

Forschungsverbundprojekt auf dem Gebiet der Torfersatzstoffe im Gartenbau - Projekt TeiGa

ABSCHLUSSBERICHT MÄRZ 2019



Gefördert durch:



Niedersächsisches Ministerium
für Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz

Bearbeitet durch:

Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau Bad Zwischenahn-Rostrup

(Baumschule, Projektkoordination)

Ansprechpartner:

Katharina Huntenburg (01.03.2016 – 30.09.2017)

Mario Reil (01.08.2017 – 28.02.2019)

Heinrich Beltz (heinrich.beltz@lwk-niedersachsen.de)

In Kooperation mit:

Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau Hannover-Ahlem

(Zierpflanzenbau)

Ansprechpartner:

Niklas Ahrens (01.03.2016 – 28.02.2019)

Michael Emmel (michael.emmel@lwk-niedersachsen.de)

Leibniz Universität Hannover

Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Abteilung Systemmodellierung Gemüsebau

Ansprechpartner:

Andreas Fricke (fricke@gem.uni-hannover.de)

Mira Dankowsky (01.03.2016 – 30.09.16)

Jan Solbach (15.01.2017 – 28.02.2019)

ABSCHLUSSBERICHT PROJEKT TEIGA

März 2019

Inhalt

1.	Hintergrund	1
2.	Arbeitspakete (AP)	2
3.	Gemeinsame Zielsetzung	3
	Hauptziel	3
	Teilziele	3
	Rahmenbedingungen	3
	Freischaltung des Portals Torfersatzstoffe in Hortigate	4
4.	Teilbericht Baumschule	5
	Zielsetzungen	5
	Durchgeführte Versuche und Ergebnisse	6
	Neue Fragestellungen in der Baumschule	52
5.	Teilbericht Zierpflanzenbau	53
	Zielsetzungen	53
	Offene Fragestellungen im Zierpflanzenbau	100
6.	Teilbericht Gemüsebau	101
	Zielsetzungen	101
	Durchgeführte Versuche und Ergebnisse im Gemüsebau	102
	Offene Fragestellungen im Gemüsebau	127
7.	Veröffentlichung der Projektergebnisse	128
	Baumschule	128
	Zierpflanzenbau	130
	Gemüsebau	133
8.	Schlussbetrachtung	134
9.	Ausblick	135

1. Hintergrund



Abbildung 1: Torfabbaufäche bei Vechta (Foto: Huntenburg)

Eine der Grundvoraussetzungen für die erfolgreiche Kultur von Pflanzen ist die Verwendung eines Substrates mit möglichst günstigen physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften. Diese Eigenschaften werden derzeit hauptsächlich durch den Einsatz von Torf im Substrat gewährleistet. Aus diesem Grund ist der Großteil der im Gartenbau verwendeten Substrate torfbasiert.

Bei der Zersetzung von Torf werden Treibhausgase freigesetzt, die zuvor einige Jahrhunderte im Torf gespeichert waren. Dadurch gerät der Einsatz von Torf in gartenbaulichen Substraten in die Kritik. Zusätzlich wird immer wieder das Argument vorgebracht, durch die Torfgewinnung würden Moore zerstört werden, obwohl in Deutschland als Abbaufächen nur noch landwirtschaftlich vorgenutzte Flächen genehmigt werden und es vorgeschrieben ist, dass nach der Torfentnahme die Abbaufächen renaturiert werden. Insgesamt sehen Umweltverbände und Verbraucher den Abbau und Einsatz von Torf zunehmend kritisch. Dadurch sieht der Handel sich veranlasst über Grenzwerte für den Torfeinsatz nachzudenken.



Abbildung 2: *Sphagnum*-Moos (Foto: Huntenburg)

Auch wenn torf reduzierte oder torffreie Substrate verwendet werden, müssen gartenbauliche Produkte hohen Qualitätsanforderungen genügen. Um diesen gerecht zu werden, ist es notwendig verschiedene Torfersatzstoffe in der Mischung zu testen, mögliche Risiken in der Kultur zu benennen und Lösungsansätze dafür zu bieten. Diese Fragestellungen wurden in dem dreijährigen Projekt "TeiGa" (Torfersatzstoffe im Gartenbau) vom 01.03.2016 – 28.02.2019 für die Bereiche Baumschule, Zierpflanzenbau und Gemüsebau bearbeitet.

2. Arbeitspakete (AP)

AP 1: Die Ausgangssubstrate und Mischungen sollen physikalisch, chemisch und (mikro-)biologisch untersucht werden. Dazu sollen zum Beispiel Methoden wie Brutversuche und Sauerstoffverbrauchsmessungen zum Einsatz kommen.

AP 2: Die Produktion von Jungpflanzen in wirtschaftlich relevanten Gemüse- und Zierpflanzenarten in unterschiedlichen Substratmischungen soll geprüft werden. Der Fokus soll dabei auf den verschiedenen Einzeltopfvolumina sowie Vermehrungssystemen liegen.

AP 3: Die unterschiedlichen Substratmischungen sollen auf ihre Eignung für die Topfkräuter- und Zierpflanzenproduktion hin getestet werden. Bei wirtschaftlich relevanten Kulturen ist ein wichtiger Faktor u.a. die Haltbarkeit der Pflanzen im Einzelhandel und beim Verbraucher. Bei Zierpflanzen sollen auch Grenzen des Torfersatzes bei empfindlichen Kulturen aufgezeigt werden.

AP 4: Verschiedene Substratmischungen sollen auf ihre Eignung für Baumschulgehölze in Containern hin getestet werden. Potentiell empfindliche Arten werden eingesetzt, um Probleme hinsichtlich hoher pH-Werte, hoher Kaliumgehalte, hoher Natriumgehalte oder allgemein Salzstress aufzuzeigen. Auch hier wird die Haltbarkeit der Pflanzen im Einzelhandel und beim Endverbraucher in verschiedenen Mischungen getestet. Zusätzlich soll die Nährstoffauswaschung aus den Töpfen betrachtet werden.

AP 5: In einer Praxisphase sollen torfreduzierte und torffreie Substrate in Produktionsbetrieben aller drei Fachsparten zum Einsatz kommen. Diese Versuche sollen in enger Zusammenarbeit mit der Official- und Ringberatung durchgeführt werden. Aus den Erfahrungen dieser Phase und den vorangegangenen Versuchen sollen Anbauempfehlungen für Produktionsbetriebe entwickelt werden.

AP 6: Das in der Vorstudie entwickelte Portal „Torfersatzstoffe“ in der Internetdatenbank Hortigate, die für die Einstellung von Versuchsberichten genutzt wird, soll im Rahmen des Projektes freigeschaltet und ausgebaut werden. Damit soll der Nutzerkreis von Informationen über Torfersatzstoffe erweitert werden.

AP 7: Es sollen Informationen gesammelt werden, auf Grund derer eine Bewertung der verschiedenen Substratausgangsstoffe hinsichtlich der Verfügbarkeit, der Nachhaltigkeit und der Umweltwirkung möglich ist. Diese Daten können zu einem späteren Zeitpunkt für die Erstellung von Ökobilanzen genutzt werden. (Dieses Arbeitspaket ist durch eine Literaturstudie zum Thema „Torfersatzstoffe im Gartenbau“ bearbeitet worden und wird daher im Folgenden nicht mehr aufgeführt).

3. Gemeinsame Zielsetzung

Im ersten Projekttreffen wurden die Ziele aus dem Projektantrag und die Pläne der einzelnen Projektpartner zusammengetragen und ein gemeinsames Konzept für die Projektlaufzeit erarbeitet. Außerdem wurde das Akronym „TeiGa“ (**T**orfersatzstoffe **i**m **G**artenbau) für das Projekt festgelegt. Damit bekam das Projekt einen kurzen, prägnanten Namen, der durch seine Anlehnung an die Landschaftsform Taiga einen hohen Wiedererkennungswert hat.

Hauptziel

Das Hauptziel wurde gemäß dem Projektantrag mit folgendem Satz beschrieben:

Potenziale und Grenzen der Torfersatzstoffe sollen in den verschiedenen gartenbaulichen Produktionsfeldern aufgezeigt werden.

Teilziele

Um dem Hauptziel gerecht zu werden, sind Untersuchungen in verschiedenen Teilbereichen notwendig. Allgemein wurden für das Projekt TeiGa folgende Teilziele formuliert:

1. Kulturrisiken sollen aufgedeckt werden (AP 1 - 5).
2. Wirkungszusammenhänge sollen aufgeklärt werden (AP 1 - 5).
3. Methoden sollen weiterentwickelt und eventuell neu entwickelt werden.
 - a. Methoden der Kulturführung sollen angepasst werden (AP 5).
 - b. Diagnosemethoden sollen geprüft und verbessert werden (AP 1, AP 4).
 - c. Neue Kultur- und Diagnosemethoden sollen geprüft oder etabliert werden (AP 1 - 5).
4. Für Probleme in der Kultur sollen Lösungen gesucht werden (AP 2 - 5).
5. Die erarbeiteten Ergebnisse und Lösungen sollen öffentlich verfügbar sein. Zusätzlich sollen die Informationen durch Artikel und Präsentationen verschiedenen Akteuren nahegebracht werden (AP 6).

Rahmenbedingungen

Für die gemeinsame standortübergreifende Bearbeitung war es wichtig, sich auf einheitliche Erhebungsmethoden zu einigen. Es wurde sich darauf verständigt, chemische Eigenschaften in Wasserextrakten oder CAT-Extrakten zu messen und für physikalische Messungen die Methode nach VDLUFA bzw. DIN zu verwenden. Außerdem wurde besprochen, dass die Eigenmischungen der Substrate an allen Standorten nach Volumenprozent gemischt werden und die Rohstoffe für die Mischungen vom selben Hersteller, möglichst aus derselben Charge des jeweiligen Jahres stammen sollten.

Freischaltung des Portals Torfersatzstoffe in Hortigate

In Zusammenarbeit mit der Plattform Hortigate wurde ein neues Portal eröffnet, in dem Versuchsberichte zum Thema Torfersatzstoffe zu finden sind. Dazu wurden die bereits eingestellten Versuchsberichte mit verschiedenen Schlagwortkombinationen durchsucht und den so gefundenen Artikeln jeweils das Schlagwort „Torfersatzstoffe“ hinzugefügt. Damit sind diese Artikel nun für alle Nutzer sichtbar, wenn sie das Schlagwort „Torfersatzstoffe“ eingeben. Alle zukünftig eingestellten Artikel können von den Autoren selbstständig damit versehen werden, sodass die Datenbank zu diesem Thema stetig weiterwächst.

4. Teilbericht Baumschule

Bearbeitet durch: Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau Bad Zwischenahn

Zielsetzungen

Es wurden folgende Zielsetzungen für den Bereich Baumschule spezifiziert:

1. Kulturrisiken in der Gesamtkultur und in verschiedenen Kulturabschnitten sollen aufgezeigt werden (AP 4). Insbesondere sollen folgende Risiken betrachtet werden:
 - a. Hohe pH-Werte
 - b. Hohe Kaliumgehalte und induzierter Calciummangel
 - c. Salzstress (z.B. verursacht durch hohe Gehalte an Kalium, Natrium oder Chlorid)
2. Verschiedene risikoreiche Kulturen sollen in die Versuche eingebunden werden (AP 4).
3. Es soll überprüft werden, ob es Diagnosemethoden zur Früherkennung von Ernährungsproblemen gibt, die auch für den Gärtner im Alltag anwendbar sind (AP 1).
4. Es sollen praxisrelevante Substratkomponenten ebenso getestet werden wie handelsübliche torf reduzierte und torffreie Mischungen (AP 4).
5. Möglichkeiten einer bedarfsgerechten Düngung sollen entwickelt werden. Zusätzlich soll die Auswaschung aus verschiedenen torf reduzierten Substratmischungen untersucht werden (AP 4).
6. Die Haltbarkeit von Pflanzen in torf reduzierten und torffreien Substraten auf dem Transport und im Endverkauf soll getestet werden (AP 4).
7. Aus den Versuchsergebnissen sollen Kulturempfehlungen und Strategien zur Vermeidung von Pflanzenschäden erarbeitet werden (AP 4 und AP 5).
8. Die Kulturempfehlungen sollen in Praxisbetrieben getestet werden (AP 5).
9. Chancen und Grenzen des Einsatzes von torf reduzierten und torffreien Substraten in der Praxis sollen aufgezeigt werden (AP 4 und AP 5).
10. Die erarbeiteten Ergebnisse sollen an Substrathersteller, Produktionsgärtner, Handel und Verbraucher weitergegeben werden. Dies geschieht unter anderem über eine verstärkte Internetpräsenz des Bereiches Torfersatzstoffe (AP 6).

Durchgeführte Versuche und Ergebnisse

Eignung von torffreien und torf reduzierten Substraten für die Kultur von *Hypericum 'Hidcote'* und *Lonicera nitida 'Maigrün'*

Aus Gründen des Klimaschutzes werden torf reduzierte und torffreie Substrate vermehrt nachgefragt und viele große Substrathersteller bieten solche Substrate in verschiedensten Zusammensetzungen an. Die Eignung von torffreien und torf reduzierten Substraten für die Kultur von *Hypericum 'Hidcote'* und *Lonicera nitida 'Maigrün'* wurde getestet und die Substrate untereinander verglichen. Die Pflanzen wurden auf Freiland-Containerkulturflächen praxisüblich kultiviert. Die zugegebene Nährstoffmenge wurde abhängig von den bereits vorhandenen Nährstoffgehalten des Substrates bemessen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Varianten mit Substratbestandteilen nach Herstellerangaben und zu Beginn eingemischter Dünger. Angaben in Vol.-%.

Substrate	Eingemischter Dünger		OE Standard	Kurz-Name
	<i>Hypericum</i>	<i>Lonicera</i>		
Substrat 1 Kontrollsubstrat LVG, 100 % Weißtorf	3 g/l	4 g/l	8-9M	100T 1
Substrat 2 50 % Torf, 20 % Holzfaser, 20 % Xylit, 10 % Blähton	3 g/l	4 g/l	8-9M	50TX
Substrat 3 30 % Kokosmark, 30 % Xylit, 20 % Blähton, 20 % Holzfaser	3 g/l	4 g/l	8-9M	X
Substrat 4 50 % Holzfaser, 50 % Kokosmark	3 g/l	4 g/l	8-9M	HfKm
Substrat 5 40 % Holzfaser, 30 % Rindenhumus, 20 % Kompost, 10 % Kokosmark	Kein Dünger eingemischt			RHKO
Substrat 6 30 % Holzfaser, 30 % Rindenhumus, 20 % Kompost, 10 % Kokosmark, 10 % Blähton	Kein Dünger eingemischt			RHKOton
Substrat 7 35 % Holzfaser, 30 % Rindenhumus, 20 % Pinienrinde, 15 % Kokosmark, 35 kg/m ³ Biokohle	100 mg/l	130 mg/l	phosphat	KohRh
Substrat 8 35 % Holzfaser, 15 % Rindenhumus, 30 % Pinienrinde, 20 % Kokosmark, 17,5 kg/m ³ Biokohle	100 mg/l	130 mg/l	phosphat	KohPi
Substrat 9 50 % Torf, 25 % Holzfaser, 25 % Perlit, 25 kg/m ³ Ton	3 g/l	4 g/l	8-9M	50TPe
Substrat 10 45 % Torf, 20 % Kompost, 20 % Kokoschips, 15 % Holzfaser	100 mg/l	130 mg/l	phosphat	45TKc

...Fortsetzung Tabelle 1: Varianten mit Substratbestandteilen nach Herstellerangaben und zu Beginn eingemischter Dünger

Substrate	Eingemischter Dünger		Kurz-Name
	<i>Hypericum</i>	<i>Lonicera</i>	
Substrat 11 30 % Torf, 20 % Kompost, 22,5 % Kokoschips, 15 % Holzfaser, 12,5 % Ton	100 mg/l 1,5 g/l	130 mg/l 2 g/l	Monokalium- phosphat Hornspäne 30TKc
Substrat 12 40 % Holzfaser, 25 % Kokosmark, 20 % Kompost, 15 % Kokosfaser, 20 kg/m ³ Tongranulat	0,5 g/l 1,5 g/l	0,7 g/l 2 g/l	Kalksalpeter Hornspäne HfKf
Substrat 13 50 % Torf, 30 % Holzfaser, 20 % Kompost, 20 kg/m ³ Tongranulat	1,5 g/l	2 g/l	Hornspäne 50THf
Substrat 14 45 % Torf, 30 % Holzfaser, 20 % Rindenumus, 5 % Ton	<i>Kein Dünger eingemischt</i>		45THf
Substrat 15 40 % Torf, 50 % Holzfaser, 10 % Ton	3 g/l	4 g/l	OE Standard 8-9M 40THf
Substrat 16 100 % Torf grob	3 g/l	4 g/l	OE Standard 8-9M 100T 2
Substrat 17 50 % Kokosmark, 15 % Kompost, 35 % Holzfaser grob	3 g/l	4 g/l	OE Standard 8-9M KmKo
Substrat 18 50 % Kokosmark, 50 % Perlit	3 g/l	4 g/l	OE Standard 8-9M KmPe
Substrat 19 30 % Kokosmark, 20 % Holzfaser, 50 % Perlit	3 g/l	4 g/l	OE Standard 8-9M KmHf
Substrat 20 15 % Kompost, 35 % Holzfaser, 20 % Perlit, 30 % Sphagnum	3 g/l	4 g/l	OE Standard 8-9M Sph
Substrat 21 50 % Holzfaser, 50 % Perlit	3 g/l	4 g/l	OE Standard 8-9M HfPe

OE = Osmocote Exact. Bei den Varianten, in denen kein Dünger eingemischt wurde, war der Salzgehalt zu Beginn so hoch, dass mit einer zusätzlichen Düngung Salzschäden zu erwarten waren. Die Substrate 17 bis 21 sind Eigenmischungen, die in dieser Zusammensetzung auch im Zierpflanzenbau und Gemüsebau eingesetzt werden.

Hypericum

Die Pflanzen der Substrate 5, 6, 7, 8 und 10, die zu Beginn des Versuches etwas kleiner waren, holten diesen Rückstand im Laufe der Kultur wieder auf. Probleme ergaben sich bei der Stickstoffversorgung der Pflanzen. Hier wurde die Fixierung oder Auswaschung von Stickstoff in manchen Substraten zu gering eingeschätzt. Dadurch kam es in einigen Substraten zu einer Mangelernährung mit entsprechenden Symptomen. Auch die Substratphysik hatte möglicherweise einen Einfluss auf das Pflanzenwachstum. So waren einige Varianten

deutlich kleiner geblieben als andere (Abbildung 3). Die Salzgehalte von 1.700 bis 1.900 mg/l in den Substraten 5 und 6 zu Beginn waren in diesem Versuch kein Problem, es konnten keine Salzschäden an den Pflanzen festgestellt werden.

Der Unkrautbewuchs unterschied sich stark zwischen den unterschiedlichen Substratmischungen, es gab dabei viele torfreduzierte und torffreie Mischungen, die einen deutlich geringeren Bewuchs mit Unkraut aufwiesen als die Kontrolle.

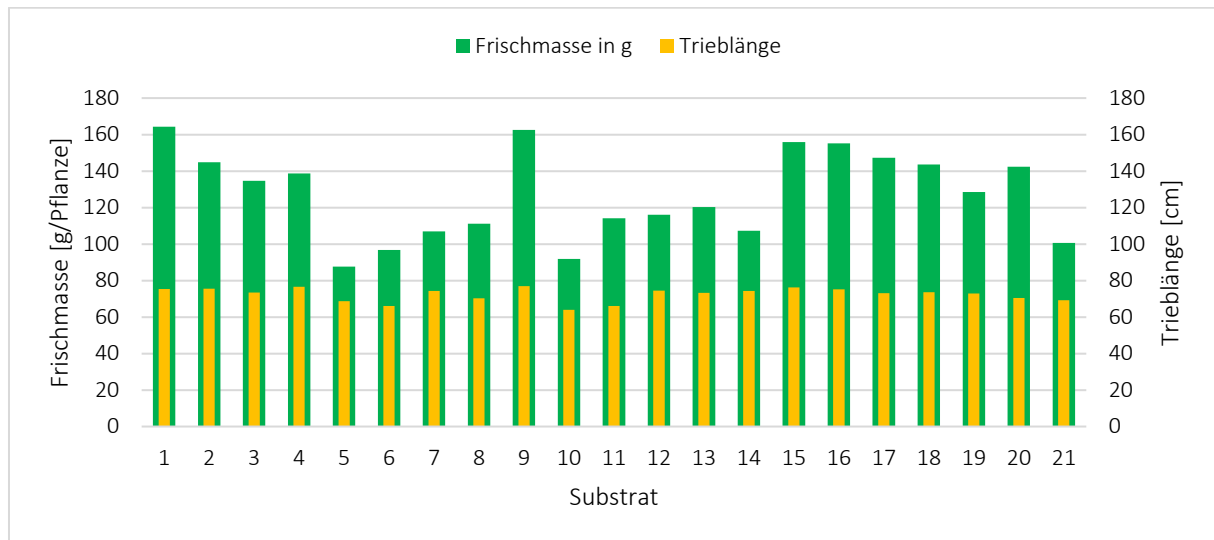


Abbildung 3: Frischmasse und Trieblänge von *Hypericum* zu Versuchsende. Mittelwerte der Varianten.

Lonicera nitida

Die Kultur von *Lonicera nitida* funktionierte in den Substraten 1, 3, 9, 13, 15, 16, 17, 18, und 20 gut. In anderen Varianten wurde wie bei *Hypericum* deutlich, dass es Probleme mit der Stickstoffversorgung geben kann. Diese kann sich im Laufe der Kultur, beispielsweise durch Stickstoffimmobilisierung einer Substratkomponente oder Auswaschung, entwickeln oder schon am Anfang der Kultur auftreten.

In Bezug auf den Bewuchs mit Unkraut gab es jedoch viele torfreduzierte und torffreie Mischungen, die einen deutlich geringeren Bewuchs mit Unkraut aufwiesen als die Kontrolle (Abbildung 4).

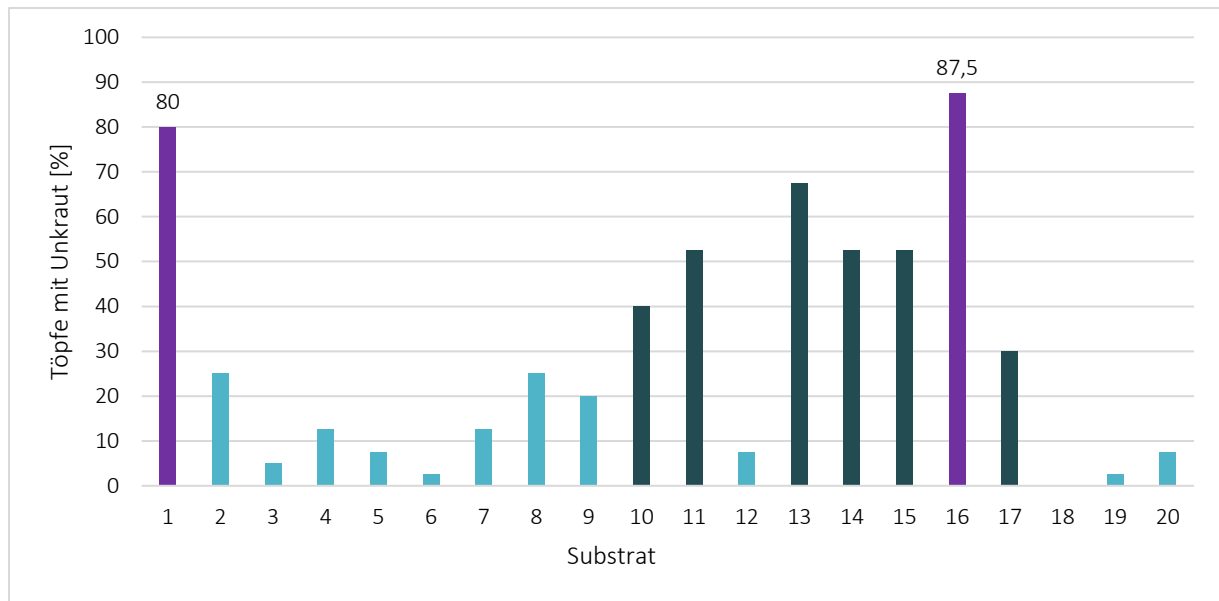


Abbildung 4: Prozentualer Anteil an Töpfen mit Unkraut in jeder Variante in der Kultur von *Lonicera*. Lila = Kontrolle (Torf), dunkelblau = Anteil <80 % und >30 %, hellblau = Anteil < 30 % (n = 40).

Insgesamt konnte für beide Kulturen festgestellt werden, dass der Nährstoffhaushalt im Kulturverlauf je nach den verwendeten Substratkomponenten sehr unterschiedlich sein kann und diese Unterschiede in der Düngung berücksichtigt werden sollten. Der Nährstoffbedarf kann nicht nur nach dem Status quo zu Beginn der Kultur und dem bekannten Bedarf der Pflanze berechnet werden, es muss im Gegenteil deutlich stärker die Nährstoffdynamik im Substrat beachtet werden. Dazu dienen beispielsweise die Brutversuche, die die Projektpartner an der LVG Hannover-Ahlem durchführen.

Messung des Salzgehaltes in torffreien und torfreduzierten Substraten mittels PET-Messgerät und Messung nach VDLUFA im Extrakt in der Kultur von *Hypericum 'Hidcote'*

Einige Torfersatzstoffe bringen hohe Salzgehalte mit sich. In der Praxis werden bei Torfsubstraten seit langem Aktivitäts-Messgeräte zur Messung des Salzgehaltes im Substrat verwendet. Im Versuch sollte geprüft werden, ob diese schnelle und einfache Methode auch in torffreien und torfreduzierten Substraten anwendbar ist.

Die Messung des Salzgehaltes in torffreien und torfreduzierten Substraten für die Kultur von *Hypericum 'Hidcote'* wurde mit einem PET-Messgerät (Messung der Leitfähigkeit mit Einstichsonde direkt im Substrat) und mit EC-Messung nach VDLUFA (Messung im Wasserextrakt) getestet. Die Pflanzen wurden in verschiedene torffreie und torfreduzierte Substrate getopft und auf einer Freiland-Containerkulturfläche praxisüblich kultiviert (Tabelle 1). Die Düngermenge wurde abhängig von den bereits vorhandenen Nährstoffgehalten des Substrates bemessen.

Die gemessenen Werte von PET-Messung und Messung nach VDLUFA sind nicht direkt vergleichbar, weil auf unterschiedlicher Basis gemessen wird. Damit die beiden Messmethoden als vergleichbar gelten können, sollte eine Korrelation zwischen den Messungen vorhanden sein. Dies ist in der vorliegenden Untersuchung

nur in sechs von zehn Substraten der Fall (Abbildung 5). Für die gegenläufigen Trends der Messungen in den verbleibenden vier Substraten (Abbildung 6) fehlt eine plausible Erklärung. Aus diesem Grund kann der Einsatz des PET-Messgerätes in torfreduzierten und torffreien Substraten zunächst nicht empfohlen werden. Es sind unbedingt weitere Untersuchungen notwendig, um klarere Aussagen zu erhalten und eine Empfehlung auszusprechen.

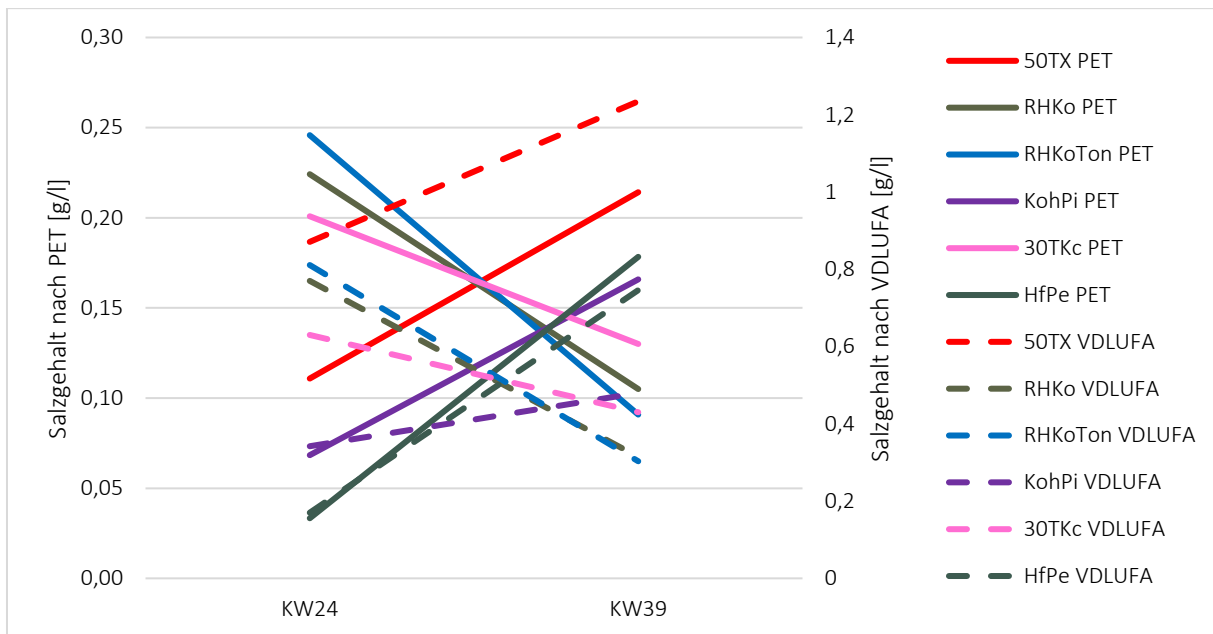


Abbildung 5: Salzgehalte der Substrate nach Messung mit dem PET-Gerät und nach VDLUFA -Methode, bei denen der Trend zwischen den Messterminen gleich ist. Durchgezogene Linie: PET-Werte, gestrichelte Linie: Werte nach VDLUFA-Methode.

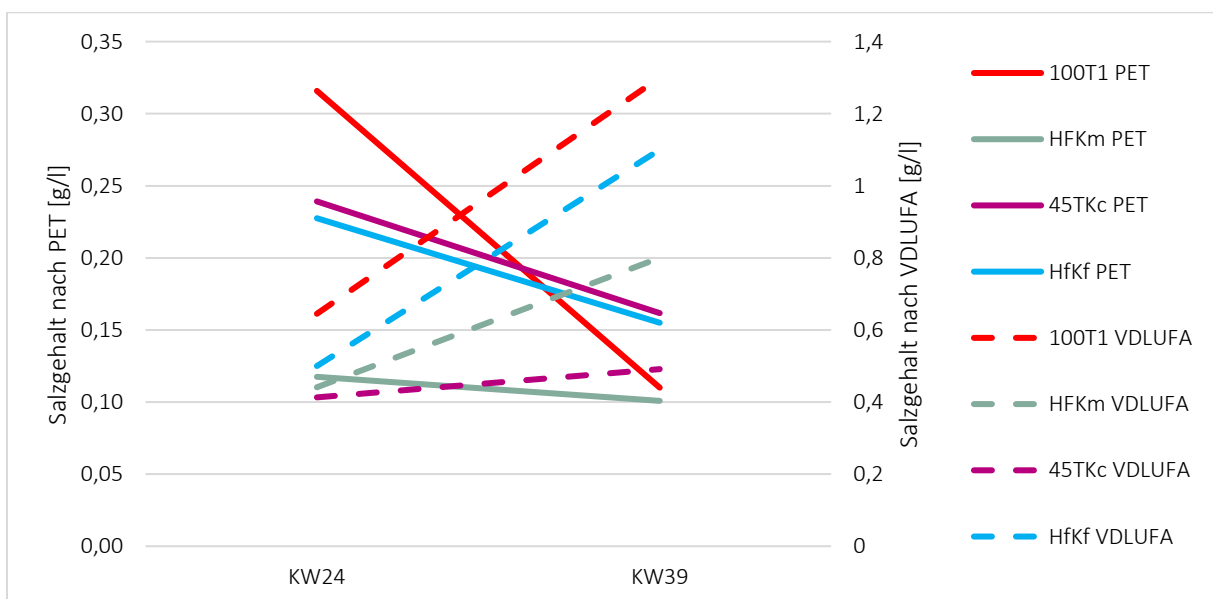


Abbildung 6: Salzgehalte der Substrate nach Messung mit dem PET-Gerät und nach VDLUFA -Methode, bei denen der Trend zwischen den Messterminen nicht gleich ist. Durchgezogene Linie: PET-Werte, gestrichelte Linie: Werte nach VDLUFA-Methode.

Um die Werte der PET-Messung richtig einzuschätzen ist es wichtig, die Werte für gut ernährte Kulturen im eigenen Substrat zu kennen und darauf zu achten, dass das Substrat bei der Messung immer ausreichend feucht ist. Da sich aber schon Torfsubstrate unterschiedlich verhalten, bestand die Frage, wie der PET-Wert in torf reduzierten und torffreien Substraten einzuschätzen ist.

Diese Frage kann nicht abschließend geklärt werden, da vier von zehn untersuchten Substraten gegenläufige Trends in den Messwerten zeigten. Es konnten weder Zusammenhänge mit den Inhaltsstoffen gefunden werden, noch methodische Fehler aufgezeigt werden, die zu diesen Ergebnissen geführt hätten. Insgesamt ist damit in Frage gestellt, wie sinnvoll der Einsatz eines PET-Messgerätes in torffreien und torf reduzierten Substraten ist. Genauere Anhaltspunkte würden häufigere Messungen in kleineren Intervallen geben. Damit könnten Trends sicherer dargestellt werden und auch mögliche Verschiebungen im Verlauf der Kurven aufgezeigt werden.

Calcium-Ernährung von *Thuja occidentalis* 'Smaragd' in torffreien und torf reduzierten Substraten

Torffreie und torf reduzierte Substrate haben häufig trotz geringer Calcium (Ca)-Gehalte einen pH-Wert über 5,0, sodass kein Kalk zur Anhebung des pH-Wertes beigemischt werden muss. Außerdem enthalten manche dieser Substrate viel Kalium (K), einen Antagonisten von Ca in der Pflanzenernährung. Bei einer Bewässerung mit weichem Gießwasser (Regenwasser) wird auch während der Kultur kaum zusätzliches Ca zugeführt. Ein Ca-Mangel wäre dann möglich. In früheren Versuchen zeigte sich, dass



Abbildung 7: Triebspitzenschaden an *Thuja occidentalis* 'Smaragd'. Foto: Huntenburg

Verbräunungen der Triebspitzen bei *Thuja occidentalis* 'Smaragd' häufig mit einer schlechten Ca-Versorgung der

Pflanzen einhergehen. Im Versuch werden daher der Versorgungsgrad der Pflanze sowie die Verbräunung der Triebspitzen beobachtet (Abbildung 7).

Die Calcium-Versorgung von *Thuja occidentalis* 'Smaragd' und deren Einfluss auf Triebspitzenschäden im Spätsommer/Herbst wurden in verschiedenen torffreien und torf reduzierten Substraten untersucht (Tabelle 2).

Tabelle 2: Varianten mit Substratbestandteilen nach Herstellerangaben. Angaben in Vol.- %.

Substrate	Kurz-Name
Substrat 1 Kontrollsubstrat LVG, 100 % Weißtorf	100T
Substrat 2 50 % Torf, 20 % Holzfaser, 20 % Xylit, 10 % Blähton	50TX
Substrat 3 30 % Kokosmark, 30 % Xylit, 20 % Blähton, 20 % Holzfaser	X
Substrat 4 50 % Holzfaser, 50 % Kokosmark	HfKm
Substrat 5 40 % Holzfaser, 30 % Rindenumus, 20 % Kompost, 10 % Kokosmark	RHko
Substrat 6 30 % Holzfaser, 30 % Rindenumus, 20 % Kompost, 10 % Kokosmark, 10 % Blähton	RHkoTon
Substrat 7 35 % Holzfaser, 30 % Rindenumus, 20 % Pinienrinde, 15 % Kokosmark, 35 kg/m ³ Biokohle	KohRH
Substrat 8 35 % Holzfaser, 15 % Rindenumus, 30 % Pinienrinde, 20 % Kokosmark, 17,5 kg/m ³ Biokohle	KohPi
Substrat 9 50 % Torf, 25 % Holzfaser, 25 % Perlit, 25 kg/m ³ Ton	50TPe
Substrat 10 45 % Torf, 20 % Kompost, 20 % Kokoschips, 15 % Holzfaser	45TKc
Substrat 11 30 % Torf, 20 % Kompost, 22,5 % Kokoschips, 15 % Holzfaser, 12,5 % Ton	30TKc

In einigen Versuchssubstraten war das Pflanzenwachstum ähnlich gut wie im Kontrollsubstrat aus reinem Torf. In manchen Versuchssubstraten war das Längenwachstum stärker als im Torfsubstrat, die Frischmasse war jedoch im Torfsubstrat am höchsten. Die Varianten mit der geringsten Frischmasse zeigten gleichzeitig die stärksten Triebspitzenschäden. Es ist möglich, dass diese Pflanzen aufgrund der Substratzusammensetzung und der Bewurzelung nicht ausreichend Wasser aufnehmen konnten. Deshalb ist es möglich, dass es sich um Trockenschäden und nicht um Ca-Mangelschäden handeln könnte. Wie in Abbildung 8 dargestellt traten die stärksten Triebspitzenschäden in torffreien Substraten auf, es gab im Versuch jedoch auch torffreie Substrate, in denen die Schäden nur in sehr geringem Maße beobachtet werden konnten. Die geringsten Schäden zeigten sich in Substraten mit 50 % Torf, die Kontrolle (100 % Torf) blieb symptomfrei. Ein klarer Zusammenhang zwischen Torfgehalt und Triebspitzenschäden konnte also nicht festgestellt werden.

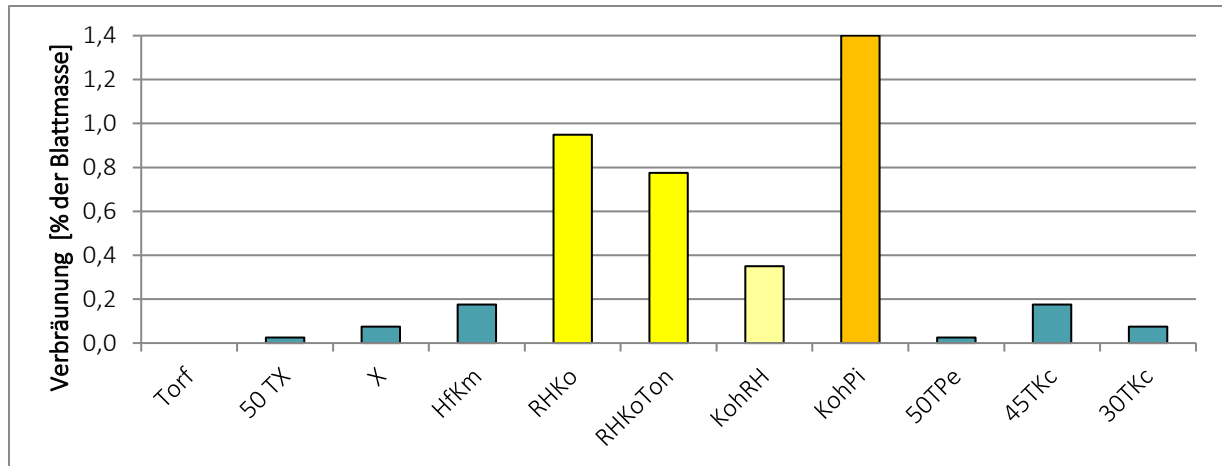


Abbildung 8: Triebspitzenschäden zu Versuchsende. Blaue Säulen: geringe Schäden, hellgelbe Säule: mäßige Schäden, gelbe Säulen: starke Schäden, orange Säule: sehr starke Schäden.

Der Versuch konnte nicht eindeutig zeigen, dass die Ursache der Triebspitzenschäden bei *Thuja* ein Ca-Mangel ist. Einige der Ergebnisse weisen jedoch darauf hin, dass in den Varianten mit den stärksten Symptomen ein Ca-Mangel geherrscht haben könnte. Eine Möglichkeit, dieses Problem kulturtechnisch zu lösen, wäre eine Düngung mit Ca-Düngern in torffreien oder torfreduzierten Substraten mit niedrigen Ca-Gehalten oder hohen K- oder NH_4 -Gehalten. Der Effekt einer solchen Düngung wird in einem weiteren Versuch untersucht werden.

Maßnahmen gegen Triebspitzen- und Innennekrosen an *Thuja occidentalis* 'Smaragd' (2017)

In weiteren Versuchen mit *Thuja occidentalis* 'Smaragd' wurden verschiedene Ca-Dünger in torffreien Substraten getestet. In diesem ersten Versuch wurden Kalkgaben, Gipseinmischungen, Flüssigdüngungen mit Ca-Chelat, Blattdüngungen und der Einfluss von Gießwasser mit einer höheren Wasserhärte gegenüber der herkömmlichen Bewässerung geprüft.

Am 23. 3. 2017 wurden Jungpflanzen von *Thuja occidentalis* 'Smaragd' aus 9-cm-Töpfen in 3-Liter-Container mit unterschiedlichen Substraten getopft und unterschiedlich gedüngt (Tabelle 3). Am 5. 7. wurden die Pflanzen (außer Versuchsglieder 2.1 – 2.3) mit Plantosan (2 g/l) nachgedüngt. Die Nummerierung der Versuchssubstrate wurde im Projekt fortlaufend vergeben und das Substrat 9 und 10 für den aktuellen Versuch verwendet.

Tabelle 3: Behandlungsplan

VG, Substrat	Düngung	Sonstige Düngung
1.1 Torf	Plantosan 2 x 2 g/l	Plantosan in Topfsubstrat u. aufgelegt am 5. 7.
1.2 Torf	Plantosan 2 x 2 g/l	extra Kalk (6 g/l statt 2 g/l)
1.3 torffrei 9	Plantosan 2 x 2 g/l	
1.4 torffrei 10	Plantosan 2 x 2 g/l	
2.1 Torf	Osmoc. E. stand. 8-9M 4 g/l	
2.2 torffrei 9	Osmoc. E. stand. 8-9M 4 g/l	
2.3 torffrei 10	Osmoc. E. stand. 8-9M 4 g/l	
3.1 Torf	Plantosan 2 x 2 g/l	Gips 3 g/l*
3.2 torffrei 9	Plantosan 2 x 2 g/l	Gips 3 g/l*
3.3 torffrei 10	Plantosan 2 x 2 g/l	Gips 3 g/l*
4.1 Torf	Plantosan 2 x 2 g/l	Ca-Chelat gegossen**
4.2 torffrei 9	Plantosan 2 x 2 g/l	Ca-Chelat gegossen**
4.3 torffrei 10	Plantosan 2 x 2 g/l	Ca-Chelat gegossen**
5.1 Torf	Plantosan 2 x 2 g/l	Ca-Blattdüngung***
5.2 torffrei 9	Plantosan 2 x 2 g/l	Ca-Blattdüngung***
5.3 torffrei 10	Plantosan 2 x 2 g/l	Ca-Blattdüngung***
6.1 Torf	Plantosan 2 x 2 g/l	Höhere Wasserhärte (Stadtwasser)
6.2 torffrei 9	Plantosan 2 x 2 g/l	Höhere Wasserhärte (Stadtwasser)
6.3 torffrei 10	Plantosan 2 x 2 g/l	Höhere Wasserhärte (Stadtwasser)

* Gips (Calciumsulfat-Dihydrat, 33 % CaO) = 1.000 mg CaO pro Liter Substrat

**Calciumchelate (Ca EDTA, 17 % CaO): fünfmal gegossen mit 1 g/l in 5 l/m² 14-tägig ab 20. 7.
= 35 mg CaO pro Liter Substrat

***Calciumchlorid (ProLiq Calcium LQ, 17,5 % CaO) fünfmal gespritzt mit 10 l/ha 14-tägig ab 20. 7. fünfmal
= 1,5 mg CaO pro Liter Substrat

Substratzusammensetzung:

Kontrolle: 100 % Torf

Substrat 9: 35 % Holzfaser, 15 % Rindenumus, 30 % Pinienrinde, 20 % Kokosmark
(ungepuffert) 17,5 kg/m³ Biokohle

Substrat 10: 35 % Holzfaser, 30 % Rindenumus, 20 % Pinienrinde, 15 % Kokosmark
(ungepuffert) 35 kg/m³ Biokohle



Ab Anfang September traten an einem Teil der Pflanzen Verbräunungen im oberen Pflanzenbereich auf (Spitzennekrosen, Abbildung 9), die am 9. 11. an jeder Einzelpflanze bonitiert wurden. Die Bonituren (Abb. 10 und 11) ergaben, dass keine der Pflanzen in den Torfsubstraten betroffen war. In beiden torffreien Substraten waren dagegen mehrere Pflanzen geschädigt. In den Varianten, die mit Gips gedüngt oder mit Stadtwasser bewässert worden waren, waren die Schäden aber deutlich geringer als in den übrigen Varianten. Die Blattdüngung mit Calciumchlorid und die Gießbehandlungen mit Calciumchelat zeigten keine erkennbare Wirkung.

Die Bonitur der Triebspitzennekrosen zeigt, dass die Versuchsglieder 1.1, 1.2, 2.1, 3.1, 4.1, 5.1, 6.1 und 6.3 keine geschädigten Pflanzen aufwiesen. Der prozentuale Anteil geschädigter Pflanzen ist in Abbildung 10 abgebildet.

