend trockenem Substrat, so dass die Nährlösung nicht aus dem Topf herauslief. Bei allen Töpfen wurde das gegebenenfalls aufgetretene Überschusswasser in Untersetzern aufgefangen und später nochmals von oben in den jeweiligen Topf gegeben. Somit wurden Nährstoffverluste durch Auswaschung verhindert. Die restliche Kulturzeit über wurde mit Stadtwasser gegossen.

Substratanalysen erfolgten zu Beginn (KW 10) und am Ende des Versuches (KW 13). Die Endauswertung fand statt, als bei 50 % der Pflanzen der unbehandelten Kontrolle das 5. Laubblatt sichtbar war. Chinakohl wurde als Versuchspflanze gewählt, weil er eine Standardtestpflanze ist, die auf vielfältige Probleme in Substraten reagiert (z.B. Herbizide, Schwermetalle, Nährstoffungleichgewicht) und eine Auswertung nach einer kurzen Kulturdauer erlaubt.

Versuchsergebnisse

Der erste Pflanzenversuch mit den Ausgangsstoffen von der Versuchsfläche im Hankhauser Moor beschäftigte sich ebenfalls mit der kulturbegleitenden Düngung. Weiterhin wurden ansteigende Anteile von Rohrkolben und Schilf in den Mischungen mit Torfmoos getestet. Die Substrate waren für die angestrebte Kulturdauer gerade ausreichend hoch aufgedüngt. Stickstoffverluste durch Immobilisierung sollten sich ohne weitere Nachdüngung jedoch bei der Testpflanze Chinakohl zeigen.

Die eine Hälfte der Pflanzen der Substratvarianten wurde mit flüssiger Nachdüngung kultiviert, die andere Hälfte erhielt nur Wasser.

Bei allen Substratmischungen und Behandlungen wurde eine intensive Durchwurzelung und ein gesundes Wurzelwerk festgestellt. Die Laubfarbe war bei allen Substraten und Behandlungen im Vergleich zur Kontrolle etwas heller. Am stärksten ausgeprägt war die Aufhellung bei den Substratmischungen mit 40

und 60 Vol.-% Schilf ohne Nachdüngung. Die Laubblätter waren in allen Varianten normal und typisch geformt. Es konnte keine Beeinflussung der Keimung festgestellt werden. Die Rohrkolben-Substrate mit 20 und 40 Vol.-% erbrachten ähnliche oder höhere Blattfrischmassen im Vergleich zur Kontrolle, ebenso die mit 20 Vol.-% Schilf. Die 60 % Mischungen schnitten etwas schwächer ab. Durch die regelmäßige Nachdüngung konnte in allen Substratvarianten eine Zunahme der Blattmasse auf mindestens Kontroll-Niveau erreicht werden. Mit steigendem Anteil an Rohrkolben bzw. Schilf in den Substraten war eine Abnahme der oberirdischen Masse zu erkennen. Abbildung 9 zeigt das Erscheinungsbild der Pflanzen zu Versuchsende und Abbildung 10 die oberirdische Frischmasse in den unterschiedlichen Varianten.

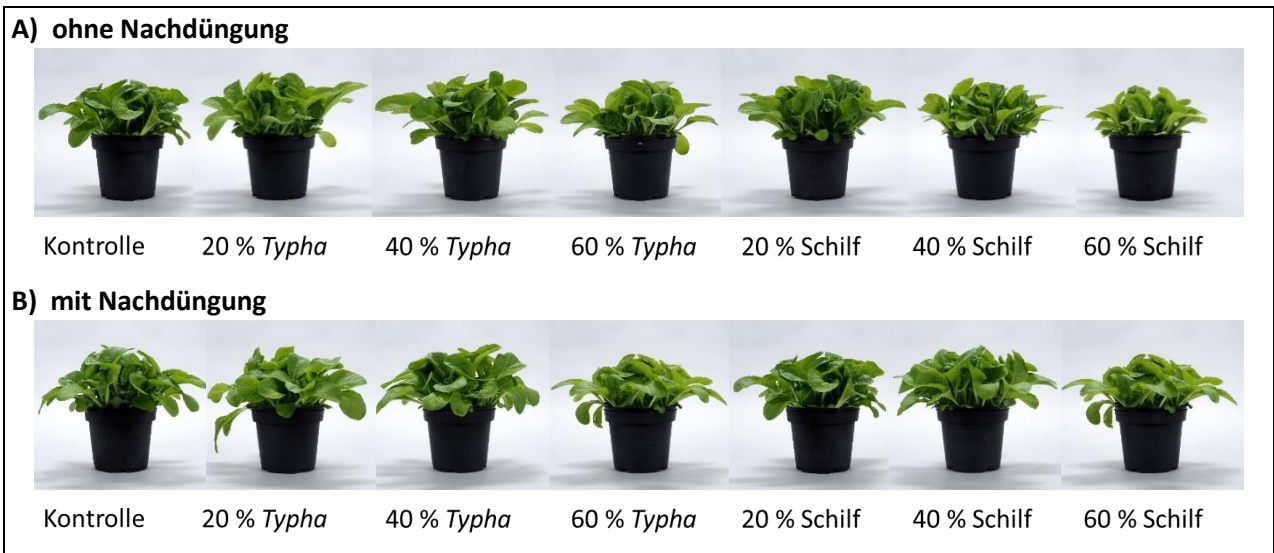


Abbildung 9: Erscheinungsbild von Chinakohlpflanzen (*Brassica rapa subsp. pekinensis* 'Richi F1') kultiviert (A) ohne Nachdüngung und (B) mit Nachdüngung in einem Torfsubstrat (Kontrolle) und in Mischungen aus Rohrkolben (*Typha*) bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos zu Versuchsende. (Fotos: Pilz/Nordmeyer, LWK Niedersachsen)

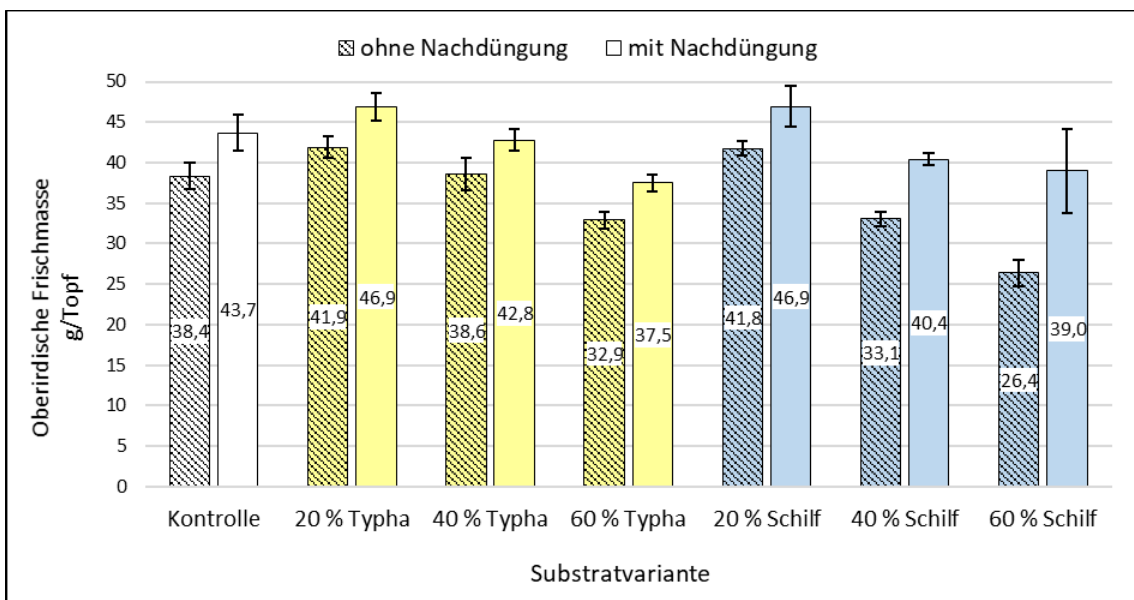


Abbildung 10: Oberirdische Frischmasse von Chinakohl (*Brassica rapa subsp. pekinensis* 'Richi F1') mit und ohne Nachdüngung in einem Torfsubstrat (Kontrolle) und Mischungen mit steigendem Anteil an Rohrkolben (*Typha*) bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos zu Versuchsende (Mittelwerte \pm Standardabweichung, n=4 Töpfe mit je 25 Pflanzen).

Balkontomaten (*Solanum lycopersicum*)

Versuchsaufbau

Versuchsfrage:	Wie reagieren Balkontomaten auf torffreie Substratmischungen mit unterschiedlichen Torfmoos-, Rohrkolben- und Schilf-Anteilen?
Kulturzeit:	KW 12/2022 - KW 20/2022
Pflanze:	<i>Solanum lycopersicum</i> `Summerlast` F1 (Syngenta)
Topfen:	Jungpflanzen in 15er Kunststofföpfe (Teku)
Rohstoffe:	Rohrkolben (<i>Typha angustifolia</i>), Winterernte 2021 Hankhausen Schilf (<i>Phragmites australis</i>), Winterernte 2021 Hankhausen
Substrate:	1) Kontrolle 100 Vol.-% Torfmoos 2) 20 Vol.-% Rohrkolben + 80 Vol.-% Torfmoos 3) 40 Vol.-% Rohrkolben + 60 Vol.-% Torfmoos 4) 60 Vol.-% Rohrkolben + 40 Vol.-% Torfmoos 5) 20 Vol.-% Schilf + 80 Vol.-% Torfmoos 6) 40 Vol.-% Schilf + 60 Vol.-% Torfmoos 7) 60 Vol.-% Schilf + 40 Vol.-% Torfmoos
Düngung:	ab KW 14 Bewässerungsdüngung mit 1,0 g/l Universol Blue (18-11-18)
Bewässerung:	vom Topfen bis zum Einwurzeln von oben, ab dem Einwurzeln Anstauabewässerung; mehrere Substrate mit ähnlichem Wasserbedarf in einer Anstauwanne
Temperatur:	20 °C Heizung, 22 °C Lüftung
Behandlungen:	biologischer Pflanzenschutz; Stäben in KW 14
Aufbau:	je 7 Pflanzen eines Substrats im Block (Auswertung aller Pflanzen); ohne Wiederholung; insgesamt 49 Pflanzen in 7 Varianten im Versuch
Auswertung:	Pflanzendurchmesser, Pflanzenhöhe ab Topfrand, Anzahl und Gewicht der Früchte, oberirdische Blattmasse, Benotung der Ballendurchwurzelung, Dokumentation der Ergebnisse durch Fotos

Für eine ausreichende Nährstoffversorgung wurden alle Substratmischungen mit dem Volldünger PG-Mix (14-16-18) aufgedüngt. Ziel war ein Stickstoffgehalt von 200 mg N/l Substrat. Zur Einstellung der pH-Werte wurde Gärtnerkalk (CaCO_3) verwendet. Die pH-Werte lagen nach dem Aufkalken in einem Bereich zwischen 5,2 - 5,7.

Substratanalysen wurden zu Versuchsbeginn (KW 12) und -ende (KW 20) durchgeführt, in KW 17 wurden ausschließlich die pH-Werte kontrolliert. Die Endbonitur erfolgte in der 8. Kulturwoche, obwohl es noch keinen roten Fruchtbehang gab. Dies war nötig, weil sich die Pflanzen so stark entwickelt hatten, so dass kein sicherer Stand und keine bedarfsgerechte Bewässerung zu gewährleisten war. Um Verluste zu verhindern wurde daher vorzeitig ausgewertet.

Versuchsergebnisse

In einem Kulturversuch mit der Balkontomate *Solanum lycopersicum* `Summerlast` F1 wurden Substratmischungen mit steigenden Anteilen von Rohrkolben und Schilf getestet. Neben dem Einfluss auf das Sprosswachstum sollte auch die Fruchtbildung beobachtet werden. Da der Versuch vorzeitig ausgewertet werden musste, war hier nur eine Beurteilung der unreifen Früchte möglich. Das Kontrollsubstrat für diesen Versuch bestand nicht aus Torf, sondern zu 100 Vol.-% aus dem Torfmoos, welches auch für die Testmischungen mit dem Rohrkolben und Schilf verwendet wurde.

In Pflanzenhöhe und -durchmesser zeigten sich Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Substratvarianten, wobei die maximale Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten gemessenen Wert bei 13,2 cm in der Höhe und 10,1 cm im Durchmesser lagen. Neben der Kontrolle waren die Variante mit 20 Vol.-% Schilf und die beiden Varianten mit einem 40 Vol.-% Anteil am größten. Die Kontrolle war

zwar am höchsten, lag beim Durchmesser aber nur im Mittelfeld und bei der oberirdischen Frischmasse erbrachte sie die geringste Masse. Mit steigendem Rohrkolben bzw. Schilf Anteil im Substrat war auch hier eine Abnahme der Frischmasse zu beobachten (siehe Abbildung 11 und Abbildung 12).