Abbildung 9: Spitzennekrosen an Thuja occ. 'Smaragd'. Foto: Beltz

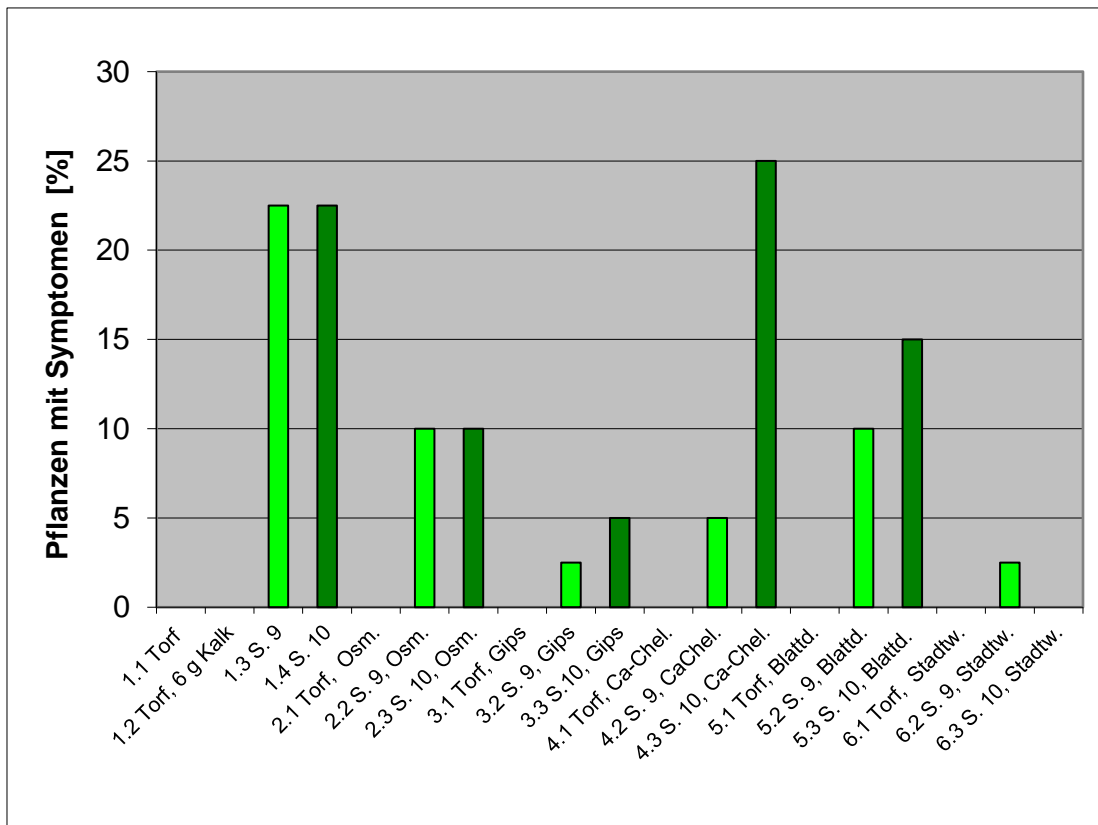


Abbildung 10: Spitzennekrosen an Thuja 'Smaragd' am 9. 11. 2017, Anteil Pflanzen mit Symptomen (%)

Ende November wurden in einem Teil der Varianten Substrat- und Blattproben untersucht. Bei den Substratproben (Tabelle 4) war deutlich erkennbar, dass in den mit Osmocote gedüngten Varianten die Nährstoffgehalte an N, P und K durch die lange Freisetzungsdauer relativ hoch lagen, während sie in den übrigen Varianten, die zuletzt am 5. 7. mit Plantosan gedüngt worden waren, erwartungsgemäß sehr niedrig lagen. Zusammenhänge zwischen den Schäden und den Gehalten an N, P, K, Mg und Ca waren nicht erkennbar.

Tabelle 4: Ergebnis der Substratanalyse am 27. 11. 2017 (Salz- und Nährstoffgehalte in mg pro Liter Substrat), in **Rot** Ergebnisse aus Varianten mit stärkeren Spitzennekrosen, in **Blau** Ergebnisse aus Varianten mit geringen Triebspitzennekrosen.

Versuchsglied	pH-Wert (CaCl ₂)	Salz (in H ₂ O als KCl)	N (CAT)	P ₂ O ₅ (CAT)	K ₂ O (CAT)	Mg (CAT)	Ca (CAT)	Ca (Formiat)
1.1 Torf	4,0	200	4	0	16	72	12	557
1.3 S. 9	4,5	311	5	9	41	84	27	1.008
1.4 S. 10	4,3	299	6	8	23	65	28	946
2.2 S. 9 Osmocote	4,0	904	101	43	98	46	88	993
2.3 S. 10 Osmocote	4,0	784	81	43	101	43	70	1.431
3.2 S. 9 Gips	4,3	328	5	0	9	27	49	1.097
3.3 S. 10 Gips	4,0	358	3	0	13	23	52	838
4.2 S. 9 Ca-Chelat	4,7	310	4	0	15	42	30	964
4.3 S.10 Ca-Chelat	4,3	289	3	11	35	52	20	775
5.3 Torf, Stadtwasser	4,6	287	5	0	6	56	34	863
6.3 S. 10 Stadtwasser	4,7	348	4	49	87	49	40	1.122

Die Nährstoffgehalte in den Blattproben (Tabelle 5) lagen in einem normalen, relativ hohen Bereich. Die Unterschiede waren verhältnismäßig gering, tendenziell war aber zu erkennen, dass in den Versuchsgliedern mit starken Schäden die Kaliumgehalte gelegentlich etwas höher und die Magnesiumgehalte etwas niedriger lagen als in denen ohne Schäden.

Tabelle 5: Ergebnis der Blattanalyse am 27. 11. 2017 (% TM), in **Rot** Ergebnisse aus Varianten mit stärkeren Spitzennekrosen, in **Blau** Ergebnisse aus Varianten mit geringen Triebspitzennekrosen

Versuchsglied	P	K	Mg	Ca	Ca : K
1.1 Torf	0,27	1,61	0,25	0,70	0,43
1.3 S. 9	0,29	1,72	0,19	0,74	0,43
1.4 S. 10	0,28	1,67	0,19	0,81	0,49
2.2 S. 9 Osmocote	0,28	1,52	0,17	0,78	0,51
2.3 S. 10 Osmocote	0,27	1,35	0,17	0,84	0,62
3.2 S. 9 Gips	0,27	1,35	0,15	0,91	0,67
3.3 S. 10 Gips	0,28	1,50	0,16	0,88	0,57
4.2 S. 9 Ca-Chelat	0,30	1,68	0,20	0,77	0,46
4.3 S.10 Ca-Chelat	0,28	1,63	0,18	0,77	0,47
5.3 Torf, Stadtwasser					
6.3 S. 10 Stadtwasser	0,30	1,43	0,19	0,80	0,56

Die Blattdüngung mit Calciumchlorid und die Flüssigdüngung mit Calciumchelate konnten das Auftreten der Schäden nicht beeinflussen. Die Einmischung von Gips ins Substrat (3 g/l) und die Bewässerung mit härterem Stadtwasser dagegen verringerte das Auftreten deutlich. Eine Erklärung für die unterschiedliche Wirkung der Calciumdünger könnte in der Menge des verabreichten Calciums liegen: Bei der Einmischung von Gips wurden 1.000 mg CaO pro Liter Substrat verabreicht, bei der Flüssigdüngung mit Calciumchelate 37 mg/l und bei der Blattdüngung mit Calciumchlorid (auf die behandelte Fläche umgerechnet) 1,5 mg/l. Auffällig ist allerdings, dass bei den Substratanalysen im November die mit dem Gips verabreichte Menge Calcium nicht in Erscheinung trat. Zusammenhänge zwischen den Calcium- und Kaliumgehalten im Substrat und dem Auftreten der Schäden waren nicht erkennbar, dafür lagen die Magnesiumgehalte im Gewebe der Pflanzen in den Varianten mit Schäden tendenziell etwas niedriger und die Kaliumgehalte etwas höher als in den übrigen. Die leicht erhöhten Kaliumgehalte und die Wirkung des Calciumsulfats (Gips) deutet auf einen möglicherweise durch die Kaliumdüngung induzierten Calciummangel als Ursache der Spitzennekrosen hin.

Maßnahmen gegen Triebspitzen- und Innennekrosen an Thuja occidentalis 'Smaragd' (2018)

Innennekrosen im Frühjahr:

Im darauffolgenden Jahr wurden diese Pflanzen am 23. 3. 2018 aus 3-Liter-Containern in 7,5-Liter-Container mit unterschiedlichen Substraten getopft und unterschiedlich gedüngt (Tabelle 6).

Sie wurden für die Versuchsglieder 1.1 – 2.13 aus denjenigen Versuchsgliedern des Vorjahres ausgewählt, die in torffreiem Substrat kultiviert und mit Regenwasser (0,3 °dKH) gegossen worden waren, so dass einige von ihnen leichte Triebspitzennekrosen im Herbst 2017 gezeigt hatten. Die Pflanzen wurden gleichmäßig verteilt, so dass die Herkunft der Pflanzen in den Versuchsgliedern gleich war.

Die Jungpflanzen in Versuchsglied 2.14 stammten alle aus einer Variante mit torffreiem, komposthaltigem Substrat (Substrat 10), in dem relativ deutliche Triebspitzennekrosen aufgetreten waren und die in

Versuchsglied 2.15 aus einem reinen Torfsubstrat, das mit Stadtwasser (6 °dKH) bewässert worden war, bei denen keine Spitzenverbräunungen aufgetreten waren. Damit sollte geprüft werden, welche Bedeutung die Vorbehandlung der getopften Pflanzen auf das Auftreten der Schäden hat.

Pro Versuchsglied wurden vier Wiederholungen mit je 7 Pflanzen angelegt. Die Pflanzen wurden am 12. 4. mit Plantosan 20-10-15+SPE in einer Aufwandmenge von 2,0 g pro Liter Topfvolumen gedüngt und am 23. 7. Mit 2,5 g pro Liter Topfvolumen.

Die Pflanzen in den Versuchsgliedern 2.11 und 2.12 wurden am 27. 6. mit Osmocote CalMag bzw. Nutricote 12-0-0 gedüngt (zusätzlich zur Düngung mit Plantosan am 12. 4. und am 23. 7.)

Tabelle 6: Behandlungsplan

1. Kontrolle Torfsubstrat 1,5 g Kalk
1.1 Kontrolle
1.2 Gips 3,0 g/l eingemischt ins Substrat
1.3 Kalk 4,5 statt 1,5 g/l eingemischt ins Substrat
1.4 Gips 3,0 g/l aufgelegt
1.5 Granukal 3,0 g/l aufgelegt
2. Substrat 14 ("Klasmann-Deilmann torffrei": 40 % Holzfaser, 25 % Kkm, 15 % Kf, 20 % Kompost)
2.1 Kontrolle
2.2 Gips 3,0 g/l eingemischt ins Substrat
2.3 Gips 6,0 g/l eingemischt ins Substrat
2.4 Gips 3,0 g/l aufgelegt
2.5 Otterbeinkalk 3,0 g/l eingemischt ins Substrat
2.6 Otterbeinkalk 6,0 g/l eingemischt ins Substrat
2.7 Granukal 3,0 g/l aufgelegt
2.8 Blattdüngung Wuxal Calcium 10-0-0-2-15+SPE, 0,4 % mit 1.000 l/ha wöchentlich ab Anfang August
2.9 Flüssigdüngung Kalksalpeter 0,2 % wöchentlich ab Anfang August
2.10 Flüssigdüngung Ammoniumsulfat 0,2 % wöchentlich ab Anfang August
2.11 Düngung Osmocote CalMag 10-0-0-5MgO-17CaO 3-4M aufgelegt 3 g/l am 27. 6.
2.12 Düngung Kalksalpeter Nutricote T100 12-0-0 aufgelegt 2 g/l am 27. 6.
2.13 Gipsgranulat aufgelegt 3,0 g/l
2.14 Jungpflanzen aus Kompostsubstrat 10
2.15 Jungpflanzen aus Torfsubstrat

Am 22. 5. 2018 wurden die Innenverbräunungen an jeder einzelnen Pflanze bonitiert (Abbildung 11). Die Verbräunungen waren im Torfsubstrat (Versuchsglieder 1.1 – 1.5) tendenziell etwas stärker als im torffreien Substrat. Die Einmischung von Gips ins Substrat (Versuchsglieder 1.2, 2.2, 2.3) schien das Auftreten der Innennekrosen deutlich zu vermindern. Vermutlich war Salzstress durch die Düngung die Ursache der Innennekrosen. Nach Bergmann (1993) soll auch die Salztoleranz der Pflanzen durch Ca^{2+} -Ionen deutlich erhöht werden können. Das Einmischung von kohlensaurem Kalk oder das Auflegen von Gipsgranulat hatte dagegen keinen Einfluss.

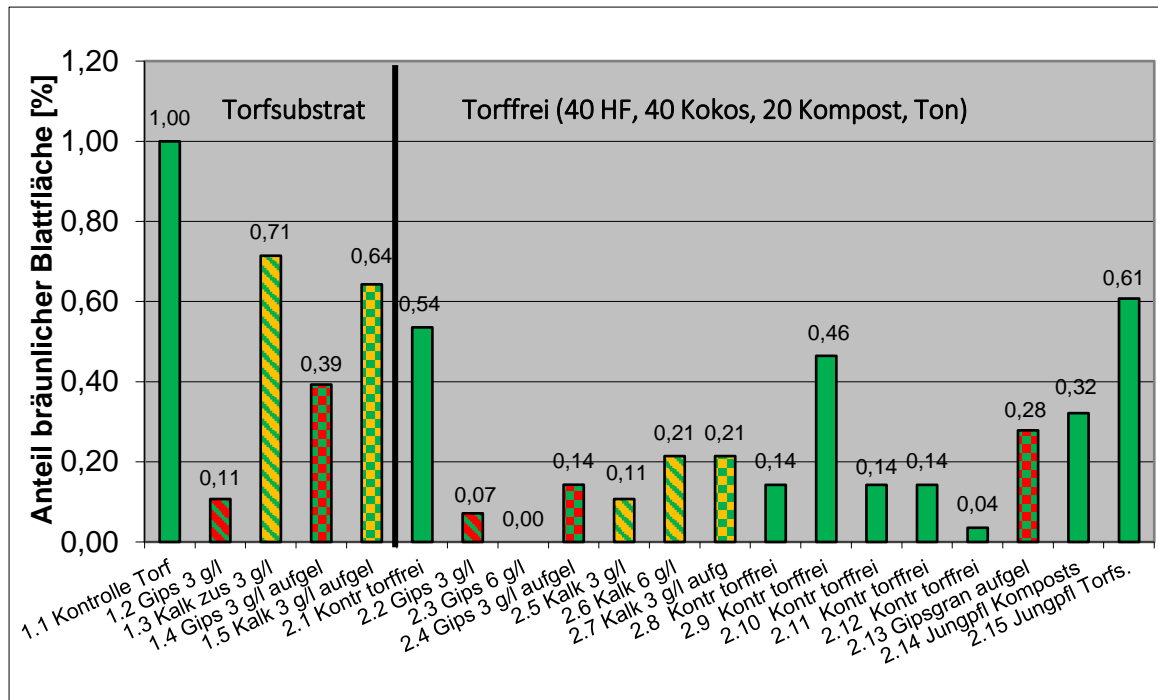


Abbildung 11: Innenverbräunung an Thuja occ. 'Smaragd' am 22.05.2018, Anteil bräunlicher Blattfläche (%).

Triebspitzennekrosen im Herbst:

Ab Anfang September traten an einem Teil der Pflanzen Triebspitzennekrosen auf, die am 30. 10. an jeder Einzelpflanze bonitiert wurden. Die Bonitur (Abbildung 12) ergab, dass kaum Pflanzen in den Torfsubstraten (Versuchsglieder 1.1 – 1.5) betroffen waren. Im torffreien Substrat waren dagegen mehrere Pflanzen geschädigt. In den Varianten, die mit Gips gedüngt (Versuchsglieder 1.2, 1.4, 2.2, 2.3, 2.4, 2.13) worden waren, waren die Schäden aber deutlich geringer als in den übrigen Varianten. Auch die Blattdüngung mit Wuxal Calcium, die Gießbehandlungen mit Kalksalpeter oder Ammoniumsulfat sowie das Auflegen von Osmocote CalMag oder ummanteltem Kalksalpeter (Nutricote 12-0-0) schienen gut zu wirken. Das Einmischen oder Auflegen von kohlensaurem Kalk dagegen brachte keinen erkennbaren Vorteil. Die Pflanzen, in Versuchsglied 2.15, die 2017 in Torfsubstrat kultiviert worden waren und keine Schäden gezeigt hatten, sahen nicht besser aus als die Vergleichspflanzen in den Versuchsgliedern 2.1 und 2.14.

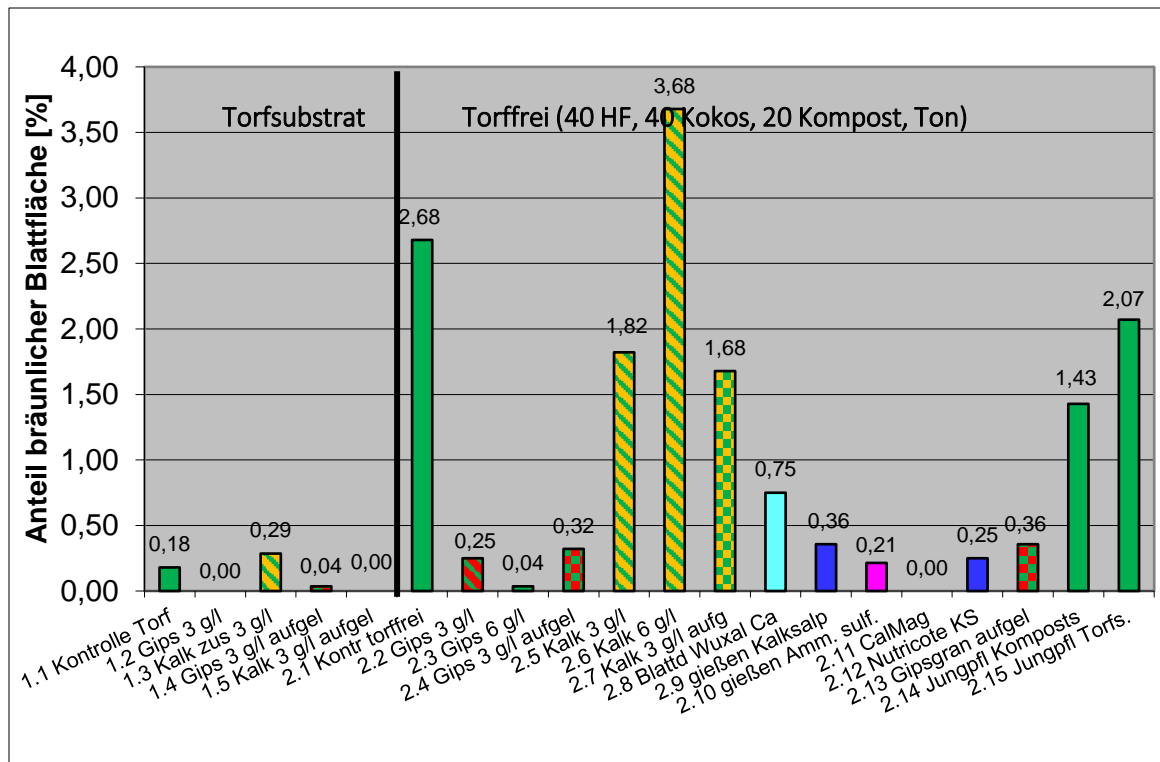


Abbildung 12:Spitzennekrosen an Thuja occ. 'Smaragd' am 30.10.2018, Anteil bräunlicher Blattfläche (%)

Bei den Blattproben (Tabelle 7) war zwischen den Gehalten der meisten Nährstoffe und dem Auftreten der Spitzenverbräunungen ebenfalls kein Zusammenhang zu erkennen. Allerdings fiel auf, dass die Ca-Gehalte bei den besonders geschädigten Varianten relativ niedrig, die K-Gehalte hoch und daraus resultierend das Verhältnis von Ca zu K besonders niedrig war.

Tabelle 7: Ergebnis der Blattanalyse am 19. 11. 2018 (% TM), in **Rot** Ergebnisse aus Varianten mit stärkeren Spitzennekrosen, in **Blau** Ergebnisse aus Varianten mit geringen Triebspitzennekrosen

VG	P	K	Mg	Ca	Ca : K	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Mo
	%					%	ppm					
1.1 Torf	0,29	0,93	0,26	0,87	0,94	0,14	49,2	4,4	61,1	463	26	0,4
1.2 Gips	0,29	0,93	0,23	1,11	1,19	0,16	53,2	4,1	69,8	499	27	0,4
1.3 zus. k. Kalk	0,30	1,00	0,25	1,07	1,07	0,13	48,6	3,9	69,7	358	26	0,3
2.1 torffrei	0,33	1,70	0,21	0,82	0,48	0,16	52,2	5,9	84,5	451	41	1,2
2.3 Gips	0,32	0,95	0,16	1,03	1,08	0,15	56,2	5,0	58,1	543	35	0,3
2.6 zus. k. Kalk	0,34	1,84	0,21	0,88	0,48	0,15	54,1	7,6	111	260	33	3,5
2.9 Kalksalpeter.	0,31	1,05	0,22	0,94	0,90	0,15	57,1	5,0	67,8	492	34	0,7
2.10 Amm. sulfat	0,30	1,04	0,22	0,94	0,90	0,16	59,4	4,5	76,7	691	34	0,7
2.11 CalMag	0,30	1,06	0,25	0,91	0,86	0,15	61,0	4,8	74,4	536	34	0,4
2.12 Nutr. 12-0-0	0,30	1,06	0,23	0,88	0,83	0,15	55,8	4,9	66,9	615	35	0,5

Eine Erklärung für die gute Wirkung der meisten Calciumdünger sowie auch des Ammoniumsulfats einerseits und der mangelnden Effekte des kohlensauren Kalks andererseits ist schwierig. Nachdem zunächst die Vermutung aufkam, dass die Schäden nicht mit der Kalium- und Calciumversorgung der Pflanzen zusammenhängen, bewiesen die Ergebnisse der Blattanalysen, dass bei den hoch mit kohlensaurem Kalk gedüngten Pflanzen die Calciumversorgung eher niedrig und die Kaliumversorgung relativ hoch waren und bei den Pflanzen, die mit Ammoniumsulfat gedüngt worden waren, die Calciumgehalte hoch und der Kaliumgehalt niedrig. Bergmann (1993) weist darauf hin, dass Calciumdünger die Aufnahme von K^+ -Ionen sowohl fördern als auch hemmen können, je nach Form und Konzentration des Calciums. Besonders Calciumsulfat (Gips) soll danach die Aufnahme von K^+ hemmen.

Salzstress in torffreien und torfreduzierten Substraten bei *Acer palmatum* Sämlingen



Abbildung 13: Blattspitzennekrosen an einer Pflanze in Substrat 8 (35 % Holzfaser, 15 % Rindenhumus, 30 % Pinienrinde, 20 % Kokosmark, 17,5 kg/m³ Biokohle)



Abbildung 14: starke Interkostalchlorosen bei einer Pflanze in Substrat 7 (35 % Holzfaser, 30 % Rindenhumus, 20 % Pinienrinde, 15 % Kokosmark, 35 kg/m³ Biokohle).

Die Einmischung von größeren Mengen von Torfersatzstoffen wie z.B. Kompost, Kokosmaterialien und anderen können hohe Salzgehalte im Substrat zur Folge haben. *Acer palmatum* ist eine salzempfindliche Kultur, bei der in torfreduzierten und torffreien Substraten Probleme wie Blattspitzennekrosen (Abbildung 13) auftreten könnten. Im Versuch wurden die einjährigen *Acer palmatum* Sämlinge in die Substrate 1 bis 11 (Tabelle 1) am 05.04.2016 getopft und im Folientunnel aufgestellt. Die Menge der ersten Düngung wurde abhängig von den bereits vorhandenen Nährstoffgehalten des Substrates bemessen, die zweite Düngung erfolgte einheitlich für alle Varianten.

Unter den Versuchsbedingungen zeigten sich Ausfälle durch hohe Salzgehalte oder hohe pH-Werte in zwei torffreien Substraten. Außerdem wurden in verschiedenen Substraten starke Interkostalchlorosen (Abbildung 14) und Blattspitzennekrosen (Abbildung 13) festgestellt. Es konnte kein Zusammenhang zwischen der Stärke der Chlorosen und der Stärke der Nekrosen

gezeigt werden. Die Nekrosen wurden möglicherweise durch erhöhte Kalium- oder Chloridgehalte im Substrat im Sommer verursacht. Die Chlorosen deuteten auf einen Eisenmangel hin, dies konnte jedoch mit den Substratanalysen nicht eindeutig gezeigt werden.

Das Pflanzenwachstum war in einigen torffreien und torf reduzierten Substraten besser als im Torfsubstrat. Auch hinsichtlich des Auftretens der Interkostalchlorosen schnitten viele der torffreien und torf reduzierten Substrate besser ab als das Torfsubstrat. Die Blattspitzennekrosen traten an den Pflanzen im Torfsubstrat in sehr geringem Maße auf, geringer war der Wert nur im torffreien Substrat 4.

Die Werte in diesem Versuch deuten darauf hin, dass die Blattspitzennekrosen mit erhöhten K- und Cl-Gehalten im Substrat zusammenhängen können. *Acer palmatum* wuchs in torffreien und torf reduzierten Substraten ähnlich gut wie im Torfsubstrat. Die Pflanzenhöhe war in einigen Substraten sogar deutlich größer als in der Kontrolle. Das Auftreten von Schäden wie Blattspitzennekrosen und Interkostalchlorosen konnte nicht eindeutig mit der Substratzusammensetzung in Verbindung gebracht werden. Es gab in jedem Fall torffreie und torf reduzierte Substrate, in denen die Pflanzen stärkere Symptome zeigten als im Torfsubstrat und umgekehrt.

Auswaschung aus torffreien und torf reduzierten Substraten (2016)

Da Torfersatzstoffe zum Teil höhere Nährstoffgehalte besitzen und andere Speicher- und Pufferkapazitäten haben als Torf, ist es wichtig zu prüfen, wie stark Nährstoffe aus diesen Substraten ausgewaschen werden bzw. wo die Nährstoffe aus diesen Substraten bleiben. Die Auswaschung und die dazugehörige Nährstoffbilanz einer Kultur in einem Torfsubstrat, einem torf reduzierten Substrat und einem torffreien Substrat (Substrate 1, 10 und 12; Tabelle 1) wurden verglichen. Als Versuchspflanzen wurden *Lonicera nitida* 'Maigrün' Mitte April 2016 getopft und in einer Auswaschungsanlage bis Oktober kultiviert (Abbildung 15).



Abbildung 15: Versuchsaufbau in der Auswaschungsanlage.

Die Auswaschung von N war aus dem Torfsubstrat in den meisten Messzeiträumen höher als aus den anderen Substraten. Dagegen wurde aus dem torf reduzierten und dem torffreien Substrat zu Beginn der Vegetationsperiode deutlich mehr P und K ausgewaschen als aus dem Torfsubstrat. Die Werte näherten sich aber im Laufe der Kulturzeit immer mehr an und blieben spätestens ab August auf einem niedrigen Niveau. In der Jahressumme wurde aus dem Torfsubstrat aufgrund der höheren Gesamtdüngermenge deutlich mehr N ausgewaschen als aus den beiden anderen Substraten. Die Jahresmenge an ausgewaschenem P und K war jedoch im Torfsubstrat deutlich niedriger als in den beiden anderen Substraten.

In der Nährstoffbilanz konnten für die Kultur im Torfsubstrat am Ende in etwa die Nährstoffmengen gemessen werden, die hineingegeben wurden. Bei der torf reduzierten Variante wurde aus dem Substrat viel Phosphor nachgeliefert, beim torffreien Substrat wurden am Ende deutlich größere Mengen Phosphor und Kalium gefunden. Das Phosphat stammt vermutlich in beiden Fällen aus dem Kompostanteil, das Kalium im torffreien Substrat möglicherweise aus den Kokoskomponenten oder ebenfalls aus dem Kompost.

Die Auswaschung ist sehr stark von der Düngereisetzung und vom Nährstoffbedarf der Pflanze abhängig. Außerdem kann es offenbar bei Substraten mit einem hohen Kompostanteil zu Beginn der Vegetationsperiode zu einer verstärkten Auswaschung von P und K kommen.

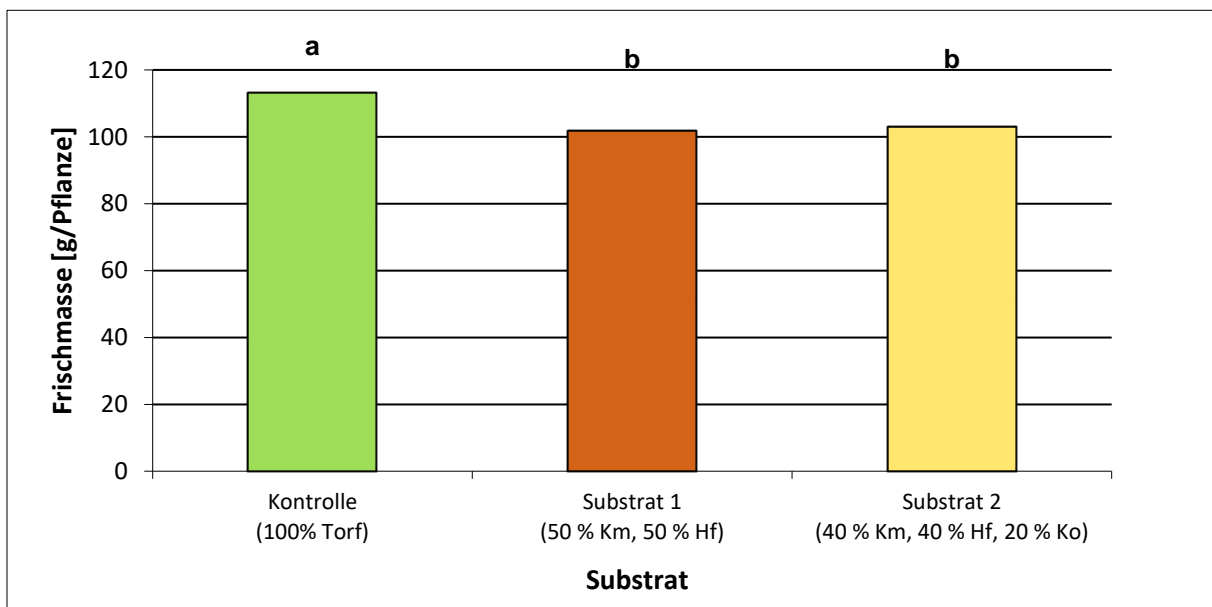
Nährstoffauswaschung aus torffreien Substraten (2017)

Um das Material Kompost besser kennen zu lernen, und die damit verbundenen Nährstoffauswaschungen, wurden im Jahr 2017 zwei torffreie Substrate und ein Torfsubstrat als Kontrolle untersucht. Die Zusammensetzung der torffreien Substrate 1 und 2 sowie der Kontrolle sind in Tabelle 8 aufgeführt. Durch die Zugabe von 8 g/l kohlensaurem Kalk in das Torfsubstrat konnte zu Versuchsbeginn ein pH-Wert im Bereich 5,7 bis 6,2 der torffreien Substrate eingestellt werden. Die Aufdüngung mit einem Depotdünger (Osmocote) und Spurennährstoffdünger (Radigen) erfolgte für alle Substrate gleich. Die torffreien Substrate 1 und 2 wurden aus den gleichen Chargen Holzfasern und Kokosmark hergestellt. Als Versuchspflanzen wurden *Lonicera nitida* 'Maigrün' in 2-Liter-Container getopft und in einer Auswaschungsanlage aufgestellt.

Tabelle 8: Versuchssubstrate mit Angaben zur Zusammensetzung und Aufdüngung

Substrat	Zusammensetzung (Vol.- %)	Düngerzugabe
Kontrolle	100 % Torf	4 g/l Osmocote Exact Standard 5-6M 200 mg/l Radigen 8 g/l Kalk
Substrat 1	50 % Holzfasern, 50 % Kokosmark	4 g/l Osmocote Exact Standard 5-6M 200 mg/l Radigen
Substrat 2	40 % Holzfasern, 40 % Kokosmark, 20 % Kompost	4 g/l Osmocote Exact Standard 5-6M 200 mg/l Radigen

Das oberirdische Pflanzenwachstum von *Lonicera nitida* 'Maigrün' war zu Versuchsende optisch vergleichbar (Abbildung 16), zeigte aber in den Frischmassen signifikante Unterschiede zwischen dem torfhaltigen Kontrollsubstrat und den zwei verwendeten torffreien Substraten (Abbildung 17). Zwischen den torffreien Substraten 1 und 2 wurde kein signifikanter Unterschied der Frischmasse festgestellt. Die Messung der Triebblängen zu Versuchsende am 25.10.17 zeigte keine signifikanten Unterschiede der Versuchsvarianten. Ab September zeigten die *Lonicera nitida* 'Maigrün' in Substrat 1 an Blatträndern der neueren Triebe rötliche Verfärbungen. Diese Symptome deuten auf einen Stickstoffmangel hin.

Abbildung 16: Pflanzenentwicklung von *Lonicera nitida* 'Maigrün' zu VersuchsendeAbbildung 17: Frischmassen von *Lonicera nitida* 'Maigrün' zu Versuchsende. ($GD_{0,05}$ Tukey-Test=9,42)

Die aufsummierten Nährstoffgehalte sind als Flächenfracht (kg/ha) in Abbildung 18 hochgerechnet für 250.000 Pflanzen/ha dargestellt. Das Drainwasser wurde in dem Zeitraum von Anfang Mai bis Ende Oktober 2017 aufgefangen und beprobt. Im dreiwöchentlichen Rhythmus wurde eine Mischprobe für jede Substratvariante genommen und auf Nitrat (NO_3) und Ammonium (NH_4) dargestellt als Stickstoff (N_{min}), sowie Phosphat (P_2O_5) und Kalium (K_2O) untersucht.

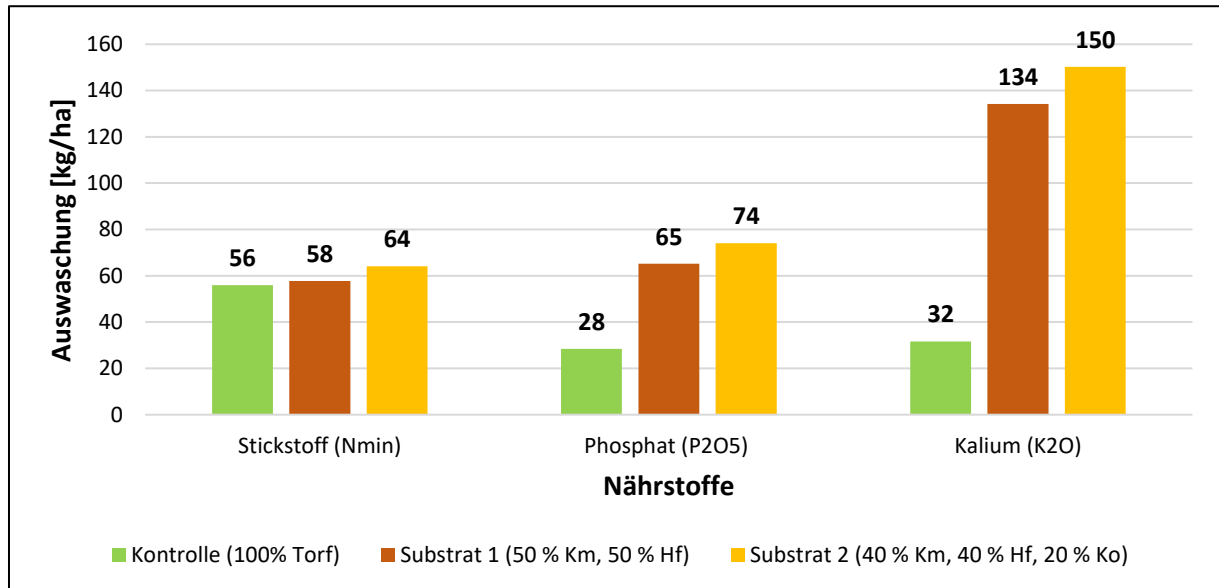


Abbildung 18: Gesamtmenge ausgewaschener Nährstoffe N, P und K jeder Substratvariante als Flächenfracht einer Containerkultur mit *Lonicera nitida* 'Maigrün' von Mai bis Oktober. (Berechnung für 250.000 Pflanzen/ha).

Der größte Nährstoffanteil der Auswaschungsverluste wurde mit 90 – 93 % für Stickstoff (N_{min}) und 96 – 99 % bei Kalium (K₂O) in den ersten 9 Kulturwochen gemessen. Lediglich Phosphat (P₂O₅) wurde noch bis zu Kulturwoche 12 in höheren Mengen ausgewaschen. Bei Phosphat lagen die Verluste der ersten 9 Wochen bei 86 % aus dem Torfsubstrat und 52 – 63 % aus den torffreien Substraten. Die verstärkte Auswaschung in diesem Zeitraum lässt sich mit der geringen Durchwurzelung der Substrate zu Kulturbeginn erklären. Die pflanzenverfügbaren Nährstoffe des Depotdüngers aber vor allem der Substratbestandteile wurden nicht von den Pflanzen aufgenommen und konnten auch nicht im Substrat gebunden werden.

Wird die Nährstoffauswaschung als Flächenfracht in kg/ha (mit 250.000 Pflanzen/pro Hektar) berechnet, zeigt sich der Einfluss der Substratzusammensetzung der torffreien Substrate deutlich an den Nährstoffen Phosphat und Kalium. Die Flächenfracht zeigt eine deutliche Steigerung der Nährstoffverluste durch die Einmischung eines 20 Vol.-% Anteils nährstoffreichen Kompostes. Lediglich die Stickstoffverluste sind in den torffreien Substraten vergleichbar mit der Kontrolle.

Die geringere Auswaschung von Phosphat aus dem Torfsubstrat kann durch die Zugabe von kohlensaurem Kalk zur pH-Werteinstellung verursacht sein. Dadurch haben sich möglicherweise schwerlösliche Calciumphosphate im Substrat gebildet, die nur schwer auswaschbar sind. In den torffreien Substraten hingegen wurde kein Calcium in Form von Kalk zugegeben. Zudem können Holzfasern eine geringere Pufferfähigkeit für Nährstoffe aufweisen, die eine verstärkte Auswaschung zulassen.

Vergleich verschiedener umhüllter und organischer Stickstoffdünger

Die Vorversuche aus den Jahren 2016 und 2017 haben gezeigt, dass die Laufzeit und das Nährstofffreisetzungverhalten einen großen Einfluss auf den Kulturerfolg haben. Durch die Erkenntnisse der vorangegangenen Versuche wurden die Laufzeiten mit 8-9 Monate der mineralischen Dünger gewählt und die organischen Dünger Hornspäne und Schafwollpellets mit Horngrieß gemischt.

Als Versuchspflanzen wurden *Lonicera nitida* 'Maigrün' am 16. 4. 2018 in zwei verschiedene Substrate (reines Torfsubstrat, torffreies Substrat) getopft und mit unterschiedlichen Düngern versorgt. Substratzusammensetzungen und Nährstoffgehalte sind in Tabelle 9 aufgeführt. Neben den praxisüblichen ummantelten NPK-Düngern Osmocote Exact Standard 15-9-11 und Nutricote 15-9-10 wurden ummantelter Harnstoff Osmocote 40-0-0, ummantelter Kalksalpeter Nutricote 12-0-0, Hornspäne und Schafwollpellets eingesetzt. Im Torfsubstrat wurde bei den reinen Stickstoffdüngern P und K flüssig gedüngt, bei dem torffreien Substrat, das einen hohen Vorrat an P und K besaß, wurde darauf verzichtet. Der vollständige Versuchsplan ist in Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 9: Substratzusammensetzungen und Nährstoffgehalte der Versuchssubstrate zu Versuchsbeginn

Bezeichnung	Zusammensetzung	Vol.-Gew. (trocken) g/l	pH-Wert (CaCl ₂)	Salz (dest.H ₂ O) als KCl mg/l	NH ₄ -N (CAT) mg/l	NO ₃ -N (CAT) mg/l	P ₂ O ₅ (CAT) mg/l	K ₂ O (CAT) mg/l
Kontrolle	100 % Torf (+2 g/l Kalk)	163	4,9	336	15	5	0	29
Substrat 25, Torffrei	30% Kompost, 30% Holzfaser, 25% Kokosmark, 15% Kokosfaser. Ohne N-Ausgleichsdüngung	222	6,8	1550	2	2	106	926

Tabelle 10: Versuchsplan

	Substrat	Dünger	Dünger g/l		N, mg/l
1.	Kontrolle Torf	Osmocote Exact Standard 8-9M, 15-9-11+Sp.	--	4,0	600
2.	Kontrolle Torf	Osmocote 8-9M, 40-0-0, umm. Harnstoff	--	1,5	600
3.	Kontrolle Torf	Nutricote T140, 15-9-10+Sp.	--	4,0	600
4.	Kontrolle Torf	Nutricote T140, 12-0-0, umm. Kalksalpeter	--	5,0	600
5.	Kontrolle Torf	Horngrieß 14-0-0 + Hornspäne 14-0-0	2,2	2,2	300 + 300
6.	Kontrolle Torf	Horngrieß 14-0-0 + Hornspäne 14-0-0	3,3	3,3	450 + 450
7.	Kontrolle Torf	Horngrieß 14-0-0 + Hornspäne 14-0-0	4,4	4,4	600 + 600
8.	Kontrolle Torf	Horngrieß 14-0-0 + Schafwollpell. 10-0-0	2,2	3,0	300 + 300
9.	Kontrolle Torf	Horngrieß 14-0-0 + Schafwollpell. 10-0-0	3,3	4,5	450 + 450
10.	Kontrolle Torf	Horngrieß 14-0-0 + Schafwollpell. 10-0-0	4,4	6,0	600 + 600
11.	S. 25 torffrei	Osmocote Exact Standard 8-9M 15-9-11+Sp.	--	4,0	600
12.	S. 25 torffrei	Osmocote 40-0-0 8-9M, umm. Harnstoff	--	1,5	600
13.	S. 25 torffrei	Nutricote T140 15-9-10+Sp.	--	4,0	600
14.	S. 25 torffrei	Nutricote T140 12-0-0, umm. Kalksalpeter	--	5,0	600
15.	S. 25 torffrei	Horngrieß 14-0-0 + Hornspäne 14-0-0	2,2	2,2	300 + 300
16.	S. 25 torffrei	Horngrieß 14-0-0 + Hornspäne 14-0-0	3,3	3,3	450 + 450
17.	S. 25 torffrei	Horngrieß 14-0-0 + Hornspäne 14-0-0	4,4	4,4	600 + 600
18.	S. 25 torffrei	Horngrieß 14-0-0 + Schafwollpell. 10-0-0	2,2	3,0	300 + 300
19.	S. 25 torffrei	Horngrieß 14-0-0 + Schafwollpell. 10-0-0	3,3	4,5	450 + 450
20.	S. 25 torffrei	Horngrieß 14-0-0 + Schafwollpell. 10-0-0	4,4	6,0	600 + 600

Bei den regelmäßigen visuellen Bonituren waren bei den Pflanzen im reinen Torfsubstrat kaum Unterschiede zu erkennen (Abbildung 19). Die Pflanzen im torffreien Substrat wurden überraschend hell und blieben auffallend klein, auch in der Kontrollvariante in Versuchsglied 1 mit Osmocote Exact Standard (Abbildung 20). Das wurde auf eine außergewöhnlich hohe Stickstoffimmobilisierung zurückgeführt, da keine N- Ausgleichsdüngung in dem torffreien Substrat vorgenommen wurde. Ein Brutversuch ergab eine N- Bindung in Höhe von 54 mg/l, aber unter den Praxisbedingungen im Versuch kann die Stickstoffimmobilisierung deutlich höher gewesen sein. Die torffreien Pflanzen blieben bis Anfang August relativ hell und klein, dann wurden sie dunkler und der Bestand schloss sich, so dass keine Unterschiede mehr erkennbar waren



Abbildung 19: Versuchsglieder 1 – 5 (v.l.) im Torfsubstrat am 19.06.18



Abbildung 20: Versuchsglieder 1 – 5 (v.l.) im torffreien Substrat am 19.06.18

Die Ergebnisse der Frischmassen zu Versuchsende bestätigten die Beobachtungen der regelmäßigen visuellen Bonituren. Die Pflanzen im Torfsubstrat hatten deutlich höhere Frischgewichte als die im torffreien Substrat, in dem deutliche Symptome von Stickstoffmangel aufgetreten waren (Abbildung 21 und Abbildung 22).

Mit ummanteltem Harnstoff waren die Ergebnisse ähnlich wie mit Osmocote Exact oder Nutricote 15-9-10. Die Pflanzen mit dem ummantelten Kalksalpeter Nutricote 12-0-0 hatten trotz der beobachteten Wachstumsdepressionen im Juni/Juli zu Versuchsende ein etwas höheres Frischgewicht, vor allem im Torfsubstrat. Mit den stickstoffgleichen Aufwandmengen von Hornspänen beziehungsweise Schafwollpellets war das Wachstum ähnlich oder tendenziell etwas schwächer, aber mit steigenden Aufwandmengen deutlich besser.

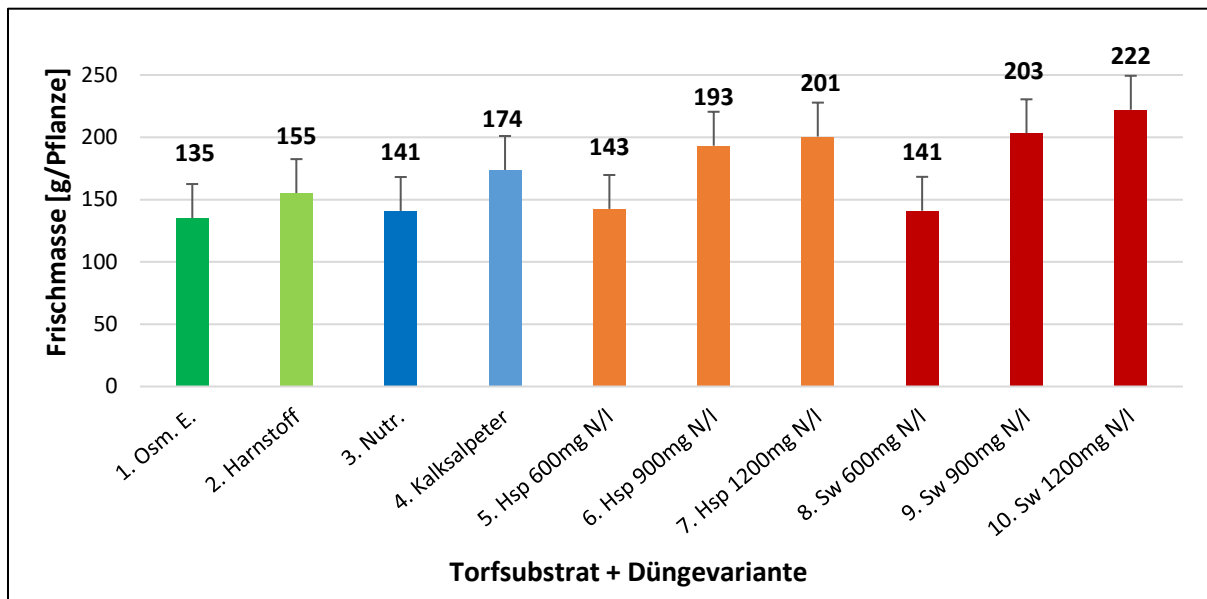


Abbildung 21: Frischmassen von *Lonicera* zu Versuchsende Mittelwerte der Varianten (n=40). Gleiche Farbgruppen stellen vergleichbare Produkte dar, das Standardprodukt ist jeweils mit der dunklen Säulenfarbe gekennzeichnet.