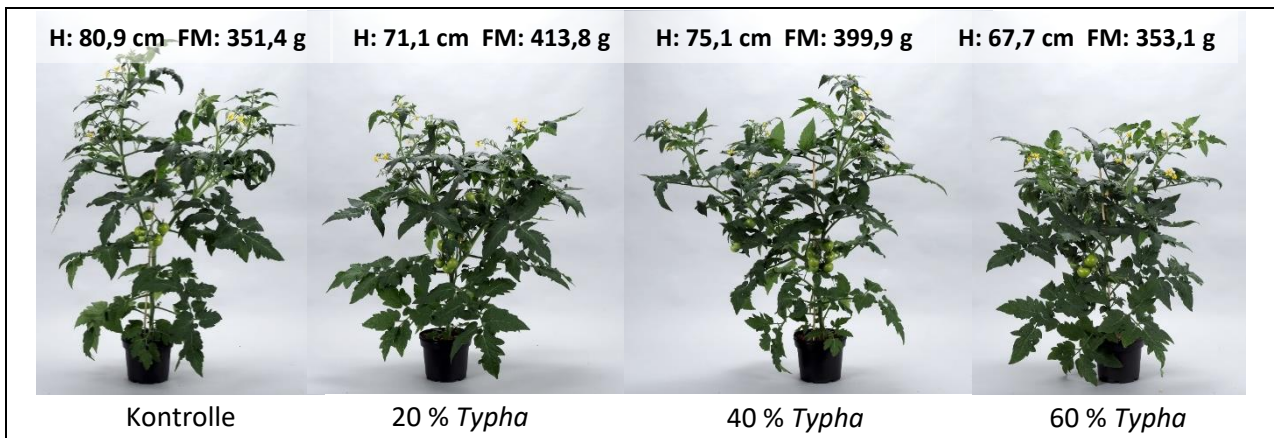


Abbildung 11: Erscheinungsbild und Boniturergebnisse von Balkontomaten der Sorte `Summerlast` F1 kultiviert in einem Substrat aus 100 Vol.-% Torfmoos (Kontrolle) und in Mischungen aus Rohrkolben (*Typha*) in Kombination mit Torfmoos zu Versuchsende. Bonitiert wurden die Pflanzenhöhe (H) und die oberirdische Sprossmasse (FM) (Mittelwerte, n= 7). (Fotos: Pilz/Nordmeyer, LWK Niedersachsen)

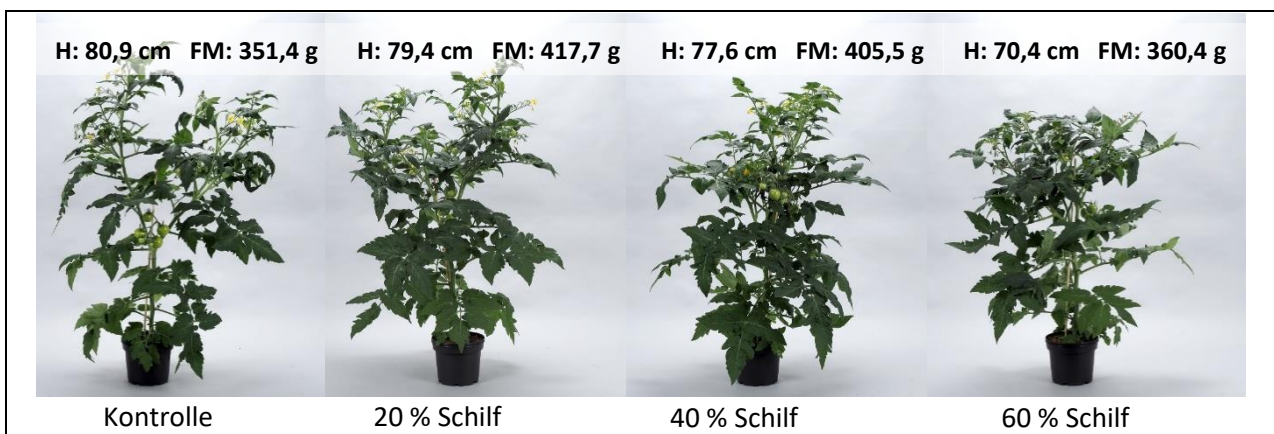


Abbildung 12: Erscheinungsbild und Boniturergebnisse von Balkontomaten der Sorte `Summerlast` F1 kultiviert in einem Substrat aus 100 Vol.-% Torfmoos (Kontrolle) und in Mischungen aus Schilf in Kombination mit Torfmoos zu Versuchsende. Bonitiert wurden die Pflanzenhöhe (H) und die oberirdische Sprossmasse (FM) (Mittelwerte, n= 7). (Fotos: Pilz/Nordmeyer, LWK Niedersachsen)

Das mittlere Fruchtgewicht war in der Variante mit 20 Vol.-% Schilf am höchsten (129,8 g), gefolgt von den beiden Varianten mit 40 Vol.-% Anteil (Rohrkolben: 110,4 g; Schilf: 108,2 g) sowie der mit 20 Vol.-% Rohrkolben (104,6 g). Die geringsten Fruchtgewichte wurden bei der Kontrolle (91,6 g) und den beiden Substraten mit einem 60 Vol.-% Anteil Rohrkolben (89,4 g) bzw. Schilf (87,0 g) gemessen. Die Wurzeln aller Varianten sahen gesund aus und die Durchwurzelung war intensiv. In der Kontrolle wurde sie mit den besten Noten beurteilt, aber auch in den Testsubstraten wurde sie als gut beurteilt. Etwas schwächer fiel lediglich die Benotung in dem Substrat mit 60 Vol.-% Schilf aus.

Die Analysen zu Versuchsbeginn zeigten in allen Substraten Nährstoffgehalte auf einem ähnlichen Niveau. In den Substratmischungen mit 20 und 40 Vol.-% Schilf wurde der angestrebte Stickstoffgehalt von 200 mg N/l leicht überschritten, diese geringe Abweichung sollte jedoch zu keinen Unterschieden in den Ergebnissen geführt haben. Auch die pH-Werte der Mischungen mit Rohrkolben und Schilf lagen in einem ähnlichen Bereich, der der Kontrolle war jedoch etwas niedriger. Zu Versuchsende waren alle pH-Werte auf Werte unter 5,0 abgefallen. Die Nährstoffgehalte hingegen lagen im mittleren bis oberen Bereich, was

auf die witterungsbedingten häufigen Bewässerungsgänge mit Nährlösung zurückzuführen ist. Auffällig sind die hohen Phosphatgehalte in den Mischungen mit 40 und 60 Vol.-% Anteil, wobei keine Symptome für einen Nährstoffüberschuss an den Tomatenpflanzen festgestellt werden konnten. Die Ergebnisse der Substratanalysen sind in der folgenden Tabelle 9 zu finden.

Tabelle 9: Analyseergebnisse der Substratvarianten im Versuch mit Balkontomaten zu Versuchsbeginn (VB) und Versuchsende (VE).

Substratvariante	Probe- nahme	pH- Wert (CaCl ₂)	Nährstoffgehalte (CAT-Methode) [mg/l Substrat]					Salz [g/l]
			NH ₄ -N	NO ₃ -N	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Kontrolle 100 Vol.-% Torfmoos	VB	5,2	133	67	200	184	258	1,17
	VE	4,3	85	133	218	267	192	3,35
20 Vol.-% <i>Typha</i> + 80 Vol.-% Torfmoos	VB	5,7	145	65	210	177	258	1,26
	VE	4,4	87	215	302	370	493	2,51
40 Vol.-% <i>Typha</i> + 60 Vol.-% Torfmoos	VB	5,5	145	71	216	203	269	1,31
	VE	4,2	137	213	350	379	288	2,66
60 Vol.-% <i>Typha</i> + 40 Vol.-% Torfmoos	VB	5,5	115	73	188	184	283	1,22
	VE	4,7	120	191	311	519	301	2,93
20 Vol.-% Schilf + 80 Vol.-% Torfmoos	VB	5,7	171	77	248	210	323	1,48
	VE	4,1	80	189	269	288	272	2,29
40 Vol.-% Schilf + 60 Vol.-% Torfmoos	VB	5,6	159	82	241	227	346	1,57
	VE	4,1	101	216	317	433	320	2,68
60 Vol.-% Schilf + 40 Vol.-% Torfmoos	VB	5,5	115	64	179	205	361	1,40
	VE	4,9	119	203	321	675	320	3,67



Abbildung 13: Blick in den Pflanzenbestand der Kulturversuche mit Balkontomaten in der 5. Kulturwoche (links) und mit *Calibrachoa* in der 3. Kulturwoche (rechts). (Fotos: Lütcke, LWK Niedersachsen)

Zauberglöckchen (*Calibrachoa*)

Versuchsaufbau

Versuchsfrage:	Welchen Einfluss haben unterschiedliche Paludikultur-Substrate auf das Wachstum von <i>Calibrachoa</i> ?
Kulturzeit:	KW 11/2022 - KW 18/2022
Pflanze:	<i>Calibrachoa</i> MiniFamous® Uno White+Yellow Eye (Selecta One)
Topfen:	Jungpflanzen in 11er Kunststofftöpfe (Teku)
Rohstoffe:	Rohrkolben (<i>Typha angustifolia</i>), Winterernte 2021 Hankhausen Schilf (<i>Phragmites australis</i>), Winterernte 2021 Hankhausen
Substrate:	1) Kontrolle 100 Vol.-% Torf (80 Vol.-% Weißtorf + 20 Vol.-% Schwarztorf) 2) 20 Vol.-% Rohrkolben + 80 Vol.-% Torfmoos 3) 40 Vol.-% Rohrkolben + 60 Vol.-% Torfmoos 4) 20 Vol.-% Schilf + 80 Vol.-% Torfmoos 5) 40 Vol.-% Schilf + 60 Vol.-% Torfmoos
Düngung:	ab KW 13 Bewässerungsdüngung mit 0,8 g/l Universol Blue (18-11-18)
Bewässerung:	vom Topfen bis zum Einwurzeln von oben, ab dem Einwurzeln Anstaubewässerung; bedarfsgerecht für jede Wiederholung
Temperatur:	zu Beginn 18 °C Heizung, 20 °C Lüftung; ab KW 15 16 °C Heizung, 18 °C Lüftung
Behandlungen:	biologischer Pflanzenschutz; stutzen in KW 12
Aufbau:	pro Variante randomisiert 3 Wiederholungen mit jeweils 36 Pflanzen (Auswertung von je 20 Pflanzen); insgesamt 540 Pflanzen in 5 Varianten im Versuch
Auswertung:	Pflanzendurchmesser, oberirdische Frischmasse, Benotung der Ballendurchwurzelung, Anzahl der Bewässerungsgänge, Dokumentation der Ergebnisse durch Fotos

Jede Substratmischung wurde anhand der bereits enthaltenen Nährstoffgehalte individuell auf ein einheitliches Niveau von 200 mg N/l, 150 mg P₂O₅/l, 200 mg K₂O /l eingestellt. Hierfür wurden der Volldünger Hakaphos grün (20+5+10) verwendet, sowie die Einzelnährstoffe Kaliumsulfat und Calciumdihydrogenphosphat. Weiterhin wurde allen Mischungen 0,1 g/l Radigen (Mikronährstoff-Depotdünger) und 0,05 g/l Tenso Iron (Eisendünger) zugefügt. Zur Einstellung der pH-Werte wurde Gärtnerkalk (CaCO₃) verwendet. Die pH-Werte lagen nach dem Aufkalken in einem Bereich zwischen 5,0 – 5,6.

Jede Wiederholung stand auf einem individuell nach Bedarf zu bewässernden Tisch, und war innerhalb der Gewächshausabteilung randomisiert aufgestellt.

Substratanalysen erfolgten zu Versuchsbeginn in KW 11, in der Mitte (KW 14 und KW 17) sowie zu Ende des Versuches in KW 18. Die Analyse in KW 14 ergab ein Absinken der pH-Werte in den torffreien Substraten. Durch eine zusätzliche Düngung mit Kalksalpeter (Ca(NO₃)₂) sollte ein weiterer pH-Abfall verhindert werden. In KW 15 erfolgte daher eine erneute Prüfung der pH-Werte. Die Endbonitur wurde in der 7. Kulturwoche durchgeführt.

Für diesen Versuch wurden *Calibrachoa* gewählt, weil sie als empfindliche Kultur gelten. Sie haben einerseits ein hohes Wasserbedürfnis, aber vertragen andererseits kaum Staunässe. Auch hohe pH-Werte und ein geringes Nährstoffangebot können sichtbare Probleme hervorrufen.

Versuchsergebnisse

In allen Testsubstraten wuchsen verkaufsfähige *Calibrachoa* ohne sichtbare Schäden oder Mangelerscheinungen. Die Pflanzen in den Substraten mit einem Anteil von 20 Vol.-% Rohrkolben oder Schilf unterschieden sich optisch (siehe Abbildung 14) und in den Bonituren nur geringfügig von denen im Kontrollsubstrat. Auch die Frischmasse lag in diesen Substratvarianten nur geringfügig unter der im

Torfsubstrat und die Pflanzendurchmesser wichen im Mittel weniger als 1 cm untereinander ab, was visuell einen kaum zu erfassenden Unterschied ausmachte.

Mit gesteigertem Anteil von Rohrkolben bzw. Schilf im Substrat nahmen Durchmesser, Frischmasse und Durchwurzelung deutlicher ab (siehe Abbildung 14, Abbildung 15, Abbildung 16).

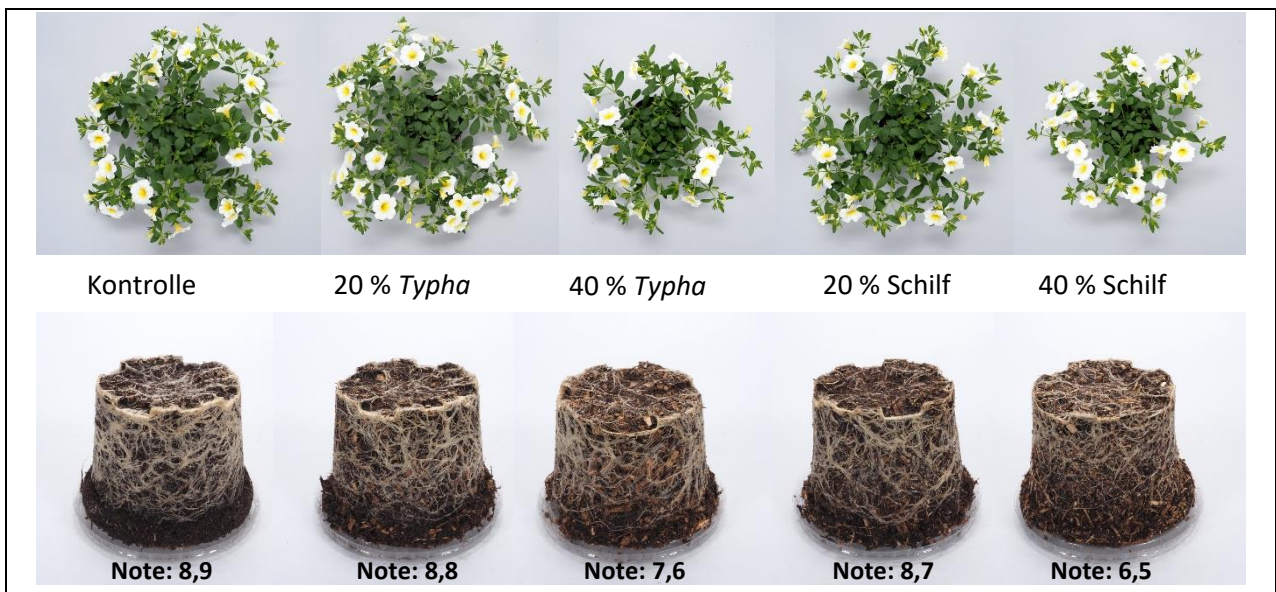


Abbildung 14: Erscheinungsbild von *Calibrachoa* MiniFamous® Uno White+Yellow Eye in einem Torfsubstrat (Kontrolle) und Mischungen mit steigendem Anteil an Rohrkolben (*Typha*) bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos zu Versuchsende. Obere Reihe: Pflanzenaufsicht, untere Reihe: Durchwurzelung der Ballen mit Boniturnoten. Die Durchwurzelung der Ballen wurde mit Noten von 1 (keine Wurzeln sichtbar) bis 9 (vollständig durchwurzelt) bewertet (Mittelwerte, n=60). (Fotos: Pilz/Nordmeyer, LWK Niedersachsen)

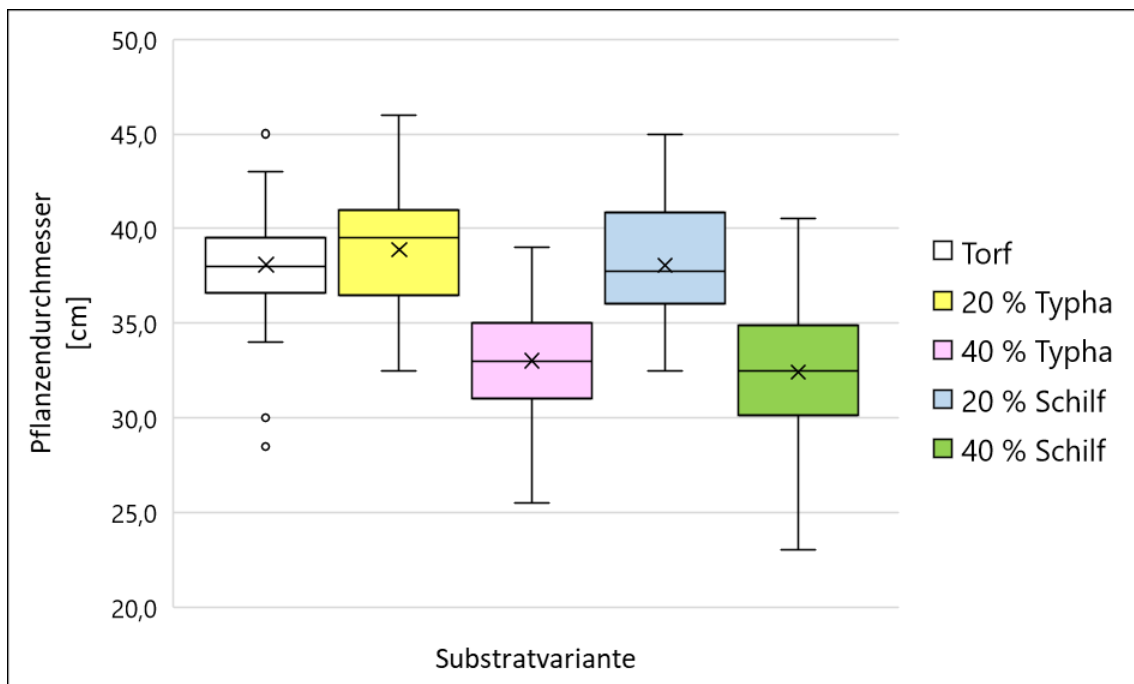


Abbildung 15: Pflanzendurchmesser von *Calibrachoa* MiniFamous® Uno White+Yellow Eye kultiviert in einem Torfsubstrat (Kontrolle) und in Mischungen aus Rohrkolben (*Typha*) bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos (n=60).

Auch bei der Durchwurzelung der Ballen erhielten die Substrate mit den 20 Vol.-% Anteilen nur geringfügig schlechtere Noten als die Kontrolle. Bei den Substraten mit 40 Vol.-% Rohrkolben bzw. Schilf war das Wurzelwachstum etwas schwächer und die Varianz in der Benotung war hier deutlich größer. Insbesondere die Schilf-Variante zeigte ein sehr heterogenes Wurzelbild, so wurden zwischen 2 (fast keine Wurzeln sichtbar) und 9 (vollständig durchwurzelt) alle Noten vergeben. Die Ergebnisse der Benotung sind in Abbildung 14 zu finden.

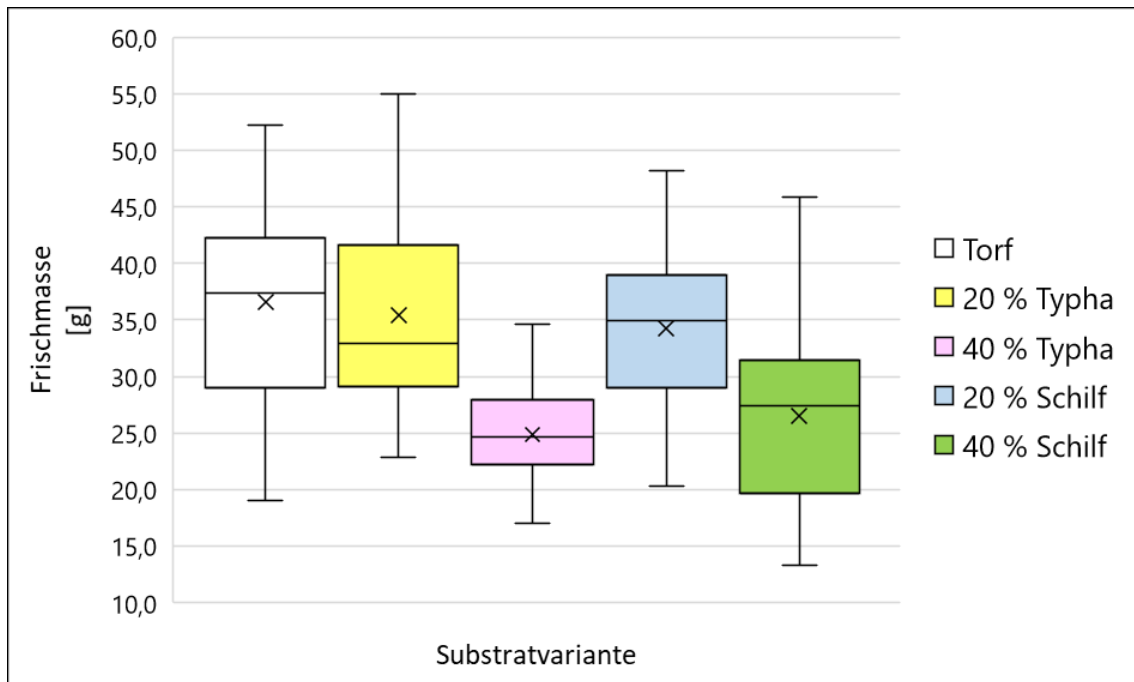


Abbildung 16: Oberirdische Frischmasse von *Calibrachoa* MiniFamous® Uno White+Yellow Eye kultiviert in einem Torfsubstrat (Kontrolle) und in Mischungen aus Rohrkolben (*Typha*) bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos (n=60).

Die Ergebnisse der Substratanalysen zu Beginn des Versuches und zu dessen Ende sind in Tabelle 10 zu finden. Bei Versuchsbeginn lagen die Stickstoffgehalte in den Substraten mit 20 Vol.-% Rohrkolben bzw. Schilf und in jenem mit 40 Vol.-% Schilf Anteil etwas höher als in der Kontrolle und dem Substrat mit 40 Vol.-% Rohrkolben. Dies könnte einen Einfluss auf das Pflanzenwachstum gehabt haben, der sich im Nachhinein jedoch nicht eindeutig feststellen lässt. Im Kulturverlauf wurde ein Abfallen der pH-Werte in den torffreien Substraten festgestellt, was vermutlich auf das geringe Puffervermögen des Torfmooses zurückzuführen ist. Durch die Gabe von Calciumnitrat (Kalksalpeter) zur Düngelösung wurde versucht dies auszugleichen. Die pH-Werte sind über den Kulturverlauf jedoch weiter gesunken. Der pH-Wert im Kontrollsubstrat auf Torfbasis hat sich hingegen wenig verändert. Durch eine angepasste Kalkung und Düngerauswahl ist hier jedoch vermutlich ein Gegensteuern möglich.

Die z.T. höheren Nährstoffgehalte zu Versuchsende kamen vermutlich durch häufige (zeitweise zweimal täglich) Bewässerungsgänge mit der Nährlösung zustande, die aufgrund hoher Temperaturen nötig waren. Hinsichtlich der Bewässerungshäufigkeit konnten keine Unterschiede zwischen den Substratvarianten festgestellt werden.

Tabelle 10: Analyseergebnisse der Substratvarianten im Versuch mit *Calibrachoa* zu Versuchsbeginn (VB) und Versuchsende (VE).

Substratvariante	Probe- nahme	pH- Wert (CaCl ₂)	Nährstoffgehalte (CAT-Methode) [mg/l Substrat]					Salz [g/l]
			NH ₄ -N	NO ₃ -N	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Kontrolle 100 Vol.-% Torf	VB	5,0	120	67	207	247	316	1,42
	VE	4,7	106	302	408	205	400	2,48
20 Vol.-% <i>Typha</i> + 80 Vol.-% Torfmoos	VB	5,1	162	104	266	179	259	1,54
	VE	4,1	62	218	281	157	330	1,88
40 Vol.-% <i>Typha</i> + 60 Vol.-% Torfmoos	VB	5,4	113	65	188	132	231	1,23
	VE	4,2	33	191	224	115	244	1,48
20 Vol.-% Schilf + 80 Vol.-% Torfmoos	VB	5,6	161	88	249	135	252	1,23
	VE	4,3	48	289	337	213	394	2,39
40 Vol.-% Schilf + 60 Vol.-% Torfmoos	VB	5,5	206	134	340	167	235	1,78
	VE	4,1	34	157	191	103	237	1,23

Pelargonien (*Pelargonium zonale*)

Versuchsaufbau

- Versuchsfrage: Welchen Einfluss haben unterschiedliche Paludikultur-Substrate auf das Wachstum von Pelargonien?
- Kulturzeit: KW 11/2022 - KW 20/2022
- Pflanze: *Pelargonium zonale* Moonlight® Katy '13, (KLEPZ13334) (Selecta One)
- Topfen: Jungpflanzen in 11er Kunststofföpfe (Teku)
- Rohstoffe: Rohrkolben (*Typha angustifolia*), Winterernte 2021 Hankhausen
Schilf (*Phragmites australis*), Winterernte 2021 Hankhausen
- Substrate: 1) Kontrolle 100 Vol.-% Torf (80 Vol.-% Weißtorf + 20 Vol.-% Schwarztorf)
2) 20 Vol.-% Rohrkolben + 80 Vol.-% Torfmoos
3) 40 Vol.-% Rohrkolben + 60 Vol.-% Torfmoos
4) 20 Vol.-% Schilf + 80 Vol.-% Torfmoos
5) 40 Vol.-% Schilf + 60 Vol.-% Torfmoos
- Düngung: ab KW 13 Bewässerungsdüngung mit 0,8 g/l Universol Blue (18-11-18)
- Bewässerung: vom Topfen bis zum Einwurzeln von oben, ab dem Einwurzeln Anstaubewässerung; bedarfsgerecht für jede Wiederholung
- Temperatur: zu Beginn 18 °C Heizung, 20 °C Lüftung; ab KW 15 16 °C Heizung, 18 °C Lüftung
- Behandlungen: in KW 18 einmalige Behandlung mit Teppeki (0,008 g/m²) auf Grund eines starken Befalls mit *Aulacorthum solani* (Grünfleckige Kartoffelblattlaus); ansonsten biologischer Pflanzenschutz
- Aufbau: pro Variante randomisiert 3 Wiederholungen mit jeweils 36 Pflanzen (Auswertung von je 20 Pflanzen); insgesamt 540 Pflanzen in 5 Varianten im Versuch

Auswertung: Pflanzendurchmesser, Laubdachhöhe ab Topfrand, Anzahl der Blütenstände (sichtbar oberhalb des Laubdaches), oberirdische Frischmasse, Benotung der Ballendurchwurzelung, Anzahl der Bewässerungsgänge, Dokumentation der Ergebnisse durch Fotos

Jede Substratmischung wurde anhand der bereits enthaltenen Nährstoffgehalte individuell auf ein einheitliches Niveau von 200 mg N/l, 100 mg P₂O₅/l, 200 mg K₂O /l eingestellt. Hierfür wurden der Volldünger Hakaphos grün (20+5+10) verwendet, sowie die Einzelnährstoffe Kaliumsulfat und Calciumdihydrogenphosphat. Weiterhin wurde allen Mischungen 0,1 g/l Radigen (Mikronährstoff-Depotdünger) und 0,05 g/l Tenso Iron (Eisendünger) zugefügt. Zur Einstellung der pH-Werte wurde Gärtnerkalk (CaCO₃) verwendet. Die pH-Werte lagen nach dem Aufkalken in einem Bereich zwischen 5,5 - 5,9.

Jede Wiederholung stand auf einem individuell nach Bedarf zu bewässernden Tisch, und war innerhalb der Gewächshausabteilung randomisiert aufgestellt.