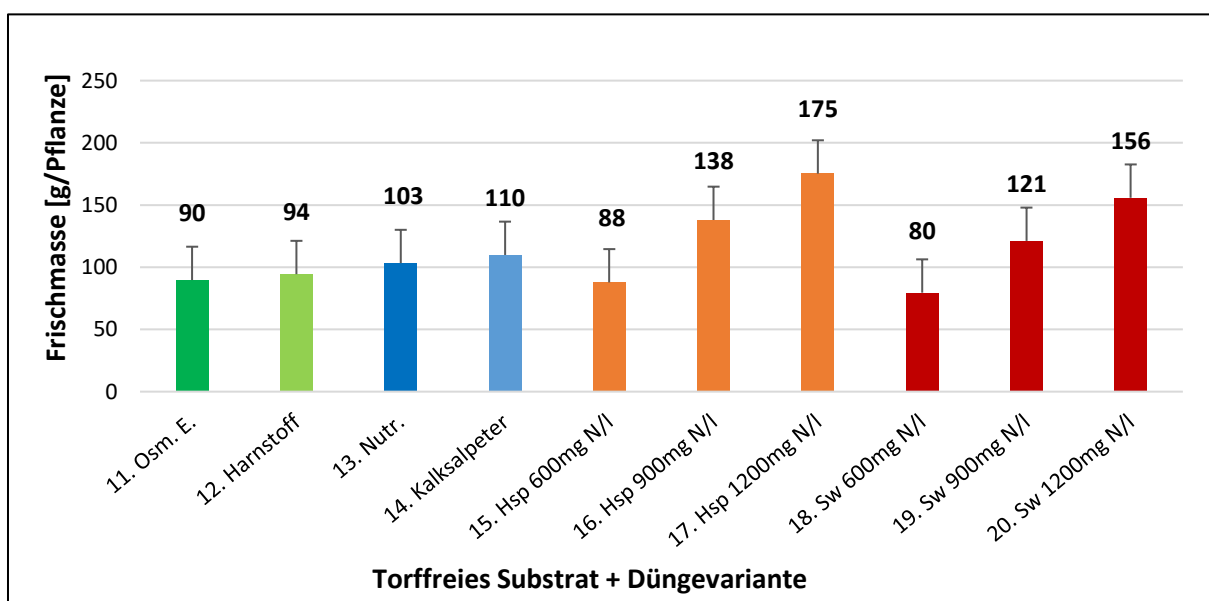


Abbildung 22: Frischmassen von *Lonicera* zu Versuchsende. Mittelwerte der Varianten (n=40). Gleiche Farbgruppen stellen vergleichbare Produkte dar, das Standardprodukt ist jeweils mit der dunklen Säulenfarbe gekennzeichnet.

Unter den Versuchsbedingungen und den außergewöhnlich heißen Temperaturen im Sommer 2018 war eine reine Stickstoffdüngung von *Lonicera* in einem torffreien Substrat mit erheblichen Phosphat- und Kaliumgehalten erfolgreich. Durch eine unerwartet starke Stickstoffimmobilisierung des Substrates war das Wachstum zwar insgesamt relativ schwach, aber die Pflanzen ohne P- und K-Düngung wuchsen genauso stark wie die, die mit ummantelten NPK-Düngern Osmocote Exact beziehungsweise Nutricote 15-9-10 versorgt waren, oder noch besser.

Mit den organischen Stickstoffdüngern wurden wesentlich bessere Ergebnisse erzielt als bei einem ähnlichen Versuch im Vorjahr (2017). Durch eine Mischung mit dem relativ schnell wirkenden Horngrieß war eine gute Startdüngung zu verzeichnen, und in den Varianten mit erhöhter Gesamtgabe an Stickstoff (das 1,5- oder 2- fache der Düngung mit den ummantelten Mineraldüngern) war das Wachstum sogar deutlich besser.

Stecklingsvermehrung in torffreien Substraten

Für eine torffreie Pflanzenproduktion müssen auch torffrei produzierte Jungpflanzen zur Verfügung stehen. Stecklinge von *Spiraea* bewurzeln sehr leicht, es sollte daher in keinem Substrat große Probleme geben. *Rhododendron* bewurzelt deutlich langsamer und sind daher anfälliger für Ausfälle und zu trockene Substrate oder Staunässe. Dabei bewurzelt die Sorte 'Cunningham's White' deutlich leichter als die Sorte 'Roseum Elegans'. Das Substrat sollte den Stecklingsfuß ausreichend feucht halten und gut zu handhaben sein.

Stecklinge von *Spiraea* 'Little Princess' und *Rhododendron* 'Cunningham's White' bzw. 'Roseum Elegans' wurden im August 2016 in torffreie und torfbasierte Substrate gesteckt (Tabelle 11) und praxisüblich behandelt. Im Laufe des Winters wurde die Bewurzelung bonitiert und die Qualität der Stecklinge festgestellt.

Tabelle 11: Substratmischungen und pH-Werte

Nr.	Zusammensetzung	pH-Wert zu Beginn
1.	Torf : Perlit (1 : 1)	3,6
2.	Kokosmark : Perlit (1: 1)	5,0
3.	Kokosmark	4,9
4.	Holzfaser : Perlit (1 : 1)	4,8
5.	Holzfaser	4,3
6.	Steckmedium Azerca (85 % Torf, 15 % Perlit)	3,9

Unter den Versuchsbedingungen hatten die Stecklinge im Kokosmarksubstrat und im Kokosmark-Perlit-Substrat eine ebenso gute Qualität wie im torfbasierten Azerca-Steckmedium. Dies galt sowohl für *Spiraea* als auch für *Rhododendron* (Bsp. Abbildung 23). In der Handhabung waren diese Substrate ebenfalls gut, wobei zu beachten ist, dass das Kokosmarksubstrat im feuchten Zustand sehr schwer ist. Interessant ist, dass der unterschiedliche pH-Wert von 3,9 im Azerca-Steckmedium und um 5,0 in den beiden Kokosmark-Substraten sich nicht sichtlich auf die Stecklingsqualität ausgewirkt hat. In den Varianten mit Holzfaser konnten unter den gegebenen Bedingungen keine ausreichenden Anzahlen Jungpflanzen in guter Qualität produziert werden. Hier bewurzeln die Pflanzen vermutlich aufgrund der physikalischen Eigenschaften schlechter. Eine Verbesserung könnte erzielt werden, indem die Pflanzen länger unter dem Folientunnel verbleiben und später öfter bewässert werden. Die Substrate waren jedoch auch in der Handhabung schwierig, sodass diese Mischungen sich generell schlechter für die Stecklingsproduktion in Trays eignen. Damit ist eine weitere Betrachtung unter geänderten Kulturbedingungen nicht sinnvoll.

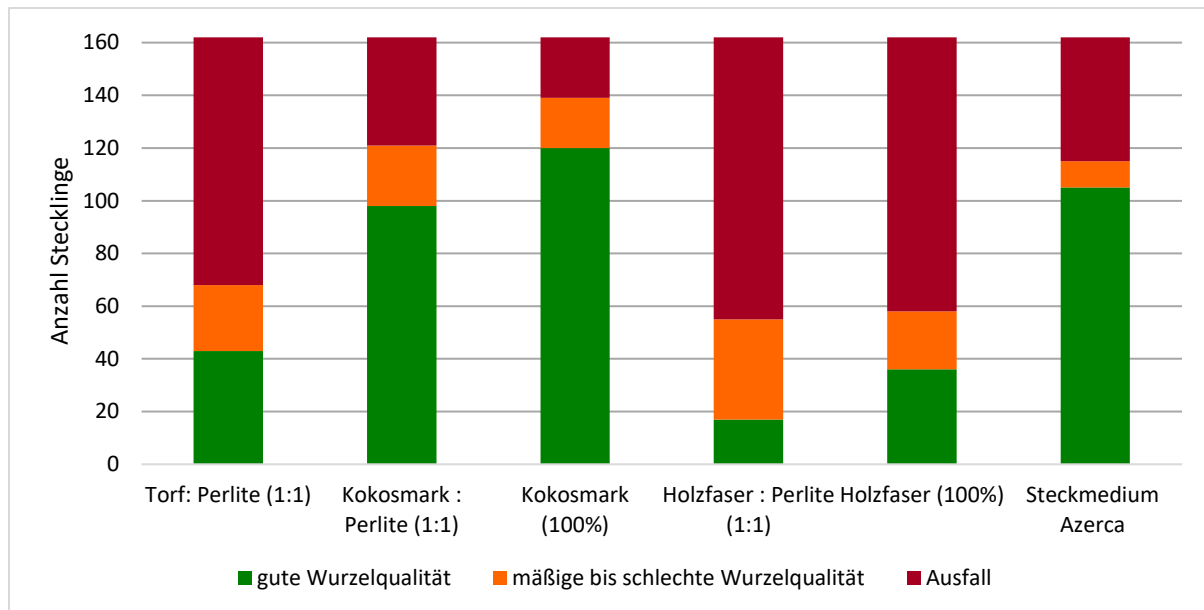


Abbildung 23: Wurzelqualität von *Rhododendron*-Stecklingen der Sorte 'Roseum Elegans'. Unterschiedliche Gesamtzahlen der Stecklinge sind auf unterschiedlich hohe Ausfallraten zurückzuführen. Anzahl gesteckter Stecklinge: 162 je Variante

In der Handhabung ist das Kokosmark-Perlit-Substrat wahrscheinlich am besten, da die angegossenen Platten nicht so schwer sind und nicht die Gefahr besteht, dass die Platte bricht. Zudem sorgt der Perlit-Anteil dafür, dass das Substrat ausreichend belüftet ist, sodass auch bei einer stärkeren Bewässerung der Wasser-Luft-Haushalt des Substrates ausgeglichen bleibt.

Kultur von *Lavandula angustifolia* 'Hicote Blue' in torffreien Substraten

Wie gut torffreie Substrate für die Kultur von *Lavandula angustifolia* 'Hidcote Blue' geeignet sind, wurde in einem Kulturversuch mit drei unterschiedlichen torffreien Substraten getestet. *Lavandula* ist anfällig gegenüber Erregern von Wurzelkrankheiten, wie *Pythium* und *Phytophthora*, daher benötigen *Lavandula* ein Substrat mit guten Drainageeigenschaften. Einige Torfersatzstoffe drainieren sehr stark, ein torfgeduziertes oder torffreies Substrat kann also in hohem Maße passend für die Kultur von *Lavandula* sein. Es wurden am 31.03.2017 wurden *Lavandula angustifolia* 'Hidcote Blue' in mit vier unterschiedlich Substrate in 2-Liter-Container getopft (Tabelle 12).

Tabelle 12: Varianten mit Substratzusammensetzungen. (Angaben in Vol.-%).

Substrate und Zusammensetzung	Kalkgabe: g/Liter	pH-Wert
Substrat 1 Kontrollsubstrat LVG, 100 % Weißtorf	9 g/ Liter	6,4
Substrat 3 30 % Kokosmark, 30 % Xylit, 20 % Blähton, 20 % Holzfaser, 20% Holzspäne	2 g/Liter	6,3
Substrat 15 40 % Holzfaser, 25 % Kokosmark, 20 % Kompost, 15 % Kokosfasern, 20 kg/m ³ Tongranulat	--	6,3
Substrat 11 40 % Kokosmark, 30 % Holzfaser, 20 % Blähton, 20 % Kompost	--	6,3

Nach einer Kulturzeit von neun Wochen waren die Pflanzendurchmesser der *Lavandula angustifolia* 'Hidcote Blue' in den 4 Substraten des Versuches nicht signifikant unterschiedlich. Die gerundeten Mittelwerte in allen Varianten betragen 27 cm Pflanzendurchmesser (Abbildung 24).

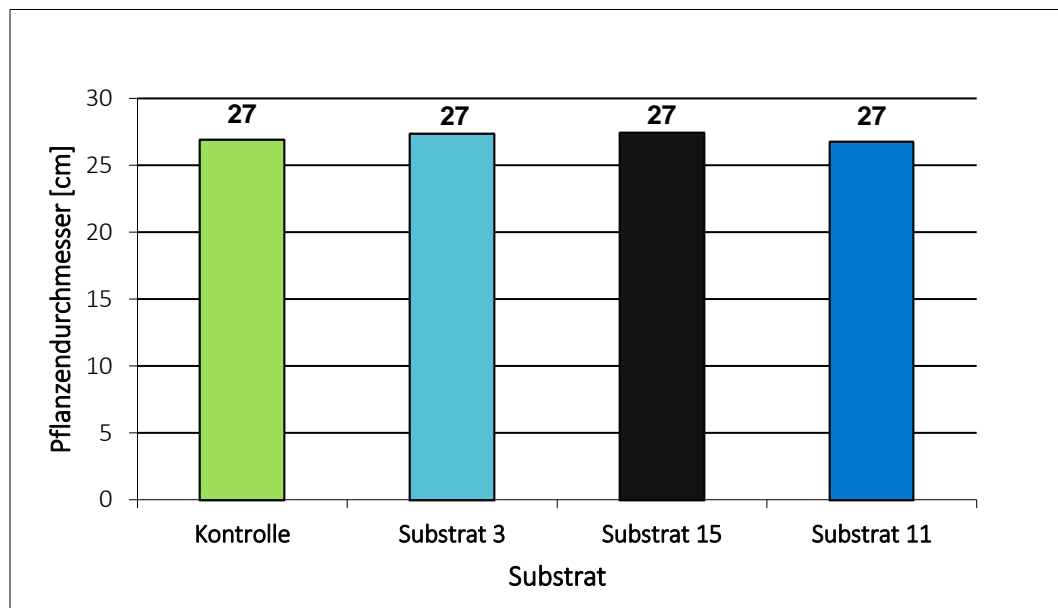


Abbildung 24: Pflanzendurchmesser zu Versuchsende am 31.05.2017.

Die Wurzelbonitur zu Versuchsende zeigte keine Unterschiede in der Wurzelbildung der *Lavandula angustifolia* 'Hidcote Blue' zwischen den torffreien Substraten und dem Kontrollsubstrat (Abbildung 25).

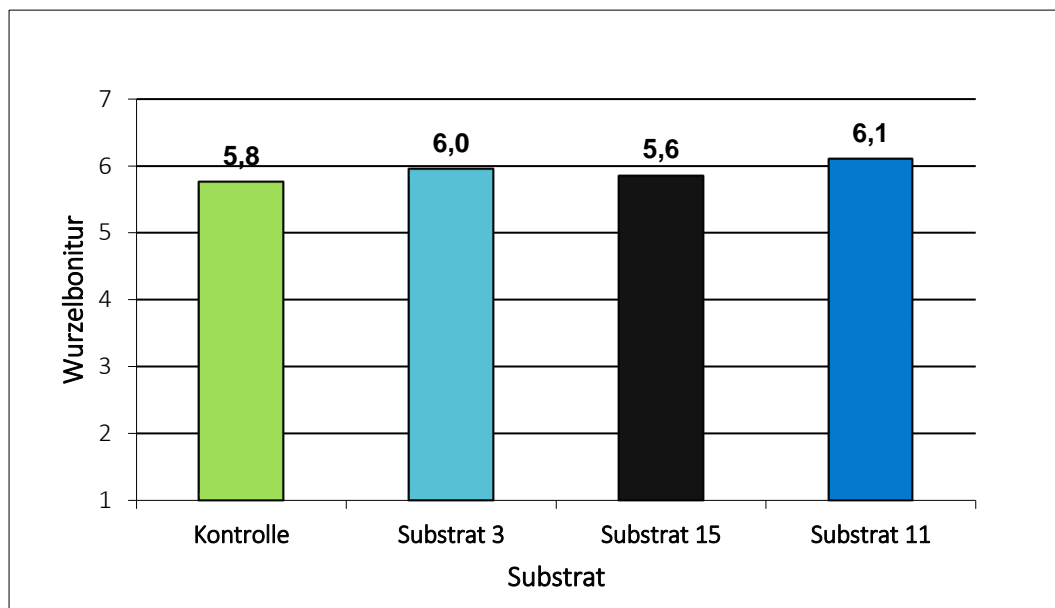


Abbildung 25: Wurzelbonitur zu Versuchsende am 07.06.2017. (Boniturnoten 1-9, 1= keine Wurzel sichtbar, 9= sehr dichte Durchwurzelung)

Unter den Versuchsbedingungen war es möglich *Lavandula angustifolia* 'Hidcote Blue' in torffreien Substraten zu kultivieren. Das Wachstum der *Lavandula angustifolia* 'Hidcote Blue' zeigte keine signifikanten Unterschiede im Pflanzendurchmesser in allen Substraten. Das deutet auf die gute Eignung der torffreien Substrate hin.

Kultur von *Taxus baccata* 'Renke`s Kleiner Grüner' in torffreien Substraten in der Baumschule zur Mühlen

In der Baumschule zur Mühlen werden *Taxus baccata* der Sorte 'Renke`s Kleiner Grüner' in verschiedenen Größen produziert. Durch die Zusammenarbeit mit dem Projekt TeiGa wurde der Annahme nachgegangen, ob durch Einsatz von torffreien Substratmischungen, die eine lockere Struktur und gute Drainageeigenschaften haben, die Pflanzen- und Wurzelqualität verbessert werden kann.

Als Versuchspflanzen wurden am 28.04.2017 *Taxus baccata* 'Renke`s Kleiner Grüner' aus 0,5-Liter-Töpfen in 2-Liter-Container getopft. Dazu wurden zwei unterschiedliche torffreie Substrate und das betriebsübliche Substrat der Baumschule zur Mühlen verwendet (Tabelle 13). Die Düngung erfolgte für alle Substrate mit 3,5 g/l Osmocote Exact Hi.End 5-6 M.

Tabelle 13: Substratzusammensetzungen.

Substrate	Zusammensetzung
Kontrolle:	80 % Torf, Pinienrinde und Holzfasern
Substrat 3	30 % Kokosmark, 30 % Xylit, 20 % Blähton, 20 % Holzspäne
Substrat 4	50 % Kokosmark, 50 % Holzfaser (fein, gefärbt)

Der Versuch wurde auf einer Containerstellfläche der Baumschule zur Mühlen in Bad Zwischenahn-Aschhausen aufgestellt. Der Versuchsaufbau bestand aus 30 Pflanzen in den zwei verwendeten torffreien Versuchssubstraten und 180 Pflanzen, die in die betriebsübliche Substratmischung als Kontrolle getopft wurden. Der Versuch wurde ohne Wiederholungen und Randomisierung angelegt. Die Fläche war mit einer wasserundurchlässigen Folie und einem Bändchengewebe abgedeckt und wurde mit Kreisregnern bewässert. Nachdem die Taxus anfangs dicht an dicht standen wurden sie Anfang Juni auf Endabstand gerückt. Es fanden regelmäßige Bonituren im Versuchsverlauf statt. Am 30.05.2017 wurde die Einwurzelung dokumentiert (Abbildung 26), am 05.07.2017 der Zuwachs und die Wurzelbildung bonitiert und am 04.10.2017 wurde der Versuch ausgewertet.

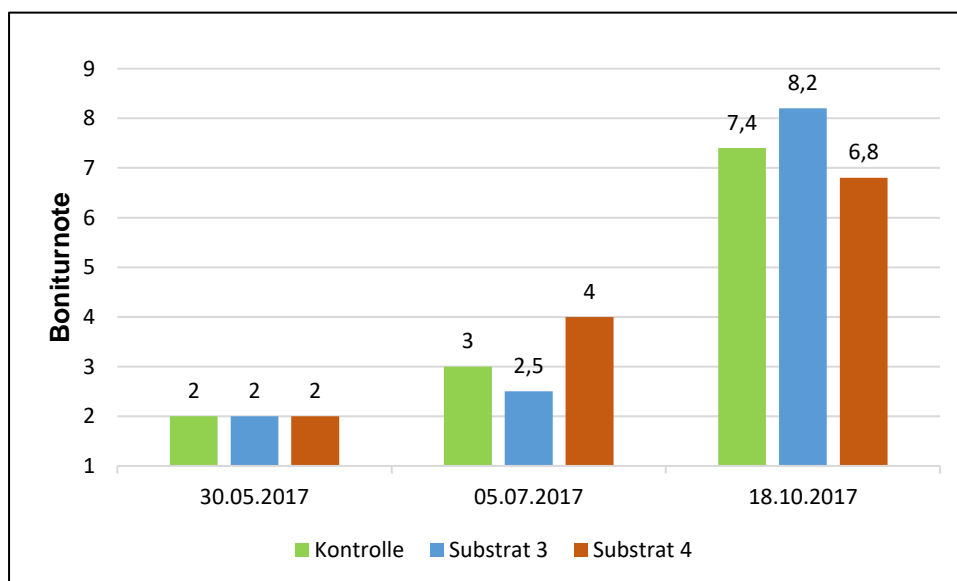


Abbildung 26: Bonitur der Einwurzelung an den Terminen 30.05. und 05.07. und 18.10.2017. (Boniturnoten: 1= keine Wurzelbildung, 9= Topf voll durchwurzelt)

Für die Ermittlung der Verkaufsqualitäten wurden die Versuchspflanzen in die Größen 20/25 und 25/30 sortiert und die Mengen der jeweiligen Gruppe erfasst. Die prozentuale Auswertung ist in Abbildung 27 dargestellt. Im betriebsüblichen Substrat erlangten 60 % die Verkaufsgröße 25/30, wobei in den torffreien Substraten 87 % und 90 % die Verkaufsgröße 25/30 erlangten.

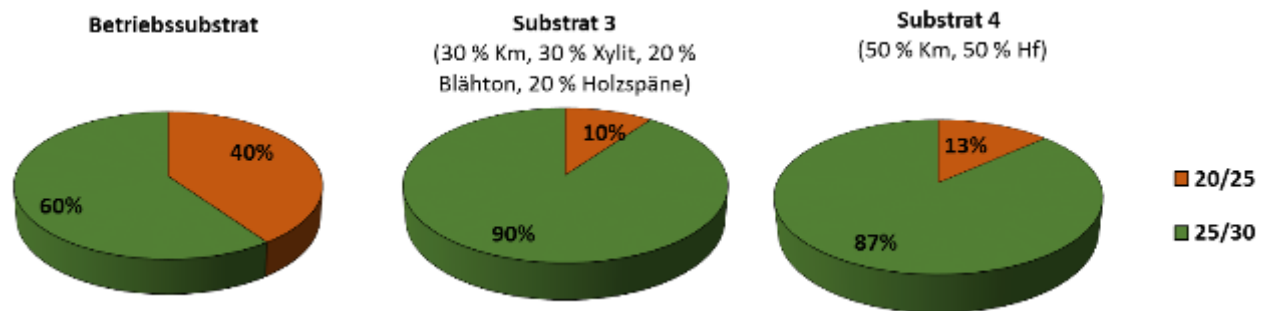


Abbildung 27: Prozentuale Aufteilung der Verkaufsgößen 20/25 und 25/30 der Taxus zu Versuchende am 18.10.2017.

Das Größenwachstum der *Taxus baccata* 'Renke's Kleiner Grüner' war in den torffreien Substraten zu Versuchende besser als im Kontrollsubstrat. Das stärkere Wachstum war bereits zum ersten Boniturtermin am 05.07.2017 erkennbar. Dies könnte der Einfluss der Ausgleichsdüngung der torffreien Substrate für die Stickstoffimmobilisierung der Substratbestandteile (Holzfasern) sein. Dadurch war früh im Kulturverlauf eine Stickstoffversorgung vorhanden, die einen Wachstumsvorsprung gegenüber dem Kontrollsubstrat begünstigt haben kann. Diese Vermutung lässt sich jedoch nicht anhand der Nährstoffanalysen zu Kulturbeginn und während des Kulturverlaufes belegen. Dieser Kulturversuch im Jahr 2017 brachte ca. 30 % mehr Pflanzen in einer stärkeren Verkaufsqualität hervor. Dieser Vorteil spricht sehr für die Verwendung torfreier Substrate wirft aber auch die Frage auf, ob mit einer angepassten Düngung das gleiche Ergebnis auch in dem torfhaltigen Betriebssubstrat erzielt werden kann.

Haltbarkeit von Containerpflanzen im Verkauf (Shelf life)

Die verbreitete Meinung, dass torffreie und torfgeduzierte Substrate, die häufig eine geringere Wasserkapazität haben als Torfsubstrate, die Pflanzen im Endverkauf und auch nach dem Pflanzen schlechter mit Wasser versorgen können war Anlass dieses Versuches. Die Haltbarkeit (Shelf life) wurde am Beispiel von *Spiraea japonica* 'Little Princess' und *Rosa* 'The Fairy' untersucht.

Topftermin war der 09.05.18 (*Rosa* 'The Fairy') und der 11.05.18 (*Spiraea japonica* 'Little Princess'). Die Zusammensetzung der Substrate und der eingemischten Dünger sind in

Tabelle 14 aufgeführt. Die Substrate wurden im Projekt fortlaufend Nummeriert. Die Substrate 21 und 22 wurden für die Betriebe der Praxisphase 2018 entwickelt und wurden dafür auf die Kontrollsubstrate der Baumschulbetriebe abgestimmt mit Depotdünger bevorratet.

Tabelle 14: Versuchssubstrate mit Angabe der Zusammensetzung in Vol.- % und Düngergabe

Bezeichnung	Zusammensetzung	Düngung
Kontrolle	100 % Torf	4 g/l Osmocote Excact Standard 5-6M
Substrat 21	40 % Torf, 20 % Hf, 15 % Xylit, 15 % Blähton, 10 % Ton	4 g/l Osmocote Excact Standard 8-9M
Substrat 22	25 % Km, 25 % Xylit, 25 % Hf, 15 % Blähton, 10 % Ko	3,5 g/l Osmocote Pro 5-6M
Substrat 25	30 % Kompost, 30 % Hf, 25 % Km, 15 % Kf	4 g/l Osmocote Excact Standard 5-6M
Substrat 5	40 % Hf, 30 % Rh, 20 % Ko, 10 % Km	4 g/l Osmocote Excact Standard 5-6M
Substrat 24	40 % Hf, 40 % Km, 20 % Pinienrinde	4 g/l Osmocote Excact Standard 5-6M

(Hf= Holzfaser, Km= Kokosmark, Ko= Kompost, Kf= Kokosfaser, Rh= Rindenumus)

Zu Versuchsbeginn wurde die Substratphysik der geprüften Substrate nach DIN EN 13041 untersucht (Tabelle 15). Sie zeigte bei den torffreien Substraten eine zum Teil deutlich geringere Wasserkapazität als in der Kontrolle aus Torf. Das Substrat 22 wies dabei den größten Unterschied zur Kontrolle mit 16 Vol.- % weniger Wasserkapazität auf.

Tabelle 15: Ausgewählte Parameter der Substratphysikuntersuchung nach DIN EN 13041

Substrate	Luftkapazität (Vol.- %)	Wasserkapazität (Vol.- %)	Substanzvolumen (Vol.- %)	Schrumpfung (Vol.- %)
Kontrolle	24	67	9	27
Substrat 21	25	61	14	16
Substrat 22	38	51	11	12
Substrat 25	29	60	11	35
Substrat 5	30	57	13	19
Substrat 24	35	59	6	14

Für die Vorkultur zur Haltbarkeitsprüfung wurden mehr Pflanzen herangezogen als später benötigt wurden. Die Vorkultur fand auf einer Containerstellfläche mit einheitlicher Bewässerung aller Versuchssubstrate statt. Die Bonituren im Kulturverlauf zeigten keine Unterschiede im Pflanzenwachstum. Am 28.06.18 wurden alle Varianten der *Rosa* 'The Fairy' gestutzt, die *Spiraea japonica* 'Little Princess' wurden nicht gestutzt.

Für die Haltbarkeitsprüfung wurden aus jeder Substratvariante 40 möglichst gleichmäßig große Pflanzen ausgewählt, dabei wurden aus den torffreien und torfreduzierten Substraten vorrangig die kleineren Pflanzen und aus dem Torfkontrollsubstrat die zu großen Pflanzen verworfen. Es wurde eine möglichst einheitliche Pflanzengröße über alle Substratvarianten einer Pflanzengattung angestrebt. Zur Kontrolle der Massebildung der Versuchspflanzen wurden im Nachgang des Haltbarkeitsversuches die Trockengewichte der oberirdischen Pflanzenmasse ermittelt.

Zu Beginn des Haltbarkeitstestes wurden die kulturfeuchten Substratballen für 15 Sekunden vollständig in Wasser getaucht und nach kurzer Abtropfzeit in einem Versuchsgewächshaus auf Mobiltischen in einer randomisierten Blockanlage mit Randpflanzen aufgestellt (Abbildung 28).



Abbildung 28: Links Rosa 'The Fairy' und rechts *Spiraea japonica* 'Little Princess' am 20.08.2018 im Gewächshaus der LVG Bad Zwischenahn.

Die Bonitur der Haltbarkeit wurde vom 15.09. – 29.09.18 jeden Morgen zwischen 8.00 Uhr und 9.00 Uhr erfasst. Dazu wurde in vier Stufen der Zustand der Pflanzen bonitiert:

- 1= Pflanze turgeszent
- 2= Pflanze zeigt Welkesymptome
- 3= Starke Welkesymptome (Blätter angelegt)
- 4= Blätter vertrocknet (evtl. Blattfall)

In Abbildung 29 und Abbildung 30 ist der zeitliche Verlauf der Haltbarkeitsprüfung abgebildet. Auf der X-Achse ist ein Auszug der 14-tägigen Bonituren dargestellt. Die Y-Achse zeigt die Bonitur der Welkezustände in den Noten 1 – 4.

Die ersten Welkesymptome setzten bei den *Spiraea japonica* 'Little Princess' ab dem 6. Tag und bei den Rosa 'The Fairy' ab dem 7. Tag ein. Die Welke bis zum Eintrocknen der Blätter verlief bei den Versuchspflanzen innerhalb von 6 – 7 Tagen in den Versuchssubstraten.

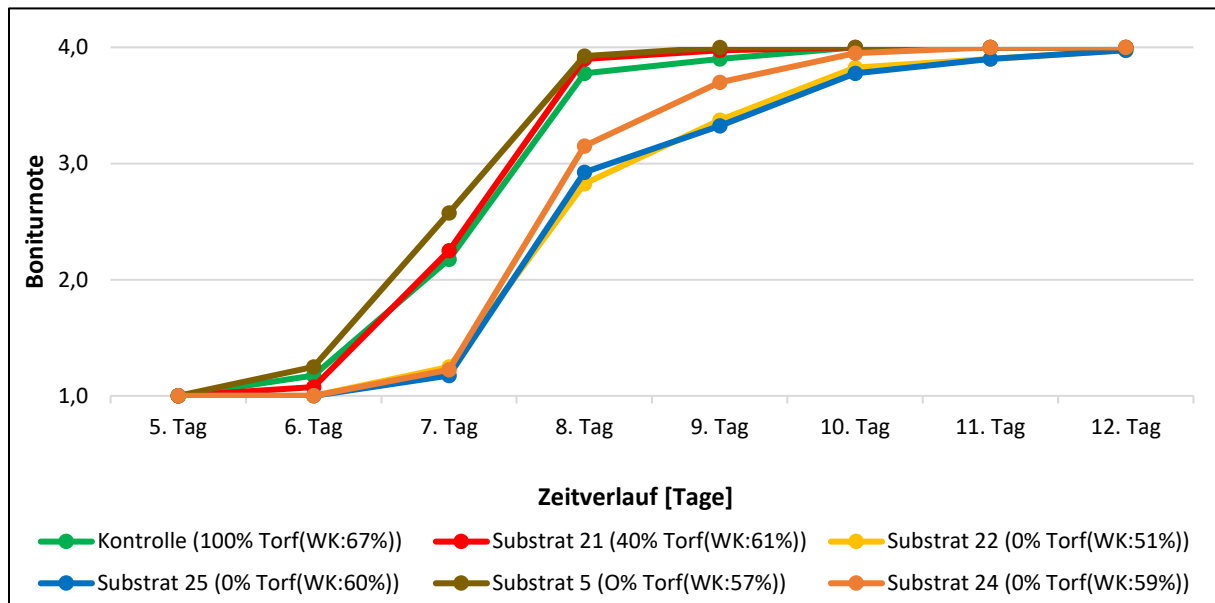


Abbildung 29: Verlauf der Haltbarkeit von *Spiraea japonica* 'Little Princess'. Boniturnoten: 1= Pflanze turgeszent; 2= Pflanze zeigt Welkesymptome; 3= starke Welkesymptome (Blätter angelegt); 4= Blätter vertrocknet (evtl. Blattfall).

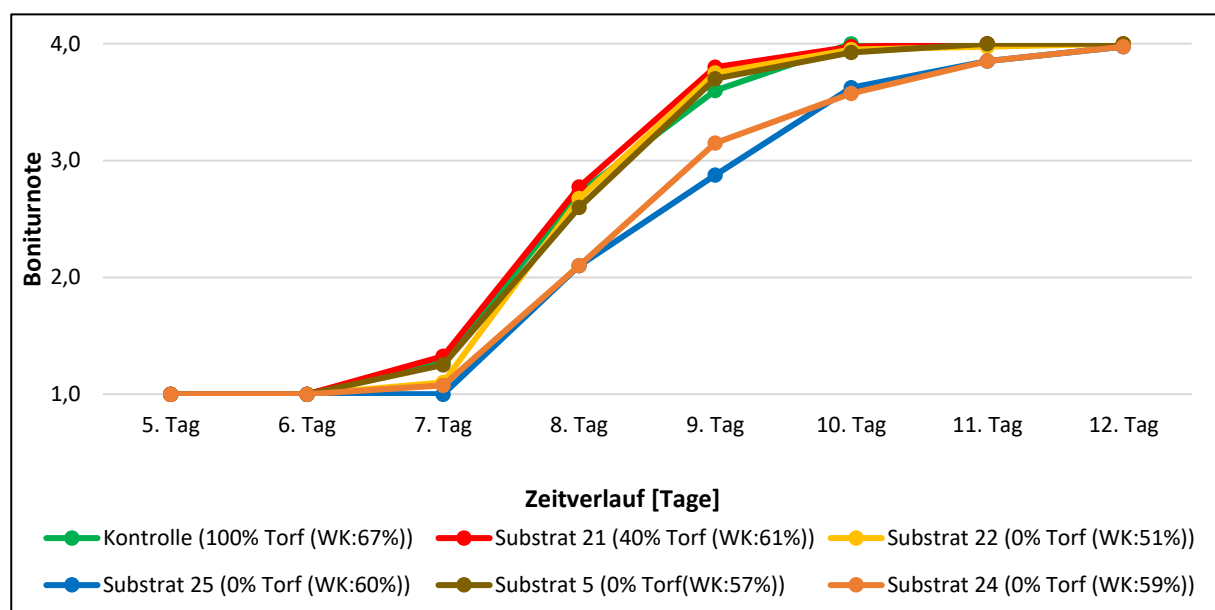


Abbildung 30: Verlauf der Haltbarkeit von *Rosa* 'The Fairy'. Boniturnoten: 1= Pflanze turgeszent; 2= Pflanze zeigt Welkesymptome; 3= starke Welkesymptome (Blätter angelegt); 4= Blätter vertrocknet (evtl. Blattfall).

Die Ergebnisse der Pflanzentrockenmassen der *Spiraea japonica* 'Little Princess' und *Rosa* 'The Fairy' sind in Abbildung 31 und Abbildung 32 dargestellt. Die Pflanzen in den torffreien und torfreduzierten Substraten hatten alle signifikant geringere Sprosstrockenmassen als die Kontrollpflanzen im Torfsubstrat.

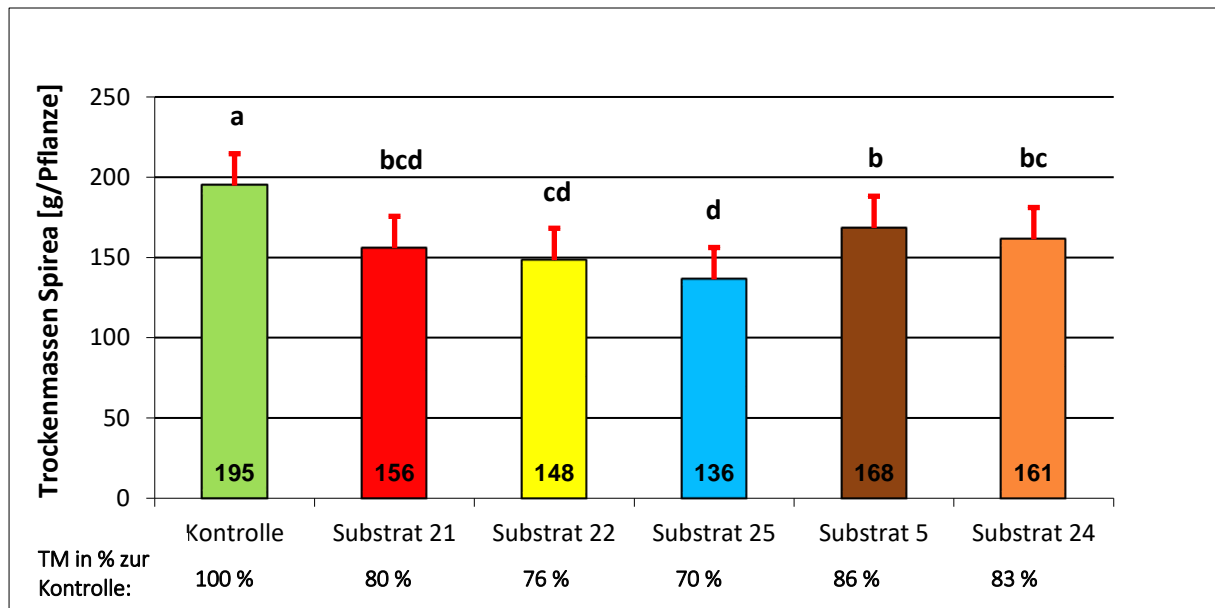


Abbildung 31: Trockenmassen von *Spiraea japonica* 'Little Princess' nach Haltbarkeitsprüfung in g/Pflanze. (GD_{0,05} Tukey-Test = 19,86)

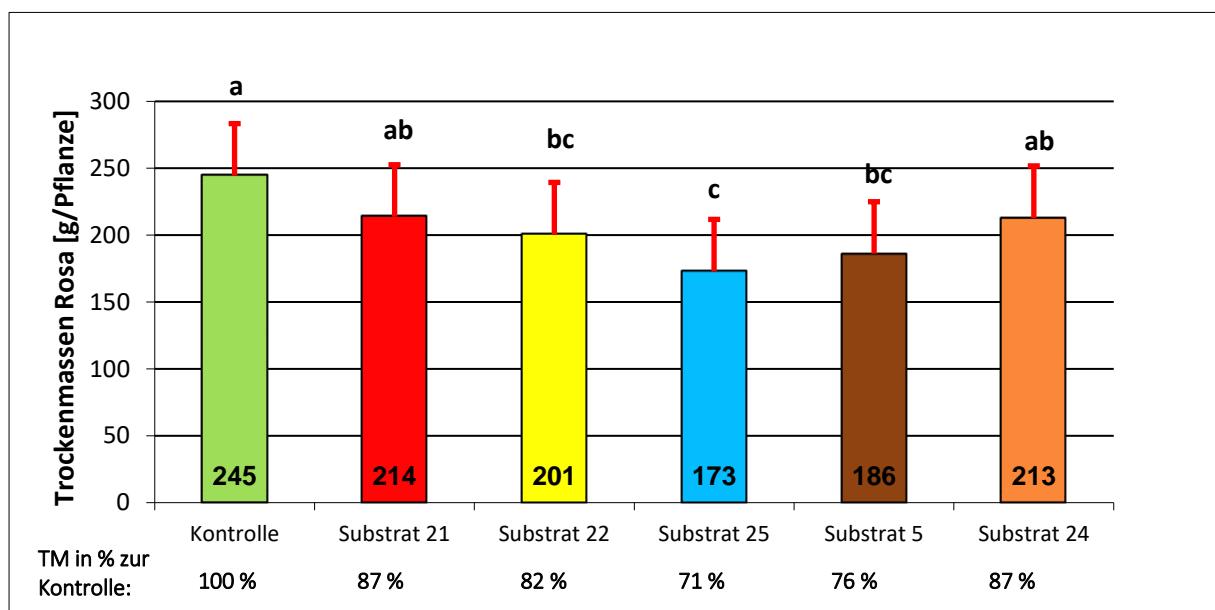


Abbildung 32: Trockenmassen von *Rosa* 'The Fairy' zu Versuchsende. (GD_{0,05} Tukey-Test = 38,86)

Die verwendeten Substrate des Versuches wiesen sehr unterschiedliche Wasserkapazitäten von 51 % – 61 % bei den Versuchssubstraten im Vergleich zu 67 % im reinen Torfsubstrat auf. Diese können auf die jeweilige Zusammensetzung der Substrate aber auch auf die Qualität der Ausgangsstoffe zurückgeführt werden. Die Ergebnisse der Pflanzenmassebildung zeigt für beide Pflanzengattungen einen vergleichbaren Trend.

Der Einfluss einzelner Substratbestandteile kann im Versuch eine bessere Haltbarkeit beeinflusst haben. Die torffreien Substrate 22, 25 und 24 mit einem Kokosmarkanteil von ≥ 25 % zeigten eine bessere Haltbarkeit gegenüber den Substraten 21 und 5 mit Kokosmarkanteilen ≤ 10 %. Bezieht man jedoch die Trockenmasse Ergebnisse der Pflanzen mit ein zeigt sich nur eine Tendenz zur besseren Haltbarkeit bei einem Kokosmarkanteil von 40 Vol.-%.

Der Haltbarkeitstest zeigt deutlich, dass der Vergleich zwischen Pflanzen aus Torfsubstraten und torffreien Substraten stark vom gleichmäßigen Wachstum abhängen. Auch die augenscheinlich vergleichbare Pflanzengröße zu Anfang des Haltbarkeitsversuches lässt keinen Vergleich zu. Die Ermittlung der Trockenmassen zeigt, dass größere Pflanzen in Torfsubstraten vergleichbar lang mit kleineren Pflanzen in torffreien und -reduzierten Substraten ohne Bewässerung haltbar sind.

Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass Unterschiede in der Haltbarkeit von Pflanzen in Torfsubstraten und torffreien und -reduzierten Substraten bestehen.

Torffreie und -reduzierte Substrate für *Calluna*

Im Gartenbau stellen Kulturen, die einen niedrigen pH-Wert für ein gutes und gesundes Wachstum bevorzugen, einen besonderen Anspruch an das Kultivieren in torfreduzierten und torffreien Substraten. Eine Möglichkeit den pH-Wert abzusenken ist das Einmischen von elementarem Schwefel in das Substrat. Der eingemischte Schwefel wird dabei durch Schwefel oxidierende Bakterien in Schwefelsäure umgewandelt, die das basisch wirkende Calciumcarbonat neutralisiert. Dieser Prozess ist jedoch sehr abhängig von Temperatur und Feuchtigkeit.

In vorhergehenden Versuchen wurde bei einem Teil der Substrate, bei denen eine pH-Absenkung durch Schwefel getestet wurde, beobachtet, dass es keine Verbesserung der Wachstumsergebnisse gab. Dadurch entstand die Vermutung, dass die Wurzelbildung durch die Schwefelsäurebildung gehemmt wurde. Darüber hinaus wurde von der Substratindustrie berichtet, dass Netzschwefel aufgrund der Staubentwicklung (Reizung der Atemwege der Mitarbeiter, Korrosion an Maschinen) nicht mehr eingesetzt werden kann. Eine Alternative zum Netzschwefel ist Schwefelgranulat, welches in diesem Versuch mit einer Aufwandmengensteigerung auf Wirkung und Pflanzenverträglichkeit getestet wurde.

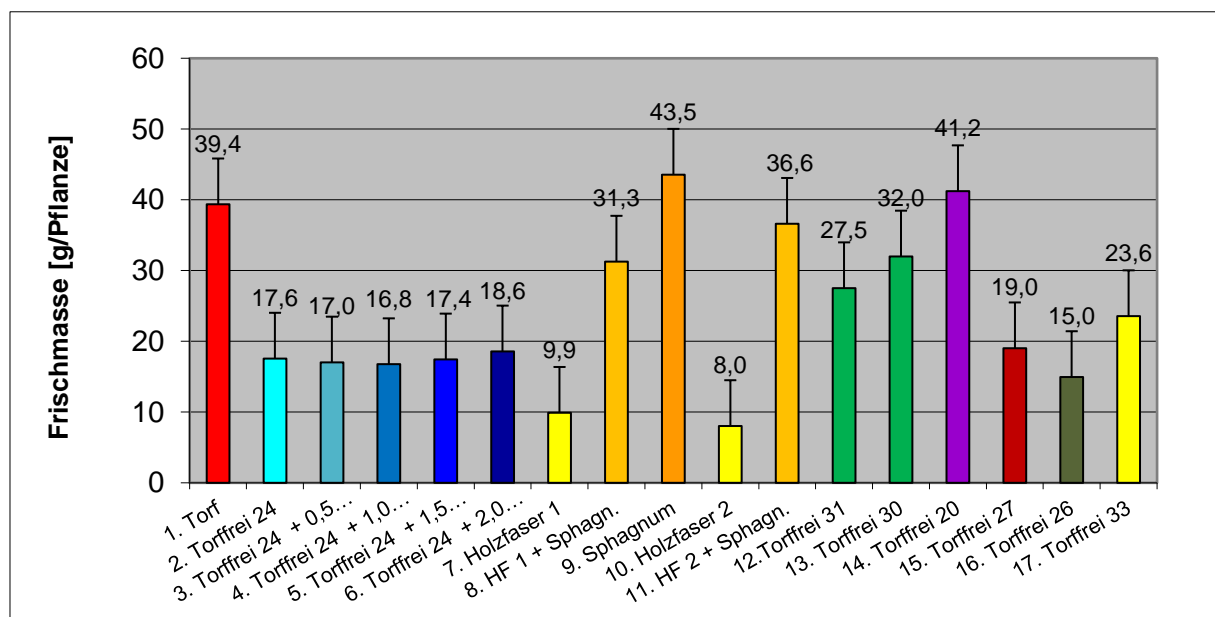
Als Versuchspflanzen wurden *Calluna* 'Marleen' am 08.05.2018 in 10-cm-Töpfe mit unterschiedlichen torffreien Substraten (Tabelle 16) getopft und auf einer Containerstellfläche kultiviert. Die Düngung erfolgte über eine ammoniumbetonte Flüssigdüngung mit 0,1 %iger Nährsalzlösung 2 – 3-mal die Woche. Zur Absenkung des pH-Wertes und zusätzlichen Stickstoffversorgung wurden die Pflanzen zusätzlich dreimal mit Ammoniumsulfat (21-0-0) in einer Konzentration von 1,0 g/l flüssig gedüngt.