Substratanalysen erfolgten in KW 11, 14, 17 und 20. Die Analyse in KW 14 ergab ein Absinken der pH-Werte in den torffreien Substraten, sowie sehr niedrige Stickstoffgehalte. Durch eine zusätzliche Düngung mit Kalksalpeter (Ca(NO₃)₂) sollte ein weiterer pH-Abfall verhindert und gleichzeitig die Versorgung mit Stickstoff gewährleistet werden. In KW 15 erfolgte daher eine erneute Prüfung der pH-Werte. Die Endbonitur erfolgte in der 9. Kulturwoche.

Die Pelargonie wurde als Versuchspflanze gewählt, weil sie als unempfindliche und robuste Kultur gilt, was sie zu einer der beliebtesten Beet- und Balkonpflanzen macht.

Versuchsergebnisse

Im pflanzenbaulichen Versuch mit Pelargonien zeigten sich zu Versuchsende in allen Substratvarianten verkaufsfähige und vitale Pflanzen, die optisch nur geringe Unterschiede aufwiesen. Die Differenzen in der Laubdachhöhe zwischen der Kontrolle und den Testvarianten waren nur gering. Zwar waren die Pflanzen in der Kontrolle etwas höher, jedoch betrug der Abstand zur kleinsten Pflanze (40 Vol.-% Rohrkolben) lediglich 1,9 cm (siehe Abbildung 17).

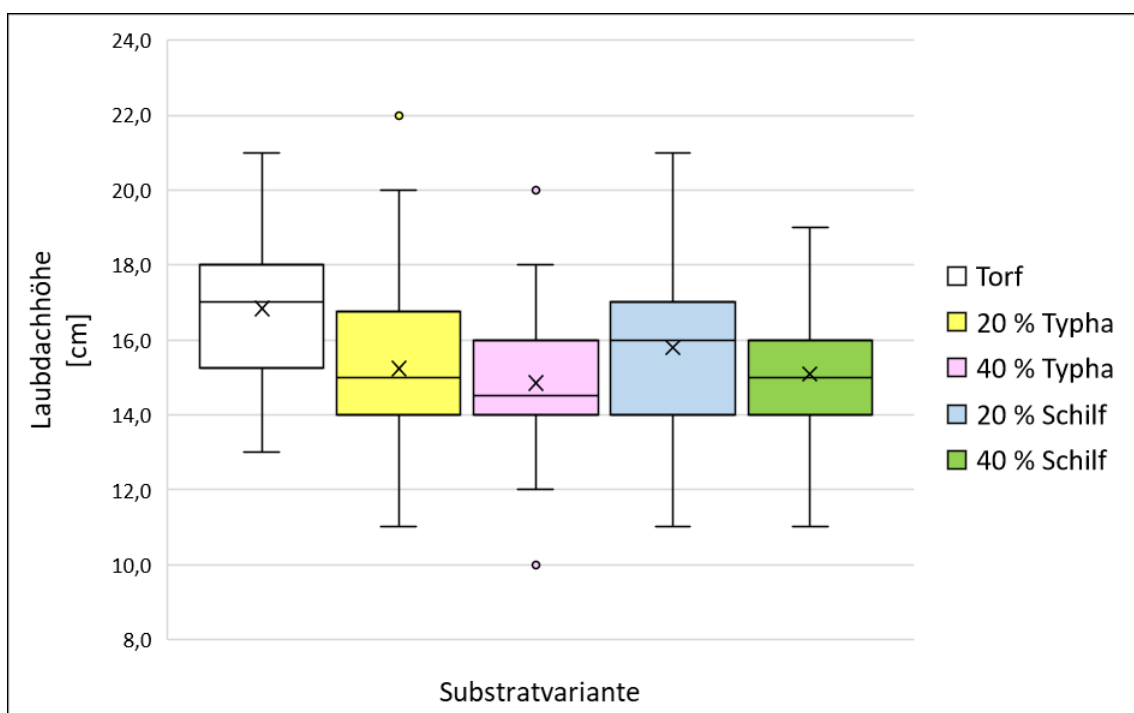


Abbildung 17: Laubdachhöhe von *Pelargonium zonale* Moonlight® Katy '13 kultiviert in einem Torfsubstrat (Kontrolle) und in Mischungen aus Rohrkolben (*Typha*) bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos (n=60).

Auch die Pflanzendurchmesser wichen wenig voneinander ab. Hier waren ebenfalls die Pflanzen in der torfhaltigen Kontrolle am größten. Die kleinsten Pflanzen wurden in der torffreien Variante mit 40 Vol.-% Schilf ermittelt (3,5 cm Unterschied zur Kontrolle). Die durchschnittliche Anzahl der Blütenstände (in folgenden abgekürzt mit Bls.) je Pflanze war in der Kontrolle (8,7 Bls.) und dem Substrat mit 20 Vol.-% Schilf (8,8 Bls.) fast gleich hoch, gefolgt von der Mischung mit 20 Vol.-% Rohrkolben (8,4 Bls.). In den beiden Varianten mit 40 Vol.-% Anteil Rohrkolben (7,7 Bls.) bzw. Schilf (7,1 Bls.) wurden im Mittel etwas weniger Blütenstände gezählt. Die Durchwurzelung in den Testsubstraten war mit der Kontrolle vergleichbar. Die beiden Substrate mit einem 20 Vol.-% Anteil erhielten sogar eine bessere Benotung. Nur die Variante mit 40 Vol.-% Schilf schnitt etwas schlechter ab und die Durchwurzelung der Ballen war heterogener als in den anderen Varianten. Abbildung 18 zeigt die Spross- und Wurzelentwicklung zu Kulturende.



Abbildung 18: Erscheinungsbild von *Pelargonium zonale* Moonlight® Katy '13 kultiviert in einem Torfsubstrat (Kontrolle) und Mischungen mit steigendem Anteil an Rohrkolben (*Typha*) bzw. Schilf kombiniert mit Torfmoos zu Versuchsende. Obere Reihe: Pflanzenansicht, untere Reihe: Durchwurzelung der Ballen. (Fotos: Pilz/Nordmeyer, LWK Niedersachsen)

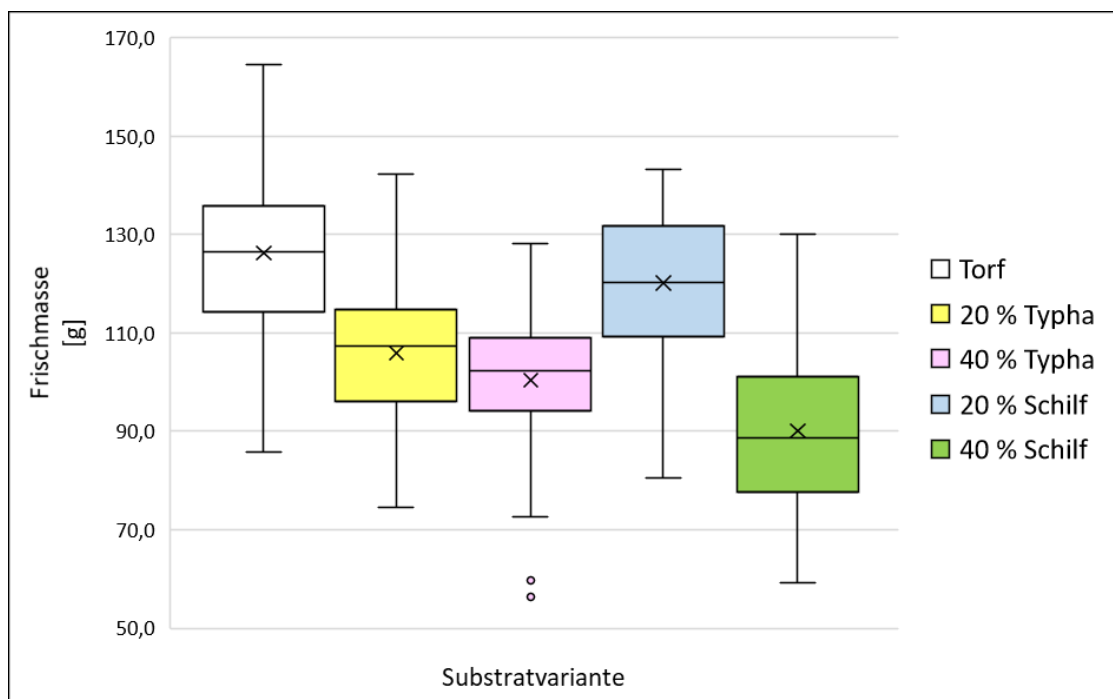


Abbildung 19: Oberirdische Frischmasse von *Pelargonium zonale* Moonlight® Katy '13 kultiviert in einem Torfsubstrat (Kontrolle) und in Mischungen aus Rohrkolben (*Typha*) bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos (n=60).

Die höchste Frischmasse wurde bei den Pelargonien im Kontrollsubstrat gemessen. Der Unterschied zum Testsubstrat mit 20 Vol.-% Schilf (- 5 %) war am geringsten, doch in den anderen Mischungen waren die Differenzen höher (siehe Abbildung 19). In der Variante mit 20 Vol.-% Rohrkolben war die Masse 16 % geringer gegenüber der Kontrolle, in denen mit 40 Vol.-% um 20 % (bei Rohrkolben) bzw. 29 % (bei Schilf) vermindert.

Mit gesteigertem Anteil an Rohrkolben und Schilf im Substrat nahmen die Frischmasse, die Anzahl der Blütenstände und die Durchwurzelung deutlich ab, während Durchmesser und Höhe der Pelargonien nicht so stark beeinflusst wurden.

Tabelle 11: Analysenergebnisse der Substratvarianten im Versuch mit *Pelargonium zonale* zu Versuchsbeginn (VB) und Versuchsende (VE).

Substratvariante	Probe- nahme	pH-Wert (CaCl ₂)	Nährstoffgehalte (CAT-Methode) [mg/l Substrat]					Salz [g/l]
			NH ₄ -N	NO ₃ -N	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Kontrolle 100 Vol.-% Torf	VB	5,7	130	77	207	105	208	1,42
	VE	4,8	38	238	276	114	137	2,02
20 Vol.-% <i>Typha</i> + 80 Vol.-% Torfmoos	VB	5,5	172	169	341	157	262	1,90
	VE	4,1	30	145	174	90	133	1,19
40 Vol.-% <i>Typha</i> + 60 Vol.-% Torfmoos	VB	5,9	125	79	204	115	239	1,36
	VE	4,1	23	110	134	69	127	0,92
20 Vol.-% Schilf + 80 Vol.-% Torfmoos	VB	5,8	134	83	217	92	218	1,37
	VE	4,1	27	143	170	86	122	1,36
40 Vol.-% Schilf + 60 Vol.-% Torfmoos	VB	5,9	131	81	212	139	226	1,40
	VE	4,1	16	96	111	71	115	0,92

Zu Versuchsbeginn enthielt das Substrat mit 20 Vol.-% Rohrkolben einen höheren Stickstoffgehalt als die anderen Substrate. Dies könnte zu einem Wachstumsvorteil geführt haben, allerdings zeigt die Variante keine höheren Werte bei der Pflanzengröße oder Frischmasse. Drei Wochen nach Versuchsstart wurde in den Substraten mit einem hohen Torfmoosanteil ein Abfallen der pH-Werte und niedrige Stickstoffgehalte festgestellt. Die Pelargonien in den Testmischungen mit Rohrkolben und Schilf hatten zu diesem Zeitpunkt auch etwas helleres Laub und waren etwas kleiner. Der pH-Wert Abfall lässt sich vermutlich auf das geringe Puffervermögen des Torfmooses zurückführen. Um beides auszugleichen wurde Kalksalpeter (Ca(NO₃)₂) zur Nährlösung hinzugegeben. Die Stickstoffversorgung war im weiteren Kulturverlauf gut, die pH-Werte sind allerdings weiter abgefallen. Bereits eine Woche später waren die Werte auf einen pH-Bereich knapp über 5,0 gesunken. Im weiteren Kulturverlauf sanken sie alle deutlich unter 5,0 ab. Der pH-Wert im Kontrollsubstrat auf Torfbasis hat sich hingegen deutlich langsamer verändert, spätere Messungen zeigten jedoch auch hier einen Abfall. Dies sollte bei der Düngerauswahl und Kalkung der Testmischungen beachtet werden. Die Ergebnisse der Substratanalysen zu Versuchsbeginn und -ende sind in Tabelle 11 zu sehen.

Hinsichtlich der Bewässerungshäufigkeit der einzelnen Substrate zeigten sich keine Unterschiede zum Torfsubstrat.

Basilikum (*Ocimum basilicum*)

Versuchsaufbau

Versuchsfrage:	Welchen Einfluss hat das Benetzungsmittel H ₂ Gro auf das Wachstum von Basilikum in Paludikultur-Substraten?
Kulturzeit:	KW 26/2022 - KW 31/2022
Pflanze:	<i>Ocimum basilicum</i> 'Edwina'
Topfen:	Aussaat in 13er Kunststofftöpfe (Teku); Saatgut per Volumen abgemessen (ca. 39 Samen je Topf)
Rohstoffe:	Rohrkolben (<i>Typha angustifolia</i>), Winterernte 2021 Hankhausen Schilf (<i>Phragmites australis</i>), Winterernte 2021 Hankhausen
Substrate:	1) Kontrolle 100 Vol.-% Torf (80 Vol.-% Weißtorf + 20 Vol.-% Schwarztorf) 2) 20 Vol.-% Rohrkolben + 80 Vol.-% Torfmoos 3) 40 Vol.-% Rohrkolben + 60 Vol.-% Torfmoos 4) 60 Vol.-% Rohrkolben + 40 Vol.-% Torfmoos 5) 20 Vol.-% Schilf + 80 Vol.-% Torfmoos 6) 40 Vol.-% Schilf + 60 Vol.-% Torfmoos 7) 60 Vol.-% Schilf + 40 Vol.-% Torfmoos
Substratzusatz:	a) ohne Benetzungsmittel b) mit Benetzungsmittel H ₂ Gro (flüssig 1,5 ml je 10 Liter Substrat)
Düngung:	ab KW 29 Bewässerungsdüngung mit 0,8 g/l Peters Excel (15-5-15)
Bewässerung:	zu Beginn von oben, ab KW 29 Anstaubewässerung; bedarfsgerecht für jede Versuchsvariante
Temperatur:	20 °C Heizung, 22 °C Lüftung
Behandlungen:	biologischer Pflanzenschutz; Klimakammer zur Keimung
Aufbau:	je 12 Töpfen einer Variante im Block; ohne Wiederholung; Auswertung von je 10 Töpfen; insgesamt 168 Töpfen in 14 Varianten im Versuch
Auswertung:	Pflanzendurchmesser, Laubdachhöhe ab Topfrand, Anzahl Pflanzen/Topf, oberirdische Frischmasse, Benetzung der Ballendurchwurzelung, Anzahl der Bewässerungsgänge, Dokumentation der Ergebnisse durch Fotos

Für eine ausreichende Nährstoffversorgung wurden alle Substratmischungen mit dem Volldünger Peters Excel (15-5-15) und Calciumnitrat (Ca(NO₃)₂, Kalksalpeter) auf ein einheitliches Niveau von 200 mg N/l gedüngt. Zur Einstellung der pH-Werte wurde Gärtnerkalk (CaCO₃) verwendet. Die pH-Werte lagen nach dem Aufkalken in einem Bereich zwischen 6,2 – 6,4.