Die Pflanzen wurden mit Stadtwasser mit einer Karbonathärte von 6,1 °dKH bewässert und vorbeugend mit Fungiziden gegen Schaderreger behandelt. Eine Bewässerung nach Bedarf jeder einzelnen Variante war technisch nicht möglich, so dass die Versuchspflanzen nach dem Bedarf derjenigen Varianten bewässert wurden, die als erste trocken waren. Die Pflanzen wurden praxisüblich am 20.06. gestutzt und am 17.07. auf Endabstand gerückt.

Tabelle 16: Behandlungsplan mit Substratzusammensetzung

Variante	Substrat	Behandlung mit Schwefel
1.	Kontrolle Torfsubstrat	
2.	Substrat 24: 40 % Kokosmark, 40 % Holzfaser, 20 % Pinienrinde, N-Ausgleichsdüngung	
3.	Substrat 24	0,5 g/l Schwefel
4.	Substrat 24	1,0 g/l Schwefel
5.	Substrat 24	1,5 g/l Schwefel
6.	Substrat 24	2,0 g/l Schwefel
7.	100 % Holzfaser 1	
8.	50 % Holzfaser 1, 50 % Sphagnummoos	
9.	100 % Sphagnummoos	
10.	100 % Holzfaser 2	
11.	50 % Holzfaser 2, 50 % Sphagnummoos	
12.	Substrat 31: 80 % Pinienrinde, 20 % Reisspelzen	
13.	Substrat 30: 80 % Pinienrinde, 20 % Reisspelzen, Polyacrylat	
14.	Substrat 20: 30 % Kokosmark, 30 % Pinienrinde, 22 % Blähton (fein), 15 % Holzfaser, 3 % Pflanzenkohle	
15.	Substrat 27: 40 % Xylit, 40 % Holzfaser, 20 % Perlit	
16.	Substrat 26: 50 % Holzfaser, 45 % Pinienrinde, 5 % Rindenhumus, N-Ausgleichsdüngung	
17.	Substrat 33: 100 % Holzfaser, Ton, N-Ausgleichsdüngung	

Zu Versuchsende, als die Pflanzen die Verkaufsreife erreicht hatten, wurden sie Mitte September gemessen und bonitiert. Bei allen Parametern erreichten die Pflanzen in der Kontrollvariante sehr gute Werte. Ebenbürtig waren die Pflanzen in den Versuchsgliedern 8 (Holzfaser 1, Sphagnummoos), 9 (Sphagnummoos), 11 (Holzfaser 2, Sphagnummoos), 12 (Pinienrinde, Reisspelzen), 13 (Pinienrinde, Reisspelzen, Polyacrylat) und 14 (Kokosmark, Pinienrinde, Blähton, Holzfaser, Pflanzenkohle). In allen anderen Substraten waren die Pflanzen deutlich kleiner, am schwächsten in den Versuchsgliedern 7 und 10 (Holzfaser 1 und 2). In Abbildung 33 sind die Ergebnisse der Frischgewichte und in Abbildung 34 die Wurzelbonitur abgebildet.

Abbildung 33: Frischmassen von *Calluna* am 18.09.2018 ($GD_{0,05}$ Tukey-Test = 6,5 g)

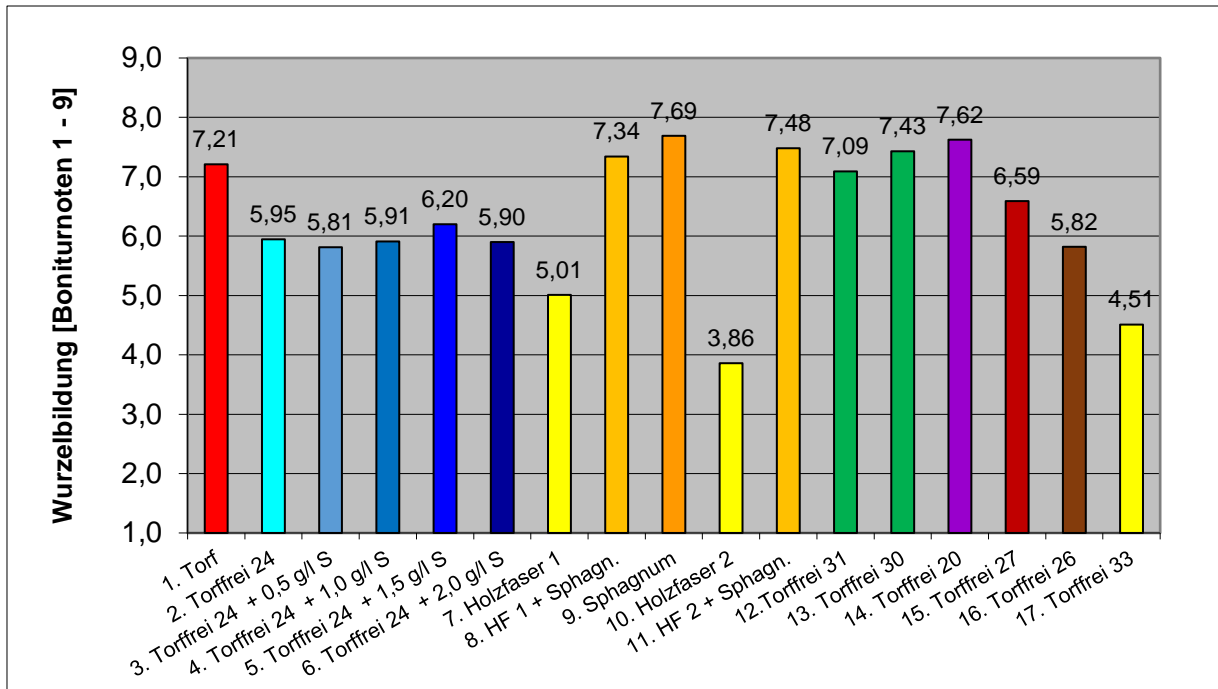


Abbildung 34: Wurzelbildung von *Calluna* am 17. 9. 2018 Boniturnoten 1 – 9 (1 = keine Wurzel am Topfrand sichtbar, 9 = sehr starke Durchwurzelung des Substrates).

Unter den Versuchsbedingungen (sehr trockene Witterung, Gießwasserhärte um 6 °dKH und ammoniumbetonte Düngung) waren die meisten geprüften torffreien Substrate nicht gut für die Kultur von *Calluna* geeignet. Nur in wenigen torffreien Substraten erreichten die Pflanzen eine ähnlich gute Qualität wie im Torfsubstrat.

Im Substrat aus Sphagnummoos (Versuchsglied 9) erreichten die *Calluna* die beste Qualität, tendenziell sogar noch eine etwas Bessere als im reinen Torfsubstrat. Der pH-Wert blieb stabil in einem für *Calluna* günstigen Bereich um 3,5, und Probleme mit der Nährstoffversorgung waren nicht erkennbar.

Ebenfalls recht gute Ergebnisse ließen sich in den beiden Substraten 30 und 31 aus 80 % Pinienrinde und 20 % Reisspelzen (Versuchsglieder 12 und 13) erzielen. Die Pinienrinde besaß allerdings einen deutlich erkennbaren, hohen Feinanteil, der die Wasserkapazität vermutlich gegenüber anderen Herkünften von Pinienrinde verbesserte. Die pH-Werte blieben stabil in einem günstigen Bereich um 4,0 und bei der Nährstoffversorgung waren keine Probleme erkennbar.

Auch im Substrat 20 aus 30 % Kokosmark, 30 % Pinienrinde, 22 % Blähton und 15 % Holzfaser und 3 % Pflanzenkohle erreichten die Pflanzen eine gute Qualität. Der pH-Wert sank, vermutlich durch Beimischung von Schwefel, von 5,7 in einen günstigen Bereich um 4,0 ab, und die Nährstoffversorgung schien bedarfsgerecht zu sein.

In den weiteren Substraten 27, 26, und 33 war das Wachstum deutlich schwächer als das der Kontrollpflanzen. Ein Grund dafür war sicher der pH-Wert, der zu Kulturrende in den Substraten bei 5,0 – 5,6 lag. Zusätzlich traten im Substrat 27 und 26 deutliche Laubaufhellungen auf, die durch geringe Stickstoffgehalte im Stutzmaterial erklärt werden können. In den beiden Holzfasern 1 und 2 wuchsen die *Calluna* besonders schwach. Die pH-Werte stiegen stark an, so dass Wurzel- und Triebwachstum schon von daher stark gehemmt war. Außerdem litten die Pflanzen unter Laubaufhellungen.

In Substrat 24 aus 40 % Kokosmark, 40 % Holzfaser und 20 % Pinienrinde war das Wachstum ähnlich schwach wie in den meisten anderen torffreien Substraten. Helle Laubfärbung im Juni und geringe Stickstoffgehalte im Stutzmaterial weisen auf Stickstoffmangel trotz der im Substrat enthaltenen Stickstoffausgleichsdüngung hin. Noch wichtiger dürfte allerdings der zu hohe pH-Wert sein, der von 5,1 auf 5,4 anstieg. Überraschend war, dass das beigemischte Schwefelgranulat keine nennenswerte Wirkung auf den pH-Wert zeigte. Selbst im Substrat mit der höchsten Schwefelmenge (2,0 g/l) stieg der pH-Wert fast so stark wie im Substrat ohne Schwefel an. Allerdings war auch deutlich erkennbar, dass die Schwefelkörner sich im Substrat nicht auflösten und daher auch nicht wirken konnten.

Pflanzenentwicklung und Stickstoffdynamik in einer Containerkultur mit torffreien Substraten

Im Rahmen einer Abschlussarbeit in Zusammenarbeit mit der Hochschule Osnabrück und dem Projekt TeiGa wurde die Stickstoffdynamik in einer Containerkultur mit *Lonicera nitida* 'Maigrün' in zwei torffreien Kultursubstraten untersucht. Das Herzstück der Arbeit war die Erstellung einer kulturbegleitenden Stickstoffbilanz im 18-wöchigen Kulturverlauf. Es wurde untersucht wie sich die Stickstoffverteilung über die Kulturzeit in Substrat, Depotdünger, Dränwasser und Pflanze verändert. Des Weiteren wurden auch die Parameter Frischmasseentwicklung des Sprosses und der Wurzeln sowie die Veränderung des pH-Wertes erfasst. Für die Erstellung einer kulturbegleitenden Stickstoffbilanz wurden zu Beginn und drei Mal danach im sechswöchigen Rhythmus die Stickstoffgehalte im Dünger, Substrat, Wurzel, Spross und Drainwasser der Kultur untersucht. Die Zusammensetzung der Substrate sowie die Aufdüngung ist in Tabelle 17 abgebildet. Die pH-Werte der torffreien Substrate lagen im Bereich 5,7 – 6,3. Das Torfsubstrat wurde mit 8 g/l kohlen-saurem Kalk auf einen pH-Wert von 6,2 zu Kulturbeginn eingestellt. Die Düngung erfolgte für alle Substrate mit Osmocote Exact Standard 5-6M (4 g/l) und Radigen (200 mg/l).

Tabelle 17: Substratzusammensetzungen und Aufdüngung der Versuchssubstrate (Angaben in Vol.- %)

Substrat	Zusammensetzung (Vol.- %)	Düngerzugabe
Kontrolle	100 % Torf	4 g/l Osmocote Exact Standard 5-6M 200 mg/l Radigen 8 g/l Kalk
Substrat 1	50 % Holzfasern, 50 % Kokosmark	4 g/l Osmocote Exact Standard 5-6M 200 mg/l Radigen
Substrat 2	40 % Holzfasern, 40 % Kokosmark, 20 % Kompost	4 g/l Osmocote Exact Standard 5-6M 200 mg/l Radigen

Die in dem torffreien Substrat 1 kultivierten Pflanzen waren zu Kulturende optisch etwas kleiner, unterschieden sich aber in der Sprossfrischmasse nicht signifikant von den beiden anderen Versuchsvarianten. Bei dem komposthaltigen Substrat 2 war der Sprosszuwachs bis zur 12. Kulturwoche signifikant vermindert, anschließend schlossen diese Pflanzen aber wieder auf und waren zu Kulturende im Habitus nicht von der Kontrolle in Torf zu unterscheiden.

Die Stickstoffbilanz wies im Kulturverlauf für die torffreien Substrate ein Stickstoffdefizit von bis zu -14 % auf. Zu Kulturende wurde im Substrat 2 dann aber ein positiver Stickstoffsaldo von 9 % ermittelt (Abbildung 35). Offensichtlich lieferte der in diesem Substrat enthaltene Kompost mineralischen Stickstoff nach. Im Torfsubstrat war die Stickstoffbilanz zumeist weitgehend ausgeglichen.

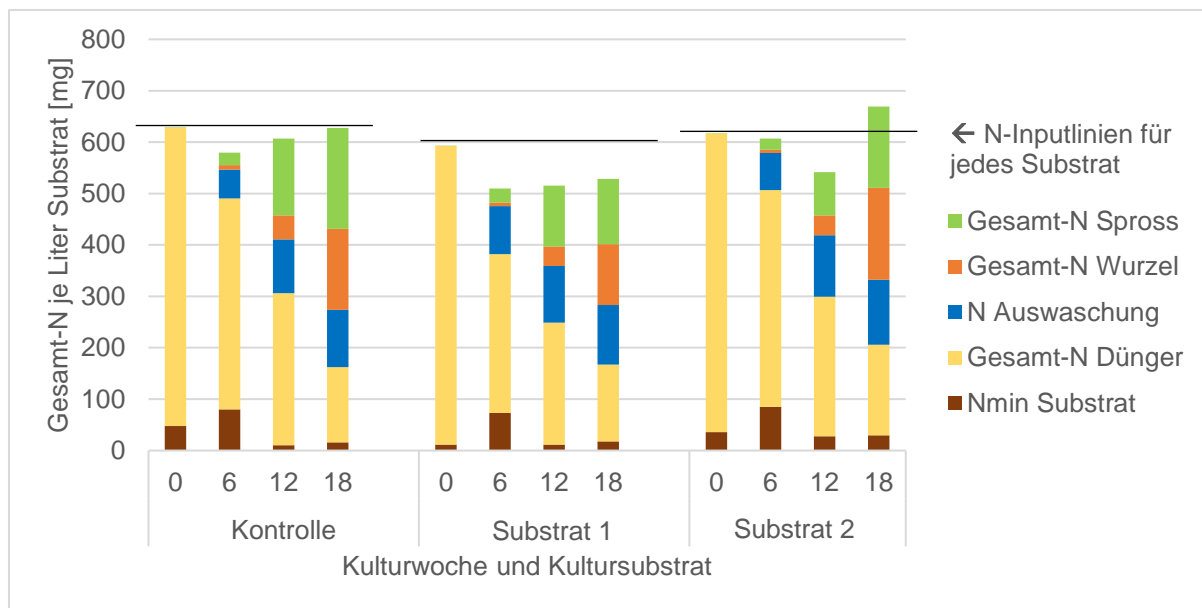


Abbildung 35: Bilanzierung der N-Mengen in der Containerkultur von *Lonicera nitida* 'Maigrün' beim Anbau der Pflanzen in Torf (Kontrolle) und zwei torffreien Kultursubstraten, n=4, Auswaschungswerte wurden kumuliert

Die Stickstoffbilanz ergab für die torffreien Substrate mit Holzfasern ein Stickstoffdefizit während der Kulturzeit und für das Substrat 1 auch zu Kulturrende. Die Stickstofffehlbeträge weisen auf eine Immobilisierung des Stickstoffs in der mikrobiellen Biomasse hin. Das Einmischen von Kompost im Substrat 2 wirkte dieser Entwicklung entgegen, wahrscheinlich durch eine erhöhte Mineralisierung der organischen Substanz. Der Sprosszuwachs der Pflanzen war in den torffreien Substraten trotz der (zeitweise) geringeren Stickstoffversorgung nicht signifikant unterschiedlich zu dem im Torfsubstrat.

Untersuchung der Substratphysik in zwei torffreien Kultursubstraten im Verlauf einer Containerkultur

Im Rahmen einer weiteren Abschlussarbeit in Zusammenarbeit mit der Hochschule Osnabrück und dem Projekt TeiGa wurde die Substratphysik in zwei torffreien Kultursubstraten im Verlauf einer Containerkultur untersucht. Versuchspflanzen waren ebenfalls *Lonicera nitida* 'Maigrün'. Die kulturbegleitenden physikalischen Untersuchungen wurden während einer 18-wöchigen Kulturzeit an vier Terminen durchgeführt: zu Beginn, zweimal während der Kultur und am Ende der Kulturzeit. Es wurden die gleiche Substratzusammensetzung und Düngung (Tabelle 17) wie im zuvor beschriebenen Versuch verwendet.

Für die Bestimmung der physikalischen Parameter der Substrate in den Containern während des Kulturverlaufes wurde die DIN EN 13041 als Vorgabe genutzt. Die Untersuchung der Topfballen auf Wasser- und Luftkapazität machte jedoch eine Anpassung der DIN EN 13041 erforderlich. Ziel war es, die ungestörten Substratballen, die den Pflanzen zur Wurzelbildung während der Kulturzeit zur Verfügung standen, zu untersuchen. Die Untersuchung nach DIN EN 13041 beschreibt die Wasser- und Luftkapazität des aufgelockerten Substrates wie es beispielsweise einem Gärtner vor dem Topfen zur Verfügung steht. Für die Untersuchung der Substratballen auf Wasser- und Luftkapazität wurde auf das Auflockern der Substrate verzichtet und die Untersuchung der Substratballen im Container durchgeführt.

Sprosswachstum und Qualität der *Lonicera nitida* 'Maigrün' waren in den 3 Substraten vergleichbar und entsprachen verkaufsfähigen Pflanzen. Die torffreien Substrate besaßen zu Versuchsbeginn eine etwas höhere Luftkapazität und leicht geringere Wasserkapazität als das Torfsubstrat. Im Kulturverlauf verringerten sich die Luftkapazitäten zugunsten der Wasserkapazitäten, besonders in Substrat 1 (Abbildung 36). Alle gemessenen Luftkapazitäten bewegten sich durchweg in einem pflanzenbaulich günstigen Bereich von >10 Vol.-%.

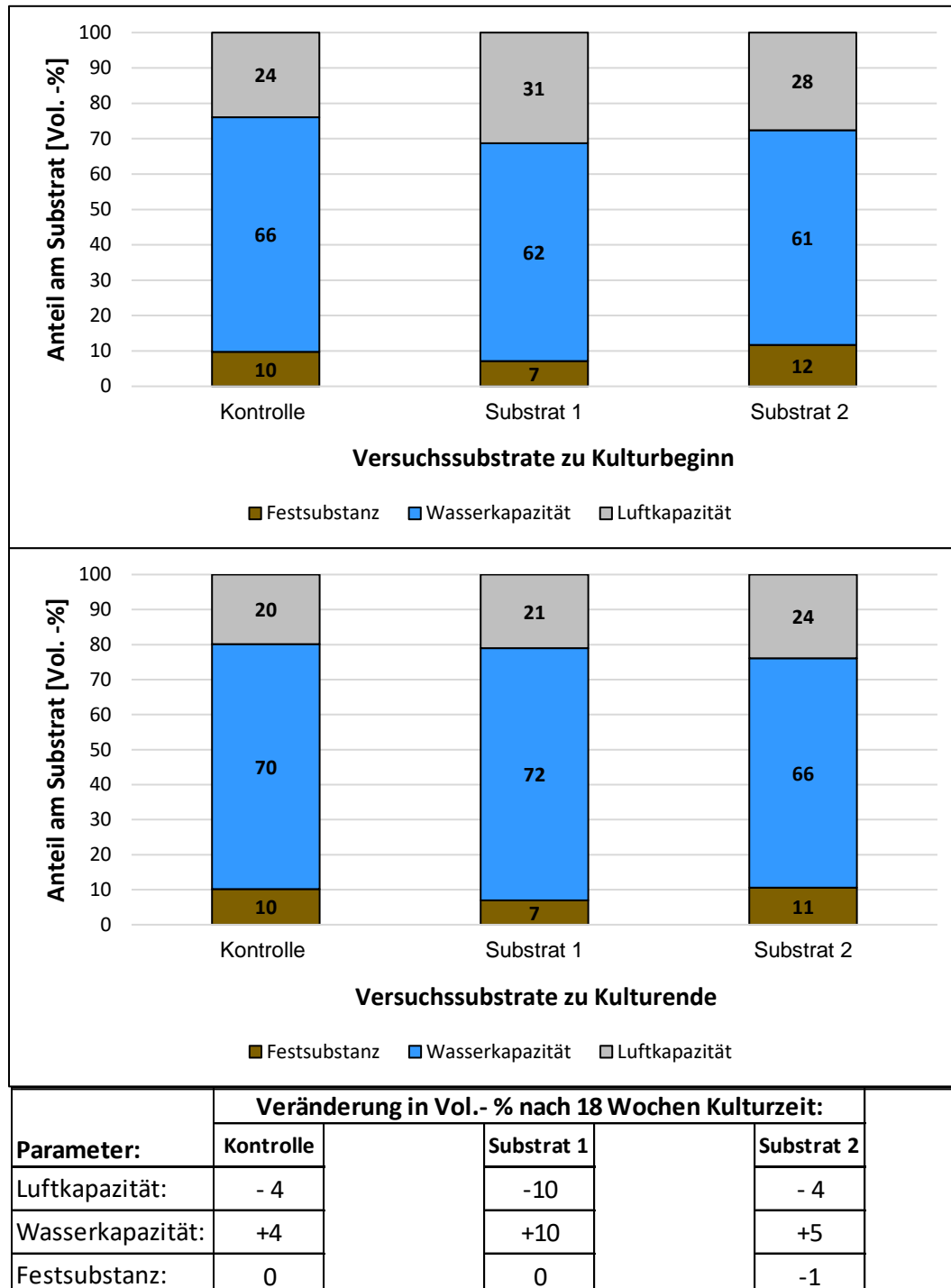


Abbildung 36: Veränderung der Volumina von Kulturanfang zu Kulturende in den Kulturgefäßen.

Die Produktion von *Lonicera nitida* 'Maigrün' war unter den gegebenen Versuchsbedingungen in beiden torffreien Substraten ohne Qualitätsverlust gegenüber dem Standard-Torfsubstrat möglich. Alle Versuchssubstrate haben den Pflanzen in der gesamten Kulturzeit eine Luftkapazität ≥ 20 Vol.-% im Wurzelraum gewährleistet. Die etwas stärkere Verringerung der Luftkapazität des Substrates 1 könnte mit einer Volumenminderung der Holzfasern durch mikrobiellen Abbau in Zusammenhang stehen. Eine Übertragung der Ergebnisse auf Containerkulturen mit bis zu 2-jährigen Kulturzeiten kann jedoch nicht abgeleitet werden.

Calciummangel in torffreien Substraten für Kiefern

In zwei Versuchen 2017 und 2018 wurden verschiedene torffreie Substrate in Kombinationen mit Düngemaßnahmen getestet. Hintergrund der Versuche waren Berichte über chlorotische Nadelaufhellungen an Kiefern in Baumschulen, die in stark torf reduzierten Substraten Kiefern kultivierten. Als Ursache dafür wurde Calciummangel vermutet, da die Calciumgehalte in einer Pflanzensaftanalyse bei den geschädigten Pflanzen sehr gering waren und sie sich nach Flüssigdüngung mit Calcinit oder mit Wuxal Calcium wieder dunkler färbten.

Daraufhin wurde in einem zweijährigen und einem einjährigen Kulturversuch mit *Pinus sylvestris* 'Watereri', die auf *Pinus uncinata* als Unterlagen veredelt waren drei verschiedene Substrate getestet. Als Gegenmaßnahme der erwarteten Chlorosen an den Nadeln der Kiefern wurden zwei Depotdünger, zwei spezielle Calciumdünger mit Depotwirkung, Gips, Otterbeinkalk, und wöchentliche Flüssigdüngung von Kalksalpeter und Ammoniumsulfat getestet. Die Dünger, der Kalk und Gips wurden zu Versuchsbeginn in die Substrate eingemischt und die *Pinus sylvestris* 'Watereri' in 2-Liter-Container getopft und auf einer Kulturfläche aufgestellt.

Unter den Versuchsbedingungen (sehr trockene Witterung) traten an *Pinus sylvestris* 'Watereri' keine Chlorosen oder Hemmungen des Wurzelwachstums auf, die auf Calciummangel zurückgeführt werden können.

In einem parallellaufenden Versuch mit Pflanzen, die im Frühjahr 2017 in zwei unterschiedliche Substrate getopft und im Sommer 2018 unterschiedlich gedüngt worden waren, traten dagegen deutliche Chlorosen auf (allerdings keine Störungen des Wurzelwachstums). Die Symptome waren in einem torffreien Substrat zu beobachten, bei dem die Pflanzen mit Depotdüngern ohne Spurenelementanteile versorgt wurden. In allen Versuchsgliedern, in denen Nutricote 16-8-8+SPE oder Nutricote 15-9-10+SPE gedüngt worden war, waren die Pflanzen gut gefärbt. Bei ummanteltem Harnstoff (Osmocote 43-0-0), Osmocote CalMag 10-0-0+5+17 und ummanteltem Kalksalpeter (Nutricote 12-0-0+0+23) waren die Pflanzen dagegen ähnlich chlorotisch, unabhängig davon, ob die Dünger Calcium enthielten (Kalksalpeter, Osmocote CalMag) oder nicht (Harnstoff). Dieser Umstand sowie die niedrigen Kupfergehalte der Nadeln in den chlorotischen Varianten deuten darauf hin, dass die Chlorosen, die im Versuch aufgetreten waren, durch Spurenelementmangel (vermutlich Kupfermangel) verursacht wurden. Die pH-Werte der Substrate (4,3 – 6,0) schienen keinen Einfluss auf die Bildung der Chlorosen zu besitzen.

Bericht über die Praxisphase in drei Baumschulen

An der Praxisphase des Projektes nahmen 2018 die drei Baumschulen Ahlers GmbH & Co. KG/Westerstede (Baumschule 1), Jörg Wittje/Edeweicht (Baumschule 2) und Diderk Heinje/Edeweicht (Baumschule 3) teil. In Zusammenarbeit mit den bekannten Substratlieferanten der Betriebe wurde für jeden Baumschulbetrieb ein betriebspezifisches torf reduziertes oder torffreies Substrat entwickelt. Dabei war der Wunsch der Baumschule Diderk Heinje neben der Torfreduzierung auch auf den Ausgangsstoff Kokos zu verzichten. Daraufhin wurde ein um 60 % torf reduziertes Substrat ohne Kokosmaterialien entwickelt. Eine Übersicht der eingesetzten Substrate ist in Tabelle 18 dargestellt.

Tabelle 18: Substrate und Zusammensetzung der Praxisphase (Angaben in Vol.-%)

Baumschule 1 und 2

Substrat	Zusammensetzung
Torffreies Substrat	25 % Kokosmark, 25 % Xylit, 25 % Holzfasern, 15 % Blähton, 10 % Grünkompost
Kontrolle Betrieb 1	80 % Torf, 20 % Holzfasern und -chips
Kontrolle Betrieb 2	100 % Torf
Baumschule 3	
Torfreduziertes Substrat	40 % Torf, 20 % Holzfaser, 15 % Xylit, 15 % Blähton, 10 % Ton
Kontrolle	100 % Torf

In den drei Baumschulbetrieben wurde eine Vielzahl unterschiedlicher Laub- und Nadelgehölze kultiviert. In Baumschule 1 wurden Beerenobst im 2-Liter-Ecktopf, *Hydrangea paniculata* 'Vanille Fraise' und *Hydrangea arborescens* 'Annabelle' kultiviert. In Baumschule 2 wurden *Ilex crenata* 'Glorie Dwarf', *Ilex meserveae* 'Little Rascal' als Kugeln und *Cotoneaster congestus*, *Larix kaempferi* 'Stiff Wepper' sowie *Ginkgo biloba* 'Troll' als Stammveredelungen kultiviert. In Baumschule 3 wurde ein breites Laubgehölzsoriment im 5-Liter-Container kultiviert. Unter anderem wurden *Cornus alba* 'Ivory Halo', *Forsythia* 'Week End', *Spiraea arguta*, *Weigela florida* 'Alexandra' und *Viburnum opulus* 'Roseum' getestet.

Topfzeitraum war in allen Baumschulen Mitte bis Ende April 2018 und die Düngung erfolgte betriebspezifisch. Alle Kulturen wurden betriebsüblich mit nötigen Pflanzenschutzmaßnahmen behandelt, gestutzt und gerückt.

Baumschule 1:

Das Wachstum des Beerenobstes im 2-Liter-Container war in Baumschule 1 im torffreien Substrat vergleichbar mit der torfreduzierten Kontrolle. Das Wachstum der *Ribes rubrum* war bis September z.B. am 14.05.2018 (Abbildung 37) und 19.06.2018 (Abbildung 38) vergleichbar zur Kontrolle. Ab September traten bei den *Ribes* Laubaufhellungen und Chlorosen im torffreien Substrat auf, die einen Stickstoffmangel vermuten ließen.

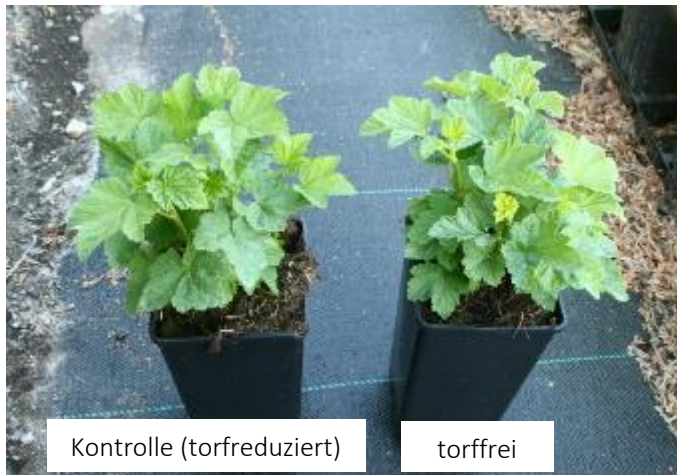


Abbildung 37: *Ribes rubrum* 'Weiße Versailler' am 14.05.2018



Abbildung 38: *Ribes rubrum* 'Weiße Versailler' am 19.06.2018

Die *Hydrangea aborescens* 'Annabelle' wuchsen im torffreien Substrat bis zum frühen Verkaufszeitpunkt Ende Mai in gleicher Qualität wie in der Kontrolle (Abbildung 39). Die *Hydrangea paniculata* 'Vanille Fraise' besaßen ebenfalls zum Verkaufszeitpunkt im Juni/Juli 2018 im torffreien Substrat auch eine gute Qualität und waren vergleichbar mit den Pflanzen im torf reduzierten Substrat.



Abbildung 39: *Hydrangea arb.* 'Annabelle' am 14.06.2018.

Baumschule 2:

In der Baumschule 2 wurden *Ilex crenata* 'Green Dwarf' und *Ilex meserveae* 'Little Rascal' in 3-Liter-Containern kultiviert und im Kulturverlauf in Kugelform geschnitten. Das Wachstum der *Ilex crenata* war im torffreien Substrat deutlich geringer als das der Vergleichspflanzen im Kontrollsubstrat aus Torf (Abbildung 40). Der Bestand der torffreien *Ilex crenata* entwickelte sich sehr ungleichmäßig weiter und ca. die Hälfte der Pflanzen waren im Herbst nicht zu verkaufsfähigen Kugeln herangewachsen (Abbildung 41). Ursache des unregelmäßigen und verminderten Wuchses scheint der pH-Wert des torffreien Substrates zu sein. Sein Ausgangswert lag bei pH 5,7 und fiel im Kulturverlauf bis Ende Juni auf pH 4,7 ab.



Abbildung 40: *Ilex crenata* 'Green Dwarf' am 29.06.2018. Abbildung 41: *Ilex crenata* 'Green Dwarf' am 28.08.2018

Die Kultur von *Ginkgo biloba* 'Troll' und *Larix kaempferi* 'Stiff Wepper' als Stammveredelung zeigte keine Unterschiede im torffreien Substrat gegenüber dem im Kontrollsubstrat aus Torf. In Abbildung 42 ist die Krone der Stammveredelung von *Ginkgo biloba* 'Troll' und in Abbildung 43 der Bestand der *Larix kaempferi* 'Stiff Wepper' Stammveredelungen auf einer Containerkulturfläche jeweils vom 29.06.2018 zu sehen.



Abbildung 42: *Ginkgo biloba* 'Troll' am 29.06.2018.

Abbildung 43: *Larix kaempferi* 'Stiff Wepper' am 29.06.2018

Die Kultur von *Cotoneaster congestus* als Stammveredelung zeigte direkt zu Kulturanfang nach dem Anwachsen der Veredelung und dem Neuaustrieb Nekrosen an den jungen Blättern der Neutriebe. Die Schäden der nekrotischen Blätter wurden im weiteren Kulturverlauf überwachsen, wie es die Aufnahme vom 17.05.2018 zeigt (Abbildung 44). Mitte Juni traten Spitzennekrosen an den Triebspitzen auf. Die Abbildung 45 zeigt das Ausmaß der Nekrosen am 27.06.2018. Rechts in Abbildung 45 zeigt die Detailaufnahme, dass die gesamte Triebspitze betroffen war. Die Spitzennekrosen im Juni hatten eine zusätzliche Verzweigung zur Folge, die den Habitus der *Cotoneaster congestus* Stämme stark veränderte (Abbildung 46).

Die Ursache der Nekrosen an Blättern und Triebspitzen ist vermutlich ein kurzfristiger zu hoher Salzgehalt im toffreien Substrat. Substratanalysen wiesen am 17.05. und 27.06. einen erhöhten Salzgehalt im toffreien Substrat auf. Dieser erhöhte Salzgehalt lag vermutlich kurzfristig auch noch höher und somit über dem verträglichen Maß von *Cotoneaster*. In der Kontrolle traten zur selben Zeit keine Schäden durch Nekrosen auf, was die Vermutung zulässt, dass der höhere Salzgehalt des toffreien Substrates bedingt durch die Substratausgangsstoffe die Ursache der Schäden war.



Abbildung 44: Nekrotische Blätter an *Cotoneaster congestus* im toffreien Substrat am 17.05.2018.



Abbildung 45: Spitzennekrosen an *Cotoneaster congestus* im torffreien Substrat am 27.06.2018. (Rechts: Detailaufnahme der Spitzennekrosen)



Abbildung 46: *Cotoneaster congestus* am 22.08.2018

Baumschule 3:

In der Baumschule 3 wurde ein umfangreiches Laubgehölzsoriment im torfreduzierten Substrat kultiviert. Ende April 2018 wurden die Laubgehölze in 4,6-Liter-Containern mit dem torfreduzierten und dem Kontroll-Torfsubstrat getopft und dicht an dicht aufgestellt. Die Oberfläche der Container wurde mit einer 2 cm Schicht Containermulch abgestreut. (Abbildung 47). Acht Wochen später, Mitte Juni, wurden alle Pflanzen gestutzt, mit Osmocote Topdress nachgedüngt und nochmal 3 Wochen später auf Abstand gerückt. Ab Mitte August zeigte sich zunehmend, dass die Pflanzen im torfreduzierten Substrat ein geringeres Wachstum gegenüber den Pflanzen im Kontrollsubstrat aus Torf hatten. Dies bestätigte sich auch am 15.10.2018 bei den *Cornus alba* 'Ivory Halo' und *Forsythia* 'Week End' (Abbildung 48). Bei den *Cornus* war zusätzlich eine Rotfärbung des Laubes aufgefallen. In Verbindung mit dem deutlich geringeren Wachstum wird für *Cornus* ein Stickstoffmangel vermutet. Die *Forsythia* waren im Durchschnitt 10 cm kleiner als die Pflanzen im Kontrollsubstrat. Bei den *Spiraea arguta* und *Weigela florida* 'Alexandra' hingegen wurde kein Minderwuchs festgestellt.



Abbildung 47: getopfte Laubgehölze am 02.05.2018 auf der Kulturfläche.



Abbildung 48: *Cornus alba* 'Ivory Halo' und *Forsythia* 'Week End' am 15.10.2018.

Neue Fragestellungen in der Baumschule

Die Möglichkeiten bedarfsgerechter Düngung stehen weiterhin im Fokus bei der Verwendung torffreier Substrate. Die Nährstoffauswaschungsversuche haben gezeigt, dass Nährstoffe aus nährstoffreichen Substratbestandteilen stark auswaschungsgefährdet sind. Gerade zu Kulturbeginn in den ersten neun Wochen haben die Versuche die meisten Verluste aufgezeigt. Eine hauptsächliche Verwendung nährstoffarmer Substratbestandteile in torfreduzierten oder torffreien Substraten wäre eine Möglichkeit zur Vermeidung von Nährstoffeinträgen in die Umwelt. Sicherlich zielführender wäre die Erarbeitung einer angepassten Kulturführung sowie Düngungsstrategie mit Wasserrecycling.

Der Einsatz von Holzfasern oder Holzchips in torffreien Substraten hat in einigen Versuchen zu Chlorosen und Wachstumsdepressionen geführt. Durch die Wechselwirkungen alternativer Substratausgangsstoffe mit Holzfasern lässt sich die mögliche Stickstoffimmobilisierung torffreier Substrate für Baumschulkulturen schwer kalkulieren. Eine Möglichkeit, den Einfluss der Stickstoffimmobilisierung durch Holzfasern genauer zu prüfen, könnten Brutversuche mit parallelen Kulturversuchen unter jahreszeitlichen Einflüssen der Gehölzanzucht sein. Der Anspruch, auch über eine Zeit von 1 – 2 Jahren Gehölze in Containern zu kultivieren, macht es erforderlich umfangreichere Erfahrungen mit Stickstoffausgleichsdüngungen zu sammeln.

Substrate mit pH-Werten über 5,0 stellen für viele kalkempfindliche Kulturen ein Problem im Wachstum und in der Wurzelentwicklung dar. Eine Ammoniumbetonte Düngestrategie kann den pH-Wert sicherlich lenken, aber nicht merklich absenken. Der Einsatz von elementarem Schwefel kann den pH-Wert absenken, die Verarbeitung und das Einmischen stellt aber in der Substratherstellung durch Staubbildung Risiken dar (Reizung der Atemwege, Korrosion an Maschinen). Die weitere Testung von Schwefel als Granulat oder in anderer Form, in Bezug auf Wirkung, Löslichkeit, und Pflanzenverträglichkeit könnte die Verwendung torffreier Substrate für kalkempfindliche Kulturen ermöglichen.

Die erarbeiteten, neuen Ergebnisse müssen an Substrathersteller, Produktionsgärtner, Handel und Verbraucher weitergegeben werden, dabei steht für die Produktionsbetriebe die Beratung im Fokus. Die Etablierung torffreier Substrate in die Praxis benötigt eine termingerechte Beratung in den Betrieben. Die Vielfältigkeit der Kulturen und Arbeitsspitzen im Frühjahr lassen einem Gärtner oftmals nicht die Möglichkeit, den Ansprüchen der Pflanzen in torffreien Substraten von Anfang an gerecht zu werden. Damit sich die Erfahrungen mit torfreduzierten und -freien Substraten vergleichbar mit denen der Torfsubstrate entwickeln, muss eine verstärkte Beratung als Bindeglied aus der Forschung in die Praxis stattfinden. Informationsquellen der Beratung sind dabei Forschungsprojekte und die Versuchsarbeit der Lehr- und Versuchsanstalten für Gartenbau.

5. Teilbericht Zierpflanzenbau

Bearbeitet durch: Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau Hannover - Ahlem

Zielsetzungen

Es wurden folgende Zielsetzungen für den Bereich Zierpflanzenbau spezifiziert:

1. Kulturrisiken in empfindlichen Kulturabschnitten (z.B. Jungpflanzenproduktion) sollen aufgezeigt werden (AP 2).
2. Es sollen die Reaktionen empfindlicher Pflanzenarten auf die Substratmischungen untersucht werden. Dabei kommen praxisrelevante Kulturen zum Einsatz (AP 3).
3. Es sollen praxisrelevante Substratkomponenten getestet werden (AP 1 - 3).
4. Die Stickstoffimmobilisierung in verschiedenen Substratmischungen soll getestet werden. Dies soll durch Brutversuche und Sauerstoffverbrauchsmessungen geschehen, die gleichzeitig Aufschluss über die mikrobielle Aktivität geben. Zudem sollen die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Substratmischungen beschrieben werden (AP 1).
5. Die Haltbarkeit von Pflanzen in torffreien Substraten auf dem Transport und im Verkauf soll getestet werden (AP 3).
6. Es sollen Kulturempfehlungen und Strategien zur Vermeidung von Pflanzenschäden aus den Versuchsergebnissen erarbeitet werden (AP 3 und AP 5).
7. Die Kulturempfehlungen sollen in Praxisbetrieben getestet werden (AP 5).
8. Chancen und Grenzen des Einsatzes von torf reduzierten und torffreien Substraten in der Praxis sollen aufgezeigt werden (AP 1 - 5).
9. Die erarbeiteten Ergebnisse sollen an Substrathersteller, Produktionsgärtner, Handel und Verbraucher weitergegeben werden (AP 6).

Durchgeführte Versuche und Ergebnisse im Zierpflanzenbau

Untersuchung der chemischen, biologischen und physikalischen Eigenschaften von Substraten und Substratausgangsstoffen (AP 1)

Nährstoffgehalte

Eine Voraussetzung im Umgang mit Substraten ist die Kenntnis über die chemischen Eigenschaften einzelner Bestandteile sowie der daraus hergestellten Mischungen, besonders bezüglich der Nährstoffgehalte (Hauptnährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K)), des Salzgehalts sowie des pH-Werts. Die Substratausgangsstoffe für die Versuche wurden hinsichtlich der genannten Parameter untersucht. Die Untersuchungen der Substrate fanden sowohl vor als auch begleitend zu jedem pflanzenbaulichen Versuch statt, um eine ausreichende Nährstoffversorgung der Pflanzen zu überprüfen und mögliche Unterschiede zwischen in verschiedenen Substraten kultivierten Pflanzen zu interpretieren.

Die im Rahmen des TeiGa-Projekts im Zierpflanzenbau ausgewählten organischen Substratausgangsstoffe Kokosmark, Grünkompost, Holzfasern und mineralisches Perlit sind bereits heute Bestandteile torfreduzierter Substrate und in größeren Mengen verfügbar. Als innovative Alternativen werden zudem Sphagnum (Torfmoos) und eingefärbtes Perlit in dem Projekt untersucht. Sie kommen den günstigen chemischen Eigenschaften des Torfs nahe, indem sie, wie auch Holzfasern, ebenfalls nur geringe Nährstoffgehalte aufweisen. Ausnahmen stellen materialbedingt Kokosmark mit je nach Aufbereitungsgrad hohem Kaliumgehalt und Grünkompost mit je nach Ausgangsstoffen hohem Gehalten an Stickstoff, Phosphor und Kalium dar. Kompost fällt zudem vielfach mit einem deutlich höheren Salzgehalt auf, welcher sich besonders bei salzempfindlichen Kulturen negativ auswirken kann. Den niedrigen pH-Wert von Torf und die damit zusammenhängende Möglichkeit der bedarfsgerechten Anpassung bietet, außer Sphagnum, keines der Materialien. Durch gezielte Kombination verschiedener Ausgangsstoffe in einem Substrat lassen sich jedoch für die Kultur von vielen Zierpflanzenarten geeignete Substrate ohne Torf herstellen, siehe Tabelle 19. Mit Ausnahme von Sphagnum, Kokosmark und Grünkompost fanden die verschiedenen Ausgangsstoffe je nach Verwendung in Vermehrungs- oder Kultursubstraten in feiner bzw. grober Struktur Verwendung.

Tabelle 19: Bestandteile der in den Versuchen mit Zierpflanzen verwendeten selbst hergestellten Substratmischungen. Angaben in Vol.-% der Mischung.

Ausgangsstoff	Substrat					
	1 (Torf)	2 (KmGkHf)	3 (GkHfPeSp)	4 (KmHfPe)	5 (KmPe)	6 (HfPe)
Torf	100					
Kokosmark (Km)		50		30	50	
Grünkompost (Gk)		15	15			
Holzfasern (Hf)		35	35	20		50
Perlit (Pe)*			20	50	50	50
Sphagnum (Sp)			30			

* neben weißem Perlit wurde in einem Versuch zusätzlich gefärbtes Perlit verwendet.

Stickstoffimmobilisierung und Sauerstoffverbrauchsmessungen

Zur Bestimmung der Stabilität des Stickstoffhaushalts der verwendeten selbst hergestellten Substrate (Tabelle 19) und Ausgangsstoffe fanden Brutversuche statt. Dabei wurde das mit einer bestimmten Menge an Stickstoff versehene Material über einen festgelegten Zeitraum bei definierter Temperatur und Feuchtigkeit, die optimale Bedingungen für stickstoffimmobilisierende Mikroorganismen bietet, inkubiert. Durch Bestimmung der Veränderung des Gehalts an löslichem Stickstoff während des Zeitraums sind Aussagen zur Stickstofffreisetzung oder -bindung durch Mikroorganismen im Material und damit Einschätzungen zu dessen Eignung als Substrat möglich.

Untersucht wurden sowohl einzelne Substratausgangsstoffe, als auch selbst hergestellte Substratmischungen. Die Ausgangsstoffe (Tabelle 20) zeichnen sich durch verschieden starke Stickstoffimmobilisierung aus, wobei Grünkompost als einziges Material Nitrat freisetzt (Nitrifizierung). Instabilere Stoffe lassen sich in Kombination mit Substratausgangsstoffen mit stabilem Stickstoffhaushalt in Substraten einsetzen. Dabei lässt sich der maximal mögliche Anteil mithilfe der Ergebnisse von Brutversuchen einschätzen.

Tabelle 20: Veränderung des Stickstoffhaushalts verschiedener Substratausgangsstoffe über 21 Tage
(nach VDLUFA I A 13.5.1).