Nach der Einstellung der pH-Werte und Nährstoffgehalte wurden die Mischungen halbiert, und jeweils einer Hälfte das Benetzungsmittel H₂Gro der Firma ICL Specialty Fertilizers zugefügt. Dieses soll, neben einer schnellen Benetzung, für eine gute horizontale Wasserverteilung sorgen und überschüssiges Wasser abgeleitet werden. So sollte geprüft werden, ob möglicherweise ungünstige physikalische Bedingungen in den Paludikultur-Substraten sich negativ auf das Wachstum der Pflanzen auswirken und sich so verbessern lassen. Basilikum hat einen vergleichsweise hohen Wasserbedarf, verträgt aber keine Staunässe. Somit stellt diese Pflanze erhöhte Ansprüche an den Wasserhaushalt eines Substrates und wurde daher als Versuchspflanze gewählt.

Um eine Verschleppung des Benetzungsmittels in die Varianten ohne Substratzusatz zu verhindern, wurde die Töpfe beider Behandlungsvarianten auf unterschiedlichen Seiten der Gewächshausabteilung gestellt, da die Tische jeder Seite einen eigenen Tank für die Bewässerung haben. Jede Variante stand auf einem individuell nach Bedarf zu bewässernden Tisch. Aufgrund sehr hoher Außentemperaturen wurden die Töpfe in der ersten Kulturwoche zur Keimung in eine Klimakammer gestellt und erst in KW 27 ins Gewächshaus gebracht.

Substratanalysen wurden zu Versuchsbeginn (KW 26), in der Mitte (KW 29) und am Ende (KW 31) durchgeführt. Die Endbonitur erfolgte in der 5. Kulturwoche, nachdem die Pflanzen im Kontrollsubstrat ohne Benetzungsmittel einen verkaufsfähigen Zustand erreicht hatten.

Versuchsergebnisse

In den bisherigen Versuchen wurde mit steigenden Anteilen von Rohrkolben und Schilf in den Substratmischungen eine Verschlechterung der Ballendurchwurzelung festgestellt. Auch bei Frischmasse und Pflanzengröße wurden bei hohen Anteilen vergleichsweise geringere Werte gemessen. Als mögliche Ursache wurden die physikalischen Eigenschaften der Substratmischung in Betracht gezogen. Mit steigenden Rohrkolben und vor allem Schilf Anteilen war die Drainage der Substrate gesteigert. Durch das Torfmoos war die Wasserspeicherung des Substrates trotzdem gut, aber beim Gießen von oben konnte ein schnelles Durchfließen des Wassers durch den Topf bemerkt werden. Die Wasserverfügbarkeit innerhalb des Topfes könnte somit im oberen Bereich schlechter sein als im unteren Bereich, wenn mittels Anstauung bewässert wird. Laut Hersteller soll das Benetzungsmittel H₂Gro die Wasserverteilung im Topf horizontal und vertikal verbessern. Da in anderen Versuchen ein positiver Einfluss des Benetzungsmittels beobachtet werden konnte (Blauhorn 2019⁵, Degen et al. 2022⁶), wurde es in einem Kulturversuch mit Basilikum eingesetzt. Basilikum braucht für ein optimales Wachstum eine gleichmäßige und regelmäßige Wasserversorgung und schien daher als Testpflanze für diesen Versuch geeignet.

Im Versuch konnten keine großen Unterschiede zwischen den Varianten mit Benetzungsmittel im Substrat und denen ohne festgestellt werden. Zwar ist die Frischmasse der Kontrolle mit H₂Gro am höchsten, jedoch spiegelt sich dies nicht in den Blattmassen der anderen Varianten wider (siehe Abbildung 20). Abgesehen von der Substratvariante mit 20 Vol.-% Rohrkolben liegen die Frischmassen sogar alle unter derer mit H₂Gro im Substrat. Die ermittelten Werte der Frischmasse wurden durch entsprechende Ergebnisse bei Bestimmung der Trockenmasse gestützt.

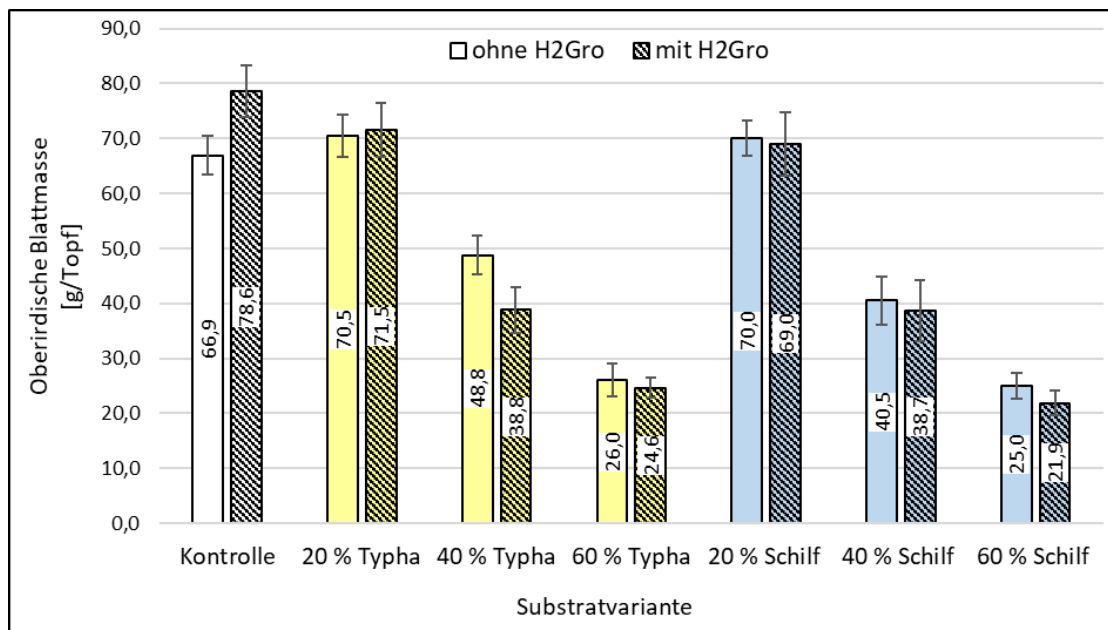


Abbildung 20: Oberirdische Frischmasse von *Ocimum basilicum* 'Edwina' kultiviert in Substraten mit und ohne Zugabe des Benetzungsmittels H₂Gro bestehend aus Torf (Kontrolle) und Mischungen aus Rohrkolben (*Typha*) bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos (Mittelwerte ± Standardabweichung, n=10 Töpfe).

⁵ Blauhorn, W. (2019) Der Einsatz von H₂Gro verminderte Trockenschäden bei Herbstkulturen. Versuche im deutschen Gartenbau 2019, Versuchsbericht Zierpflanzenbau, Staatsschule für Gartenbau Stuttgart-Hohenheim.

⁶ Degen, B., Sauer, H., Koch, R., Möhle, D. (2022) Einfluss von Bio-Netzmitteln auf die Wiederbenetzbarkeit eines torffreien Substrates in der Anzucht von Gewürzfenchel. Versuche im deutschen Gartenbau 2022, Versuchsbericht Gemüsebau, LVG Heidelberg.

Auch bei der Pflanzhöhe und dem Durchmesser waren nur minimale Unterschiede zwischen den beiden Behandlungsvarianten zu erkennen. Höhere Pflanzen in den unbehandelten Substratvarianten der Kontrolle und der mit 20 Vol.-% Rohrkolben lagen dafür im Durchmesser unter der behandelten Variante. Die ermittelten Werte von Laubdachhöhe und Pflanzendurchmesser sind in Abbildung 21 zu sehen.

Während die Substrate mit 20 Vol.-% Anteil an Rohrkolben und Schilf Boniturergebnisse auf Niveau der Kontrolle erbrachten, war ein vermindertes Wachstum mit steigendem Anteil der Rohstoffe im Substrat zu beobachten. Abbildung 22 und Abbildung 23 zeigen die Unterschiede im Erscheinungsbild der Pflanzen zu Versuchsende.

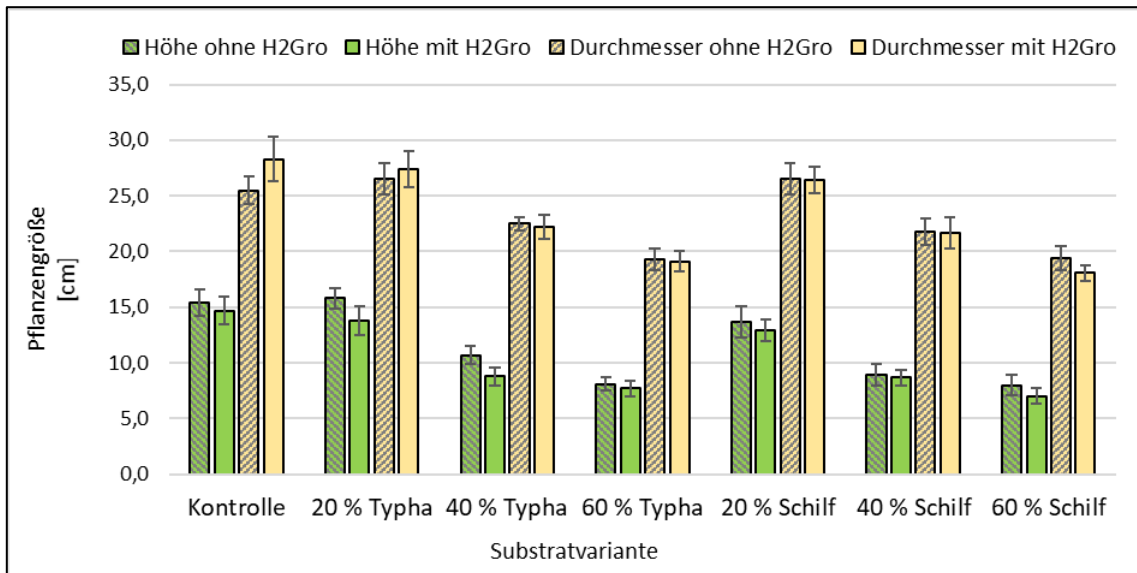


Abbildung 21: Laubdachhöhe und Pflanzendurchmesser von *Ocimum basilicum* 'Edwina' kultiviert in Substraten mit und ohne Zugabe des Benetzungsmittels H₂Gro bestehend aus Torf (Kontrolle) und Mischungen mit steigendem Anteil Rohrkolben (*Typha*) bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos (Mittelwerte ± Standardabweichung, n=10 Töpfe).

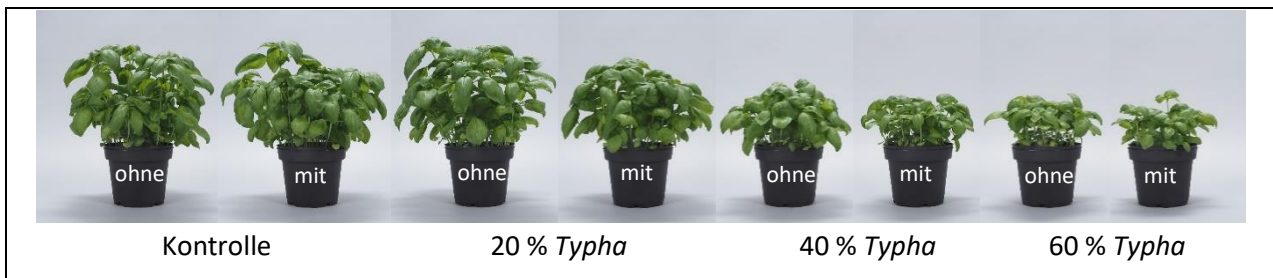


Abbildung 22: Erscheinungsbild von *Ocimum basilicum* 'Edwina' kultiviert in Substraten mit und ohne Zugabe des Benetzungsmittels H₂Gro bestehend aus Torf (Kontrolle) und Mischungen mit steigendem Anteil an Rohrkolben (*Typha*) in Kombination mit Torfmoos zu Versuchsende. (Fotos: Pilz/Nordmeyer, LWK Niedersachsen)

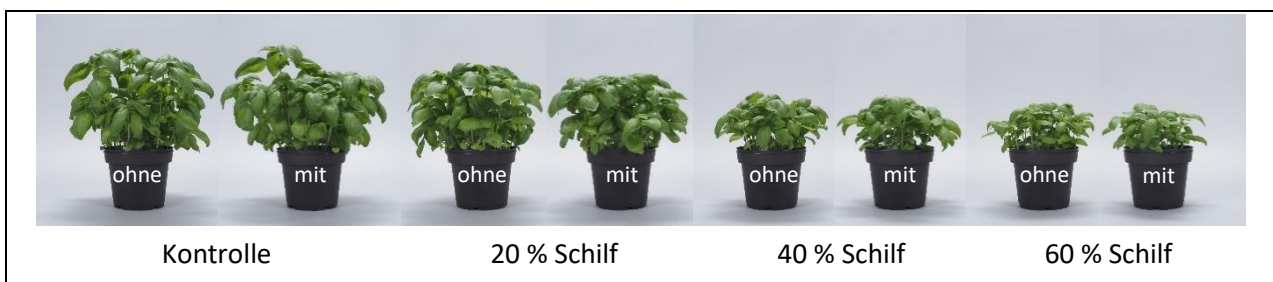


Abbildung 23: Erscheinungsbild von *Ocimum basilicum* 'Edwina' kultiviert in Substraten mit und ohne Zugabe des Benetzungsmittels H₂Gro bestehend aus Torf (Kontrolle) und Mischungen mit steigendem Anteil an Schilf in Kombination mit Torfmoos zu Versuchsende. (Fotos: Pilz/Nordmeyer, LWK Niedersachsen)

Die Durchwurzelung der Ballen zeigte ebenfalls dieses Bild. Das torfhaltige Substrat und die 20 Vol.-% Varianten wurden bei beiden Behandlungen überall fast gleich und mit sehr gut benotet. In den anderen Substraten zeigte sich mit steigendem Rohrkolben und Schilf Anteil eine geringere Durchwurzelung, wobei die Variante mit 60 Vol.-% Schilf die niedrigste Note erhielt. Auch bei der Durchwurzelung war kein eindeutiger Einfluss des Benetzungsmittels zu erkennen.

Fraglich ist, ob die Wasserverteilung in den Substraten durch den Torfmoosanteil bereits gut genug war und daher hier keine weiteren Effekte zu beobachten waren. Dafür könnte die höhere Frischmasse der Kontrollvariante mit H₂Gro sprechen, wenn in diesem Fall hier eine Verbesserung des Substrates durch das Benetzungsmittel eingetreten wäre. Auch die bessere Benotung der Ballendurchwurzelung könnte hierauf schließen lassen. Allerdings wurden nur 10 Pflanzen pro Variante ohne Wiederholung beurteilt. Die Unterschiede waren nur gering und äußere Einflüsse (z.B. durch den Standort im Gewächshaus) können nicht ausgeschlossen werden. Auch kann in Betracht gezogen werden, dass das Benetzungsmittel nicht die versprochene Wirkung erfüllt oder die Wasserversorgung zu gut war, um eine Wirkung des Mittels nötig zu machen. In der Bewässerungshäufigkeit der beiden Behandlungsvarianten mit und ohne H₂Gro ließen sich keine Unterschiede feststellen.

Da es in den vorherigen Versuchen zu einem Abfall der pH-Werte kam, wurden die Substrate für diesen Versuch auf einen höheren pH-Wert eingestellt. Weiterhin wurde für die Bewässerungsdüngung ein Dünger für weiches Gießwasser gewählt. In der Kombination beider Maßnahmen kam es zu einem Anstieg der pH-Werte in allen Versuchsvarianten. Eine weitere Anpassung wird somit nötig sein.

Die Ergebnisse der Grundanalysen zu Versuchsbeginn und -ende sind in Tabelle 12 aufgeführt. Die Nährstoffgehalte lagen zu Versuchsbeginn auf einem ähnlichen Niveau. Nach drei Kulturwochen ergab eine Analyse bereits gestiegene pH-Werte und sehr niedrige Nährstoffgehalte in allen Versuchsvarianten. Obwohl zu diesem Zeitpunkt die Pflanzen in den Substratmischungen mit 60 Vol.-% Rohrkolben und Schilf vergleichsweise klein waren (siehe Abbildung 24), wurde daher mit der Düngung durch Anstaubewässerung begonnen. Da zu diesem Zeitpunkt auch nur vereinzelt Wurzeln in diesen Varianten zu sehen waren, ist eine schlechtere Versorgung der Pflanzen nicht ausgeschlossen.



Abbildung 24: Erscheinungsbild von *Ocimum basilicum* 'Edwina' in der 3. Kulturwoche im Kontrollsubstrat (links) und der Mischung mit 60 Vol.-% Rohrkolben in Kombination mit Torfmoos (rechts).

Tabelle 12: Analyseergebnisse der Substratvarianten im Versuch mit *Ocimum basilicum* 'Edwina' zu Versuchsbeginn (VB) und Versuchsende (VE) ohne und mit H₂Gro.

Substratvariante	Variante	pH-Wert (CaCl ₂)	Nährstoffgehalte (CAT-Methode) [mg/l Substrat]					Salz [g/l]
			NH ₄ -N	NO ₃ -N	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Kontrolle 100 Vol.-% Torf	VB	6,4	45	155	200	75	190	1,20
	VE ohne	6,6	< 1	63	63	52	251	1,06
	VE mit	6,8	< 1	75	75	34	147	0,79
20 Vol.-% <i>Typha</i> + 80 Vol.-% Torfmoos	VB	6,4	43	161	204	68	211	1,17
	VE ohne	6,7	< 1	38	38	42	157	0,77
	VE mit	6,7	< 1	60	60	40	138	0,69
40 Vol.-% <i>Typha</i> + 60 Vol.-% Torfmoos	VB	6,3	44	145	189	73	214	1,04
	VE ohne	6,9	< 1	17	17	25	116	0,52
	VE mit	6,8	< 1	44	44	36	133	0,61
60 Vol.-% <i>Typha</i> + 40 Vol.-% Torfmoos	VB	6,3	43	130	173	79	234	1,04
	VE ohne	7,0	< 1	11	11	24	102	0,35
	VE mit	6,9	< 1	28	28	30	101	0,44
20 Vol.-% Schilf + 80 Vol.-% Torfmoos	VB	6,3	46	146	192	77	256	1,04
	VE ohne	6,9	< 1	32	32	33	145	0,65
	VE mit	6,8	< 1	46	46	36	134	0,70
40 Vol.-% Schilf + 60 Vol.-% Torfmoos	VB	6,2	44	141	185	67	221	1,03
	VE ohne	7,0	< 1	16	16	27	124	0,59
	VE mit	6,8	< 1	44	44	29	116	0,60
60 Vol.-% Schilf + 40 Vol.-% Torfmoos	VB	6,3	43	145	187	61	207	1,06
	VE ohne	7,0	< 1	13	13	30	128	0,50
	VE mit	7,0	< 1	11	11	26	99	0,40

Usambaraveilchen (*Saintpaulia ionantha*)

Versuchsaufbau

Versuchsfrage:	Welchen Einfluss hat die zusätzliche Stickstoffdüngung ab dem Zeitpunkt des Topfens bis zum Beginn der Anstaubewässerung auf die Entwicklung von <i>Saintpaulia ionantha</i> in unterschiedlichen Paludikultur-Substraten?
Kulturzeit:	KW 34/2022 - KW 45/2022
Pflanze:	<i>Saintpaulia ionantha</i> MAXI Lena (Dümmen Orange)
Topfen:	Jungpflanzen in 12er Kunststofföpfe (Teku)
Rohstoffe:	Rohrkolben (<i>Typha angustifolia</i>), Winterernte 2021 Hankhausen Schilf (<i>Phragmites australis</i>), Winterernte 2021 Hankhausen
Substrate:	1) Kontrolle 100 Vol.-% Torf (80 Vol.-% Weißtorf + 20 Vol.-% Schwarztorf) 2) 20 Vol.-% Rohrkolben + 80 Vol.-% Torfmoos 3) 40 Vol.-% Rohrkolben + 60 Vol.-% Torfmoos 4) 20 Vol.-% Schilf + 80 Vol.-% Torfmoos 5) 40 Vol.-% Schilf + 60 Vol.-% Torfmoos
Düngung:	differenzierte Bewässerung in der Einwurzelungsphase (KW 34 – 37) a) mit Wasser b) mit Nährlösung (1,0 g/l Ammoniumnitrat mit 18 % N) ab dem Einwurzeln (KW 38) alle Varianten Bewässerungsdüngung mit 0,8 g/l Peters Excel (15-5-15)
Bewässerung:	vom Topfen bis zum Einwurzeln von oben (Regenwasser), ab dem Einwurzeln Anstaubewässerung; bedarfsgerecht für jede Wiederholung
Temperatur:	20 °C Heizung, 22 °C Lüftung
Behandlungen:	biologischer Pflanzenschutz; hohe Luftfeuchte; Abdeckung mit Lochfolie bis KW 36
Aufbau:	pro Variante randomisiert 3 Wiederholungen mit jeweils 25 Pflanzen (Auswertung von je 20 Pflanzen); insgesamt 750 Pflanzen in 10 Varianten im Versuch
Auswertung:	Pflanzendurchmesser, Anzahl der Blütenstände mit mindestens einer sich öffnenden Blüte (Staubgefäße sichtbar), oberirdische Frischmasse (getrennt nach Blatt und Blütenständen mit mindestens einer sich öffnenden Blüte), Benotung der Ballendurchwurzelung, Anzahl der Bewässerungsgänge, Dokumentation der Ergebnisse durch Fotos

Für ein einheitliches Stickstoff-Niveau von 120 mg/l wurden alle Substratmischungen mit dem Volldünger PG-Mix (14-16-18) und 0,1 g/l Radigen (Mikronährstoff-Depotdünger) aufgedüngt. Zur Einstellung der pH-Werte wurde Gärtnerkalk (CaCO_3) verwendet. Die pH-Werte lagen nach dem Aufkalken in einem Bereich zwischen 5,7 – 5,9.

Für die differenzierte Bewässerungsbehandlung in der Einwurzelungsphase wurde Regenwasser mit Raumtemperatur verwendet, um Stress und Flecken auf den Blättern zu vermeiden. Die spätere Anstaubewässerung wurde wieder mit Leitungswasser durchgeführt. Jede Variante stand auf einem individuell nach Bedarf zu bewässernden Tisch.

Substratanalysen wurden zu Versuchsbeginn (KW 34) und -ende (KW 45) gemacht, sowie während des laufenden Versuches in den Wochen 40 und 43. In KW 43 wurden in einer Zwischenbonitur die Unterschiede im Blühstatus der einzelnen Varianten festgehalten. Hierfür wurden die Pflanzen je Variante gezählt, die bereits Blütenstände mit mindestens einer sich öffnenden Blüte (Staubgefäße sichtbar) aufwiesen. Die Endbonitur wurde in der 10. und 11. Kulturwoche durchgeführt. In KW 44 wurden der Pflanzendurchmesser und die Anzahl der Blütenstände mit mindestens einer sich öffnenden Blüte (Staubgefäße sichtbar) je Pflanze erfasst. Die Bonituren der Frischmasse und der Wurzelballen erfolgten in KW 45.

Versuchsergebnisse

In vorherigen Versuchen wurde beobachtet, dass in den Substratmischungen mit 40 und 60 Vol.-% Rohrkolben bzw. Schilf die Pflanzen bereits in der Einwurzelungsphase kleiner waren und leicht aufgehelltes Laub aufwiesen. Mit Beginn der Düngung gab sich zumindest die Aufhellung meist, jedoch ist eine anhaltende Auswirkung auf die spätere Entwicklung der Pflanze nicht auszuschließen. Die Vermutung lag nahe, dass es sich hierbei um ein Stickstoffdefizit in den torffreien Substraten gehandelt haben könnte, verursacht durch N-Immobilisierung. Zur näheren Untersuchung wurden im Versuch Usambaraveilchen während der Einwurzelungsphase differenziert behandelt. Während die eine Hälfte aller Substratvarianten in den ersten drei Wochen nur mit Regenwasser gegossen wurde, wurde die andere Hälfte mit einer stickstoffhaltigen Nährlösung (Ammoniumnitrat; 180 mg N/l Lösung) bewässert. Diese differenzierte Bewässerung erfolgte nach Bedarf und von oben.

Zwischen beiden Düngungsvarianten zeigten sich am Ende des Versuches Unterschiede in der Frischmasse, der Anzahl an Blütenständen mit mindestens einer geöffneten Blüte und dem Pflanzendurchmesser. In fast allen Bonituren wurden bei Bewässerung mit Wasser während der Einwurzelungsphase höhere Werte gemessen, als bei denen mit Nährlösung in dieser Phase. Einzig die Substratvariante mit 40 Vol.-% Schilf war in der Nährlösungsvariante größer und erbrachte mehr Frischmasse im Vergleich zu der mit Wasser behandelten Variante (siehe Abbildung 25 und Abbildung 26). Das Wurzelwachstum war in beiden Düngungsvarianten gleich und wurde insgesamt für den gesamten Versuch als eher schlecht beurteilt. Da auch die Kontrollvariante betroffen war, kann hier nicht von einem Einfluss der getesteten Ausgangsstoffe auf die Wurzelbildung ausgegangen werden.