Substratausgangsstoff	Mittlere Veränderung des Stickstoffhaushalts (mg/l)	Beurteilung
Torf, fein (n=12)	-52	leicht instabil
Torf, grob (n=12)	-89	leicht instabil
Sphagnum (n=8)	-49	stabil
Holzfaser, fein (n=8)	-90	leicht instabil
Holzfaser, grob (n=8)	-91	leicht instabil
Grünkompost (n=8)	-47	stabil
Kokosmark (n=6)	-69	leicht instabil
Perlit, fein (n=4)	-38	stabil
Perlit, grob (n=4)	-58	leicht instabil

Unter den verwendeten selbst hergestellten Substraten konnte den Mischungen 1 und 2 (Tabelle 19) ein stabiler Stickstoffhaushalt bescheinigt werden (Tabelle 21). Wie auch bei einem herkömmlichen Torfsubstrat steht die Kultur somit nicht in Konkurrenz zu Mikroorganismen um den für Pflanzen essentiellen Stickstoff. Diese Eigenschaft brachten die Substrate 3 bis 6 nicht mit sich, sodass hier erforderliche Anpassungen bei der Düngung während der Kultur entsprechend in Menge und Häufigkeit zu erwarten sind, um eine ausreichende Versorgung zu gewährleisten. Entsprechende Empfehlungen an Hersteller und Produktionsgärtner werden anhand dieser Ergebnisse in Kombination mit den pflanzenbaulichen Versuchen erarbeitet.

Tabelle 21: Veränderung des Stickstoffhaushalts über 21 Tage (nach VDLUFA I A 13.5.1)

Substrat	Mittlere Veränderung des Stickstoffhaushalts (mg/l)	Beurteilung
1 (n=5) (75 Vol.- % Torf, fein, 25 Vol.-% Torf, grob)	33	stabil
2 (n=5) (50 Vol.- % Km, 15 Vol.- % Gk, 35 Vol.- % Hf)	-24	stabil
3 (n=6) (15 Vol.- % Gk, 35 Vol.- % Hf, 20 Vol.- % Pe, 30 Vol.- % Sp)	-61	leicht instabil
4 (n=6) (30 Vol.- % Km, 20 Vol.- % Hf, 50 Vol.- % Pe)	-75	leicht instabil
5 (n=6) (50 Vol.- % Km, 50 Vol.- % Pe)	-75	leicht instabil
6 (n=6) (50 Vol.- % Hf, 50 Vol.- % Pe)	-90	leicht instabil

Sauerstoffverbrauchsmessungen lassen Rückschlüsse auf die allgemeine mikrobielle Belebtheit und Stabilität von Materialien zu. Im Falle von Substraten und Ausgangsstoffen kann so auch die Aktivität von Mikroorganismen, die sich nicht durch Stickstofffixierung auszeichnen, erfasst werden. Dieser Parameter wird im Bereich der Umweltanalytik (z. B. der Abfallwirtschaft) bereits verwendet. Zur Charakterisierung von Substraten und deren Ausgangsstoffen liegen jedoch erst wenig Erfahrungen vor. Erste Messungen in diesem Projekt zeigen interessante Ansätze, welche jedoch durch weitere Untersuchungen ergänzt werden müssen. Die Ergebnisse der Sauerstoffverbrauchsmessungen werden nach der Methode auf Basis der organischen Substanz des Probenmaterials (Glühverlust) berechnet. Bei der Untersuchung von Proben mit mineralischen Bestandteilen oder rein mineralischen Materialien wie Perlit als Torfersatzstoff kann es daher zu einer Fehlbewertung des berechneten Sauerstoffverbrauchs der entsprechenden Probe kommen. Dieses muss bei weiteren Untersuchungen berücksichtigt werden. Alternativ ist eine Anpassung der Methode an voll- oder teilmineralisches Material zu überlegen. Anhand der vorliegenden Ergebnisse zeichnen sich alle beprobten Substrate und Substratausgangsstoffe mit einer Sauerstoffaufnahme von weniger als 5 mmol je kg organischer Substanz und Stunde als stabil (Veeken et al., 2003) bzw. wenig mikrobiell belebt aus (Tabelle 22). Ein Zusammenhang zwischen der Veränderung des Stickstoffhaushalts und des Sauerstoffverbrauchs eines Substrats oder eines Ausgangsstoffes konnte nicht hergestellt werden.

Tabelle 22: Sauerstoffverbrauch von Substraten und Ausgangstoffen (nach DIN EN 16087-1)

Material	Mittlerer Sauerstoffverbrauch (mmol/(kg OS * h))
Torf, fein (n=8)	0,5
Torf, grob (n=8)	0,5
Sphagnum (n=8)	0,7
Holzfaser, fein (n=8)	3,3
Holzfaser, grob (n=8)	4,1
Grünkompost (n=8)	1,2
Kokosmark (n=6)	1,1
Perlit, fein (n=2)	1,4
Perlit, grob (n=4)	3,1
<hr/>	
Substrat 1 (n=10) (75 Vol.- % Torf, fein, 25 Vol.-% Torf, grob)	0,6
Substrat 2 (n=10) (50 Vol.- % Km, 15 Vol.- % Gk, 35 Vol.- % Hf)	2,0
Substrat 3 (n=12) (15 Vol.- % Gk, 35 Vol.- % Hf, 20 Vol.- % Pe, 30 Vol.- % Sp)	3,6
Substrat 4 (n=12) (30 Vol.- % Km, 20 Vol.- % Hf, 50 Vol.- % Pe)	2,6
Substrat 5 (n=12) (50 Vol.- % Km, 50 Vol.- % Pe)	1,4
Substrat 6 (n=12) (50 Vol.- % Hf, 50 Vol.- % Pe)	3,3

Substratphysik

Ausschlaggebend für die Eignung von gärtnerischen Substraten sind ebenfalls die physikalischen Parameter. Möglichst strukturstable Substrate mit geringem Volumengewicht sollen für die Pflanze gut durchwurzelt sein, eine ausreichende Kapazität für Wasser und Luft, bestimmt durch das Porenvolumen, aufweisen sowie über eine gute Benetzbarkeit verfügen.

Bedingt durch ihre unterschiedlichen Zusammensetzungen wiesen die selbst hergestellten Substratmischungen verschiedene physikalische Eigenschaften auf (Tabelle 23). Die Luftkapazität der torffreien Substrate überstieg diejenige des Torfsubstrats teilweise deutlich, wobei das schon augenscheinlich lockerste Substrat aus Holzfasern und Perlit die höchste Luftkapazität aufwies. Entsprechend verhält es sich bezüglich des leicht für die Pflanze verfügbaren Wassers umgekehrt, da die für die Luftkapazität maßgeblichen Grobporen das Wasser nicht gegen die Schwerkraft im Substrat halten können. Jedoch ist auch das in Feinporen befindliche Wasser nur schwer verfügbar, da es aufgrund der Kapillarität fest in den Poren gehalten wird. Die Verfügbarkeit von Wasser ist entsprechend kompakteren in Substraten mit Bestandteilen wie Grünkompost und Kokosmark ebenfalls geringer als in Torf, was bei der Bewässerung zu beachten ist. Betrachtet man die unterschiedlichen Strukturen, so ist das Gesamtporenvolumen in den entsprechenden Mischungen nahezu identisch, jedoch ist das Luftvolumen in den groben Mischungen im Vergleich erwartungsgemäß höher und die Wasserkapazität folglich geringer als in den feinen Mischungen.

Tabelle 23: Physikalische Eigenschaften torffreier Substratmischungen (nach DIN EN 13041).

Substrat	Feine Struktur			Grobe Struktur		
	Gesamtporen- volumen (Vol.- %)	Luft- volumen (Vol.-%)	Wasser- kapazität (Vol.-%)	Gesamtporen- volumen (Vol.-%)	Luft- volumen (Vol.-%)	Wasser- kapazität (Vol.-%)
1 (100 Vol.- % Torf)	92	11	81	93	13	81
2 (50 Vol.- % Km, 15 Vol.- % Gk, 35 Vol.- % Hf)	91	24	67	91	28	63
3 (15 Vol.- % Gk, 35 Vol.- % Hf, 20 Vol.- % Pe, 30 Vol.- % Sp)	93	37	56	92	49	44
4 (30 Vol.- % Km, 20 Vol.- % Hf, 50 Vol.- % Pe)	96	37	59	95	52	43
5 (50 Vol.- % Km, 50 Vol.- % Pe)	96	37	59	95	44	51
6 (50 Vol.- % Hf, 50 Vol.- % Pe)	96	53	43	95	67	28

Kultur von Usambaraveilchen (*Saintpaulia ionantha*) in selbst hergestellten torffreien Substraten (AP 3)

Usambaraveilchen gelten als empfindliche Art, besonders was ihre Toleranz gegenüber hohen Salzgehalten in Substraten betrifft. Auch wegen ihrer wirtschaftlichen Bedeutung sind sie eine geeignete Kultur für Versuche zur Eignung von torffreien Substraten für ihre Produktion, denn gerade in komposthaltigen Substraten können hohe Salzkonzentrationen auftreten.

Für den Versuch wurde *Saintpaulia ionantha* 'Maiko' ab KW 23/2016 in fünf selbst hergestellten Substratmischungen ohne Torf (Tabelle 19) im Vergleich zu einem Torfsubstrat in Töpfen mit 12 cm Durchmesser kultiviert, wobei der pH-Wert und der Stickstoffgehalt der Mischungen auf ein einheitliches Niveau eingestellt worden sind (etwa 120 mg N/l, pH 5,5). Die Aufstellung von drei Wiederholungen jeder Variante erfolgte randomisiert auf einzeln zu bewässernden Tischen in einem Gewächshaus bei 20 °C/22 °C Heizungs-/Lüftungstemperatur. Die für jede Substratvariante bedarfsgerecht durchgeführte Bewässerung fand nach dem Einwurzeln der Pflanzen im Anstauverfahren mit einer Nährlösung (0,8 g/l Planta Fertyl 3 Mega) statt. Zu Versuchsbeginn und -ende erfolgte eine chemische Substratanalyse und abschließend die Bonitur der Pflanzen hinsichtlich Durchmesser, oberirdischer Frischmasse, Bewurzelung und Anzahl der Blütenstände.



Abbildung 49: *Saintpaulia ionantha* 'Maiko' zu Versuchsende, Substrate s. Tabelle 19. (Foto: Pilz).

Bei der Auswertung in KW 36/2016 wiesen Pflanzen in Substratmischungen aus Kompost, Holzfasern, Sphagnum und Perlit sowie Kokosmark, Holzfasern und Perlit keine Unterschiede bei der Entwicklung des Laubs zu denen im Torfsubstrat auf (Abbildung 49). Die Blütenstände waren jedoch tendenziell weniger über das Laubdach gestreckt und der Ballen besonders in den Varianten mit einem Perlitanteil von 50 Vol.-% deutlich schwächer bewurzelt. Auf die weiteren Mischungen reagierte die Kultur mit verringertem Sprosswachstum (Abbildung 50). Auch das Wurzelwachstum war im Vergleich zur Kontrolle teilweise wesentlich geringer. Das Substrat aus Kokosmark, Kompost und Holzfasern führte dabei zu besseren Ergebnissen als diejenigen aus Perlit und Kokosmark bzw. Holzfasern. Bei der abschließenden Substratanalyse fiel auf, dass der Stickstoffgehalt im Torfsubstrat bis zu dreimal höher war als in den anderen Mischungen, während die Unterschiede bei den übrigen Nährstoffen geringer waren. In den Substraten mit hohem Kokosmark- und Perlitanteil sank der pH-Wert stark ab (Tabelle 24). Analog zu den Ergebnissen der physikalischen Substratuntersuchungen zur Luftkapazität trat bei Substrateigenmischungen mit Holzfasern und Perlit ein höherer Gießaufwand auf.

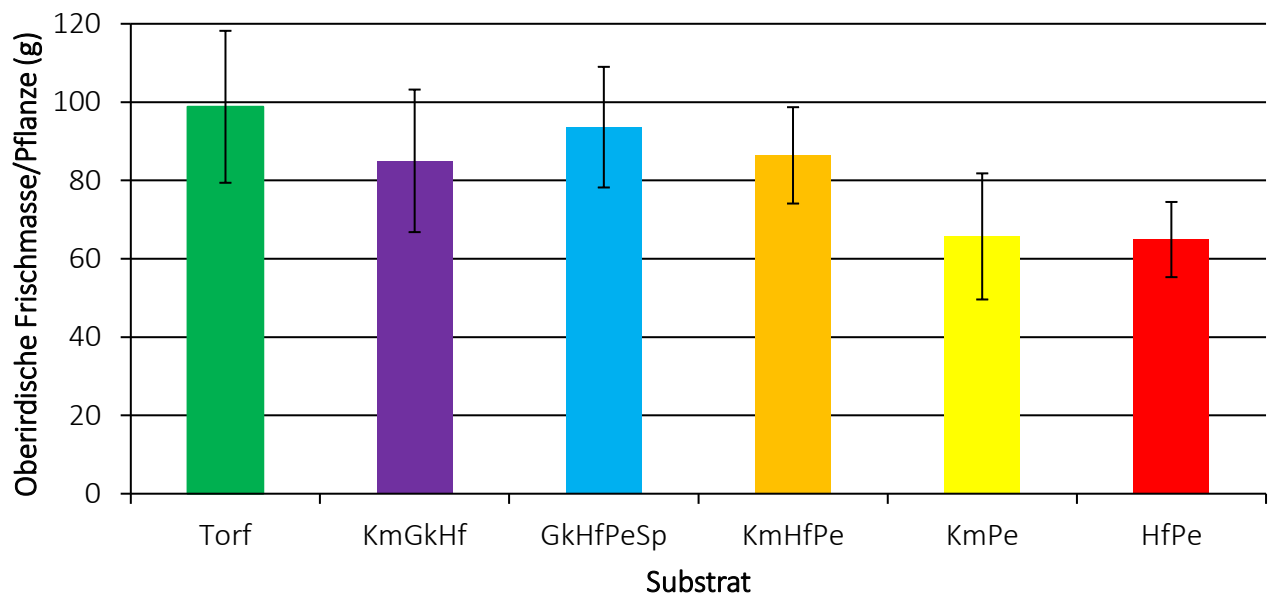


Abbildung 50: Oberirdische Frischmasse pro Pflanze (Mittelwert±Standardabweichung) von *S. ionantha* 'Maiko' zu Versuchsende 13 Wochen nach dem Topfen (n=60. Substrate s. Tabelle 19).

Tabelle 24: pH-Werte in den Substratmischungen zu Beginn und Ende des Versuchs

Substrat	pH-Wert (CaCl ₂)	
	Versuchsbeginn	Versuchsende
1 (100 Vol.- % Torf)	5,5	5,1
2 (50 Vol.- % Km, 15 Vol.- % Gk, 35 Vol.- % Hf)	5,6	5,2
3 (15 Vol.- % Gk, 35 Vol.- % Hf, 20 Vol.- % Pe, 30 Vol.- % Sp)	5,3	4,7
4 (30 Vol.- % Km, 20 Vol.- % Hf, 50 Vol.- % Pe)	5,6	3,8
5 (50 Vol.- % Km, 50 Vol.- % Pe)	5,6	3,8
6 (50 Vol.- % Hf, 50 Vol.- % Pe)	5,6	5,3

Der Versuch zeigte, dass Usambaraveilchen als empfindliche Kultur in einer torffreien Substratmischung aus den Torfersatzstoffen Grünkompost, Holzfasern, Perlit und Sphagnum ohne Qualitätseinbußen im Vergleich zu einem Torfsubstrat kultiviert werden konnte, wobei die gute Eignung des nachwachsenden Rohstoffs Sphagnum besonders hervorzuheben ist. Zur Vermeidung von Trockenstress ist unbedingt eine ausreichend häufige Bewässerung zu gewährleisten, die bei Verwendung torffreier Substrate über den Aufwand bei einem Torfsubstrat hinausgehen kann. Beachtet und regelmäßig überprüft werden sollte auch der pH-Wert der Substrate, dessen Korrektur durch die Verwendung verschiedener Dünger, welche ihn absenken oder erhöhen können, möglich ist, falls für die Kultur kritische Werte erreicht werden. Der Einfluss verschiedener Dünger soll in weiteren Versuchen ermittelt werden. Der kompaktere Wuchs in einzelnen torffreien Mischungen kann möglicherweise bei Kulturen mit Hemmstoffbedarf dazu genutzt werden, den Einsatz dieser Mittel zu reduzieren. Anhand der Erfahrungen aus diesem Versuch sind erste Kulturempfehlungen für die torffreie Produktion von *S. ionantha* ableitbar, zu deren Bestätigung weitere Untersuchungen nötig sind. Für eine detailliertere Darstellung der Ergebnisse siehe „Versuche im Deutschen Gartenbau 2018“ und Hortigate.

Eignung von gefärbtem Perlit für die Kultur von Usambaraveilchen (*Saintpaulia ionantha*) (AP 3)

Perlit ist mit seiner weißen Farbe ein Substratbestandteil, der sich optisch deutlich von den übrigen verwendeten Torfersatzstoffen dunklerer Farbe absetzt. In bislang nur begrenzten Mengen verfügbares braun gefärbtes Perlit trägt zur Verringerung des Kontrasts zu den übrigen Substratausgangsstoffen bei. Die Eignung des mit Huminstoffen gefärbten Perlits als Bestandteil von Substraten zur Produktion von Zierpflanzen wurde in einem weiteren Versuch mit Usambaraveilchen ermittelt.

Für den Versuch wurde *Saintpaulia ionantha* 'Maiko' ab KW 43/2016 in neun selbst hergestellten Substratmischungen ohne Torf (Tabelle 19) im Vergleich zu einem Torfsubstrat in Töpfen mit 12 cm Durchmesser kultiviert, wobei der pH-Wert und der Stickstoffgehalt der Mischungen auf ein einheitliches Niveau eingestellt worden sind (etwa 120 mg N/l, pH 5,5). Jede perlithaltige Substratvariante fand dabei sowohl mit weißem, als auch mit gefärbtem Perlit Verwendung, um einen Vergleich zwischen diesen Varianten zu ermöglichen. Die Aufstellung von drei Wiederholungen jeder Variante erfolgte randomisiert auf einzeln zu bewässernden Tischen in einem Gewächshaus bei 20 °C/22 °C Heizungs-/Lüftungstemperatur. Die für jede Substratvariante bedarfsgerecht durchgeführte Bewässerung fand nach dem Einwurzeln der Pflanzen im Anstauverfahren mit einer Nährlösung (0,8 g/l Planta Ferty 3 Mega) statt. Zu Versuchsbeginn und -ende erfolgte eine Substratanalyse und abschließend die Bonitur der Pflanzen hinsichtlich Durchmesser, Sprossfrischmasse, Bewurzelung und Anzahl der Blütenstände.

Bis zur Versuchsauswertung in KW 3/2017 fiel nicht nur die Verbesserung des optischen Eindrucks der perlithaltigen Substrate durch Einsatz des gefärbten Perlits auf. Zudem konnte eine positive pflanzenbauliche Wirkung dieses Substratausgangsstoffs ermittelt werden. Sowohl die oberirdische Frischmasse als auch der Pflanzendurchmesser übertrafen die Messwerte derjenigen Pflanzen, welche in entsprechendem Substrat mit weißem Perlit angebaut wurden, teilweise deutlich. Außerdem reichten Pflanzen in Substrat mit weißem Perlit bezüglich des Sprosswachstums nicht an die Kontrollvariante aus Torf heran. Diejenigen in Mischungen mit gefärbtem Perlit schlossen mindestens an die Kontrolle an, in dem Substrat aus Grünkompost, Holzfasern, Perlit und Sphagnum überstieg die oberirdische Frischmasse den Wert der Kontrolle sogar (Abbildung 51, Abbildung 52). Im Falle des Substrats aus Holzfasern und Perlit führte gefärbtes Perlit überdies zu einer verbesserten Wurzelentwicklung im Vergleich zu weißem Perlit, ein Effekt, der bei den übrigen perlithaltigen Substraten allerdings nicht beobachtet werden konnte. Wie schon im vorherigen Versuch mit *S. ionantha* fiel die Wurzelentwicklung in allen Substraten mit Perlit schwächer aus als in denen ohne Perlit. Bedingt durch die Kultur im späteren Jahresverlauf war der Gießaufwand im Gegensatz zum vorherigen Versuch insgesamt geringer, Unterschiede zwischen den Substratvarianten gab es kaum. Einzig das Substrat aus Holzfasern und Perlit musste besonders häufig bewässert werden, wobei die Verwendung von gefärbtem Perlit den Bedarf nochmals erhöhte. Die Nährstoffgehalte bei der abschließenden Analyse waren in allen Varianten vergleichbar mit Ausnahme des Holzfaser-Perlit-Substrats, welches zum Teil deutlich weniger Stickstoff enthielt als andere Mischungen. Die aus dem ersten Versuch bekannte starke Abnahme des pH-Werts trat nun in allen Varianten auf (Tabelle 25), wobei sie in der Kontrolle und dem Substrat aus Kokosmark, Grünkompost und Holzfaser weniger stark ausfiel.

Tabelle 25: pH-Werte in den Substratmischungen zu Beginn und Ende des Versuchs

Substrat	pH-Wert (CaCl ₂)	
	Versuchsbeginn	Versuchsende
1 (100 Vol.- % Torf)	5,7	4,6
2 (50 Vol.- % Km, 15 Vol.- % Gk, 35 Vol.- % Hf)	5,9	4,6
3 (15 Vol.- % Gk, 35 Vol.- % Hf, 20 Vol.- % Pe, weiß, 30 Vol.- % Sp)	5,5	3,9
3 (15 Vol.- % Gk, 35 Vol.- % Hf, 20 Vol.- % Pe, gefärbt, 30 Vol.- % Sp)	5,5	4,4
4 (30 Vol.- % Km, 20 Vol.- % Hf, 50 Vol.- % Pe, weiß)	5,7	3,4
4 (30 Vol.- % Km, 20 Vol.- % Hf, 50 Vol.- % Pe, gefärbt)	5,7	3,5
5 (50 Vol.- % Km, 50 Vol.- % Pe, weiß)	5,6	3,3
5 (50 Vol.- % Km, 50 Vol.- % Pe, gefärbt)	5,6	3,5
6 (50 Vol.- % Hf, 50 Vol.- % Pe, weiß)	5,6	3,6
6 (50 Vol.- % Hf, 50 Vol.- % Pe, gefärbt)	5,7	3,7

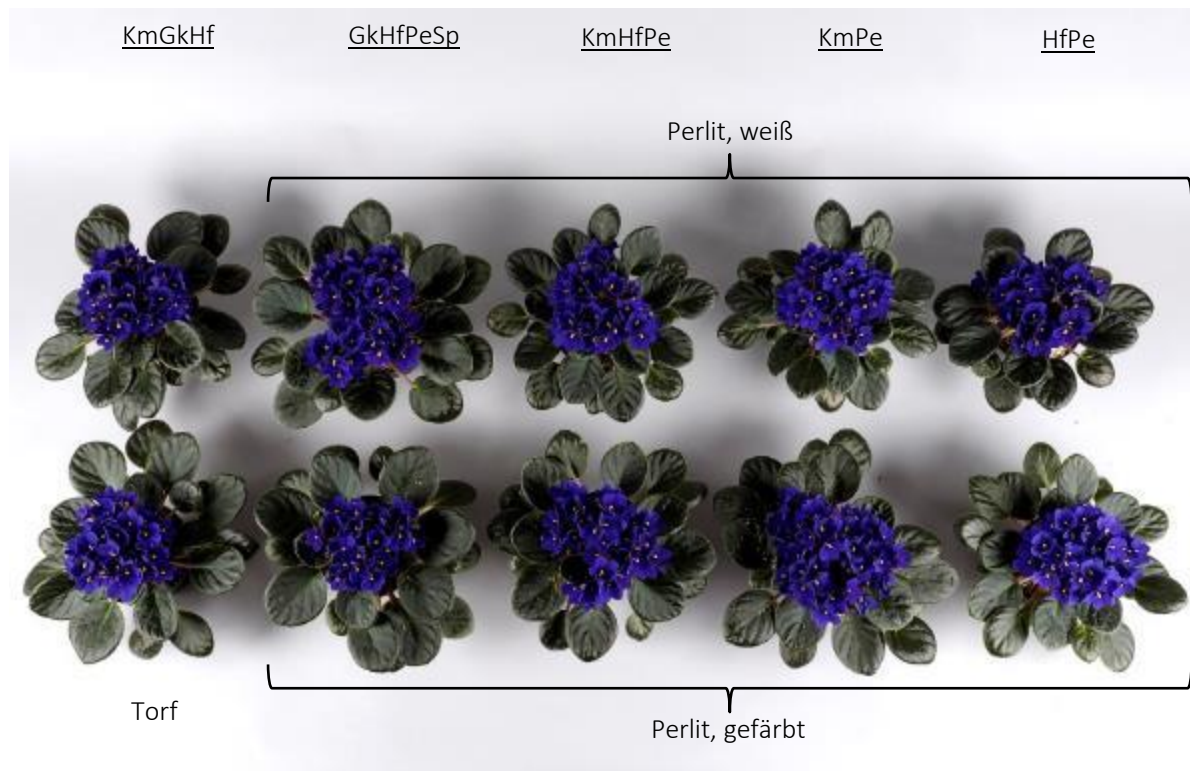


Abbildung 51: Usambaraveilchen nach zwölfwöchiger Kultur, Substrate s. Tabelle 19. (Foto: Pilz).

Die Ergebnisse dieses Versuchs unterstützen die Aussagen aus dem ersten Versuch mit Usambaraveilchen. Hinsichtlich der Bewässerungshäufigkeit kann in Anbetracht des ersten Versuchs keine allgemeingültige Aussage getroffen werden, da der Wasserbedarf neben Kultur und Substrat von weiteren, jahreszeitlich bedingten Faktoren wie der Einstrahlung in das Gewächshaus abhängt. Besonders die sich wiederholende Verringerung des pH-Wertes macht deutlich, dass dies ein wichtiger Punkt bei der Kulturführung ist, der Beachtung finden sollte. Auch das zusätzlich verwendete gefärbte Perlit überzeugte durch seine günstige pflanzenbauliche Wirkung. Die Ursache dieses Effekts wird in den Huminstoffen, welche zum Färben genutzt werden, vermutet. Dies sollte jedoch unter Voraussetzung einer ausreichenden Verfügbarkeit des Materials

genauer untersucht werden. Für eine detailliertere Darstellung der Ergebnisse siehe „Versuche im Deutschen Gartenbau 2018“ und Hortigate.

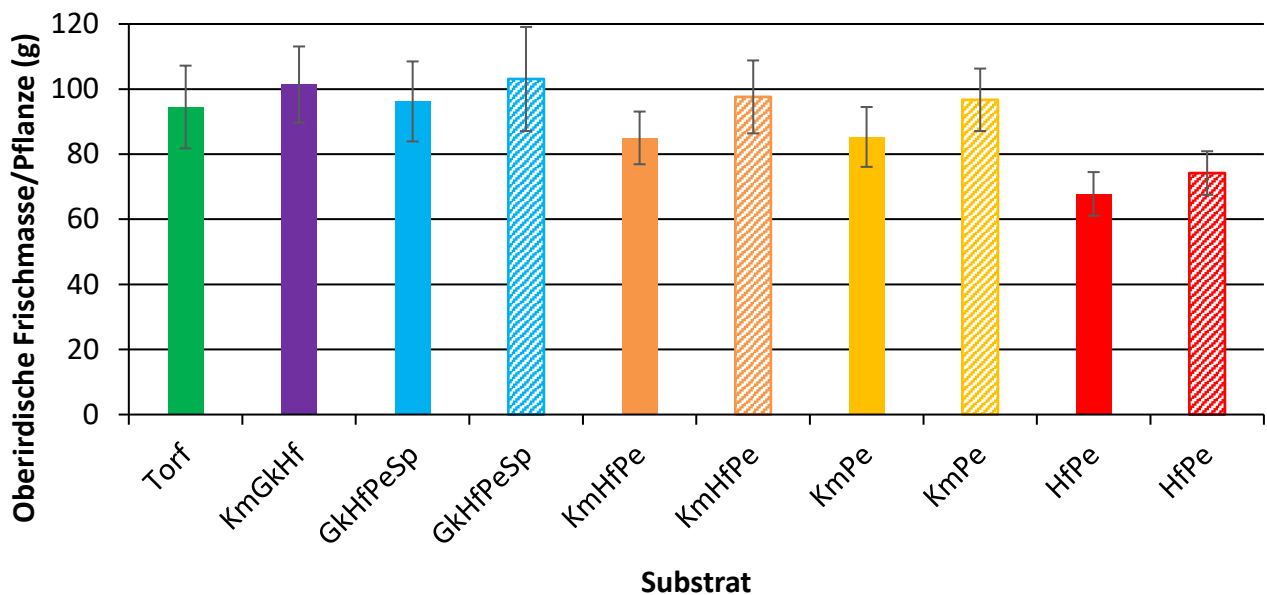


Abbildung 52: Oberirdische Frischmasse pro Pflanze (Mittelwert \pm Standardabweichung) von *S. ionantha* 'Maiko' zu Versuchsende zwölf Wochen nach dem Topfen (n=60; schraffiert: gefärbtes Perlit, n=40. Substrate s. Tabelle 19).

Haltbarkeit von in torffreien Substrateigenmischungen kultivierten Usambaraveilchen (*Saintpaulia ionantha*) (AP 3)

Um die Haltbarkeit von Pflanzen in torffreien Substraten während der Vermarktung zu simulieren, wurden in KW 4/2017 von jeder Substratvariante aus dem vorherigen Versuch Pflanzen entnommen und das Substrat auf die jeweils höchste Wasserkapazität eingestellt. Im Anschluss erfolgte das Ausstellen im Gewächshaus, wobei während des Versuchs kein Wasser mehr gegeben wurde. Die durch die ausbleibende Bewässerung hervorgerufene Welke der Pflanzen wurde visuell erfasst und Pflanzen, die ein bestimmtes Welkestadium erreicht hatten, täglich gezählt.

Die ersten Welkesymptome traten 16 Tage nach letztmaliger Bewässerung bei Pflanzen der Substratvariante Holzfaser-Perlit auf, schon zwei Tage später zeigten alle Pflanzen dieser Variante entsprechende Symptome. Zu diesem Zeitpunkt welkten die ersten Usambaraveilchen in den übrigen perlithaltigen Substraten, wobei 21 Tage nach Bewässerung zuerst im Substrat aus Kokosmark, Holzfaser und Perlit alle Pflanzen welkten, gefolgt von denjenigen aus dem Substrat mit Sphagnum (31 Tage) und dem Kokosmark-Perlit-Substrat (33 Tage). Zu diesem Termin wiesen ebenfalls alle Pflanzen in Torfsubstrat Welkesymptome auf, die jedoch erst 20 Tage nach Bewässerung erstmalig auftraten. Einen Tag später welkten die ersten Usambaraveilchen in Substrat aus Kokosmark, Grünkompost und Holzfaser, die gesamte Variante war 35 Tage nach Bewässerung verwelkt. Diese Resultate finden ihre Erklärung in den Werten der physikalischen Substratuntersuchungen und bestätigen einen häufigeren Gießaufwand für Substrate mit hoher Luftkapazität, während Substrate mit geringerem Grobporenanteil über eine längere Zeit ohne Bewässerung den Status verkaufsfähiger Pflanzen erhalten. Eine gute Alternative zu dem Torfsubstrat bietet in diesem Versuch das torffreie Substrat aus Kokosmark, Grünkompost und Holzfaser.

Kultur von Ballonblumen (*Platycodon grandiflorus*) in selbst hergestellten torffreien Substraten (AP 3)

Neben Zierpflanzen, wie Usambaraveilchen zur Verwendung als Zimmerpflanze, sollte mit der Ballonblume eine bedingt winterharte Zierpflanze bezüglich ihrer Eignung zur Produktion in torffreien Substraten untersucht werden. Darüber hinaus galt es, den Effekt des stark absinkenden pH-Werts in verschiedenen Substraten in vorhergehenden Versuchen genauer zu ergründen.

Für den Versuch wurde *Platycodon grandiflorus* 'Astra F1 White' ab KW 16/2017 in fünf selbst hergestellten Substratmischungen ohne Torf (Tabelle 19) im Vergleich zu einem Torfsubstrat sowie einem gärtnerischen Standardsubstrat (Praxis) in Töpfen mit 12 cm Durchmesser kultiviert, wobei der pH-Wert und der Stickstoffgehalt der selbst hergestellten Mischungen auf ein einheitliches Niveau eingestellt worden sind (etwa 120 mg N/l, pH-Wert 5,5). Die Aufstellung von drei Wiederholungen jeder Variante erfolgte randomisiert auf einzeln zu bewässernden Tischen in einem Gewächshaus bei 18 °C/20 °C Heizungs-/Lüftungstemperatur. Die für jede Substratvariante bedarfsgerecht durchgeführte Bewässerung fand nach dem Einwurzeln der Pflanzen im Anstauverfahren mit einer Nährlösung (0,8 g/l Planta Ferty 3 Mega) statt. Die Pflanzen in Substratmischungen, die im ersten Versuch durch ein starkes Absinken des pH-Wertes auffielen (Kokosmark, Holzfaser und Perlit sowie Kokosmark und Perlit), wurden dabei wie auch das Torfsubstrat als Kontrolle außerdem mit einem weiteren Mehrnährstoffdünger (1,0 g/l ICL Peters Excel CalMag Grower with Organic-S) im Vergleich kultiviert, um den Effekt der beiden unterschiedlich formulierten Dünger auf den pH-Wert im Substrat zu untersuchen. Während des Versuchs erfolgte die sechsmalige Ausbringung eines Wuchshemmstoffs, um einen kompakten Habitus zu erhalten. Zu Versuchsbeginn und -ende erfolgte eine Substratanalyse und abschließend die Bonitur der Pflanzen hinsichtlich Höhe, Durchmesser, oberirdischer Frischmasse, Bewurzelung, Anzahl geöffneter Blüten sowie Blattrand- und Interkostalchlorosen.



Abbildung 53: *P. grandiflorus* zu Versuchsende ein Substrat 6 (links) im Vergleich zum Torfsubstrat (rechts) (Fotos: Nordmeyer).

Am Ende des Versuchs in KW 26/2017 (Abbildung 53, Abbildung 54) konnten keine deutlichen Unterschiede zwischen dem Habitus der in den verschiedenen Substraten kultivierten Pflanzen ermittelt werden. Der Durchmesser der Ballonblumen in dem Substrat aus Kokosmark, Grünkompost und Holzfasern sowie Grünkompost, Holzfasern, Perlit und Sphagnum wiesen einen etwas, diejenigen aus Holzfaser-Perlit-Substrat einen deutlich geringeren Durchmesser im Vergleich mit den anderen Varianten auf. Diese Abstufung findet sich ebenso bei der oberirdischen Frischmasse. Zum Zeitpunkt der Bonitur waren bei allen Varianten ein bis zwei Blüten geöffnet. Tendenziell waren die Blütenanzahlen im Holzfaser-Perlit- bzw. Kokosmark-Perlit-Substrat etwas geringer als bei den anderen Varianten, im gärtnerischen Standardsubstrat dagegen etwas größer. Werden die Pflanzen aus Substraten, welche mit zwei Mehrnährstoffdüngern im Vergleich kultiviert wurden, betrachtet, so zeigt sich an den mit 1,0 g/l ICL Peters Excel CalMag Grower with Organic-S versorgten Varianten eine tendenziell höhere Anzahl Blüten als bei den mit 0,8 g/l Planta Ferty 3 Mega gedüngten Exemplaren. Bezüglich des Sprosswachstums konnte kein Unterschied zwischen den Düngervarianten ermittelt werden.

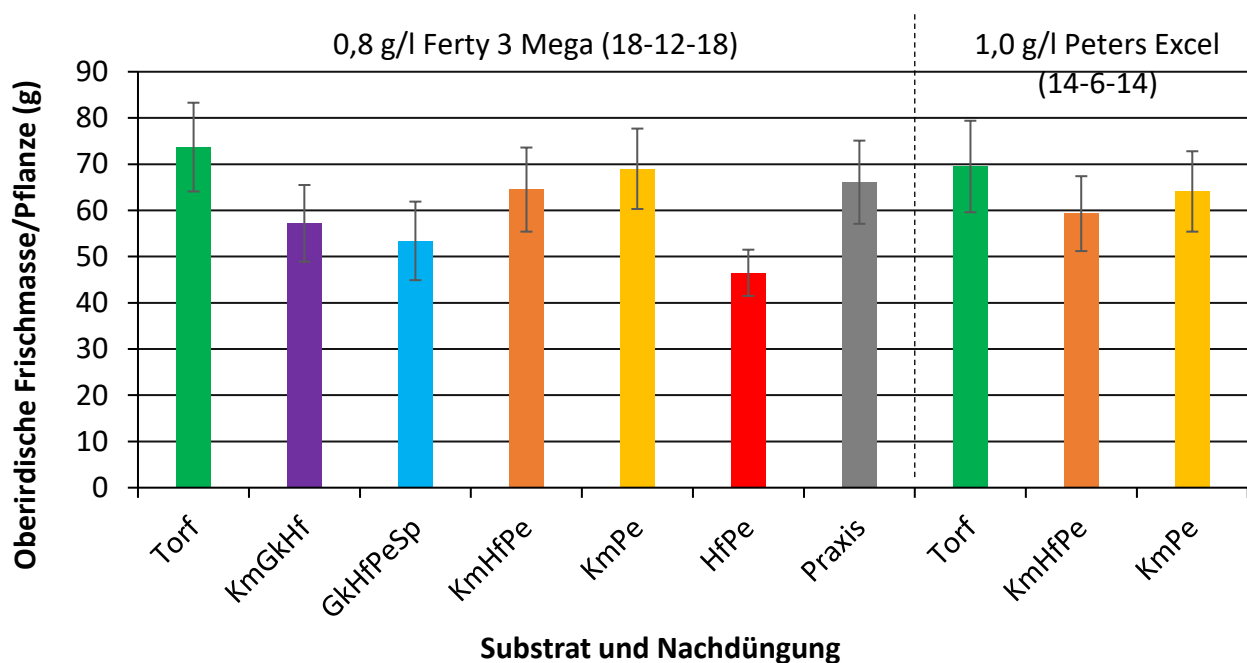


Abbildung 54: Oberirdische Frischmasse pro Pflanze (Mittelwert \pm Standardabweichung) von *P. grandiflorus* 'Astra F1 White' 10 Wochen nach dem Topfen (n=72; Substrate s. Tabelle 19).

Beim Einsatz von Peters Excel blieb der pH-Wert im Falle des Torfsubstrats auf dem Ausgangsniveau, beim Substrat aus Kokosmark, Holzfaser und Perlit sowie Kokosmark und Perlit stieg er an. Ferty 3 Mega führte in diesen Substraten und auch beim gärtnerischen Standardsubstrat wie bereits in einem vorherigen Versuch beobachtet zum Absinken des pH-Werts, in den übrigen Substraten blieb er nahezu unverändert ausgehend vom Versuchsbeginn (Tabelle 26).

Tabelle 26: pH-Werte in den Substratmischungen zu Beginn und Ende des Versuchs.

Substrat	Dünger	pH-Wert (CaCl ₂)	
		Versuchsbeginn	Versuchsende
1 (100 Vol.- % Torf)	Planta Ferty 3 Mega	5,6	4,3
	ICL Peters Excel CalMag	5,6	5,4
	Grower with Organic-S		
2 (50 Vol.- % Km, 15 Vol.- % Gk, 35 Vol.- % Hf)	Planta Ferty 3 Mega	5,6	5,6
3 (15 Vol.- % Gk, 35 Vol.- % Hf, 20 Vol.- % Pe, 30 Vol.- % Sp)	Planta Ferty 3 Mega	5,7	5,7
4 (30 Vol.- % Km, 20 Vol.- % Hf, 50 Vol.- % Pe)	Planta Ferty 3 Mega	5,5	4,5
	ICL Peters Excel CalMag	5,5	7,0
	Grower with Organic-S		
5 (50 Vol.- % Km, 50 Vol.- % Pe)	Planta Ferty 3 Mega	5,5	4,3
	ICL Peters Excel CalMag	5,5	6,3
	Grower with Organic-S		
6 (50 Vol.- % Hf, 50 Vol.- % Pe)	Planta Ferty 3 Mega	5,5	5,9
	Praxis	Planta Ferty 3 Mega	5,7

Ein deutlicher Einfluss von Substrat und Dünger auf die Wurzelentwicklung der Ballonblumen wurde nicht beobachtet. Das Wurzelwerk war in allen Fällen sehr gut ausgebildet. Einzig der Ballenboden war in der Kokosmark-Perlit-Mischung schwächer bewurzelt als in den übrigen Substraten. Auffällig war das leicht chlorotische Laub in allen Varianten und Blattrandchlorosen bei Pflanzen in Torfsubstrat und dem gärtnerischen Standardsubstrat. Eine Ursache dafür konnte in der abschließenden Substratanalyse nicht gefunden werden. Während des gesamten Versuchszeitraums wurden alle Varianten etwa gleich häufig bewässert, wobei Pflanzen in Holzfaser-Perlit-Substrat ein etwas höheres Gießwasserbedürfnis hatten.

Die Ergebnisse bestätigen den unterschiedlichen Einfluss verschiedener Mehrnährstoffdünger auf den pH-Wert des Substrats. Sie zeigen außerdem, dass das Absinken des pH-Werts durch die Wahl des Düngers verhindert werden kann. Bei der Umstellung eines Produktionsbetriebs von herkömmlichen Torfsubstraten auf torffreie Substrate ist dieses unbedingt zu beachten und dem Produzenten als Handlungsempfehlung an die Hand zu geben. Zur Bestätigung sind weitere Versuche nötig. Generell zeigen die Resultate, dass *P. grandiflorus* in torffreien Substraten vergleichbar zu einem Torfsubstrat produziert werden kann. Für eine detailliertere Darstellung der Ergebnisse siehe „Versuche im Deutschen Gartenbau 2018“ und Hortigate.

Kultur von Becherprimeln (*Primula obconica*) in selbst hergestellten torffreien Substraten (AP 3)

Die pH-Werte in verschiedenen selbst hergestellten Substraten fielen in früheren Versuchen des TeiGa-Projekts durch ein starkes Absinken während der Kultur auf. Die LVG Hannover-Ahlem setzte daher in einem Ansatz mit Becherprimeln (*P. obconica*) unterschiedlich formulierte Mehrnährstoffdünger zur Bewässerungsdüngung ein, um diesem Effekt entgegenzuwirken.

Für den Versuch wurde die Sorte 'Midi F1 Dark Blue' aus der Serie Twilly Touch Me® (Beekenkamp) in KW 26/2017 in selbst hergestellten Substratmischungen ohne Torf im Vergleich zu einem Torfsubstrat (Tabelle 19) sowie einem Substrat aus der Praxis auf Torfbasis in 12 cm-Töpfen kultiviert, wobei der pH-Wert und der

Stickstoffgehalt der selbst hergestellten Mischungen auf ein einheitliches Niveau eingestellt worden sind (etwa 120 mg N/l, pH-Wert 5,5). Die Aufstellung der Varianten erfolgte auf einzeln und für jede Substratvariante bedarfsweise zu bewässernden Tischen in einem Gewächshaus bei 16 °C/18 °C Heizungs-/Lüftungstemperatur. Die für jede Substratvariante bedarfsgerecht durchgeführte Bewässerung fand nach dem Einwurzeln der Pflanzen im Anstauverfahren mit einer Nährlösung statt. Die Pflanzen in Substratmischungen, die in einem vorherigen Versuch durch ein starkes Absinken des pH-Wertes auffielen (Substrat 4 und 5; Tab. 1), wurden dabei wie auch das Torfsubstrat als Kontrolle außerdem mit einem weiteren Mehrnährstoffdünger (1,0 g/l ICL Peters Excel CalMag Grower with Organic-S, 14-6-14) im Vergleich zum sonst verwendeten Planta Ferty 3 Mega (0,8 g/l 18-12-18) kultiviert, um den Effekt der beiden unterschiedlich formulierten Dünger auf den pH-Wert im Substrat zu untersuchen. Zu Versuchsbeginn und Versuchsende erfolgte eine chemische Substratanalyse und abschließend in KW 41/2017 die Bonitur der Pflanzen hinsichtlich Höhe, Durchmesser, oberirdischer Frischmasse, Bewurzelung, Anzahl Blütenstände sowie Blattfarbe.

Der Entwicklung der Pflanzen unterschied sich zwischen den Substratvarianten zum Teil stark (Abbildung 55). Während die oberirdische Frischmasse in den Mischungen mit 50 Vol.-% Perlitanteil (Substrat 4 bis 6, vgl. Tabelle 19) tendenziell, im Falle der Holzfaser-Perlit-Mischung (Substrat 6) sogar deutlich, geringer war als in den Substraten mit geringerem oder keinem Perlitanteil (Substrat 1 bis 3, Praxis), so konnte diese Abstufung bei Höhe und Durchmesser der Pflanzen nicht wiedergefunden werden. Besonders die Pflanzen in den Substraten 4 und 5 wiesen bei ähnlicher Höhe einen lockereren Aufbau im Vergleich zu den anderen Varianten auf. Auch die Nachdüngung mit verschiedenen Mehrnährstoffdüngern zeigte Auswirkungen auf das Wachstum der Pflanzen. Die mit Ferty 3 Mega versorgten Pflanzen waren bei ähnlichem Sprossfrischgewicht eher etwas lockerer aufgebaut als die mit Peters Excel gedüngten.

Die Blühfreudigkeit schien ebenfalls durch die Düngung beeinflusst. Peters Excel erhöhte die Anzahl der Blütenstände pro Pflanze tendenziell gegenüber Ferty 3 Mega. Der Einfluss des Substrats war jedoch deutlicher. Vor allem die Holzfaser-Perlit-Variante (Substrat 6) fiel durch insgesamt deutlich helleres, chlorotisches Laub auf, aber auch in den anderen Varianten traten Blattaufhellungen auf. Nur die Pflanzen in der Kontrollvariante aus 100 Vol.-% Torf bei Düngung mit Ferty 3 Mega hatten nahezu typisch grün gefärbtes Laub. Die Bewurzelung von *P. obconica* zeigte eine deutliche Abhängigkeit vom Substrat. Allgemein fiel die Bewurzelung des Ballenbodens schwach aus und war jeweils in den Torfsubstraten am intensivsten. Der Ballenboden wurde besser bewurzelt, wenn statt Ferty 3 Mega bei der Nachdüngung Peters Excel zum Einsatz kam. Dies galt auch für die Ballenseite, die jedoch insgesamt stärker durchwurzelt war. Die Substrate mit 50 Vol.-% Perlit (Substrate 4 bis 6) führten dabei zum schwächsten Wurzelwachstum.

Die abschließende Substratanalyse lieferte keine Erklärung für die unterschiedliche Entwicklung der Kultur in den Substratvarianten. Auffällig waren lediglich die mit etwa 170 mg/l deutlich höheren Stickstoffmengen in den torfhaltigen Substraten (Substrat 1 und Praxis) gegenüber den torffreien Substraten, welche mit etwa 80 mg N/l jedoch nicht im Bereich eines Mangels lagen. Eine Pflanzenanalyse ergab zudem keine Unterschiede beim Stickstoffgehalt in der Trockenmasse. Eine deutliche Veränderung der Substrat-pH-Werte konnte wie in vorherigen Versuchen auch hier beobachtet werden (Tabelle 27). In allen Substraten kam es bis zum Versuchsende zu einer deutlichen Abnahme der pH-Werte. Während sie durch die Düngung mit Ferty 3 Mega bis auf pH 3,4 absanken, lagen sie bei Verwendung von Peters Excel noch über pH 4,0. Im Laufe des Versuchs wurden alle Varianten etwa gleich häufig bewässert. Starker Thripsbefall, welcher durch den Einsatz von Nützlingen nicht ausreichend kontrolliert werden konnte, verursachte deutliche

Blattrandchlorosen und -nekrosen. Für eine detailliertere Darstellung der Ergebnisse siehe „Versuche im Deutschen Gartenbau 2018“ und Hortigate.

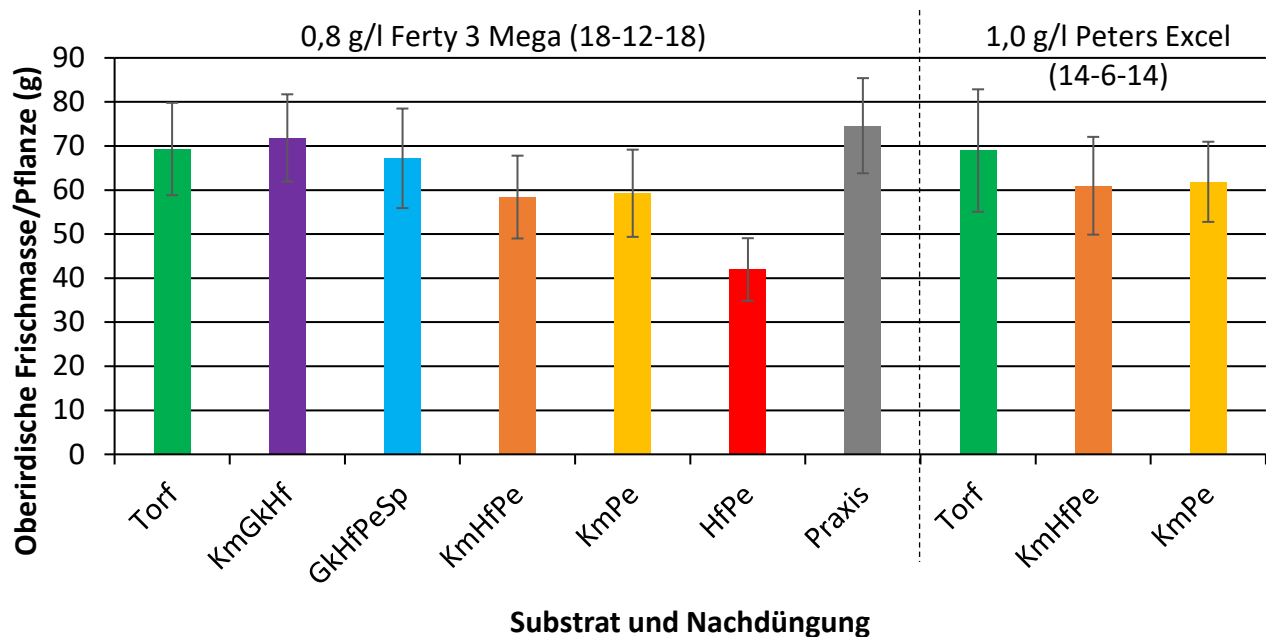


Abbildung 55: Oberirdische Frischmasse pro Pflanze (Mittelwert \pm Standardabweichung) von *P. obconica* 'Midi F1 Dark Blue' zu Versuchsende in KW 41/2017 (n=93; Substrate s. Tabelle 19)

Tabelle 27: pH-Werte in den verwendeten Substraten (s. Tabelle 19) im Verlauf des Versuchs

Substrat und Nachdüngung		pH-Wert (CaCl ₂)		
		KW 26 (VB)	KW 31	KW 41 (VE)
1	(100 Vol.- % Torf)	5,5	5,4	4,2
2	(50 Vol.- % Km, 15 Vol.- % Gk, 35 Vol.- % Hf)	5,6	5,6	3,6
3	(15 Vol.- % Gk, 35 Vol.- % Hf, 20 Vol.- % Pe, 30 Vol.- % Sp)	5,7	5,6	3,7
4	(30 Vol.- % Km, 20 Vol.- % Hf, 50 Vol.- % Pe)	5,6	5,5	3,5
5	(50 Vol.- % Km, 50 Vol.- % Pe)	5,7	5,4	3,4
6	(50 Vol.- % Hf, 50 Vol.- % Pe)	5,6	5,7	3,8
Praxis		5,7	5,7	4,3
<hr/>				
1	(100 Vol.- % Torf)	5,5	5,5	5,3
4	(30 Vol.- % Km, 20 Vol.- % Hf, 50 Vol.- % Pe)	5,6	5,7	4,5
5	(50 Vol.- % Km, 50 Vol.- % Pe)	5,7	5,6	4,1

Kultur eines zweiten Satzes Becherprimeln (*Primula obconica*) in selbst hergestellten torffreien Substraten (AP 3)

Die in verschiedenen selbst hergestellten Substratmischungen beobachtete starke Abnahme der pH-Werte im Kulturverlauf konnte bei Becherprimeln (*P. obconica*) trotz Einsatz verschieden formulierter Mehrnähstoffdünger zur Bewässerungsdüngung in einem vorherigen Versuch nicht ausreichend verhindert werden. Die LVG Hannover-Ahlem nutzte daher in einem Versuch des TeiGa-Projekts mit *P. obconica* verschiedene Düngungsstrategien, um diesem Effekt entgegen wirken zu können.

Für den Versuch wurde die Sorte 'Midi F1 Dark Blue' aus der Serie Twilly Touch Me® (Beekenkamp) in KW 41/2017 in selbst hergestellten Substratmischungen ohne Torf im Vergleich zu einem Torfsubstrat (Tabelle 19) sowie einem torfhaltigen Substrat aus der Praxis in 12 cm-Töpfen kultiviert, wobei der pH-Wert und der Stickstoffgehalt der selbst hergestellten Mischungen auf ein einheitliches Niveau eingestellt worden sind (etwa 120 mg N/l, pH-Wert 5,5).

Die Aufstellung der Varianten erfolgte auf einzeln und für jede Substratvariante bedarfsweise zu bewässernden Tischen in einem Gewächshaus bei 16 °C/18 °C Heizungs-/Lüftungstemperatur. Die für jede Substratvariante bedarfsgerecht durchgeführte Bewässerung fand nach dem Einwurzeln der Pflanzen im Anstauverfahren mit einer Nährlösung statt. Die Pflanzen in Substratmischungen, die in einem vorherigen Versuch durch ein starkes Absinken des pH-Wertes auffielen (Substrat 4 und 5; Tabelle 19), wurden dabei wie auch das Torfsubstrat als Kontrolle mit verschiedenen Düngungsstrategien im Vergleich kultiviert, um den Effekt der Formulierung der Dünger auf den pH-Wert im Substrat zu untersuchen. Wie auch im letzten Versuch wurden dafür zunächst 0,8 g/l Planta Ferty 3 Mega (18-12-18) sowie 1,0 g/l ICL Peters Excel CalMag Grower (14-6-14) verwendet. Da bereits nach wenigen Wochen in manchen Substraten die pH-Werte abnahmen, erfolgte die Umstellung der Bewässerungsdüngung von Ferty 3 Mega auf einen Basisdünger (0,6 g/l 0-14-38) mit 1,0 g/l Kalksalpeter. Unter Rücksichtnahme auf die Kaliumgehalte des Basisdüngers wurde bei der weiteren Düngungsstrategie Peters Excel CalMag Grower durch den kaliumbetonten CalMag Finisher (1,2 g/l 13-5-20) ersetzt. Zu Versuchsbeginn und -ende erfolgte eine chemische Substratanalyse und abschließend in KW 08/2018 die Bonitur der Pflanzen hinsichtlich Höhe, Durchmesser, oberirdischer Frischmasse, Bewurzelung sowie Anzahl Blütenstände.

Wie bereits im ersten Versuchsansatz mit *P. obconica* traten auch in diesem Versuch zum Teil deutliche Unterschiede zwischen der Entwicklung der Kultur in den verschiedenen Substratmischungen auf (Abbildung 56). Jedoch entsprechen die Ergebnisse nicht den vorhergehenden Erkenntnissen. So führte nun zwar erneut das Holzfaser-Perlit-Substrat (Substrat 6, vgl. Tabelle 19) zu wesentlich kleineren Pflanzen, das vormals mit der Torfvariante vergleichbare Kokosmark-Kompost-Holzfaser-Substrat (Substrat 2) schnitt hier aber wesentlich schwächer ab. Mit Ausnahme vom bereits genannten Substrat 6 führten die Mischungen mit 50 Vol.-% Perlit (Substrat 4 und 5) neben Substrat 3 (Kompost, Holzfaser, Perlit, Sphagnum) zu den kräftigsten Pflanzen bei Verwendung von Ferty 3 Mega bzw. Basisdünger und Kalksalpeter. Die Frischmasse übertraf sogar diejenigen der Torfvarianten (Substrat 1 und Praxis). Wurde während der Kultur mit Peters Excel nachgedüngt, so steigerte sich die oberirdische Frischmasse nochmals gegenüber der anderen Düngervariante in den betreffenden torffreien Substratmischungen (Substrat 4 und 5), nicht jedoch im Torfsubstrat (Substrat 1). Diese Abstufung findet sich auch in der Höhe und dem Durchmesser der Pflanzen wieder. Abweichend vom ersten Versuch konnte eine deutliche Auswirkung von Substrat und Dünger auf die Blühfreudigkeit nicht ermittelt werden, einzig die weniger wüchsigen Varianten Kokosmark-Kompost-Holzfaser und Holzfaser-Perlit (Substrat 2 und 6) waren in der Blüte etwas verzögert. In nahezu allen

Varianten entwickelte sich ein kräftiges Wurzelwerk. Auch hier unterscheidet sich der zweite Satz *P. obconica* vom ersten, bei dem die Durchwurzelung weniger intensiv ausfiel.

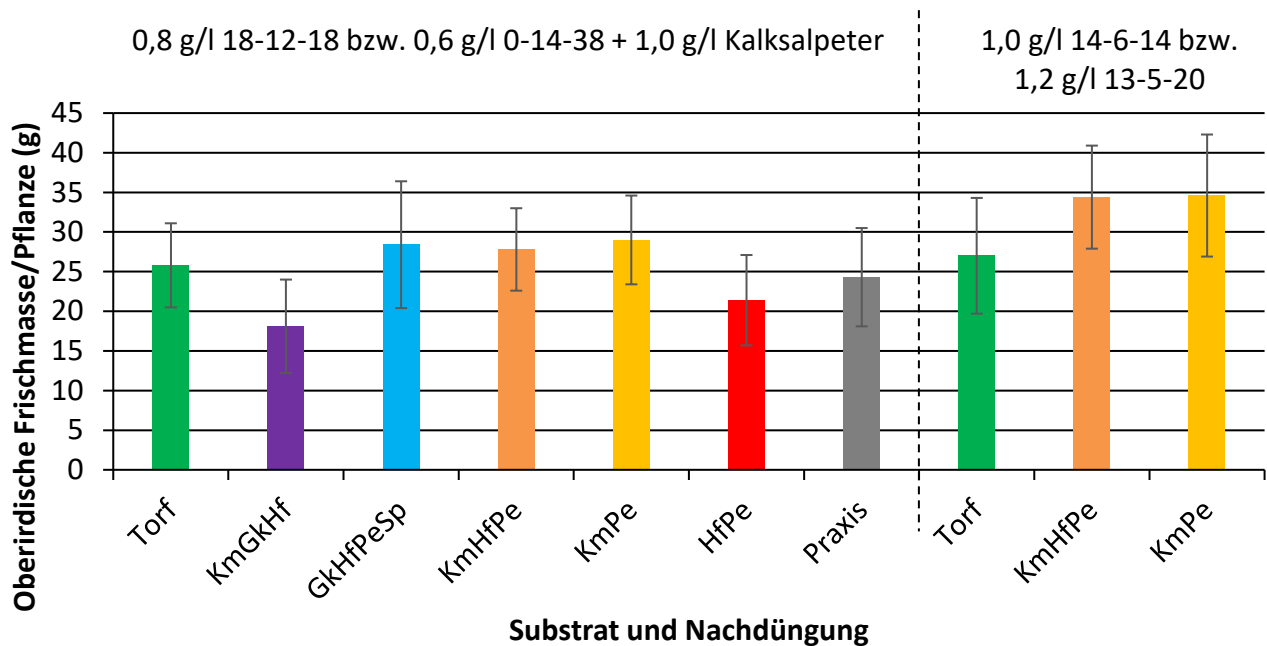


Abbildung 56: Oberirdische Frischmasse pro Pflanze (Mittelwert \pm Standardabweichung) von *P. obconica* 'Midi F1 Dark Blue' zu Versuchsende in KW 08/2018 (n=93, Substrate s. Tabelle 19)

Die abschließende Substratanalyse lieferte nur zum Teil eine Erklärung für die unterschiedliche Entwicklung der Kultur in den Substratvarianten. Einzig im Holzfaser-Perlit-Substrat (Substrat 6) war mit 40 mg N/l im Gegensatz zu etwa 100 mg N/l in allen anderen Substraten deutlich weniger löslicher Mineralstickstoff enthalten. Die pH-Werte sind in verschiedenen Varianten schon kurz nach Versuchsbeginn mit einer Abnahme aufgefallen, woraufhin die verwendeten Nährlösungen wie beschrieben umgestellt wurden. Bei Verwendung der Mehrnährstoffdünger Peters Excel CalMag Grower bzw. Finisher zur Bewässerungsdüngung nahmen die pH-Werte trotz nitratbetonter Formulierung im torffreien Substrat 5 unerwartet stetig ab. Dieser Effekt ist aus früheren Versuchen bei Verwendung verschiedener Nährlösungen bekannt. Erfolgte die Flüssigdüngung mit Basisdünger und Kalksalpeter, so konnte der pH-Wert angehoben werden, wobei teils Werte über pH 6,0 erreicht wurden (Tabelle 28). Die in der entsprechenden Variante aufgetretenen Chlorosen sind daher möglicherweise nicht nur mit dem Schädlingsbefall, sondern auch durch Eisenmangel zu erklären. Während des gesamten Versuchszeitraums wurden alle Varianten etwa gleich häufig bewässert. Starker Thripsbefall, welcher durch den Einsatz von Nützlingen nicht ausreichend kontrolliert werden konnte, verursachte deutliche Blattrandchlorosen und -nekrosen. Für eine detailliertere Darstellung der Ergebnisse siehe „Versuche im Deutschen Gartenbau 2018“ und Hortigate.

Tabelle 28: pH-Werte in den verwendeten Substraten (s. Tabelle 19) im Verlauf des Versuchs

Substrat und Nachdüngung		pH-Wert (CaCl ₂)					
		bis KW 45/2017	ab KW 45/2017	KW 41/2017 (VB)	KW 45/2017	KW 48/2017	KW 08/2018 (VE)
1	(100 Vol.- % Torf)			5,2	5,8	5,5	5,7
2	(50 Vol.- % Km, 15 Vol.- % Gk, 35 Vol.- % Hf)	Ferty 3 Mega (18-11-18)	Basisdünger + Kalksalpeter	5,8	6,2	6,4	6,4
3	(15 Vol.- % Gk, 35 Vol.- % Hf, 20 Vol.- % Pe, 30 Vol.- % Sp)			5,4	5,3	5,5	5,7
4	(30 Vol.- % Km, 20 Vol.- % Hf, 50 Vol.- % Pe)			5,3	4,7	4,7	5,6
5	(50 Vol.- % Km, 50 Vol.- % Pe)			5,3	5,3	5,1	4,9
6	(50 Vol.- % Hf, 50 Vol.- % Pe)			5,3	4,3	4,6	5,9
Praxis						5,7	5,6
1	(100 Vol.- % Torf)	Peters Excel (14-6-14)	Peters Excel (13-5-20)	5,2	5,6	5,7	5,6
4	(30 Vol.- % Km, 20 Vol.- % Hf, 50 Vol.- % Pe)			5,3	4,7	4,8	4,9
5	(50 Vol.- % Km, 50 Vol.- % Pe)			5,3	5,2	5,2	4,5

Einfluss des Stickstoffangebots während der Kultur von Petunien (*Petunia x hybrida*) in selbst hergestellten torffreien Substraten (AP 3)

Die LVG Hannover-Ahlem hat im Rahmen des TeiGa-Projekts deutliche Veränderungen der pH-Werte in selbst hergestellten torffreien Substraten während der Kultur verschiedener Zierpflanzen beobachtet. Der Einsatz von Kalksalpeter in Verbindung mit einem Basisdünger zur flüssigen Nachdüngung in einem vorherigen Versuch erwies sich als vielversprechender Ansatz zur Vermeidung dieses Effekts. Allerdings führte diese Düngevariante teilweise zu hohen pH-Werten, welche vermutlich Chlorosen durch Eisenmangel hervorriefen. In diesem Versuch mit Petunien (*Petunia x hybrida*) sollte die Beobachtung anhand der Verwendung zweier Kalksalpeter-Konzentrationen weiter untersucht werden.

Für den Versuch wurde die Sorte 'GO!Tunia Purple Eye' (Florensis) in KW 11/2018 in selbst hergestellten Substratmischungen ohne Torf im Vergleich zu einem Torfsubstrat (Tabelle 19) sowie einem torhaltigen Substrat aus der Praxis in 12 cm-Töpfen kultiviert, wobei der pH-Wert und der Stickstoffgehalt der selbst hergestellten Mischungen auf ein einheitliches Niveau eingestellt worden sind (etwa 120 mg N/l, pH-Wert 5,5). Die Aufstellung der Varianten erfolgte auf einzeln und für jede Substratvariante bedarfsweise zu bewässernden Tischen in einem Gewächshaus zunächst bei 18 °C/20 °C, später bei 16 °C/18 °C Heizungs-/Lüftungstemperatur. Die für jede Substratvariante bedarfsgerecht durchgeführte Bewässerung fand nach dem Einwurzeln der Pflanzen im Anstauverfahren mit einer Nährlösung statt. Die Pflanzen in Substratmischungen, die in einem vorherigen Versuch durch Chlorosen auffielen (Substrat 2 und 4; Tabelle 19), wurden dabei wie auch das Torfsubstrat als Kontrolle mit verschiedenen Kalksalpeter-Konzentrationen (1,0 bzw. 1,6 g/l) bei gleichbleibender Menge Basisdünger (0,6 g/l 0-14-38) in der Nährlösung kultiviert, sodass eine Differenzierung der pH-Werte im Substrat und Ausprägung der Chlorosen erwartet werden konnte. Die übrigen Varianten erhielten nur die geringere Kalksalpetermenge. Zu Versuchsbeginn und -ende erfolgte eine chemische Substratanalyse und abschließend in KW 18/2018 die Bonitur der Pflanzen

hinsichtlich Höhe, Durchmesser, oberirdischer Frischmasse, Bewurzelung sowie der Blattfarbe. Darüber hinaus erfolgte eine Pflanzenanalyse.

Während des Versuchs zeigten sich deutliche Unterschiede in der Entwicklung der Petunien besonders zwischen den Substratvarianten (Abbildung 57). Torfsubstrat (Substrat 1, vgl. Tabelle 19) führte zum stärksten oberirdischen Wachstum im Vergleich, auch gegenüber dem torfhaltigen Substrat aus der Praxis, jedoch war der Aufbau der Pflanzen unregelmäßig und nicht so kompakt wie in manchen torffreien Mischungen. Die höhere Konzentration an Kalksalpeter förderte in dem Torfsubstrat nicht nur das Wachstum, sondern auch einen harmonischeren Habitus. Substrat aus Kokosmark und Perlit (Substrat 5) reichte bezüglich der oberirdischen Frischmasse am ehesten an die Kontrolle heran, während Mischungen aus Grünkompost, Holzfaser, Perlit und Sphagnum (Substrat 3) sowie Kokosmark, Holzfaser und Perlit (Substrat 4) zu schwächerem Wachstum führten. In Kokosmark-Grünkompost-Holzfasern- (Substrat 2) und Holzfaser-Perlit-Substrat (Substrat 6) war nochmals geringerer Wuchs zu verzeichnen. In den Substraten 2 und 4 fiel das Wachstum bei Verwendung der höheren Menge Kalksalpeter etwas stärker aus, blieb jedoch noch immer hinter dem Torfsubstrat zurück. Das Wurzelwachstum verhielt sich analog zum Sprosswachstum.

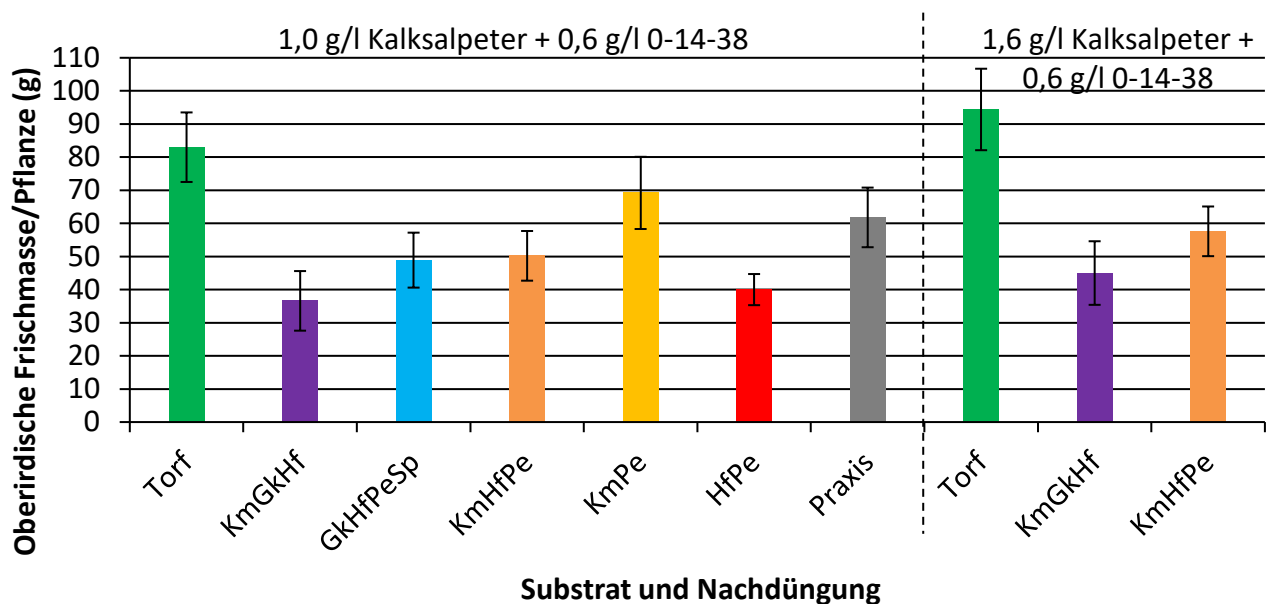


Abbildung 57: Oberirdische Frischmasse pro Pflanze (Mittelwert±Standardabweichung) von *Petunia x hybrida* 'Go!Tunia Purple Eye' zu Versuchsende im KW 18/2018 (n=81). Substrate s. Tabelle 19.

Die abschließende Substratanalyse ergab, dass die höhere Kalksalpeter-Konzentration in den Varianten 1, 2 und 4 mit etwa 120 mg/l wie erwartet zu höheren Stickstoffgehalten im Substrat führte als die geringere Konzentration mit etwa 30 mg/l löslichem Stickstoff, was die Wuchsunterschiede in diesen Fällen erklärt. Die Unterschiede im Wuchs der Pflanzen zwischen den Substratvarianten können jedoch nicht auf die Nährstoffgehalte zurückgeführt werden, da diese innerhalb der Düngervarianten auf einem vergleichbaren Niveau lagen. Die pH-Werte lagen in allen Varianten in einem sehr hohen Bereich zwischen 6,0 und 6,5, wobei die Höhe der Kalksalpeterkonzentration darauf keinen Einfluss hatte. Obwohl mit ca. 20 mg/l vergleichbare Mengen Eisen (CAT-löslich) in den meisten Substraten gefunden wurden, in den komposthaltigen Mischungen entsprechend höhere Gehalte von etwa 80 mg/l, traten besonders in den torffreien Substraten 2 und 4 in Verbindung mit der höheren Kalksalpeter-Konzentration Chlorosen auf (Abbildung 58). Diese gingen zudem mit einer Verfrühung der Blüte einher. Ein zu vermutender pH-bedingter



Abbildung 58: Petunien in Torfsubstrat (links) ohne und in Substrat aus Kokosmark, Grünkompost und Holzfasern mit Chlorosen bei Flüssigdüngung mit Basisdünger und 1,6 g/l Kalksalpeter (Foto: Pilz/Nordmeyer).

Eisenmangel konnte durch die Ergebnisse der Pflanzenanalyse nicht bestätigt werden. Mit einer frühzeitig einsetzenden Eisendüngung hätte das Auftreten der Chlorosen verhindert werden können. Ein entsprechender Ansatz mit einzelnen Pflanzen nach Versuchsende zeigte positive Effekte. Für eine detailliertere Darstellung der Ergebnisse siehe „Versuche im Deutschen Gartenbau 2018“ und Hortigate.

Einfluss der Eisendüngung während der Kultur von Petunien (*Petunia grandiflora*) in selbst hergestellten torffreien Substraten (AP 3)

Im Rahmen des TeiGa-Projekts hat sich die Nachdüngung während des Versuchs mit Kalksalpeter und einem Basisdünger bewährt, um eine ausreichende Versorgung der Kultur in selbst hergestellten torffreien Substraten mit Stickstoff zu gewährleisten. Jedoch resultierten aus dieser Düngestrategie hohe pH-Werte, welche die Ursache für chlorotisches Laub durch Eisenmangel sein können. Die LVG Hannover-Ahlem hat daher in diesem Versuch mit Petunien den Ansatz gewählt, in allen Varianten zusätzlich einen Eisendünger anzubieten, um den vermuteten Zusammenhang zwischen Chlorosen und Eisenmangel zu bestätigen.

Für den Versuch wurde die Sorte 'Pacta Parade F1 Pink-Rose' (Florensis) in KW 21/2018 in selbst hergestellten Substratmischungen ohne Torf im Vergleich zu einem Torfsubstrat (Tabelle 19) sowie einem torfhaltigen Substrat aus der Praxis in 12 cm-Töpfen kultiviert, wobei der pH-Wert und der Stickstoffgehalt der selbst hergestellten Mischungen auf ein einheitliches Niveau eingestellt worden sind (etwa 120 mg N/l, pH-Wert 5,5).

Die Aufstellung der Varianten erfolgte auf einzeln und für jede Substratvariante bedarfsweise zu bewässernden Tischen in einem Gewächshaus bei zunächst bei 18 °C/20 °C, später bei 16 °C/18 °C Heizungs-/Lüftungstemperatur. Die für jede Substratvariante bedarfsgerecht durchgeführte Bewässerung fand nach dem Einwurzeln der Pflanzen im Anstauverfahren mit einer Nährlösung statt. Die Pflanzen in Substratmischungen, die in einem vorherigen Versuch durch deutliche Chlorosen auffielen (Substrat 2 und 4; Tabelle 19), wurden dabei wie auch das Torfsubstrat (Substrat 1) als Kontrolle zusätzlich zu der Standarddüngung mit 1,0 g/l Kalksalpeter, 0,6 g/l Basis- (0-14-38) und 0,25 g/l Eisendünger (YaraVita Tenso FE) als Negativ-Kontrolle ohne Eisendünger kultiviert. Mit diesem Versuchsaufbau sollte Eisenmangel als Ursache für Chlorosen identifiziert werden. Zu Versuchsbeginn und -ende erfolgte eine chemische Substratanalyse und abschließend in KW 26/2018 die Bonitur der Pflanzen hinsichtlich Höhe, Durchmesser, oberirdischer Frischmasse, Bewurzelung sowie Blattfarbe.

Während des Versuchs zeigten sich deutliche Unterschiede in der Entwicklung der Petunien zwischen den Substratvarianten, wobei sich die Düngungsstrategie nicht auf das Wachstum auswirkte (Abbildung 59). Zum stärksten oberirdischen Wachstum führten neben den Torfsubstraten (Substrat 1, vgl. Tabelle 19, Praxis) torffreie Mischungen aus Kokosmark, Holzfaser und Perlit (Substrat 4) sowie Kokosmark und Perlit (Substrat 5, Abbildung 60). Etwas schwachwüchsiger zeigten sich Pflanzen in Substrat 3 aus Grünkompost, Holzfasern, Perlit und Sphagnum, deutlich kleiner blieben sie in Substrat aus Kokosmark, Grünkompost und Holzfasern (Substrat 2) sowie aus Holzfasern und Perlit (Substrat 6).

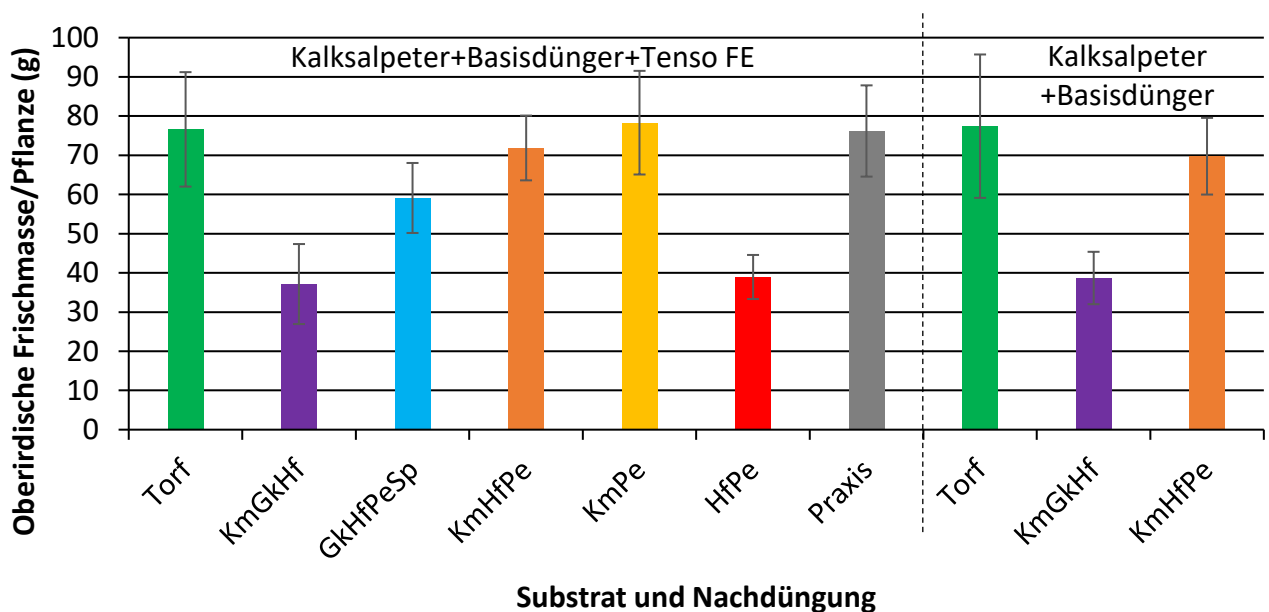


Abbildung 59: Oberirdische Frischmasse pro Pflanze (Mittelwert ± Standardabweichung) von *Petunia grandiflora* 'Pacta Parade F1 Pink-Rose' zu Versuchsende in KW 26/2018 (n=72). Substrate s. Tabelle 19.



Abbildung 60: Petunien in Torfsubstrat (links) ohne und in Substrat aus Kokosmark und Perlit bei Flüssigdüngung mit Kalksalpeter, Basis- und Eisendünger (Foto: Pilz/Nordmeyer).

Entsprechend der Ausgangsstoffe der verwendeten Substratmischungen fand sich in den komposthaltigen Varianten 2 und 3 zu Versuchsbeginn mit etwa 20 mg/l Eisen (CAT-löslich) etwa doppelt so viel wie in den übrigen Mischungen. Die Wuchsunterschiede können anhand der abschließenden Substratanalyse nicht eindeutig erklärt werden, da sich die unterschiedliche Entwicklung der Petunien in den Substratvarianten nicht uneingeschränkt mit den Stickstoffgehalten im Substrat in Zusammenhang bringen lässt. In den mit Eisendünger versorgten Varianten war zu Versuchsende jeweils eine größere Menge Eisen im Substrat vorhanden als in der Negativ-Kontrolle ohne zusätzliche Eisendüngung. Das Auftreten von chlorotischem Laub konnte jedoch nicht auf die Gehalten an Eisen im Substrat zurückgeführt werden. Die pH-Werte lagen in allen Substraten über 6,0. Eine Ausnahme stellte hier das Torfsubstrat mit etwa pH 5,7 dar. Die hohen pH-Werte führten jedoch nicht in allen Fällen zu Chlorosen. Hiervon waren nur die Substrate 4 und 2 ohne Eisendüngung sowie letztgenanntes in etwas schwächerem Maße auch mit Eisendüngung betroffen. Chlorosen durch Eisenmangel aufgrund hoher pH-Werte sind offenbar auch von der Zusammensetzung der Substrate abhängig, können jedoch mit einer zusätzlichen Eisendüngung weitestgehend verhindert werden. Für eine detailliertere Darstellung der Ergebnisse siehe „Versuche im Deutschen Gartenbau 2018“ und Hortigate.

Kultur von Alpenveilchen (*Cyclamen persicum*) in am Markt befindlichen torffreien Profisubstraten (AP 3)

Verschiedene Hersteller bieten torffreie Substrate für Produktionsgärtner an. Deren Eignung für die Kultur von Alpenveilchen, einer wirtschaftlich relevanten sowie empfindlichen Zierpflanze, wurde in einem Versuch mit acht Substraten von sieben Herstellern zusammen mit einer torffreien selbst hergestellten Mischung aus Kokosmark und Perlit (Tabelle 19) sowie einem torfhaltigen Substrat als Kontrolle ermittelt.



Abbildung 61: Pilzwachstum aus dem Topf heraus bei *C. persicum* in einem organisch gedüngten Substrat (Foto: Pilz).

Cyclamen persicum 'Latinia F1 Lilac' wurde in KW 44/2016 in diese Substrate getopft (12 cm Topfdurchmesser), welche sich teilweise deutlich bezüglich der Nährstoffgehalte unterschieden. Eine Anpassung hinsichtlich der Nährstoffgehalte und pH-Werte der Substrate aneinander fand nicht statt, sodass mögliche Unterschiede bei der Entwicklung der Pflanzen auf die unterschiedlichen Eigenschaften zurückgeführt werden konnten. Die Aufstellung der Varianten erfolgte randomisiert auf individuell bewässerbaren Gewächshaustischen bei einer durchschnittlichen Tagestemperatur von zunächst 18 °C, später 16 °C. Die für jede Substratvariante bedarfsgerecht durchgeführte Bewässerung fand nach dem Einwurzeln der Pflanzen im Anstauverfahren mit einer Nährlösung (0,8 g/l Planta Ferty 3 Mega) statt. Substratanalysen erfolgten versuchsbegleitend. Zu Versuchsende wurden die Pflanzen hinsichtlich Größe, oberirdischer Frischmasse, Bewurzelung und Blütenanzahl bonitiert. Erfasst wurden außerdem Bewässerungshäufigkeit, Trauermückenbefall sowie Pilzwachstum in den verschiedenen Substraten.

Bezüglich des oberirdischen Pflanzenwachstums konnten am Ende des Versuchs in KW 13/2017 keine deutlichen Unterschiede zwischen den Substratvarianten ermittelt werden. Eine Ausnahme stellte dabei ein im Gegensatz zu den meisten übrigen Varianten organisch gedüngtes Substrat dar. Die Alpenveilchen wiesen darin eine verzögerte Entwicklung auf. Die Pflanzen zeigten weniger Blüten und bildeten ein im Vergleich schwächeres Wurzelwerk aus. Darüber hinaus kam es hier zu einer ausgeprägten Sackung des Materials im Topf, erhöhtem Aufkommen an Trauermücken und Wachstum pilzlicher Fruchtkörper (Abbildung 61). Dieses Substrat benötigte außerdem tendenziell einen höheren Gießaufwand bei zusätzlich deutlich schneller abtrocknender Substratoberfläche. Bei der Bewässerung im Anstauverfahren reichte die Kapillarität des Substrates offenbar nicht aus, um dem oberen Bereich des Ballens Wasser zuzuführen.

Bei zwei weiteren Substraten verpilzten die Oberflächen der Wurzelballen, die nach dem Austopfen sichtbar werden, und wie bei drei anderen Varianten blieb die Bewurzelung des Ballenbodens größtenteils aus. Beide Effekte hatten jedoch keine wesentliche Auswirkung auf das Sprosswachstum. Die Nährstoffgehalte lagen bei der Endauswertung in der Mehrzahl der Varianten auf einem vergleichbaren Niveau. Die Ergebnisse ermöglichen grundsätzlich die Erarbeitung von Empfehlungen für Produktionsgärtner zum Umgang mit torffreien Substraten. Für eine detailliertere Darstellung der Ergebnisse siehe „Versuche im Deutschen Gartenbau 2018“ und Hortigate.

Kultur von Beet- und Balkonpflanzen in am Markt befindlichen torffreien Hobbysubstraten in zwei Vegetationsperioden (AP 3)

Für den Hobbygärtner ist eine Vielzahl torffreier Substrate verschiedener Hersteller am Markt erhältlich. Eine Auswahl wird derzeit im Freiland in Balkonkästen für die Kultur von praxisrelevanten Beet- und Balkonpflanzen (*Pelargonium zonale* und *Calibrachoa*) genutzt (Abbildung 62), um mögliche Unterschiede zwischen torfhaltigen und torffreien sowie unter den torffreien Substraten hinsichtlich Handhabbarkeit, Bewässerungsaufwand, Nährstoffversorgung sowie Pflanzenentwicklung herauszuarbeiten. Im Vergleich zu einem Hobbysubstrat mit Torf sowie einem Profisubstrat auf Torfbasis wurden dazu in zwei

Vegetationsperioden 20 torffreie Hobbysubstrate, darunter Herstellermarken, Eigenmarken verschiedener Handelsgruppen sowie Aktionsware aus Sonderpostenmärkten, eingesetzt. Der Versuchsaufbau auf dem Freigelände der LVG Hannover-Ahlem weckte das Interesse vieler Veranstaltungsbesucher (Abbildung 63).



Abbildung 62: *Calibrachoa* und *P. zonale* im Balkonkasten zu Versuchsbeginn (Foto: Pilz).



Abbildung 63: Besucher der LVG Ahlem betrachten den Versuch mit torffreien Hobbysubstraten. Foto: Beßler, LVG Ahlem.

Bei der Auswertung des Versuchs aus dem Jahr 2017 sind zum Teil große Unterschiede bei der Entwicklung der Kulturen in den Substraten aufgefallen, die nicht immer mit unterschiedlichen Nährstoffgehalten im Substrat zu Versuchsbeginn und –ende erklärt werden konnten. Während die Frischmassen der Geranien in den Varianten nur unwesentlich voneinander abwichen, zeigten sich bei *Calibrachoa* deutliche Unterschiede im Wuchs.

Aktionsware fiel dabei mit besonders schwacher Entwicklung der Pflanzen auf, während die Eigenmarken mit nur wenigen Ausnahmen zu ähnlich gutem Wachstum führten wie die Produkte namhafter Hersteller und damit vergleichbar zu der Kontrollvariante mit Torf waren (Abbildung 64 -Abbildung 67). Die teilweise an den *Calibrachoa* auftretenden Schadsymptome wie dunkel verfärbtes Laub, Chlorosen und blasse Blüten konnten nicht mit der Einteilung in eine der drei Produktkategorien oder dem Preis des Substrates in Zusammenhang gebracht werden.

Eine allgemeine Schlussfolgerung zur Qualität der Substrate ist nicht möglich, denn bei der Beurteilung der Versuchsergebnisse müssen sowohl die Abhängigkeit von der Kultur, als auch die hohen Niederschläge in der Beet- und Balkonpflanzensaison 2017 beachtet werden. Die Niederschläge führten auch dazu, dass nicht alle Substratvarianten im gleichen Umfang mit Nährlösung versehen werden konnten. Die Ergebnisse zeigen lediglich eine Momentaufnahme.



Abbildung 64: Balkonkästen mit torffreien Substraten von Eigenmarken verschiedener Handelsketten mit schwachem (oben) und starkem Aufwuchs (unten) 13 Wochen nach dem Pflanzen im Jahr 2017. Fotos: Nordmeyer, LVG Ahlem



Abbildung 65: Balkonkasten mit Aktionsware 13 Wochen nach dem Pflanzen im Jahr 2017. Foto: Nordmeyer, LVG Ahlem.



Abbildung 66 : Balkonkasten mit torffreiem Substrat einer Herstellermarke 13 Wochen nach dem Pflanzen im Jahr 2017. Foto: Nordmeyer, LVG Ahlem.



Abbildung 67 : Balkonkasten mit torfbasiertem Hobbysubstrat einer Herstellermarke 13 Wochen nach dem Pflanzen im Jahr 2017. Foto: Nordmeyer, LVG Ahlem.

Nach dem Sommer 2017 mit hohen Niederschlägen zeichnete sich der Sommer des Jahres 2018 durch hohe Temperaturen und Einstrahlung aus. Wenige Wochen nach dem Pflanzen fielen allerdings vermehrt *Calibrachoa* aus, ohne dass ein Zusammenhang mit den Substraten zu erkennen war. Um die Bedingungen für die Geranien möglichst einheitlich zu halten, wurden 12 Wochen nach dem Auspflanzen sämtliche noch verbliebenen *Calibrachoa* aus den Balkonkästen entfernt. Im Jahr 2017 waren die Unterschiede zwischen den Substratvarianten jedoch auf diese Kultur zurückzuführen, während auf das Wachstum der Geranien kein messbarer Einfluss ausgeübt wurde. Somit kann auch nach dem heißen Sommer 2018, auch wegen des Ausfalls der empfindlichen Pflanzenart *Calibrachoa*, keine belastbare Aussage zur Qualität der Substrate getroffen werden, da keine wesentlichen Unterschiede in der Entwicklung der Geranien, auch nicht zur Kontrolle mit torfbasiertem Hobbysubstrat, auftraten (Abbildung 68). Im Laufe des Versuchs konnten keine Unterschiede in der Bewässerungshäufigkeit der verschiedenen Substrate ermittelt werden.

Die in der Warendecklaration des jeweiligen Produkts angegebene Empfehlung zum Beginn der Nachdüngung umfasste eine Spanne von 1 bis 12 Wochen. In diesen Versuchen wurde jedoch bei allen Varianten fünf bzw. sechs Wochen nach dem Auspflanzen mit der Nachdüngung begonnen. Bei der Beurteilung der Versuchsergebnisse ist zudem die Abhängigkeit von der Kultur zu beachten. Für eine detailliertere Darstellung der Ergebnisse siehe „Versuche im Deutschen Gartenbau 2018“ und Hortigate.



Abbildung 68: Balkonkästen 18 Wochen nach dem Auspflanzen im Jahr 2018 mit torffreiem (oben) und torfbasiertem Hobbysubstrat. Fotos: Nordmeyer/Pilz, LVG Ahlem

Stecklingsvermehrung von Hortensien (*Hydrangea macrophylla*) und Weihnachtssternen (*Euphorbia pulcherrima*) in selbst hergestellten torffreien Substraten (AP 2)

Die Vermehrung von Hortensien, einer für den Gartenbau wichtigen Kultur, findet üblicherweise mit Stecklingen statt. Die bei vielen Verbrauchern beliebten Weihnachtssterne werden ebenfalls auf diese Weise bewurzelt. Die Güte des Stecksubstrates beeinflusst die Ausprägung des Wurzelwerks und damit auch das gesamte Wachstum in der späteren Kultur, indem es bei einer ausreichenden Nährstoffverfügbarkeit strukturstabil genug ist, um den Wurzeln Halt zu geben, dabei aber auch locker genug ist, um den jungen Wurzeln das Eindringen in den Ballen zu ermöglichen.

Um die Eignung torffreier Substrate zur Vermehrung der beiden Kulturen über Stecklinge zu prüfen, wurde unbewurzelter Pflanzenmaterial von je zwei Sorten in KW 28/2016 (*H. macrophylla* 'Red Beauty' und 'Clarissa') und in KW 29/2016 (*E. pulcherrima* Red Fox 'Premium Red' und 'Premium White') in fünf selbst hergestellte torffreie Mischungen und ein Kontrollsubstrat aus Torf gesteckt. Je drei/vier (*Hydrangea*/*Euphorbia*) Multitopfplatten pro Variante und Sorte befanden sich im Gewächshaus (22 °C/24 °C Heizungs-/Lüftungstemperatur) bis zum Zeitpunkt des einsetzenden Wurzelwachstums unter einem schattierten Foliencelldach, welches eine hohe Luftfeuchtigkeit aufrechterhielt, die die Wurzelbildung begünstigte. Am Ende des Versuchs in KW 34 (*Hydrangea*) bzw. 33 (*Euphorbia*) erfolgte die Bonitur der Bewurzelung.

Im Falle der Weihnachtssterne (Abbildung 69) konnte weder zwischen den Substratvarianten, noch zwischen den Sorten Unterschiede in der Bewurzelungsintensität festgestellt werden. Tendenziell war das Wurzelwerk in den Substrateigenmischungen mit einem Perlitanteil von 50 Vol.-% (Tabelle 19) etwas stärker ausgeprägt. Allerdings waren sämtliche Ballen weniger als zur Hälfte mit Wurzeln durchsetzt.

Bei den Hortensien (Abbildung 70) hingegen gab es zwischen den Sorten deutliche Differenzen. Die Sorte 'Clarissa', welche laut Züchter für ihre schwierigere Vermehrung bekannt ist, bildete ein teilweise deutlich schwächeres Wurzelwerk aus als 'Red Beauty'. Tendenziell waren die Ballen bei letztgenannter Sorte im Torfsubstrat besser durchwurzelt als in den übrigen Mischungen. Die selbst hergestellte Mischung aus Kokosmark, Grünkompost und Holzfasern schnitt darunter noch am besten ab. 'Clarissa' hingegen prägte in allen Substraten ein ähnlich schwaches Wurzelbild aus. Wie bei *E. pulcherrima* war auch bei *H. macrophylla* nur etwa die Hälfte des Ballens durchwurzelt. Diese Fragestellung wurde im Rahmen einer studentischen Abschlussarbeit von Claudia Arndt bearbeitet.