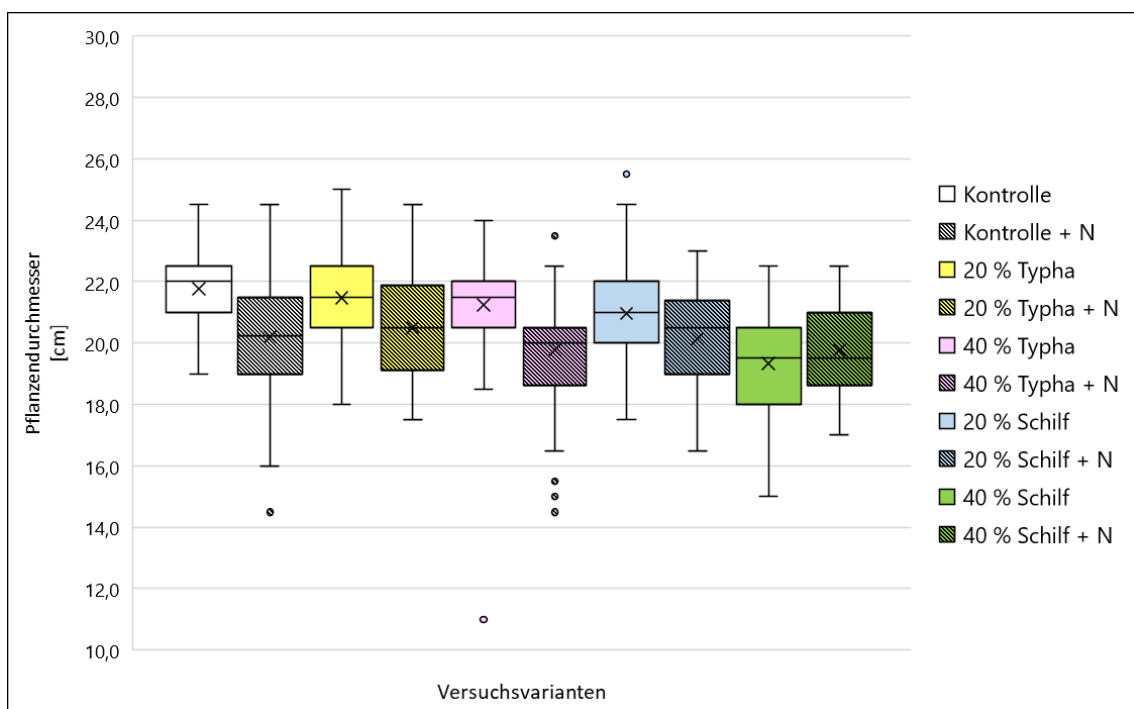


Abbildung 25: Durchmesser von *Saintpaulia ionantha* MAXI Lena bei differenzierter Gießbehandlung während der Einwurzelungsphase kultiviert in einem Torfsubstrat (Kontrolle) und in Mischungen aus Rohrkolben (*Typha*) bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos (n=60). Während der Einwurzelungsphase wurde differenziert mit Wasser oder mit einer Nährlösung (+N) (180 mg N/l Lösung) gegossen.

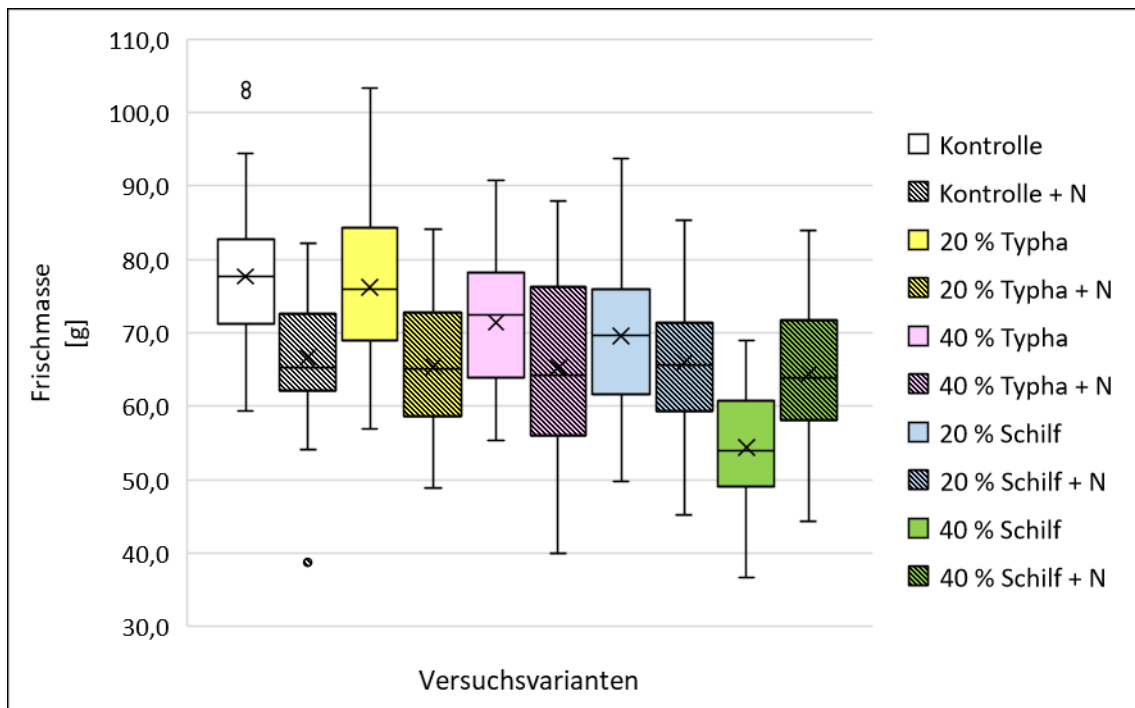


Abbildung 26: Oberirdische Frischmasse von *Saintpaulia ionantha* MAXI Lena bei differenzierter Gießbehandlung während der Einwurzelungsphase kultiviert in einem Torfsubstrat (Kontrolle) und in Mischungen aus Rohrkolben (*Typha*) bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos (n=60). Während der Einwurzelungsphase wurde differenziert mit Wasser oder mit einer Nährlösung (+N) (180 mg N/l Lösung) gegossen.

Weiterhin wurden bei den mit Wasser gegossenen Varianten eine frühere Blütenbildung und zu Versuchsende mehr Blütenstände festgestellt. Die meisten Blütenstände (Abk.: Bls.) wurden in den beiden Substratmischungen mit Rohrkolben und Wasserbehandlung (20 Vol.-%: 3,9 Bls., 40 Vol.-%: 3,7 Bls.) gezählt, gefolgt von den mit Wasser gegossenem Kontrollsubstrat (3,1 Bls.) und den beiden Schilf-Substraten (beide 3,0 Bls.). In der Behandlungsvariante mit Nährlösung war die Anzahl der Blütenstände geringer. So waren hier die meisten bei dem Substrat mit 20 Vol.-% Rohrkolben (2,7 Bls.) und 40 Vol.-% Schilf (2,6 Bls.) zu finden. Die anderen Substratmischungen folgten dahinter mit Werten zwischen 2,1 bis 1,9 Bls.. Die wenigsten Blütenstände wurden in der Substratvariante mit 20 Vol.-% Schilf (1,7 Bls.) gezählt. In Abbildung 27 ist das Erscheinungsbild der Pflanzen zu Versuchsende zu sehen.

Die Unterschiede in der Pflanzenentwicklung waren zwischen den verschiedenen Substratmischungen innerhalb einer Düngungsvariante nur gering. So lag die Differenz zwischen dem Substrat mit dem höchsten Pflanzendurchmesser (Kontrolle/mit Wasser) und dem mit dem niedrigsten (40 Vol.-% Schilf/mit Wasser) nur bei 2,5 cm. Bei den in der Einwurzelungsphase mit Wasser gegossenen Pflanzen war die Frischmasse im Kontrollsubstrat und dem Substrat mit 20 Vol.-% Rohrkolben am höchsten, wobei das Substrat mit 40 Vol.-% Rohrkolben und das mit 20 Vol.-% Schilf nur geringfügig weniger Masse erreichten. Die Pflanzen im Substrat mit 40 Vol.-% Schilf lagen deutlich unter den anderen Substratvarianten. Innerhalb der Variante die mit Nährlösung zur Einwurzelung behandelt wurde lag die durchschnittliche Frischmasse aller Substrate auf einem ähnlichen Niveau. Während die Usambaraveilchen in allen anderen Substraten bei einer Bewässerung mit Wasser in der Einwurzelungsphase besser wuchsen, profitierte die Variante mit 40 Vol.-% Schilf anscheinend durch die zusätzliche Stickstoffdüngung während dieser Entwicklungsphase.

A) Einwurzelungsphase mit Wasser gegossen



Kontrolle

20 % *Typha*

40 % *Typha*

20 % Schilf

40 % Schilf

B) Einwurzelungsphase mit Nährlösung gegossen



Kontrolle

20 % *Typha*

40 % *Typha*

20 % Schilf

40 % Schilf

Abbildung 27: Erscheinungsbild von *Saintpaulia ionantha* MAXI Lena kultiviert bei differenzierter Gießbehandlung während der Einwurzelungsphase in einem Torfsubstrat (Kontrolle) und in Mischungen aus Rohrkolben (*Typha*) bzw. Schilf in Kombination mit Torfmoos zu Versuchsende. Bewässerung (A) mit Wasser und (B) mit einer Nährlösung (180 mg N/l Lösung). (Fotos: Pilz/Nordmeyer, LWK Niedersachsen)

Die Pflanzen im Versuch waren vital und ohne Schäden oder Mangelsymptome. Die größten Unterschiede zeigten sich in der Anzahl der Blütenstände.

Die pH-Werte haben sich über den Kulturverlauf in allen Substraten und Behandlungsvarianten nicht stark verändert. Bei der Bewässerungsdüngung wurde wieder ein Dünger für weiches Gießwasser gewählt. Auch die den Substratmischungen hinzugefügten Kalkmengen wurden nochmals angepasst. In Kombination waren die Maßnahmen auch über den längeren Kulturzeitraum von 11 Wochen erfolgreich. Nachteilig hat sich der verhältnismäßig geringe Phosphat-Anteil im Dünger (15-5-15) bemerkbar gemacht, so sind die P_2O_5 -Gehalte immer weiter bis in einen grenzwertigen Bereich abgefallen. Auch die Kaliumgehalte waren auf ein niedriges Niveau abgesunken. Schäden oder Mangelsymptome waren jedoch nicht an den Pflanzen festzustellen. Die differenzierte Gießbehandlung mit Ammoniumnitrat war den gesamten Kulturverlauf über deutlich in den Substratanalysen erkennbar. Während die anderen Nährstoffe in allen Versuchsvarianten auf einem ähnlichen Niveau lagen, blieben die Stickstoffgehalte in diesen Substraten bis zum Versuchsende immer etwas höher. Die Ergebnisse der Grundanalysen zu Versuchsbeginn und zu Versuchsende sind in Tabelle 13 zu finden.

Usambaraveilchen haben keinen hohen Wasserbedarf und wachsen nicht sehr schnell. Daher waren nur wenige Bewässerungsgänge pro Woche nötig und es ließen sich in diesem Versuch Unterschiede im Bewässerungsbedarf der unterschiedlichen Substratmischungen feststellen. Zwischen den beiden Düngungsvarianten unterschied sich die Anzahl der Bewässerungen nicht. Über die Versuchsdauer von 11 Wochen wurden die wenigsten Bewässerungsgänge (insgesamt 10) bei der torfhaltigen Kontrolle durchgeführt, die meisten bei den Substraten mit 40 Vol.-% Rohrkolben bzw. Schilf. Letztere wurden im Mittel 40 % häufiger bewässert. Die Substratvarianten mit 20 Vol.-% Anteilen lagen mit 10 bis 20 % mehr Bewässerungsgängen dazwischen.

Tabelle 13: Analysenergebnisse der Substratvarianten im Versuch mit *Saintpaulia ionantha* MAXI Lena zu Versuchsbeginn (VB) und Versuchsende (VE) bei differenzierter Gießbehandlung während der Einwurzelungsphase mit Wasser (H₂O) und mit Nährlösung (+N) (180 mg N/l Lösung).

Substratvariante	Variante	pH-Wert (CaCl ₂)	Nährstoffgehalte (CAT-Methode) [mg/l Substrat]					Salz [g/l]
			NH ₄ -N	NO ₃ -N	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Kontrolle 100 Vol.-% Torf	VB	5,9	105	35	140	137	152	1,14
	VE H ₂ O	5,8	< 1	63	63	15	52	0,63
	VE + N	5,7	< 1	131	131	18	47	0,96
20 Vol.-% <i>Typha</i> + 80 Vol.-% Torfmoos	VB	5,7	88	30	118	145	219	0,98
	VE H ₂ O	5,7	< 1	62	62	15	50	0,49
	VE + N	5,5	< 1	93	93	22	55	0,63
40 Vol.-% <i>Typha</i> + 60 Vol.-% Torfmoos	VB	5,7	74	27	101	134	204	0,88
	VE H ₂ O	5,9	< 1	74	74	20	73	0,56
	VE + N	5,7	< 1	128	128	27	62	0,78
20 Vol.-% Schilf + 80 Vol.-% Torfmoos	VB	5,7	83	33	116	154	247	1,00
	VE H ₂ O	5,8	< 1	65	65	14	41	0,50
	VE + N	5,6	14	147	161	35	73	0,97
40 Vol.-% Schilf + 60 Vol.-% Torfmoos	VB	5,7	69	33	102	150	250	0,94
	VE H ₂ O	5,9	< 1	66	66	20	57	0,51
	VE + N	5,6	< 1	138	138	24	58	0,89



Abbildung 28: Blick in den Pflanzenbestand der Kulturversuche mit Basilikum in der 4. Kulturwoche (links) und mit Chinakohl in Sommerernte in der 2. Kulturwoche (rechts). (Fotos: Lüttke, LWK Niedersachsen)

4.2 Versuche mit Substraten aus im Sommer geernteten Rohstoffen

Chinakohl (*Brassica rapa subsp. pekinensis*)

Versuchsaufbau

Versuchsfrage:	Welchen Einfluss hat die Verwendung von Rohstoffen aus Sommerernte in Paludikultur-Substraten auf das Wachstum von Chinakohl?
Kulturzeit:	KW 44/2022 - KW 48/2022
Pflanze:	<i>Brassica rapa subsp. pekinensis</i> `Richi F1`
Topfen:	Aussaat in 12er Kunststofftöpfe (Teku); 25 Samen/Topf
Rohstoffe:	Rohrkolben (<i>Typha angustifolia</i>), Sommerernte 2022 Hankhausen Schilf (<i>Phragmites australis</i>), Sommerernte 2022 Hankhausen
Substrate:	1) Kontrolle 100 Vol.-% Torf (80 Vol.-% Weißtorf + 20 Vol.-% Schwarztorf) 2) 15 Vol.-% Rohrkolben + 85 Vol.-% Torfmoos 3) 30 Vol.-% Rohrkolben + 70 Vol.-% Torfmoos 4) 15 Vol.-% Schilf + 85 Vol.-% Torfmoos 5) 30 Vol.-% Schilf + 70 Vol.-% Torfmoos
Düngung:	ab KW 45 Bewässerungsdüngung mit 1,5 g/l Peters Excel 15-5-15
Bewässerung:	von oben, individuell nach Bedarf für jeden einzelnen Topf
Temperatur:	20 °C Heizung, 22 °C Lüftung
Behandlungen:	biologischer Pflanzenschutz
Aufbau:	pro Variante randomisiert 3 Wiederholungen mit jeweils 5 Töpfen (25 Pflanzen pro Topf); Auswertung aller Töpfe; insgesamt 75 Töpfen in 5 Varianten im Versuch
Auswertung:	Keimrate, oberirdischer Frisch- und Trockenmasse, Benotung von Laubblattfarbe und -form, sowie Wurzelgesundheit und Ballendurchwurzelung, Dokumentation der Ergebnisse durch Fotos

Anhand des bereits enthaltenen Stickstoffgehaltes wurden die Substratmischungen individuell auf ein einheitliches Stickstoff-Niveau von 140 mg/l gedüngt. Hierfür wurde der Volldünger PG-Mix (14-16-18) und Ammoniumnitrat (NH₄NO₃) verwendet. Weiterhin wurde 0,1 g/l Radigen (Mikronährstoff-Depotdünger) zu den Mischungen gegeben. Zur Einstellung der pH-Werte wurde Gärtnerkalk (CaCO₃) verwendet. Die pH-Werte lagen nach dem Aufkalken in einem Bereich zwischen 5,8 - 5,9.