Der Versuch hat gezeigt, dass sich torffreie Substrate ebenso zur Stecklingsvermehrung eignen wie ein Torfsubstrat. Allerdings gilt es, Unterschiede zwischen Arten und Sorten zu beachten. Bei den Versuchen fiel besonders bei den Substratvarianten mit hohen Holzfasern- und Perlitanteilen die geringe Stabilität der Jungpflanzenballen auf. Um diesen Nachteil auszugleichen, wäre der Einsatz von Netzen aus biologisch abbaubarem Kunststoff eine Möglichkeit. Diese sogenannten Growcoons werden in die Multitopfplatten eingesetzt, bevor diese mit Substrat befüllt werden und halten auch lockeres, wenig strukturstabiles Substrat zusammen. In kommenden Versuchen wird diese Methode getestet. Für eine detailliertere Darstellung der Ergebnisse siehe „Versuche im Deutschen Gartenbau 2018“ und Hortigate.



Abbildung 69: Bewurzelte Stecklinge von *E. pulcherrima* 'Premium Red' (oben) und 'Premium White' (unten), Substrate s. Tabelle 19 (Fotos: Pilz).



Abbildung 70: Bewurzelte Stecklinge von *H. macrophylla* 'Red Beauty' (oben) und 'Clarissa' (unten), Substrate siehe Tabelle 19. (Fotos: Pilz).

Stecklingsvermehrung von Geranien (*Pelargonium zonale*) in selbst hergestellten torffreien Substraten unter der Verwendung von Growcoons (AP 2)

Geranien sind in der Beet- und Balkonpflanzen-Saison eine bedeutende Kultur, die sich großer Beliebtheit erfreut. Stecklinge sind der übliche Weg zur Vermehrung, sodass an der LVG Hannover-Ahlem die Eignung torffreier Substrate zu diesem Zweck überprüft wurde. In vorherigen Versuchen fiel auf, dass besonders die Wurzelballen von Substraten mit einem hohen Perlitanteil keine hohe Stabilität aufwiesen. Daher wurden in diesem Versuch Kunststoffnetze, sogenannte Growcoons, vor dem Befüllen mit Substrat in die Vermehrungsplatten gesteckt, welche Abhilfe gegen das Auseinanderbrechen lockerer Wurzelballen schaffen sollten. Es wurden Stecklinge der Sorten 'Senna', 'Imke', 'Linus' und 'Bernd' in fünf selbst hergestellte torffreie Mischungen im Vergleich zu Torf (Tabelle 19) und einem Torf-Vermehrungssubstrat aus der Praxis gesteckt.

Die Nährstoffgehalte der selbst hergestellten Mischungen betragen einheitlich etwa 60 mg N/l und die pH-Werte ca. 5,6. Die Aufstellung der Varianten erfolgte im Gewächshaus unter Lochfolie, welche 10 Tage nach dem Stecken entfernt wurde. Am Ende des Versuchs fand die Bonitur der Bewurzelung statt.

Bei der Auswertung fiel grundsätzlich der Unterschied zwischen den Sorten auf. Während 'Senna' (Abbildung 71, oben) das schwächste Wurzelbild über alle Varianten zeigte, wiesen die übrigen drei Sorten im Mittel eine um stärkere Durchwurzelung auf. 'Linus' und 'Bernd' (Abbildung 71, unten) waren dabei im Trend die besser in torffreien Substraten zu bewurzelnden Sorten.



Abbildung 71: Bewurzelte Stecklinge der Sorten 'Senna' (oben) und 'Bernd' (unten) vier Wochen nach dem Stecken (Substrate vgl. Tabelle 19, zusätzlich Substrat aus der Praxis) (Fotos: Pilz).

Das torfhaltige Vermehrungssubstrat aus der Praxis führte tendenziell bei allen Sorten zur höchsten Bewurzelungsintensität, selbst hergestelltes Torfsubstrat hingegen führte zu einer im Vergleich geringeren Intensität. Es zählte bei allen vier Sorten mit zu den am schwächsten bewurzelten Varianten. Unter den torffreien Substraten gab es keine deutlichen Unterschiede, tendenziell führte Substrat aus Kokosmark und Perlit (KmPe) sowie Kokosmark, Holzfasern und Perlit (KmHfPe) zur höchsten Durchwurzelungsintensität. Dabei ist von einem Zusammenhang mit den Nährstoffgehalten im Substrat auszugehen. Grundsätzlich positiv ist der Einsatz von biologisch abbaubaren Kunststoffnetzen (Growcoons) zu bewerten. Diese verhinderten das in vorherigen Versuchen beobachtete zerfallen von weniger durchwurzelten bzw. strukturstabileren Wurzelballen und ermöglichen somit auch das Topfen von Stecklingen mit schwachem Wurzelwerk. Für eine detailliertere Darstellung der Ergebnisse siehe „Versuche im Deutschen Gartenbau 2018“ und Hortigate.

Aussaats von Petunien (*Petunia x grandiflora*) in torffreie Substrateigenmischungen (AP 2)

Petunien sind eine wichtige Kultur für Produktionsgärtner, die auch durch Aussaat vermehrt wird. In diesem frühen und besonders empfindlichen Kulturstadium ist die Qualität des Aussaatsubstrats entscheidend für den Erfolg der Vermehrung und den weiteren Kulturverlauf. Das Substrat muss dafür den speziellen Anforderungen genügen, indem es locker genug ist, dem Keimling die Ausbildung eines Wurzelwerks zu ermöglichen, aber gleichzeitig eine gute Strukturstabilität aufweist. Zusätzlich soll der Jungpflanze ein ausreichendes, jedoch nicht zu großes Nährstoffangebot zur Verfügung stehen.

Zur Überprüfung der Eignung torffreier Substrate zur Aussaat wurde *Petunia x grandiflora* 'Finity F1 Blue' in KW 48/2016 in fünf selbst hergestellte Substratmischungen ohne Torf sowie ein torfhaltiges Kontrollsubstrat (Tabelle 19) gesät. Die Einzelkornablage erfolgte in je drei Multitopfplatten, welche randomisiert auf einem Gewächshaustisch ausgestellt waren. Ein anfänglich über den Platten aufgebautes Folienzelt diente zum Aufrechterhalten einer hohen Luftfeuchtigkeit zur Förderung der Keimung. Die Heiztemperatur betrug 20 - 22 °C. Ausgewertet wurde zwei Wochen nach Aussaat die Keimrate, am Ende des Versuchs in KW 2/2017 die oberirdische Frischmasse, Wurzelbild und Laubfarbe. Diese Fragestellung wurde im Rahmen einer studentischen Projektarbeit der Hochschule Hannover von Julia Barkmeyer bearbeitet.

Deutliche Unterschiede bezüglich der Keimung konnten zwischen den Varianten jedoch nicht ermittelt werden. In jedem Substrat keimten zwischen im Mittel 80 % und 100 % der Samen, wobei die Anzahl in den Mischungen mit einem Anteil von 50 Vol.- % Perlit in der Tendenz geringer war. Aus dem Torfsubstrat gingen Jungpflanzen mit der höchsten oberirdischen Frischmasse hervor, von den Pflanzen aus den torffreien Mischungen gelangte keine an dieses Niveau heran. Im Kokosmark-Perlit- bzw. dem Holzfaser-Grünkompost-Perlit-Sphagnum-Substrat wiesen die Pflanzen dabei noch die höchste Frischmasse auf. Die chemische Substratanalyse am Ende des Versuches gab keine Aufschlüsse zum unterschiedlichen Wuchsverhalten, da in allen Varianten gleich niedrige Nährstoffgehalte aufgefunden wurden. Allein eine möglicherweise verschiedene Dauer einer Nährstoffunterversorgung könnte den Effekt erklären. Anhand dessen ließen sich ebenfalls die in Substrate 6 und 2 (HfPe bzw. KmGkHf, Tabelle 19) auftretenden Verfärbungen (Chlorosen) des Laubs erklären (Abbildung 72).



Abbildung 72: *Petunia*-Sämlinge zum Zeitpunkt der Bonitur. V.l.n.r.: Substrat 1 (Torf (Kontrolle)), Substrat 2 (KmGkHf), Substrat 3 (GkHfPeSp) (oben), Substrat 4 (KmHfPe), Substrat 5 (KmPe), Substrat 6 (HfPe) (unten) (Foto: Pilz).

Die Bewurzelung war in der Substratmischung mit Sphagnum im Vergleich am stärksten ausgebildet, gefolgt von der Torfvariante. In der Kokosmark-Perlit- sowie Kokosmark-Holzfasern-Perlit-Mischung zeigte sich ein weniger ausgeprägtes Wurzelwerk, jedoch stärker als in Holzfasern-Perlit- und Kokosmark-Grünkompost-Holzfasern-Substrat. Die Stabilität der Wurzelballen war besonders bei hohen Anteilen von Perlit bzw. Holzfasern in der Mischung gering, sodass sie bei der Bonitur größtenteils zerfielen. Abhilfe könnten Netze aus biologisch abbaubarem Kunststoff (z.B. Growcoons) schaffen, die den Ballen stabilisieren. Bei zukünftigen Versuchen zur Eignung torffreier Substrate für die Aussaat verschiedener weiterer Zierpflanzen wird dieser Aspekt berücksichtigt werden. Für eine detailliertere Darstellung der Ergebnisse siehe „Versuche im Deutschen Gartenbau 2018“ und Hortigate.

Aussaat von Petunien (*Petunia x grandiflora*) in torffreie Substrateigenmischungen unter Verwendung von Growcoons (AP 2)

Zur Bestätigung der Ergebnisse des ersten Aussaat-Versuches mit Petunien sowie zur Testung von Growcoons als Maßnahme zur Stabilisierung der Wurzelballen wurden ein zweites Mal Petunien (*Petunia x grandiflora*) in torffreien Substraten ausgesät.

In KW 32/2018 erfolgte die Einzelkornablage der Sorte 'Finity F1 Blue' in fünf selbst hergestellte Substratmischungen ohne Torf und ein torfhaltiges Kontrollsubstrat (Tabelle 19) mit angepassten Nährstoffgehalten von etwa 70 mg N/l und pH-Werten um 5,5 sowie ein Vermehrungssubstrat auf Torfbasis aus der Praxis. In jeden Einzeltopf der drei Multitopfplatten einer Substratvariante, welche randomisiert auf einem Gewächshaustisch ausgestellt waren, wurden vor dem Befüllen mit Substrat feine Kunststoffnetze (Growcoons) eingesetzt. Ein anfänglich über den Platten aufgebautes Folienzelt diente zum Aufrechterhalten einer hohen Luftfeuchtigkeit zur Förderung der Keimung. Die Heiztemperatur betrug 20 - 22 °C.

Das Verhalten der Petunien fiel innerhalb der Varianten sehr ungleichmäßig aus, was keine sichere Auswertung des Versuchs erlaubte. Offenbar herrschten aufgrund der hohen Einstrahlungen im Sommer 2018 und der daraus trotz Schattierung resultierenden hohen Temperaturen keine optimalen Bedingungen für einen Aussaatversuch. Allein das Substrat aus Kokosmark, Grünkompost und Holzfasern (Substrat 2, vgl. Tabelle 19) unterschied sich dennoch mit deutlich verzögerter Keimung der Petunien und schwächerer Entwicklung wesentlich von den übrigen torffreien Varianten, zu Substrat 4 war die Differenz noch am geringsten. Ob diese Beobachtung jedoch allein dem Substrat zuzuschreiben ist, bleibt in folgenden Versuchen zu ergründen. Das stärkste Wachstum im Vergleich zeigten die Petunien im Torfsubstrat (1), die torffreien Substrate 3, 5 und 6 sowie das Vermehrungssubstrat aus der Praxis lagen auf einem untereinander vergleichbaren niedrigeren Niveau (Abbildung 73).



Abbildung 73: *Petunia x grandiflora* 'Finity F1 Blue' zu Versuchsende in KW 37/2018. Oben v.l.n.r.: Substrat 1 (Torf, Kontrolle), 2 (KmGkHf), 3 (GkHfPeSp); Mitte v.l.n.r.: Substrat 4 (KmHfPe), 5 (KmPe), 6 (HfPe, vgl. Tabelle 19); Unten: Vermehrungssubstrat aus der Praxis (Foto: Nordmeyer/Pilz).

Aufgrund der Schwankungen innerhalb der Varianten handelt es sich jedoch lediglich um Tendenzen. Trotz zusätzlicher Flüssigdüngung enthielten die torffreien Substrate zum Versuchsende in KW 37/2018 kaum löslichen Mineralstickstoff, wohingegen sich die Nährstoffgehalte in den Torfsubstraten im Vergleich zum Versuchsbeginn kaum veränderten. Damit lässt sich das gegenüber den Torfvarianten aufgehellte Laub erklären, nicht jedoch die Wuchsunterschiede in Substrat 2 zu den übrigen Varianten ohne Torf. Festzuhalten ist der positive Effekt der Growcoons auf den Zusammenhalt der Wurzelballen, was abgesehen von der allgemein sehr verschiedenen Entwicklung der Sämlinge in einem Substrat prinzipiell zu einer höheren Anzahl topfbarer Jungpflanzen führt.

Aussaat von verschiedener Zierpflanzenkulturen in torffreie Substrateigenmischungen unter Verwendung von Growcoons (AP 2)

In vorangegangenen Aussaatversuchen mit Petunien fiel besonders die Substratmischung 2 (Kokosmark, Grünkompost und Holzfasern, s. Tabelle 19) auf, da die Kultur darauf mit verzögerter Entwicklung und geringerem Wachstum reagierte. Für diesen Versuch wurde diese Mischung nun zusätzlich in gleicher Rezeptur, jedoch mit Ausgangsstoffen einer anderen Herkunft verwendet. Der Vergleich der beiden Substrate aus den Rohstoffen verschiedenen Ursprungs sollte klären, ob die schwache Entwicklung der Petunien (*Petunia x grandiflora* 'Finity Blue F1') dem Substrat allgemein anzulasten ist. Darüber hinaus fand parallel die Aussaat weiterer Arten statt. Zum einen wurden als empfindlich gegenüber hohen Salzgehalten geltende Viole (*Viola x cornuta* Ice Babies 'Blue with Yellow F1'), zum anderen eher robuste Pelargonien (*Pelargonium x zonale* 'Horizon Violet F1') in den Versuch einbezogen.

In KW 43/2018 erfolgte die Einzelkornablage in fünf selbst hergestellte Substratmischungen ohne Torf, wobei Substrat 2 wie beschrieben in zwei Varianten verwendet wurde, und ein torfhaltiges Kontrollsubstrat (Tabelle 19) mit angepassten Nährstoffgehalten von etwa 70 mg N/l und pH-Werten um 5,5 sowie ein Vermehrungssubstrat auf Torfbasis aus der Praxis. In jeden Einzeltopf der drei Multitopfplatten einer Substratvariante, welche randomisiert auf einem Gewächshaustisch ausgestellt waren, wurden vor dem Befüllen mit Substrat feine Kunststoffnetze (Growcoons) eingesetzt. Ein anfänglich über den Platten aufgebautes Folienzelt diente zum Aufrechterhalten einer hohen Luftfeuchtigkeit zur Förderung der Keimung. Die Heiztemperatur betrug 20 - 22 °C.

Bei den Petunien fiel die in den meisten Varianten geringe Keimrate auf. Mit etwa 70 % wurde im Holzfaser-Perlit- (Substrat 6, s. Tabelle 19) und Grünkompost-Holzfaser-Perlit-Sphagnum (Substrat 3) die höchsten Raten erreicht. Die übrigen Substrate führten zu Keimraten von ca. 50 %. Zwischen den verschiedenen Herkünften der Ausgangsstoffe des Substrats 2 konnte aufgrund der Streuung nur eine tendenziell höhere Keimrate in der zusätzlich hergestellten Mischung ermittelt werden. Aus ungeklärter Ursache keimten in Substrat aus Kokosmark und Perlit weniger als 10 % der Samen, was anhand vorheriger Versuche mit der gleichen Sorte nicht nachvollzogen werden konnte. Allein in Torfsubstrat wiesen die Sämlinge eine überwiegend typisch grüne Laubfärbung auf. Während in Substrat 2 und dem Vermehrungssubstrat aus der Praxis deutliche Chlorosen auftraten, war das Laub in den übrigen Mischungen leicht aufgehellt (Abbildung 74). Das mit Abstand stärkste Wachstum zeigten die Pflanzen in Substrat 3, gefolgt vom Holzfaser-Perlit- und dem Torfsubstrat. Etwas schwächer schnitt Substrat 4 aus Kokosmark, Holzfasern und Perlit ab, während die übrigen Mischungen zu deutlich geringerem Wachstum der Petunien führten (Abbildung 74). Die Versuchsergebnisse lassen sich nur zum Teil mit den Stickstoffgehalten in den Substraten am Ende des

Versuchs in Zusammenhang bringen. Während in Substrat 1 noch knapp 70 mg löslicher Mineralstickstoff je Liter enthalten waren, lagen die Gehalte in den restlichen Substraten bei etwa 10 mg/l.



Abbildung 74: *Petunia x grandiflora* 'Finity F1 Blue' zu Versuchsende in KW 39/2018. Oben v.l.n.r.: Substrat 1 (Torf, Kontrolle), 2 (KmGkHf, herkömmliche Herkunft), 2 (KmGkHf, zusätzliche Herkunft), 3 (GkHfPeSp); unten v.l.n.r.: Substrat 4 (KmHfPe), 5 (KmPe), 6 (HfPe, vgl. Tabelle 19), Vermehrungssubstrat aus der Praxis (Foto: Nordmeyer/Pilz).

Bei den Violett wurde die höchste Keimrate von 90 % im Vermehrungssubstrat aus der Praxis erreicht. Unter den torffreien Substraten erzielten Substrat 3 und 6 (s. Tabelle 19) mit etwa 80 % annähernd gute Werte. Die Substrate 1, 4 und 5 führten mit ca. 50 % zu den geringsten ermittelten Keimraten. In Substrat 2 keimten bei der herkömmlichen Herkunft der Substratausgangsstoffe gut 70 % der Samen, bei der zusätzlichen Herkunft waren es mit 60 % wegen der großen Streuung nur tendenziell weniger. Die zusätzliche Herkunft führte jedoch als einzige Variante zu deutlichen Chlorosen, während die herkömmliche Herkunft nur leichte Blattaufhellungen hervorrief, wie es auch in den Mischungen 4 und 6 sowie dem Substrat aus der Praxis der Fall war. Die Sämlinge in den Substraten 1, 3 und 5 wiesen überwiegend typisch grün gefärbtes Laub auf. Wie auch bei den Petunien war das Wachstum in Substrat 3 aus Grünkompost, Holzfasern, Perlit und Sphagnum am stärksten. In den Substraten 1, 5 und 6 sowie dem Praxis-Substrat war es etwas, in den Substraten 2 und 4 deutlich geringer (Abbildung 75). Während in Substrat 1 und dem Praxis-Substrat noch etwa 70 mg/l löslicher Mineralstickstoff vorlagen, lagen die Gehalte in den übrigen Mischungen bei unter 20 mg/l, was die Ergebnisse nicht vollständig erklärt.

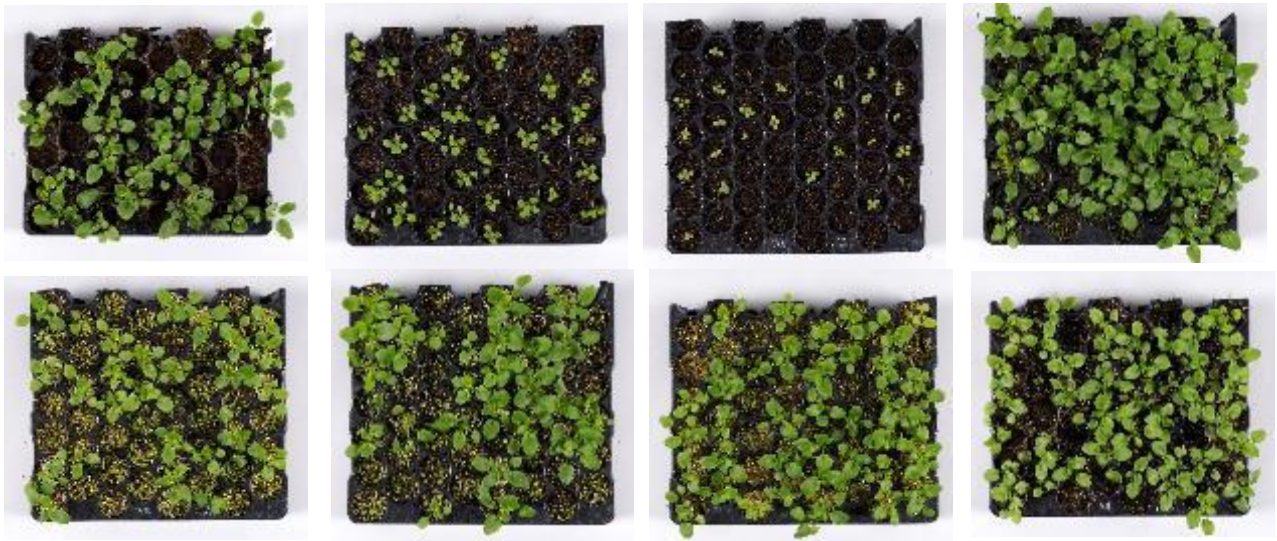


Abbildung 75: *Viola x cornuta* Ice Babies `Blue with Yellow F1 zu Versuchsende in KW 39/2018. Oben v.l.n.r.: Substrat 1 (Torf, Kontrolle), 2 (KmGkHf, herkömmliche Herkunft), 2 (KmGkHf, zusätzliche Herkunft), 3 (GkHfPeSp); unten v.l.n.r.: Substrat 4 (KmHfPe), 5 (KmPe), 6 (HfPe, vgl. Tabelle 19), Vermehrungssubstrat aus der Praxis (Foto: Nordmeyer/Pilz).

Im Falle der Pelargonien fiel in Torfsubstrat die zwischen den Wiederholungen sehr unterschiedlichen Keimraten von 17 bis 90 % auf (52 % im Mittel). Auch in Substrat 2, herkömmliche Herkunft, reichte die Spanne von 25 bis 75 % (54 % im Mittel). Aufgrund der großen Streuung konnte nur ein tendenzieller Unterschied zu der Mischung mit den Ausgangsstoffen der zusätzlichen Herkunft ermittelt werden, in der 74 % der Samen keimten. Auch in den Mischungen 3, 4 und 5 wurden Keimraten von etwa 70 % erreicht, nur die Raten in Substrat 6 und dem Vermehrungssubstrat lagen mit ca. 85 % nochmals höher. Die Blattfarbe der Jungpflanzen war nur in Substrat 1 (Torf, s. Tabelle 19) typisch grün. In den Substraten 3 bis 6 war das Laub etwas blässer. Deutliche Chlorosen zeigten sich in Verbindung mit Blattflecken im Substrat aus der Praxis und in den beiden Substratmischungen aus Grünkompost, Kokosmark und Holzfasern unabhängig von der Herkunft der Ausgangsstoffe in Zusammenhang mit Blattrandnekrosen. Bezüglich des Wachstums brachte Substrat 1 die am stärksten entwickelten Pflanzen hervor, in Substrat 3 fiel die Entwicklung nur unwesentlich schwächer aus. In den Substraten 4 bis 6 und dem Vermehrungssubstrat aus der Praxis wuchsen die Sämlinge weniger stark, während das Wachstum in Substrat 2 in beiden Fällen nur sehr gering war (Abbildung 76). Die Nährstoffgehalte erklären die Ergebnisse nicht vollständig. In Substrat 1 lagen am Ende des Versuchs ca. 70 mg/l löslicher Mineralstickstoff vor, im Praxissubstrat etwa 40 mg/l. Während Substrat 3 noch knapp 20 mg/l Stickstoff enthielt, konnte in den übrigen Varianten kein löslicher Mineralstickstoff nachgewiesen werden.



Abbildung 76: *Pelargonium x zonale* 'Horizon Violet F1' zu Versuchsende in KW 39/2018. Oben v.l.n.r.: Substrat 1 (Torf, Kontrolle), 2 (KmGkHf, herkömmliche Herkunft), 2 (KmGkHf, zusätzliche Herkunft), 3 (GkHfPeSp); unten v.l.n.r.: Substrat 4 (KmHfPe), 5 (KmPe), 6 (HfPe, vgl. Tabelle 19), Vermehrungssubstrat aus der Praxis (Foto: Nordmeyer/Pilz).

Praxisphase: Kultur von Weihnachtssternen in torffreien Substraten in Produktionsgärtnereien (AP 5)

An der Praxisphase des TeiGa-Projekts nahmen zwei gartenbauliche Produktionsbetriebe (Betrieb A und B) aus dem Umfeld von Hannover teil. Unter Betreuung durch die LVG Hannover-Ahlem setzten sie im laufenden und auf den Einsatz von Torfsubstraten ausgelegten Betrieb torffreie Substrate zur Kultur von Weihnachtssternen (*Euphorbia pulcherrima*) im Midi-Format ein, sodass die in den Versuchen des Projekts gewonnenen Erkenntnisse in die gärtnerische Praxis einfließen konnten.

Die Auswahl eines geeigneten Substrats fand unter der Berücksichtigung der bislang an der LVG erzielten Versuchsergebnisse, der Verfügbarkeit von alternativen Ausgangsstoffen und deren Eignung zur Verarbeitung in Mischanlagen statt. Anhand dieser Kriterien fiel die Entscheidung auf das Substrat 2 aus Kokosmark, Grünkompost und Holzfasern (Tabelle 19 und Tabelle 29). Bezogen wurde diese Mischung von einem gemeinsamen Substratlieferanten, welcher zudem ein weiteres torffreies Substrat zur Kultur von Weihnachtssternen nach eigener Rezeptur für den Versuch lieferte.

In den Praxisbetrieben wurden je zwei Sorten *E. pulcherrima* parallel zum betriebsspezifischen Standardsubstrat auf Torfbasis (Betriebssubstrat A und B, s. Tabelle 29) in den beiden torffreien Mischungen kultiviert. Der Anbau jeweils eine der Sorten erfolgte außerdem an der LVG Hannover-Ahlem. An diesem Standort kamen zusätzlich zu den Substraten ohne Torf und aus den Betrieben ein Praxissubstrat auf Torfbasis sowie ein selbst hergestelltes Torfsubstrat (Substrat 1, s. Tabelle 19 und Tabelle 29) zum Einsatz. Die speziell für den Versuch hergestellten torffreien Substrate und das Substrats 1 sind dabei auf ein einheitliches Mineralstickstoff- und pH-Niveau eingestellt worden (etwa 140 mg N/l, pH-Wert 5,8), während eine Anpassung bei den Betriebssubstraten und dem gärtnerischen Standardsubstrat nicht stattfand.

Von Versuchsbeginn in KW 31/2018 bis Versuchsende in KW 47/2018 wurden in regelmäßigen Abständen Substratanalysen durchgeführt, um einem eventuell auftretendem Nährstoffmangel rechtzeitig durch gezielte Anpassung der Düngung entgegenwirken zu können. Am Ende des Versuchs erfolgte die Bonitur

hinsichtlich Pflanzenhöhe ab Topfrand, Durchmesser der Pflanzen und der Brakteen, oberirdischer Frischmasse und des Wurzelbilds.

Tabelle 29: Versuchsaufbau der Substratvarianten und Sorten an den Standorten (TeiGa-Substrate vgl. Tabelle 19).

		Standort		
		Betrieb A	Betrieb B	LVG Hannover-Ahlem
Substrat	Torf-Betriebsmischung A	x		x
	Torf-Betriebsmischung B		x	x
	TeiGa Substrat 1 (100 Vol.-% Torf)			x
	TeiGa Substrat 2 (50 Vol.- % Km, 15 Vol.- % Gk, 35 Vol.- % Hf)	x	x	x
	Torffreies Substrat Lieferant	x	x	x
	Gärtnerisches Standardsubstrat (Praxis)			x
Sorten	`Christmas Beauty´ (selecta)	x		x
	`Christmas Feelings Pearl´ (selecta)	x		
	`Christmas Feelings White´ (selecta)		x	x
	`Christmas Feelings Wonder´ (selecta)		x	

Die Kultur der Weihnachtssterne wurde unter den üblichen Bedingungen des jeweiligen Standorts (Tabelle 30) durchgeführt, sodass innerhalb eines Betriebes die Vergleichbarkeit zwischen den Substratvarianten gegeben war. In Betrieb A und der LVG Hannover-Ahlem waren die Pflanzen nach Sorte und Substrat getrennt auf Tischen ausgestellt, während in Betrieb B beide Sorten je Substrat gemeinsam auf einem Rinnentisch standen (pro Rinne eine Sorte). An allen Standorten erfolgte eine Bewässerungsdüngung sowie variantenspezifisch Sonderdüngungen anhand der Ergebnisse der Substratanalysen (Tabelle 31). Die Steuerung des Wachses der Pflanzen erfolgte über Stutzen in KW 33 sowie Wachstumsregulatoren. In Betrieb A wurde bei allen Varianten sechsmal CCC 720 eingesetzt. Betrieb B verwendete ebenfalls CCC 720 in Abhängigkeit des Substrates im Falle beider Sorten gleich häufig (Betriebssubstrat siebenmal, TeiGa-Substrat 2 viermal, torffreies Substrat Lieferant fünfmal). An der LVG Hannover-Ahlem wurde der gesamte Bestand je einmal mit Carax und Bonzi behandelt, die Sorte `Christmas Feelings White´ zusätzlich zwei weitere Male mit Bonzi und einmal mit CCC 720. Aufgrund der unterschiedlichen Gegebenheiten an den drei Standorten ist ein Vergleich der Ergebnisse nur bedingt zulässig.

Tabelle 30: Versuchsbedingungen an den einzelnen Standorten (HT=Heiz-, LT=Lüftungstemperatur, T=Tag, N=Nacht).

	Standort		
	Betrieb A	Betrieb B	LVG Hannover Ahlem
Topf- durchmesser (cm)	11	10,5	10,5
Tischsystem	Mobiltische	Fließrinne	Anstauwanne
Bedarfsgerechte Bewässerungs- düngung ab Einwurzeln	ca. 1,2-1,4 g/l 18-11-18 (Universol Blau)	bis kW 36 2,0 g/l 20-5-10 (Kristalon azur) ab kW 37 1,5 g/l 7,5-12-36 (Kristalon scarlet)	0,8 g/l 18-11-18 (Universol Blau) ab kW 44 zusätzlich 0,25 g/l Kaliumsulfat
Temperatur	KW 31-36: 20/23 °C HT/LT KW 36-47: 18/23 °C HT/LT ab KW 48: 16/23 °C HT/LT	KW 31-42: 17/20 °C HT/LT KW 42 ab 16 Uhr 24 °C LT	KW 31-33: 20/22 °C HT/LT KW 34-39: 18/20 °C HT/LT ab KW 40: 18/16 °C HT T/N, 20 °C LT KW 35-42: cool morning

Tabelle 31: Sonderdüngung an den Versuchsstandorten als Reaktion auf Substratanalysen.

Betrieb	Dünger	
	Kalksalpeter	Ammoniumsulfat
Betrieb A	4 x 1,5 g/l (nur torffreie Substrate)	--
Betrieb B	1 x 2,0 g/l (Betriebssubstrat)	3 x 1,5 g/l (Betriebssubstrat)
	2 x 2,0 g/l (torffreie Substrate)	4 x 1,5 g/l (torffreie Substrate)
LVG Hannover-Ahlem	1 x 2,0 g/l (alle Varianten außer TeiGa Substrat 1)	--
	1 x 1,5 g/l (nur 'Christmas Feelings White' in allen Substraten)	

Die Weihnachtssterne in Betrieb A entwickelten sich in den verschiedenen Substraten unterschiedlich. Die Sorte 'Christmas Beauty' zeigte in Substrat TeiGa 2 das schwächste Wachstum, die Pflanzen blieben kleiner und auch der Brakteendurchmesser war tendenziell geringer als in den beiden anderen Substratmischungen. Die Bewurzelung war im Vergleich deutlich schwächer. Die Pflanzen in der torffreien Mischung des Substratlieferanten unterschieden sich bezüglich Höhe, Durchmesser und Größe der Brakteen nicht von der Torfvariante Betriebsmischung A, waren jedoch etwas lockerer aufgebaut (Abbildung 78). Bei der Bewurzelungsintensität übertraf sie das Torfsubstrat allerdings. Bei 'Christmas Feelings Pearl' konnte kein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Substraten ohne Torf ermittelt werden (Abbildung 78), einzig die Bewurzelung fiel im Substrat TeiGa 2 schwächer aus. Die Ausfallraten aufgrund pilzlicher Schadorganismen (Abbildung 79) waren in den torffreien Substraten höher als im Betriebssubstrat auf Torfbasis. Im torffreien Substrat des Lieferanten lagen bereits kurz nach Versuchsbeginn bei beiden Sorten bis zur Endauswertung weniger als 20 mg/l Substrat löslicher Mineralstickstoff vor. In Substrat TeiGa 2 zeigten sich dagegen Auswirkungen der Sonderdüngungen (Tabelle 31), es enthielt zeitweise bis zu 50 mg N/l. Allein im Betriebssubstrat stieg der Stickstoffgehalt nach Beginn des Versuchs auf ca. 160 mg/l an, zum Ende lagen noch etwa 40 mg/l vor. Die Unterschiede im Wuchs der Pflanzen können jedoch nicht allein auf die Stickstoffversorgung zurückgeführt werden.

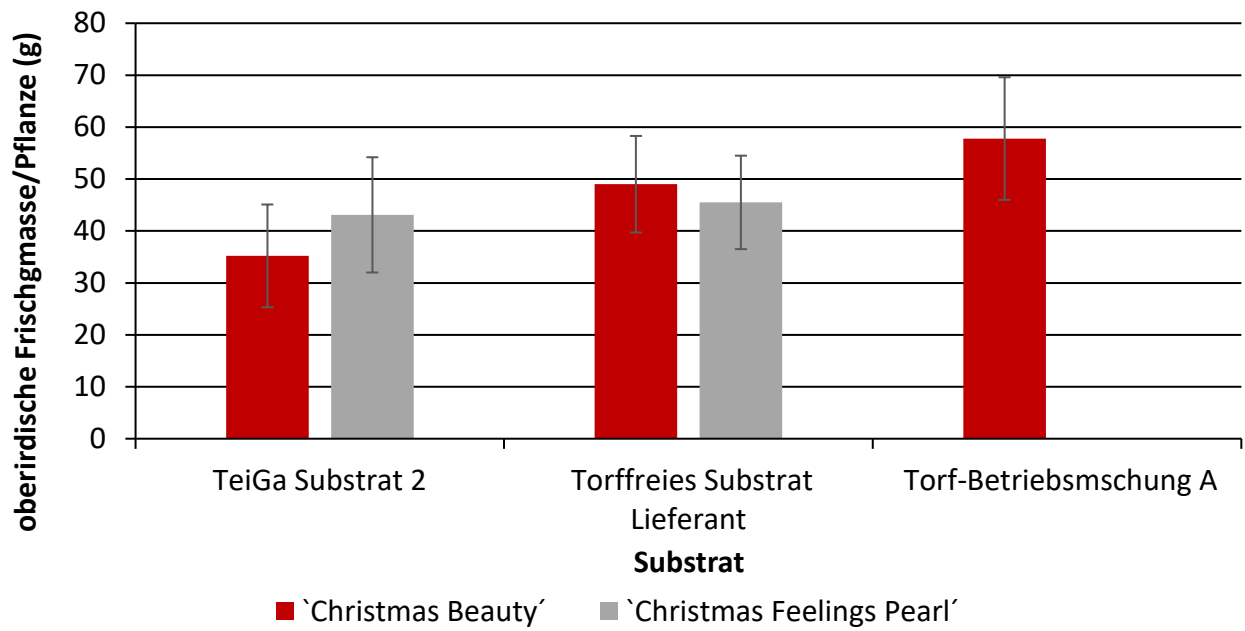


Abbildung 77: Oberirdische Frischmasse (Mittelwert ± Standardabweichung, n=67-75) der Weihnachtssterne in Betrieb A zu Versuchsende, Substrate s. Tabelle 29.



Abbildung 78: Weihnachtssterne zu Versuchsende in Betrieb A, Substrate s. Tabelle 29 (Foto: Nordmeyer/Pilz).



Abbildung 79: Verschieden starke Auswirkungen eines Befalls mit pilzlichen Schaderregern auf Weihnachtssterne (Foto: Nordmeyer/Pilz).

In Betrieb B unterschieden sich die in den beiden torffreien Substraten kultivierten Weihnachtssterne deutlich von den im Betriebssubstrat B gewachsenen. Beide Sorten wiesen eine geringere oberirdische Frischmasse (Abbildung 80) auf und blieben sowohl bei der Höhe als auch dem Durchmesser hinter der Torfvariante zurück und die Brakteen waren ebenfalls tendenziell kleiner (Abbildung 81). Bei der Bewurzelung fiel besonders das Substrat TeiGa 2 mit einem schwächeren Wurzelbild auf, während der Unterschied zwischen dem torffreien Substrat des Lieferanten und dem Betriebssubstrat B geringer war. Die Nährstoffanalysen ergaben, dass die torffreien Substrate schon vier Wochen nach dem Topfen weniger als 15 mg/l löslichen Mineralstickstoff enthielten, während im Betriebssubstrat erst nach weiteren vier Wochen ein so geringes Niveau erreicht wurde. Erst ab diesem Zeitpunkt zeigten die durchgeführten Sonderdüngungen (Tabelle 31) einen Effekt und die Stickstoffgehalte stiegen in höhere Bereiche von 60 bis 150 mg/l. Die Wuchsunterschiede lassen sich allein mit diesen Daten allerdings nicht erklären. Auffällig waren die Ausfallraten von über 30 % des Bestandes in den Substraten ohne Torf, welche auf pilzliche Erreger zurückzuführen sind (Abbildung 79).

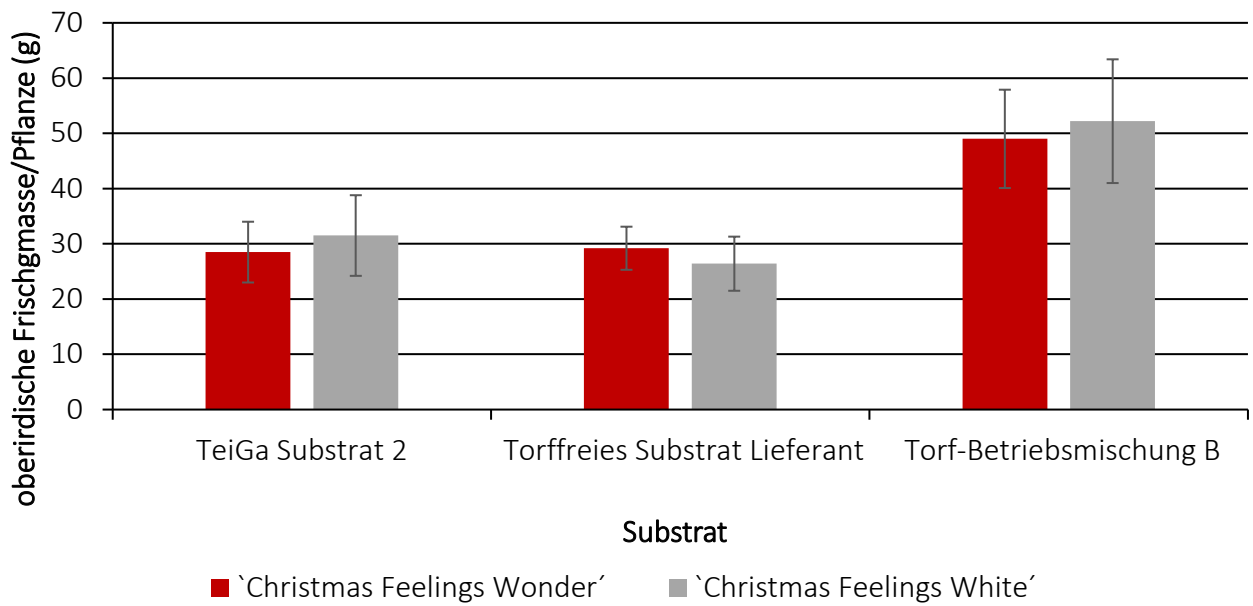


Abbildung 80: Oberirdische Frischmasse (Mittelwert ± Standardabweichung, n=49-68) der Weihnachtssterne in Betrieb B zu Versuchsende, Substrate s. Tabelle 29.



Abbildung 81: Weihnachtssterne zu Versuchsende in Betrieb B, Substrate s. Tabelle 29 (Foto: Nordmeyer/Pilz).

Auch an der LVG Hannover-Ahlem traten Unterschiede in der Entwicklung beider Weihnachtssternsorten zwischen den Substratvarianten auf. Die Sorte 'Christmas Beauty' blieb in den beiden torffreien Substraten (TeiGa 2 und Substrat des Lieferanten, s. Tabelle 29) bezüglich der oberirdischen Frischmasse tendenziell jeweils in ähnlicher Weise hinter den Torfvarianten zurück, welche untereinander auf einem vergleichbaren Niveau lagen. Während beim Durchmesser der Pflanzen kein Unterschied ermittelt werden konnte, erreichten diejenigen in TeiGa Substrat 2 eine tendenziell geringere Höhe und auch die Brakteen blieben etwas kleiner als in den übrigen, miteinander vergleichbaren Substratvarianten (Abbildung 82 und Abbildung 84). Die Bewurzelungsintensität war in der Torf-Betriebsmischung A am höchsten, es wurde über die Hälfte der nach dem Austopfen sichtbar gewordenen Ballenoberfläche von Wurzelwerk bedeckt. Im torffreien Substrat und dem aus der Praxis fiel sie etwas schwächer aus, während in den TeiGa-Substraten 1 und 2 nochmals deutlicher weniger Wurzeln ausgebildet wurden. Das oberirdische Wachstum (Frischmasse, Höhe, Durchmesser der Pflanze und der Brakteen) der Sorte 'Christmas Feelings White' war im torffreien Substrat des Lieferanten, der Torf-Betriebsmischung und dem Substrat aus der Praxis miteinander vergleichbar. Tendenzuell führte TeiGa Substrat 1 zu stärkerem Wachstum, während die Pflanzen im torffreien Substrat TeiGa 2 deutlicher kleiner blieben (Abbildung 82 und Abbildung 83). In dieser Substratvariante war das Wurzelwerk zudem nur schwach ausgeprägt. In Substrat TeiGa 2 und demjenigen aus der Praxis war hingegen jeweils etwa die Hälfte des Ballens von Wurzeln durchsetzt, während das Wurzelwachstum im torffreien Substrat des Lieferanten und der torfbasierten Betriebsmischung B gleichermaßen nochmals intensiver war.

Die Gehalte an löslichem Mineralstickstoff lagen nach einer kurzzeitigen Abnahme wenige Wochen nach Versuchsbeginn bei ca. 20 bis 40 mg/l Substrat, worauf mit Sonderdüngungen reagiert wurde (Tabelle 31). In allen Varianten stiegen die Stickstoffgehalte daraufhin an und lagen zu Versuchsende allein bei der Sorte 'Christmas Feelings White' bei etwa 30 mg/l und damit auf einem sehr niedrigen Niveau, während in den übrigen Substraten ca. 80 mg N/l vorlagen. Allein in den Betriebssubstraten A und B auf Torfbasis waren die Gehalte mit etwa 150 mg/l deutlich höher. Die Versuchsergebnisse lassen sich dadurch zum Teil erklären.

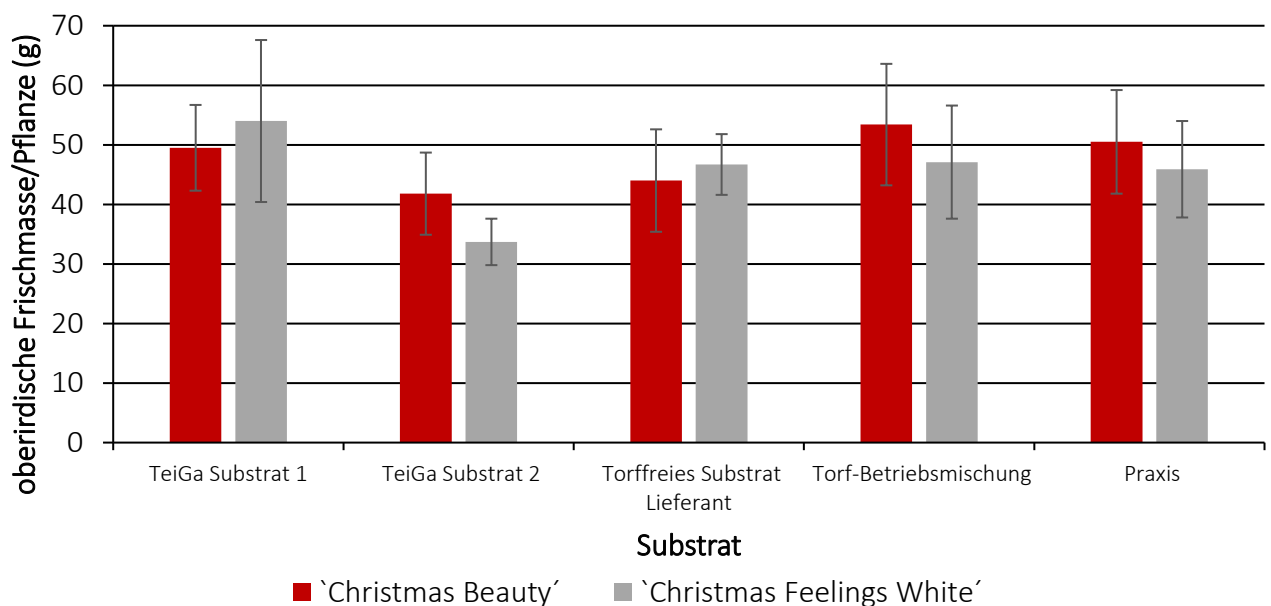


Abbildung 82: Oberirdische Frischmasse (Mittelwert \pm Standardabweichung, n=54) der Weihnachtssterne an der LVG Ahlem zu Versuchsende, Substrate s. Tabelle 29 ('Christmas Beauty': Torf-Betriebsmischung A; 'Christmas Feelings White': Torf-Betriebsmischung B)



TeiGa Substrat 1



TeiGa Substrat 2



Torffreies Substrat Lieferant



Torf-Betriebsmischung



Praxis

Abbildung 84 Weihnachtssterne 'Christmas Beauty' zu Versuchsende in der LVG Ahlem, Substrate s. Tabelle 29 (Foto: Nordmeyer/Pilz).