Mit der Düngung wurde eine Woche nach der Aussaat begonnen. Jeder Topf wurde individuell nach Bedarf bewässert. Bei allen Töpfen wurde das Überschusswasser in Untersetzern aufgefangen und gegebenenfalls später nochmals von oben zurück in den jeweiligen Topf gegeben. Somit wurden Nährstoffverluste durch Auswaschung verhindert.

Substratanalysen erfolgten zu Versuchsbeginn in KW 44 und Versuchsende in KW 48. Die Endauswertung erfolgte nach vier Kulturwochen, sobald bei 50 % der Pflanzen der unbehandelten Kontrolle das 5. Laubblatt sichtbar war. Als Versuchspflanze wurde Chinakohl gewählt, da dieser eine erprobte Standardtestpflanze ist und innerhalb einer kurzen Kulturzeit zuverlässig substratbedingte Pflanzenschäden sowie Nährstoffüber- oder -unterversorgung anzeigt.

Versuchsergebnisse

Auch wenn vorherige Untersuchungen und Recherchen nur eine bedingte Eignung von Material aus Sommerernte als Substratbestandteil ergeben haben, wurde die im August 2022 auf der Versuchsfläche geerntete Biomasse in einem pflanzenbaulichen Versuch getestet.

Im Versuch sind keine Schäden an den Pflanzen aufgetreten. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Substratvarianten untereinander und zur Kontrolle waren nur gering.

Die höchste Frischmasse wurde in der Variante mit 30 Vol.-% Rohrkolben gemessen, die niedrigsten in den Varianten mit 15 Vol.-% Rohrkolben und mit 30 Vol.-% Schilf. Die Kontrolle lag dazwischen. Bei Betrachtung

der Trockenmasse zeigte jedoch die Kontroll-Variante die höchste Masse, gefolgt von den Varianten mit 30 Vol.-% Rohrkolben bzw. Schilf. Diese liegen lediglich 7 % unter der Trockenmasse der Kontrolle. Die geringsten Trockenmassen wurden in den Substraten mit den 15 Vol.-% Anteilen gemessen, diese waren um 10 % geringer als in der Kontrolle (siehe Abbildung 29).

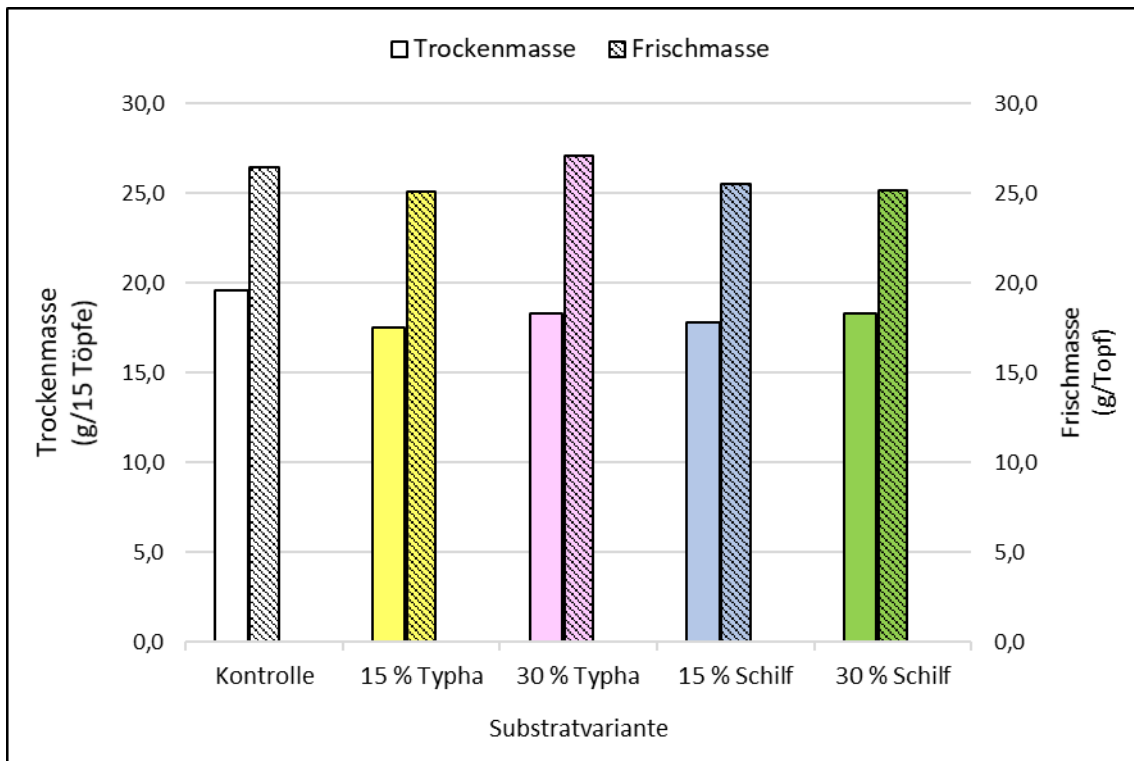


Abbildung 29: Trockenmasse und Frischmasse von Chinakohl (*Brassica rapa subsp. pekinensis* 'Richi F1') in einem Torfsubstrat (Kontrolle) und Mischungen mit steigendem Anteil an Rohrkolben (*Typha*) bzw. Schilf aus Sommerernte in Kombination mit Torfmoos (Mittelwerte, n=15, 25 Pflanzen je Topf).

Auch optisch waren die Pflanzen vergleichbar, wie Abbildung 30 zeigt. In allen Varianten war die Laubblattform normal und die Wurzeln gesund. Die Intensität der Ballendurchwurzelung war allerdings in den beiden Testsubstraten mit 15 Vol.-% Anteil etwas schwächer als in der Kontrolle und den anderen Testmischungen. Auch bei der Laubblattfarbe gab es leichte Unterschiede. Die Pflanzen in den Substraten mit Schilf und in dem mit 30 Vol.-% Rohrkolben zeigten eine minimale Aufhellung gegenüber der Kontrolle.

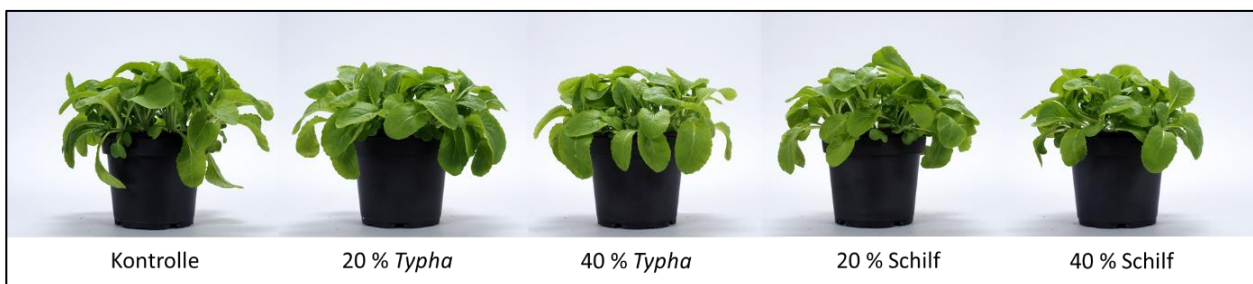


Abbildung 30: Erscheinungsbild von Chinakohl (*Brassica rapa subsp. pekinensis* 'Richi F1') in einem Torfsubstrat (Kontrolle) und Mischungen mit steigendem Anteil an Rohrkolben (*Typha*) bzw. Schilf aus Sommerernte in Kombination mit Torfmoos zu Versuchsende. (Fotos: Pilz/Nordmeyer, LWK Niedersachsen)

Da die hohen Kalium- und Salzgehalte der Ausgangsmaterialien bei der Düngung der Substratmischungen zu Versuchsbeginn berücksichtigt wurden, zeigte die Substratanalyse geeignete Werte im niedrigen bis mittleren Bereich. Auch zu Versuchsende ließen die Gehalte weder einen Mangel, noch einen Überschuss,

erwarten (siehe Tabelle 14). Unter Berücksichtigung der enthaltenen Salzfrachten und bei geringen Anteilen am Substratvolumen ist auch eine Nutzung von Material aus Sommerernte nicht ausgeschlossen.

Tabelle 14: Analyseergebnisse der Substratvarianten im Versuch mit Chinakohlpflanzen zu Versuchsbeginn (VB) und Versuchsende (VE).

Substratvariante	Probe- nahme	pH-Wert (CaCl ₂)	Nährstoffgehalte (CAT-Methode) [mg/l Substrat]					Salz [g/l]
			NH ₄ -N	NO ₃ -N	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Kontrolle 100 Vol.-% Torf	VB	5,8	90	52	142	122	145	0,89
	VE	5,9	106	62	168	176	197	1,18
15 Vol.-% <i>Typha</i> S22 + 80 Vol.-% Torfmoos	VB	5,8	111	51	162	147	240	1,19
	VE	6,0	93	74	167	160	304	1,44
30 Vol.-% <i>Typha</i> S22 + 60 Vol.-% Torfmoos	VB	5,9	102	50	152	146	266	1,31
	VE	6,0	49	55	104	140	318	1,44
15 Vol.-% Schilf S22 + 80 Vol.-% Torfmoos	VB	5,8	111	53	164	146	286	1,23
	VE	6,0	98	56	154	151	332	1,39
30 Vol.-% Schilf S22 + 60 Vol.-% Torfmoos	VB	5,8	101	50	151	146	348	1,35
	VE	6,1	52	48	100	125	385	1,35

5 Fazit

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften von im Winter geerntetem Material werden als kompatibel mit den Anforderungen an Substratausgangsstoffe bewertet. Die Nährstoffgehalte sind niedrig, die pH-Werte noch in einem akzeptablen Bereich. Das im Sommer geerntete Material erfüllt diese Anforderungen nicht. Die hohen Gehalte an unerwünschten und pflanzenschädigenden Inhaltsstoffen wie z.B. Chlorid sprechen gegen eine Verwendung der Biomasse aus Sommerernte. Dies zeigt sich bei Schilf auch in den Keimtests. Jedoch wären geringe Volumenanteile im Substrat wahrscheinlich möglich. Für eine Einschränkung der Volumenanteile spricht sowohl bei Winter-, als auch bei Sommerernte, der instabile Stickstoffhaushalt. In Bezug auf die substratrelevanten Eigenschaften zeigen die durchgeführten Untersuchungen somit eine Eignung von Rohrkolben und Schilf aus Winterernte als Substratausgangsstoffe in einem begrenzten Volumenanteil und eine stark begrenzte Eignung von Ausgangsstoffen aus Sommerernte.

Die pflanzenbaulichen Versuche haben gezeigt, dass Substratmischungen aus Rohrkolben und Schilf in Kombination mit Torfmoos eine funktionierende Alternative zu einem Torfsubstrat sein können. Es traten keine Schäden oder Mangelerscheinungen bei den Testpflanzen auf und in den Mischungen wuchsen verkaufsfähige Pflanzen heran.

In den Paludikultur-Substraten mit einem Anteil von 20 Vol.-% Rohrkolben bzw. Schilf aus Winterernte war die Wachstumsleistung der kultivierten Pflanzen weitestgehend vergleichbar mit denen in einem torfhaltigen Substrat. Mit steigenden Anteilen konnte in den Versuchen allerdings eine Ertragsminderung, bzw. ein verzögertes Wachstum, festgestellt werden. Neben Frischmasse und Pflanzengröße nahm insbesondere die Durchwurzelung der Ballen in den Testmischungen ab. Eine besondere Herausforderung stellte die Stabilität des pH-Wertes im Kulturverlauf dar. Hier sind Anpassungen an die Düngewahl je nach verwendetem Gießwasser zu beachten. Bei der Bewässerung konnte nur in einem Versuch Unterschiede zwischen den Substraten belegt werden. Allerdings erfordert die Einschätzung der Ballenfeuchtigkeit zur Beurteilung des Wasserbedarfs eine Umgewöhnung, wenn dies durch Anheben der Töpfe erfolgt. Die Paludikultur-Substrate werden mit steigendem Rohrkolben und Schilf Anteil immer leichter. So kann sich direkt nach dem Gießen ein Topf mit einer Mischung aus 40 Vol.-% Schilf + 60 Vol.-% Torfmoos beim Anheben leichter anfühlen als ein Topf mit Torf. Hier ist, wie bei allen neuen Substratausgangsstoffen, eine Umgewöhnung nötig. Gleiches gilt für die Düngung. Die Immobilisierung von Stickstoff durch Rohrkolben und Schilf ist nicht ausgeschlossen, auch wenn in den eigenen Versuchen keine Mangelerscheinungen nachgewiesen werden konnten.