TeiGa Substrat 1



TeiGa Substrat 2



Torffreies Substrat Lieferant



Torf-Betriebsmischung



Praxis

Abbildung 83: Weihnachtssterne 'Christmas Feelings White' zu Versuchsende in der LVG Ahlem, Substrate s. Tabelle 29 (Foto: Nordmeyer/Pilz).

An allen Standorten sind die torffreien Substrate durch einen zum Teil sehr deutlichen Anstauhohizont aufgefallen. Die Kapillarität dieser Mischungen reichte offenbar nicht aus, den oberen Bereich des Topfbodens mit Nährlösung zu versorgen. Der Ballenboden hingegen war oftmals sehr nass, sodass möglicherweise neben der Versorgung mit Nährstoffen auch Staunässe ein Grund für die unterschiedliche Entwicklung der Pflanzen in den Substratvarianten ist.

Abschließend ist festzuhalten, dass die Produktion von Weihnachtssternen in torffreien Substraten grundsätzlich möglich ist, eine Einbindung dieser Substrate in den auf Torfsubstrat ausgelegten Betrieb allerdings Schwierigkeiten birgt. Die Eigenschaften und Anforderungen der Substrate ohne Torf unterscheiden sich z.B. hinsichtlich der Anforderungen an die Nährlösung von Torfsubstraten. In Betrieben, die durch Ihre technische Ausstattung nicht in der Lage sind, einzelne Tische oder Gewächshausabteilungen gesondert zu behandeln, ist es schwierig, diesen Anforderungen gerecht zu werden. Somit kann in Substraten ohne Torf unter anderem Nährstoffmangel auftreten, wenn die Düngung auf Torfsubstrat ausgelegt ist. Dadurch bedarf es einer regelmäßigeren Kontrolle der Nährstoffgehalte und sehr wahrscheinlich sind Sonderdüngungen notwendig. Diese müssen in der Regel von Arbeitskräften durchgeführt werden und erfolgen über Kopf, da sie sich nicht über die automatische Bewässerungsdüngung umsetzen lassen. Das kann Flecken auf dem Laub verursachen und führt unweigerlich zu erhöhter Substratfeuchtigkeit oder sogar Staunässe, wodurch das Wurzelwerk der Pflanzen beeinträchtigt wird oder sogar abstirbt. Sowohl Nährstoffmangel, als auch Staunässe stellen für die Kultur eine Stresssituation dar, eine erhöhte Anfälligkeit für Schaderreger ist die Folge daraus. So zeigte sich auch während der Praxisphase ein deutlicher Befall der Pflanzen mit pilzlichen Schaderregern, was die Verkaufsfähigkeit herabsetzen kann, und vermehrte Ausfälle im Bestand. Abhilfe könnte der Einsatz von Depotdüngern schaffen, welche die Nährstoffversorgung über einen längeren Zeitraum gewährleisten oder auch ein früheres Einsetzen der Nachdüngung, eventuell mit höheren Nährstoffkonzentrationen oder stickstoffbetonten Mehrnährstoffdüngern. Für den Betrieb steigen durch die genannten Maßnahmen die Kosten, zum einen durch den erhöhten Aufwand an Verbrauchsmitteln wie Dünger und ggf. Pflanzenschutzmitteln bei Befall mit Schaderregern, zum anderen durch den Einsatz an Arbeitskräften zur Durchführung dieser Maßnahmen oder auch der manuellen Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten durch das Entfernen erkrankter Pflanzenteile. Bei den meisten Kulturen ist ein Anheben des Verkaufspreises aufgrund der Marktsituation allerdings nicht möglich, sodass ein gärtnerischer Produktionsbetrieb die gestiegenen Kosten auf diesem Wege nicht abdecken kann. Der parallele Einsatz von Torfsubstrat und torffreien Substraten in einer Gärtnerei ist demnach in einer Vielzahl der Fälle nur schwer umzusetzen.

Die vollständige Umstellung des Betriebs auf torffreie Substrate ist aufgrund der Verfügbarkeit von alternativen Substratausgangsstoffen in Menge und Qualität und letztlich auch des gegenüber einem Torfsubstrat wesentlich höheren Preises bei zusätzlich höheren Kosten für die mineralische Nachdüngung für die meisten gärtnerischen Produktionsbetriebe ebenfalls eine große Herausforderung. So lautete auch das Fazit der an der Praxisphase beteiligten Betriebe, welche die in dieser Zeit gemachten Erfahrungen grundsätzlich als wichtig bewerteten. Der vollständige Verzicht auf Torf sei jedoch kurzfristig keine Option, eine Reduktion des Torfanteils in den Substraten in kleineren Schritten hingegen werde zum Teil schon umgesetzt oder in Betracht gezogen.

Offene Fragestellungen im Zierpflanzenbau

Die angestrebte Überprüfung der Topfmaschinengängigkeit torffreier Substrate wurde nur bedingt durchgeführt. Einzig in der Praxisphase überstieg die Substratmenge die Mindestfüllmenge der Topfmaschine in einem der Praxisbetriebe. Somit ist die Tauglichkeit für Substrat aus Kokosmark, Grünkompost und Holzfasern (s. Tabelle 19) überprüft und bestätigt worden, für andere Mischungen jedoch nicht. Besonders für Substrate mit hohem Perlitanteil, deren pflanzenbauliche Eignung gezeigt wurde, z.B. je 50 Vol.-% Kokosmark und Perlit, bleibt diese Frage zu klären.

Die bei der Berechnung des Sauerstoffverbrauchs angewendeten Methode beruht auf der organischen Substanz des Prüfmaterials. Daher kann es zur Fehlbewertung des Sauerstoffverbrauchs kommen, wenn das Material teilweise oder vollständig mineralisch ist. Für die Beurteilung von Perlit und Substraten, welche Perlit enthalten, ist zukünftig eine andere Art der Berechnung oder die Anpassung der Methode anzuraten. Darüber hinaus bleibt ein möglicher Zusammenhang mit der Dynamik des Stickstoffgehalts (Brutversuch) der Prüfmaterialien zu klären. Allgemein ist das zum Teil gegensätzliche Verhalten einzelner Torfzuschlagstoffe in aufeinanderfolgenden Brutversuchen weiterhin näher zu untersuchen.

In Vermehrungsversuchen im Gewächshaus ist besonders bei Petunien wiederholt eine verspätete Keimung und deutlicher Minderwuchs in Substrat aus Kokosmark, Grünkompost und Holzfasern gegenüber anderen Substratmischungen aufgefallen. Die Ursache dieses Effekts ist in zukünftigen Untersuchungen zu bestimmen.

Grundsätzlich wurde die Eignung torffreier Substrate zur Kultur von Zierpflanzen von der Aussaat bis zur Produktion verkaufsfertiger Ware nur bei wenigen Arten bzw. Sorten untersucht. Schon hier zeigte sich zum Teil gegensätzliches Verhalten verschiedener Arten in einer bestimmten Substratmischung ohne Torf. Wie sich weitere Kulturen in verschiedenen Stadien in torffreien Substraten verhalten, ist zukünftig zu klären.

Literatur:

Veeken AHM, de Wilde V, Hamelers HVM, Moolenaar SW und Postma R: OxiTop® measuring system for standardised determination of the respiration rate and N-mineralisation of organic matter in waste material, compost and soil. Wageningen University, Agrotechnology and food sciences, nutrient management instituut nmi bv

6. Teilbericht Gemüsebau

Bearbeitet durch: Leibniz Universität Hannover, Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Abteilung Systemmodellierung Gemüsebau

Zielsetzungen

Es wurden folgende Zielsetzungen für den Bereich Gemüsebau spezifiziert:

1. Kulturrisiken in empfindlichen Kulturabschnitten (z.B. Jungpflanzenproduktion, Anwachsen auf dem Feld) sollen aufgezeigt werden (AP 2).
2. Es soll das Verhalten der einzelnen Substratkomponenten in der Mischung beschrieben werden. Dabei sollen praxisrelevante Substratkomponenten getestet werden (AP 1 - 3).
3. Die Verwendbarkeit der Substratmischungen für die Anzucht im Tray und als Presstopf soll getestet werden (AP 2).
4. Die Haltbarkeit von Pflanzen in torffreien Substraten auf dem Transport und im Endverkauf soll getestet werden (AP 3).
5. Es sollen Kulturempfehlungen und Strategien zur Vermeidung von Pflanzenschäden aus den Versuchsergebnissen erarbeitet werden (AP 3 und AP 5).
6. Die Kulturempfehlungen sollen in Praxisbetrieben getestet werden (AP 5).
7. Chancen und Grenzen des Einsatzes von torfreduzierten und torffreien Substraten in der Praxis sollen aufgezeigt werden (AP 2 - 5).
8. Die erarbeiteten Ergebnisse sollen an Substrathersteller, Produktionsgärtner, Handel und Verbraucher weitergegeben werden (AP 6).

Durchgeführte Versuche und Ergebnisse im Gemüsebau

Topfkräuter und Jungpflanzenanzucht in torffreien Substratmischungen (AP 1-5)

Fünf torffreie Substratmischungen wurden auf ihre Eignung als Kultursubstrat in der Gemüsejungpflanzen- und Topfkräuterproduktion in einem Gewächshausversuch von April bis Juni 2016 untersucht. Als Beispielkulturen wurden Chinakohl (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis* (Lour.)) und Basilikum (*Ocimum basilicum* L.) verwendet. Aus den Substratkomponenten Kokosmark, Holzfaser, Kompost, Perlit und Sphagnum (Firma Klasmann-Deilmann) wurden verschiedene Substrate erstellt (s. Tabelle 32).

Tabelle 32: Bestandteile der in den Versuchen verwendeten selbst hergestellten Substratmischungen. Angaben in Vol.-%.

Ausgangsstoff	Substrat					
	1	2	3	4	5	6
Torf (To)	100					
Kokosmark (Km)		50		30	50	
Grünkompost (Gk)		15	15			
Holzfaser (Hf)		35	35	20		50
Perlit (Pe)			20	50	50	50
Sphagnum (Sp)			30			

Ein reines Weißtorfsubstrat diente als Kontrolle. Für die Anzucht von Chinakohl wurden feine (Torf, Holzfaser und Perlit) und für die Anzucht von Basilikum grobe Materialien (Torf, Holzfaser und Perlit) gewählt. Chinakohl wurde in Trays und Basilikum in Töpfen kultiviert. Alle Substrate wurden auf einen für die Kultur optimalen Nährstoffgehalt aufgedüngt. Die Bewässerung erfolgte substratspezifisch durch ein Ebbe-Flut-System. Die Substrate wurden zunächst auf ihre physikalischen Eigenschaften (z.B. Wasser- und Luftkapazität) nach DIN EN 13041 untersucht. Außerdem wurde ein Brutversuch laut VDLUFA (2007) durchgeführt, um die Substratmischungen auf ihren Stickstoffhaushalt (Festlegung) zu prüfen.

Es zeigten sich deutliche Unterschiede im Luft- und Wasserhaushalt (Tabelle 33) der Substrate sowie in der Pflanzenqualität. Kokosmark und Kompost beeinflussten als Substratbestandteile den Wasserhaushalt positiv. Holzfaser und Perlit trugen zu einer Substratlockerung bei, welche die Luftkapazität verbesserte. Bei Substratmischungen mit geringer Wasserkapazität, musste besonders auf die Bewässerung geachtet werden. Alle Substrate, mit Ausnahme von Torf, wiesen zur Ernte aufgebrauchte Nährstoffvorräte auf. Es empfiehlt sich daher Nährstoffanalysen während der Kultur vorzunehmen und substratspezifische Düngungen durchzuführen. Im Brutversuch wurde deutlich, dass Substrate mit Holzanteil Stickstoff über die Zeit festlegen.

Tabelle 33: Wasser- und Luftkapazitäten der verwendeten Substrate. Die Untersuchungen erfolgten nach DIN EN 13041. Km = Kokosmark, Gk = Grünkompost, Hf = Holzfaser, Pe = Perlit, Sp = Sphagnum. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Substraten (Tukey Test, $p < 0,05$).

Substrat	Wasserkapazität [%]	Luftkapazität [%]
Torf	73,7a	20,6d
KmGkHf	67,2b	22,3d
GkHfPeSp	47,7d	42,7bc
KmHfPe	48,2d	47,0b
KmPe	54,5c	38,9c
HfPe	33,8e	60,1a

Basilikum zeigte in Torf das beste Pflanzenwachstum. Ähnliche Ergebnisse (Trockenmasse und Blattfläche) konnten mit dem KmGkHf-Substrat erzielt werden. Auch für Chinakohl erwies sich KmGkHf als ein geeignetes Substrat. Außerdem deutete sich GkHfPeSp bei Chinakohl ebenfalls als ein gutes Substrat an. Für Pflanzen in den anderen Substratmischungen wurden ein deutlich reduziertes Wachstum und ein verminderter Ertrag festgestellt (Abbildung 85, unten).

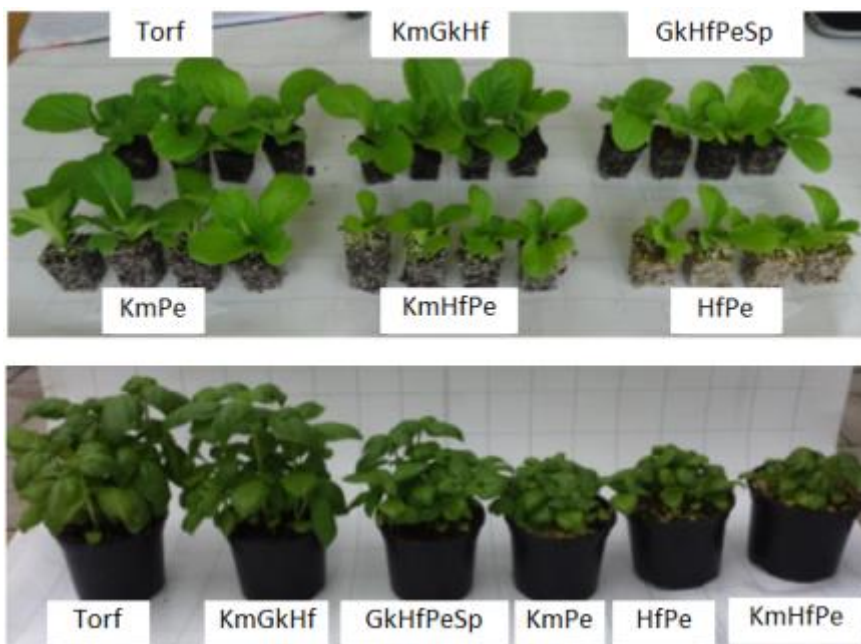


Abbildung 85: Oben: Chinakohljungpflanzen 3 Wochen nach Aussaat; Unten: Basilikum 4,5 Wochen nach Aussaat. Km = Kokosmark, Gk = Grünkompost, Hf = Holzfaser, Pe = Perlit, Sp = Sphagnum.

Als mögliche Gründe für die Wachstums- und Ertragsunterschiede wurden Unterschiede im Luft- und Wasserhaushalt, der Stickstofffestlegung und Nährstoffauswaschung durch die Bewässerung diskutiert.

Shelf-Life von Basilikumpflanzen in Abhängigkeit verschiedener Substratvarianten (AP 2-5)

Als Shelf-Life wird die Haltbarkeit gartenbaulicher Produkte bezeichnet. Produkte wie beispielsweise Topfkräuter müssen auf dem Transport, im Handel und beim Kunden möglichst lange frisch bleiben und ansprechend aussehen, auch ohne großen Pflegeaufwand. Das Shelf-Life von Topfkräutern in torffreien Substraten wurde in einem Versuch am Beispiel von Basilikum (*Ocimum basilicum* L.) untersucht. Kokosmark, Holzfaser, Kompost, Perlit und Sphagnum dienten als Substratkomponenten, die in verschiedenen Mischungen vorlagen (s. Tabelle 32). Als Kontrolle wurde ein reines Weißtorfsubstrat verwendet. Die genutzten Pflanzen wurden in Töpfen kultiviert und waren zu Versuchsbeginn sechs Wochen alt. Es wurden neun Pflanzen pro Substratvariante in drei Wiederholungen getestet. Außerdem wurden Rahmenbedingungen (z.B. Temperatur, Licht und Bewässerung) geschaffen, wie sie im Handel oder auch beim Verbraucher vorkommen können. Hierzu wurden Pflanzen in einem Zimmer auf Tischen vor dem Südfenster platziert. Eine zusätzliche Beleuchtung war nicht vorhanden. Die Zimmertemperatur betrug 20 °C. Die Substrate wurden auf 100 % Wasserkapazität eingestellt und im Folgenden nicht mehr bewässert. Die Versuchsdauer betrug 7 Tage. Die Pflanzen wurden täglich nach Welkesymptomen (Note 1 = sehr starke Welke bis Note 5 = keine Welke) bonitiert. Außerdem wurden zu Versuchsende die Frisch- und Trockenmassen der Pflanzen bestimmt.

Es waren bis zum dritten Versuchstag keine Welkesymptome erkennbar (Abbildung 86). Erst am vierten Boniturtermin traten bei den Pflanzen der Substratvariante GkHfPeSp Symptome auf. Diese verstärkten sich im Versuchsverlauf und zu Versuchsende zeigten Pflanzen in diesem Substrat die stärksten Welkeerscheinungen. Zum fünften Tag waren erste Welkesymptome an den Pflanzen in Torf erkennbar. Alle anderen Substratvarianten wiesen erst am letzten Versuchstag Welkeerscheinungen auf.

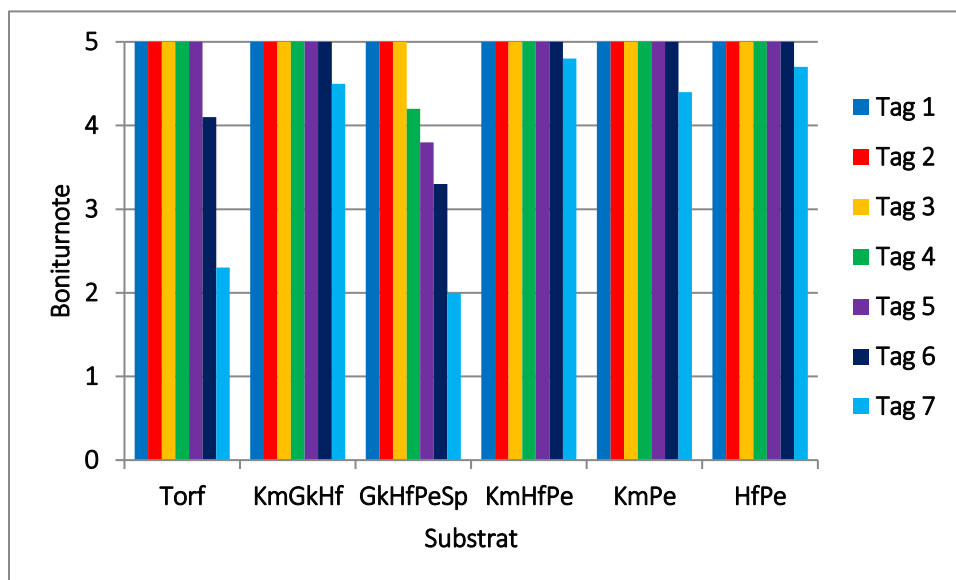


Abbildung 86: Haltbarkeit (Shelf-Life) von Basilikum in verschiedenen Substratmischungen im Verlauf von sieben Tagen. Boniturnote 1 = sehr starke Welke, Boniturnote 5 = kein Welke. Km = Kokosmark, Gk = Grünkompost, Hf = Holzfaser, Pe = Perlit, Sp = Sphagnum.

Gründe dafür sind wahrscheinlich die geringen Frischmassen und Blattflächen dieser Pflanzen, die zu einer geringen Verdunstung beitragen. Substratvarianten mit hohem Perlitanteil zeigten besonders positive Ergebnisse. Dies war vermutlich zum einen auf die geringen Frischgewichte zurückzuführen und zum anderen

auf die hohe Wasserhaltefähigkeit des Perlits, die zu einem sehr gutem Shelf-Life der Pflanzen beitragen. Pflanzen der Substratvariante KmHfPe wiesen die beste Haltbarkeit auf. Trotz der teils früh auftretenden und im Laufe des Versuchszeitraumes zunehmenden Welke in einigen Substraten, zeigten nur Pflanzen der Variante GkHfPeSp eine sehr starke Welke.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen starke Unterschiede in der Frischmassebildung zwischen den Substraten. Dadurch ist es nicht angemessen den Zeitablauf der Welkesymptome mit den physikalischen Eigenschaften der Substrate zu korrelieren. Sowohl die kleinen, wie auch die großen Pflanzen zeigten frühestens nach vier Tagen ohne zusätzliches Bewässern erste Welkesymptome. Ein ausreichendes Shelf-Life von Pflanzen in Torfersatzstoffen für den Transport, Handel und Kunden erscheint daher als gegeben.

Nährstoffdynamik torffreier Substratmischungen in der Gemüsejungpflanzenanzucht und Topfkräuterproduktion (AP 2-5)

Aufgrund eines Vorversuches wurde angenommen, dass durch den Einsatz einer Ebbe-Flut-Bewässerung Nährstoffe aus Jungpflanzentrays schnell und leicht ausgewaschen werden. So wurde vermutet, dass Substrate mit geringer Wasserhaltekapazität (z.B. durch Holzfasern verursacht) besonders betroffen sind. In einem Gewächshausversuch wurde von August bis Oktober 2016 die Nährstoffdynamik unterschiedlicher Substratmischungen untersucht. Dabei wurden die Nährelemente Stickstoff (N), Kalium (K) und Magnesium (Mg) betrachtet. Außerdem wurde für Stickstoff eine Nährstoffbilanz gebildet. Als Substratkomponenten lagen Holzfaser, Grünkompost, Perlit, Sphagnum und Kokosmark vor, aus denen fünf verschiedene Substratmischungen erstellt wurden (s. Tabelle 32). Das Kontrollsubstrat bestand aus Weißtorf. Chinakohl (*Brassica rapa ssp. pekinensis* (Lour.) und Basilikum (*Ocimum basilicum* L.) dienten als Versuchspflanzen, die in Trays bzw. 1 L Kunststofföpfen kultiviert wurden. Die Pflanzen wurden durch ein Ebbe-Flut-System mit Stadtwasser bewässert. Das Bewässerungswasser wurde zu jedem Termin auf Nährstoffe untersucht. Dabei wurde das Ablaufwasser nach einer durchgeführten Ebbe-Flut-Bewässerung beprobt. Des Weiteren wurden Substratanalysen zu Versuchsbeginn und an jedem Auswertungstermin erhoben. Während des Versuchs erhielten die Chinakohlpflanzen eine Kopfdüngung und die Basilikumpflanzen zwei Kopfdüngungen mit Yara Calcinit (15 % N). Zur Kalkulation der Stickstoffbilanz wurde der Input (Aufdüngung zu Versuchsbeginn und Nachdüngungen) und Output (N-Trockenmasse, N im Substrat und N-Auswaschung) betrachtet.

Die K-Auswaschung war weitgehend sehr gering. Lediglich zum ersten Auswertungstermin traten größere Auswaschungen auf. Die höchsten Kaliumverluste wurden bei den Substraten KmGkHf und GkHfPeSp beobachtet. Diese sind vermutlich auf den Grünkompostanteil dieser Substrate zurückzuführen, der deutlich erhöhte Kaliumwerte aufwies. Eine Mg-Auswaschung der Substrate war generell nicht vorhanden. Durch das gewählte Bewässerungsverfahren wurde eher mehr Magnesium zugeführt als ausgewaschen. Grund dafür waren die höheren Magnesiumwerte des Stadtwassers. Auch die Auswaschung von löslichem Stickstoff fand nur mäßig statt. Laut Pflanzenanalysen schienen lediglich die Chinakohljungpflanzen im Substrat GkHfPeSp einen zu geringen N-Anteil (< 2 % N) in der Trockensubstanz aufzuweisen. Trotz des geringen N-Anteils deuteten sich jedoch keine N-Mangelsymptome an. Auch das Pflanzenwachstum wurde nicht sichtlich beeinträchtigt, da die Pflanzen in diesem Substrat eine ähnliche Trockenmasse wie die in Torf aufwiesen. Die Stickstoffbilanz zeigte, dass der N-Input meist höher war als der N-Output. Die übrige Differenz zwischen Input und Output ist vermutlich durch mikrobielle Prozesse festgelegt worden oder aber gasförmig entwichen (N₂, NH₃). Hohe Bodentemperaturen fördern diese Prozesse.

Eine erhöhte Nährstoffauswaschung torffreier Substrate war aus den vorliegenden Ergebnissen nicht direkt ersichtlich und stellt vermutlich kein großes Kulturrisiko, wie zunächst angenommen, in der Anzucht von Chinakohljungpflanzen und Topfbasilikum dar. Als empfehlenswert deutete sich jedoch eine kontinuierliche, den Substraten angepasste Bewässerungsdüngung an, um die Pflanzen optimal mit Wasser und Nährstoffen zu versorgen.

Einfluss der Lichtqualität von LEDs auf Wachstum und Morphologie von Chinakohljungpflanzen und Basilikum in torffreien Substraten (AP 2, 3 und 5)

In Versuchen von April bis September 2017 wurde getestet, ob durch den Einsatz von LEDs mit spezifischer Lichtqualität Veränderungen, die durch das Substrat hervorgerufen werden, ausgeglichen und ergo die Pflanzenqualität verbessert werden kann. Es wurde konkret der Einfluss der Lichtqualität auf das Wachstum und die Morphologie der Pflanzen in torffreien Substraten untersucht. Dazu wurden Gewächshausversuche mit zwei Beispielproduktionssystemen durchgeführt: Gemüsejungpflanzenproduktion von Chinakohl (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*) und Topfkräuterproduktion von Basilikum (*Ocimum basilicum*). Die Anzucht erfolgte im Gewächshaus in torffreien Substratmischungen auf Basis von Kokosmark, Holzfaser, Grünschnittkompost, Perlit und Sphagnum in drei Substratmischungen (Tabelle 32; Substrate 1, 3 und 4). Die Substrate wurden zu Versuchsbeginn auf einen ähnlichen Nährstoffgehalt aufgedüngt und substratspezifisch gekalkt. Die Bewässerung und Düngung der Pflanzen erfolgte ebenso substratspezifisch mit einer Anstaubewässerung durch Fertigation. Die Pflanzen wurden in Trays unter LEDs kultiviert, die verschiedene Peak-Wellenlängen wiedergaben: 440 nm + 465 nm (blau), 660 nm (hellrot) sowie 730 nm (dunkelrot). Daraus ergab sich ein fließender Gradient unterschiedlicher Lichtqualitäten bzw. Lichtverhältnisse (Abbildung 87). Jeder Pflanze wurde so eine bestimmte Lichtqualität bzw. ein bestimmtes Lichtverhältnis im Lichtgradienten zugeordnet.



Abbildung 87: Lichtgradient im Gewächshaus unter dem Chinakohl und Basilikum kultiviert wurden.

Erste Erkenntnisse mit Chinakohl zeigten, dass Pflanzen, die unter dunkelrotem Licht kultiviert wurden, länger, lockerer und dünner erschienen als jene unter rotem und blauem Licht. Pflanzen unter roten LEDs zeigten hingegen einen kompakteren Wuchs (Abbildung 88, oben). Diese Reaktion ist als Schattenflucht beziehungsweise Schattenvermeidungsreaktion bekannt. Basilikum zeigte diese Reaktionen hingegen nicht (Abbildung 88, unten). Pflanzen unter dunkelrotem Licht waren deutlich gestauchter als Pflanzen unter Hellrotem.



Abbildung 88: Chinakohljungpflanzen (oben) und Basilikum (unten), die unter dunkelroten (730 nm), hellroten (660 nm) und blauen (440 + 465 nm) LEDs (v. l. n. r.) im Gewächshaus kultiviert wurden.

Unterschiede zwischen den Pflanzen in den verschiedenen Substraten waren augenscheinlich zwischen Torf und dem Substrat KmHfPe zu erkennen. Entsprechend können vermutlich Veränderungen der Pflanze durch das Substrat mittels Zusatzbelichtung mit LEDs entgegengewirkt werden und gut in der Praxis eingesetzt werden. Außerdem deutete sich an, dass die Pflanzen im Substrat KmHfPe beispielsweise kürzere Hypokotyle besaßen. Eine statistische Auswertung der Ergebnisse wird noch erfolgen.

Einfluss torffreier Substrate auf das Anwachsverhalten von Gemüsejungpflanzen (AP 2)

Neben der Jungpflanzenanzucht im Gewächshaus ist auch der darauffolgende Kulturabschnitt – das Anwachsen auf dem Feld – von großer Bedeutung, da die Jungpflanzen später in dem gewachsenen Boden ausgepflanzt werden, und ein gutes Anwachsen die Grundvoraussetzung für einen guten Ertrag sind. Im vorliegenden Versuch wurden Chinakohljungpflanzen im Gewächshaus angezogen und später in Gefäße mit Boden verpflanzt, um das Anwachsverhalten zu untersuchen.

Als Substratausgangsmaterialien lagen Weißtorf, Grünschnittkompost, Holzfaser, Kokosmark und Sphagnum vor, die in sechs verschiedenen Mischungen eingesetzt wurden (Tabelle 32). Die Substrate wurden vor der Aussaat mit Kalksalpeter, Kohlensäurem Kalk, PG-Mix, Hakaphos grün und Radigen auf einen einheitlichen Nährstoffgehalt und pH-Wert in Anlehnung an ein Presstopfsubstrat (Potgrond H, Klasmann-Deilmann) aufgedüngt. Chinakohlsamen wurden in Trays ausgesät und im Gewächshaus vorgezogen. Die Bewässerung erfolgte nach substratspezifischer Wasserkapazität ab einer maximalen Kapazität unter 70 %. Die Tag/Nachttemperatureinstellungen im Gewächshaus betragen 20 °C/16 °C und die Lüftungen öffneten bei

24 °C. Vier Wochen nach Aussaat wurden drei Pflanzen je Substrat in vier Wiederholungen in 5-Liter Töpfe verpflanzt und randomisiert in einer Vegetationshalle ausgestellt (Abbildung 89). Als Substrat diente abgetragener Feldboden, der einer Braunerde aus anlehmigen Sand mit einem Anteil von 3 – 5 % organischer Substanz entsprach. Zusätzlich wurden die Pflanzen mit einem Netz abgedeckt, um sie vor möglichen Fraßschäden zu schützen. Die Töpfe wurden regelmäßig von Unkraut befreit. Zwei Wochen nach Auspflanzung wurden die Pflanzen geerntet. Die oberirdische Pflanzenmasse wurde über dem Boden abgeschnitten und bestimmt. Die Wurzeln wurden ausgewaschen und mit der Software WinRhizo analysiert.



Abbildung 89: Versuchsaufbau des Auspflanzungsversuchs.

Abbildung 90 zeigt die durchschnittlichen Wurzellängen der Pflanzen je Substratvariante nach zwei Wochen der Auspflanzung. In Torf vorgezogene Jungpflanzen wiesen das stärkste Wurzelwachstum auf, gefolgt von der Variante KoHoPeSp. Die Pflanzen der anderen Varianten wiesen in etwa nur 1/3 der Wurzellänge von Torf auf. Die oberirdische Frischmasse unterschied sich nicht.

Außerdem deutete sich ein enger Zusammenhang zwischen der Jungpflanzenanzucht im Gewächshaus und dem Anwachsverhalten nach dem Auspflanzen an. Zum Ende der Jungpflanzenanzucht im Gewächshaus hatte Torf ebenfalls die längsten Wurzeln und unterschied sich signifikant von den anderen Varianten. Die Wahl des Substrats deutete sich daher als entscheidender Faktor für das spätere Anwachsen der Pflanzen an. Gut bewurzelte Jungpflanzen sind daher unabdingbar.

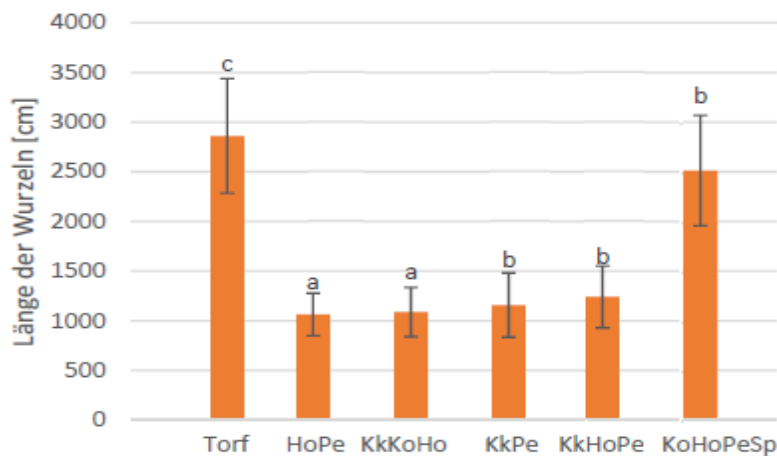


Abbildung 90: Mittlere Wurzellängen der Chinakohlpflanzen (n=4) nach zwei wöchigem Anwachsen. Kk = Kokosmark, Ko = Grünkompost, Ho = Holzfaser, Pe = Perlit, Sp = Sphagnum. Balken kennzeichnen die Standardabweichung, unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede (Tukey Test, $p < 0,05$).

Wirkung von Holzfaser- und Kompostbeimischungen als Torfersatz auf die Stickstoffdynamik unter verschiedenen Temperaturregimen (AP 1 – 3 und 5)

Holzprodukte – insbesondere Holzfaser – können durch ihr weites C/N-Verhältnis, ihre leichte Abbaubarkeit und hohe mikrobielle Aktivität große Mengen an Stickstoff (N) immobilisieren, die zu einer Reduktion des mineralischen Stickstoffs im Substrat führen. Neben den Holzprodukten haben auch andere Faktoren (z.B. Klima und Substratkomponenten) Einfluss auf die Stickstoffimmobilisierung im Substrat. In der vorliegenden Arbeit wurde daher der Effekt hoher und niedriger Temperaturen auf den Stickstoffhaushalt in Brutversuchen geprüft. Zusätzlich wurde der Einfluss von Kompost als Beimischung in Kombination mit Holzfaser auf den Stickstoffhaushalt unter den beiden Temperaturregimen geprüft.

Als Versuchskomponenten dienten Weißtorf, Grünschnittkompost und feine Holzfaser, die in verschiedenen Mischungen vorlagen (

Tabelle 34). Varianten 1 – 3 bestanden zu 100 % aus jeweils einer der Ausgangsmaterialien und dienten als Kontrollen. In den anderen Mischungen wurde systematisch der Anteil an Holzfaser verändert. Zusätzlich enthielten Mischungen 7 – 11 20 % Kompost.

Tabelle 34: Übersicht der Substratmischungen, die in den Brutversuchen untersucht wurden.

Variante	Torf (T) [%]	Kompost (K) [%]	Holzfaser (H) [%]
T 100	100		
K 100		100	
H 100			100
T 80 H 20	80		20
T 60 H 40	60		40
T 20 H 80	20		80
T 80 K 80	80	20	
T 60 K 20 H 20	60	20	20
T 40 K 20 H 40	40	20	40
T 20 K 20 H 60	20	20	60
K 20 H 80		20	80

Die Substratmischungen wurden in zwei Versuchsdurchläufen in einem Klimaschrank bei jeweils 16 °C und 28 °C bebrütet. Hierfür wurden an Hand der Rohdichten der verschiedenen Mischungen je 200 ml in weiße Plastikschaalen gefüllt und mit einem Deckel versehen. Außerdem wurden die Schalen mit jeweils sechs Löchern präpariert, um die Luftzirkulation zu fördern. Alle Substrate wurden auf einen einheitlichen Nährstoffgehalt von 1000 mg N L⁻¹ eingestellt. Die pH-Werte lagen im Bereich von 5,5 – 6,5. Als Dünger wurden Ammoniumnitrat, Dikaliumhydrogenphosphat und Kalziumcarbonat verwendet. Die Wassergehalte der Mischungen lagen über den gesamten Versuchszeitraum zwischen 60 und 80 % der maximalen substratspezifischen Wasserkapazität, um eine ausreichende Feuchtigkeit der Substrate zu gewährleisten. Die Substratmischungen wurden in beiden Durchläufen über vier Wochen bebrütet. Die erste Auswertung fand 8 Tage nach Brutbeginn statt und folgende Auswertungen im 7-tägigen Abstand. Zu jedem Termin wurden drei Schalen je Variante aus dem Brutschrank entnommen und analysiert.

Eine Zunahme des Holzfaseranteils führte zu einer durchschnittlich erhöhten Stickstoffimmobilisierung. Die Stickstoffverluste korrelierten dabei linear mit dem Holzanteil in den Mischungen. Die Fixierungsmenge war sowohl von der Temperatur als auch der Kompostbeimischung abhängig (Abbildung 91). So war die Stickstoffimmobilisierung ohne Kompostbeimischung gering und unterscheidet sich zwischen den beiden Temperaturregimen kaum. Mit einem Holzfaseranteil von 80 % lag die Immobilisierung bei jeweils etwa 10 % (Abbildung 91, unten). Die gleiche Immobilisierungsmenge wurde auch mit Kompostbeimischung unter 16 °C festgestellt. Allerdings führte der Kompostzuschlag unter hoher Temperatur zu einer fast 4-mal so starken Immobilisierung wie ohne Kompost (Abbildung 91, oben).

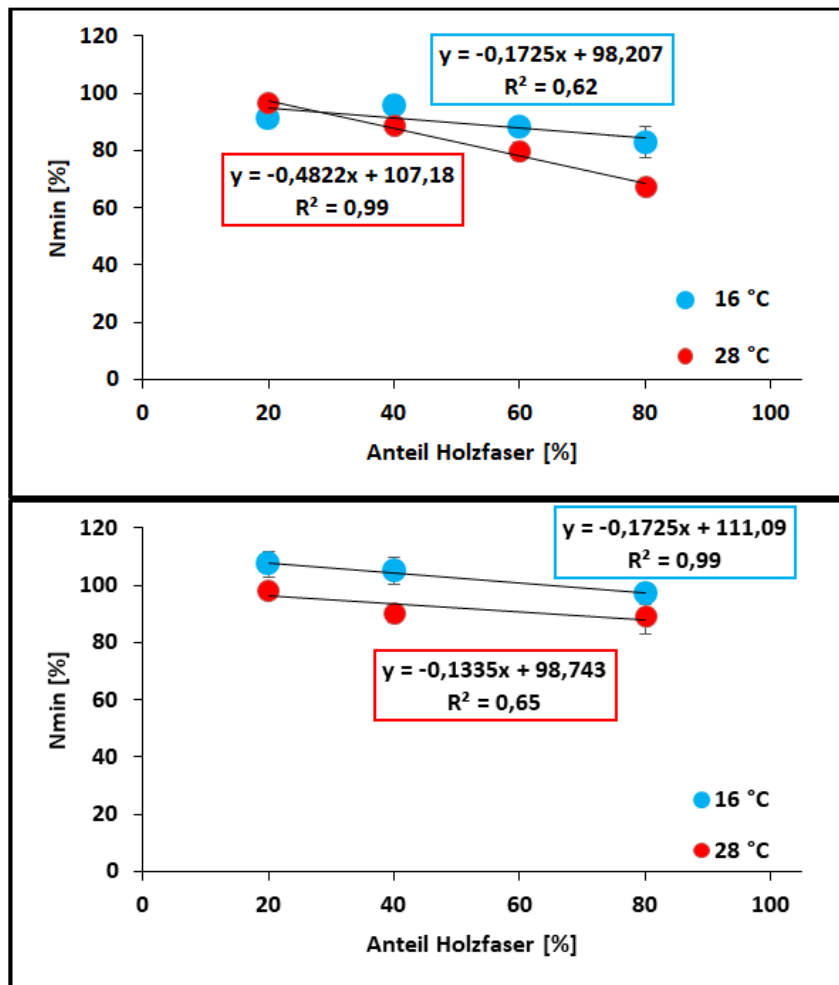


Abbildung 91: Effekt des Holzfaseranteils mit (oben) und ohne (unten) Kompostbeimischung auf den prozentualen Stickstoffgehalt im Substrat unter 16 °C und 28 °C.

Abbildung 92 zeigt die N-Immobilisierung über den Zeitraum von 4 Wochen unter niedrigen (oben) und hohen (unten) Temperaturen für die Mischungen mit Kompost. Es ist deutlich zu erkennen, dass der Stickstoffgehalt mit zunehmender Bebrütungszeit sinkt. Der N-Verlust ist vor allem zu Bebrütungsbeginn am stärksten und nimmt mit zunehmender Dauer ab. Die N-Abnahme ist unter hoher Temperatur ausgeprägter als unter niedriger, daher wurden die Unterschiede zwischen den Varianten deutlicher. Die maximale N-Fixierung betrug bei 16 °C circa 22 % und bei 28 °C 35 %, was circa 260 mg N L⁻¹ und 440 mg N L⁻¹ entsprach. Ein ähnlicher Verlauf zeigte sich auch für die Varianten mit Holzfaser ohne Kompost bei beiden Temperaturen. Die N-Verluste waren allerdings geringer.

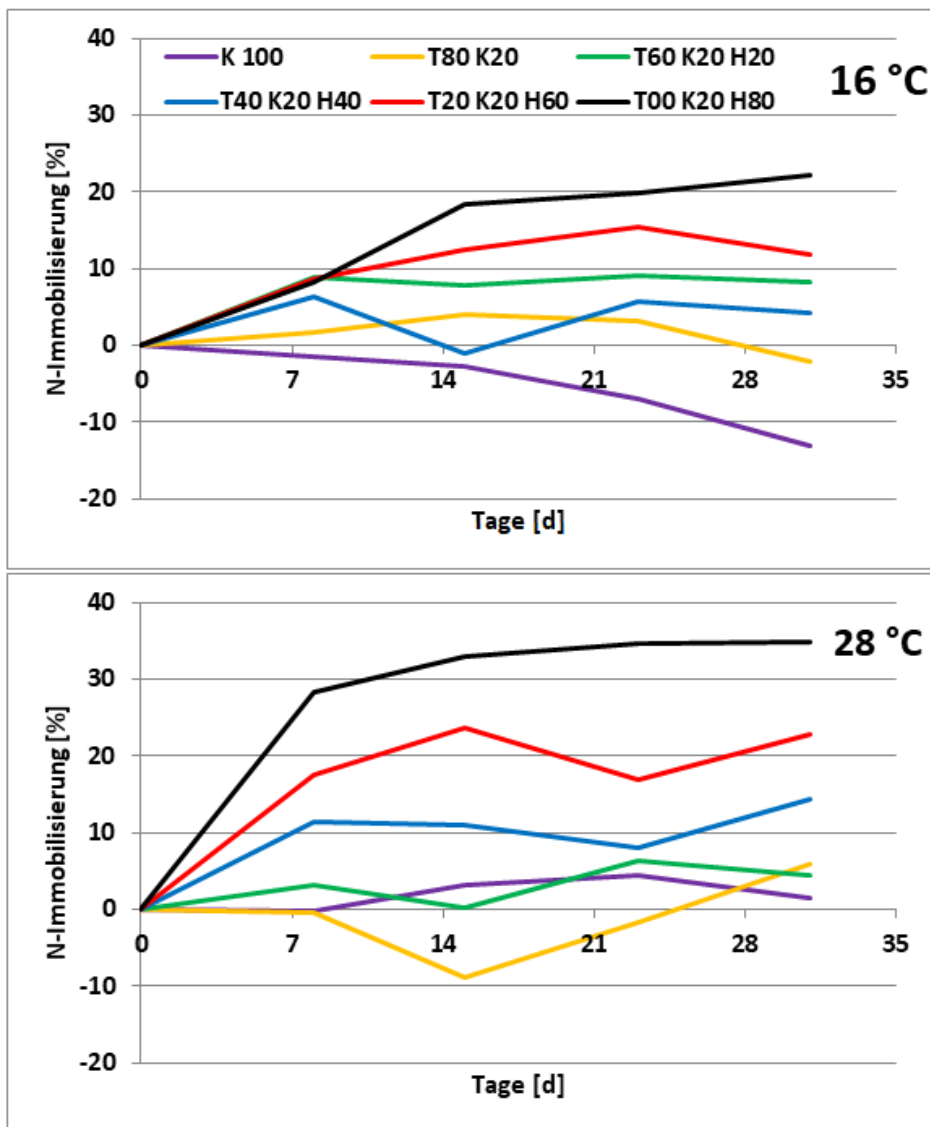


Abbildung 92: Verlauf des N-Immobilisierung unterschiedlicher Substratmischungen unter niedrigen (oben) und hohen (unten) Temperaturen über einen Zeitraum von 4 Wochen. Positive Werte bedeuten eine N-Immobilisierung und negative Werte eine N-Freisetzung.

Wirkung von Holzfaser/Kokosmark und Perlit als Beimischung auf das Wachstum und die Morphologie von Basilikum (AP 1-3)

Holzfaser und Kokosmark gelten als vielversprechende Torfersatzstoffe und werden bereits vielfach in torffreien oder torf reduzierten Substraten verwendet. Doch welchen Einfluss hat eine systematische Veränderung dieser Komponenten auf die Qualität von Topfkräutern? Hat eine Beimischung von Perlit einen zusätzlichen positiven Effekt?

Basilikum (*Ocimum basilicum*) ‚Edwina‘ wurde von Oktober bis Dezember 2018 für 6 Wochen im Gewächshaus kultiviert. Die Pflanzen wurden in 13er Töpfen mit je 25 Samen pro Topf angezogen. Als Substratkomponenten lagen grober Weißtorf, grobe Holzfaser, Grünschnittkompost, Kokosmark und grobes Perlit der Fima Klasmann-Deilmann vor. Die verwendeten Substratmischungen sind in Abbildung 93 dargestellt. Alle Substrate wurden – ausgehend von ihren Ausgangsnährstoffen – auf einheitliche Nährstoffgehalte (200 mg N L^{-1} , $240 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ L}^{-1}$, $270 \text{ mg K}_2\text{O L}^{-1}$ und $100 \text{ mg MgO L}^{-1}$) und pH-Wert (5,5 – 6,5)

aufgedüngt beziehungsweise aufgekalkt. Zusätzlich erfolgte eine Nachdüngung mit Ammoniumnitrat in vier Gaben mit je 100 mg N L^{-1} . Die Bewässerung der Substrate erfolgte substratspezifisch. Sobald die maximale Wasserkapazität der Substrate 70 % unterschritt, wurde bewässert. Die Gewächshauseinstellung der Tag-/Nachttemperatur betrug $20 \text{ °C} / 16 \text{ °C}$ und die Lüftung öffnete ab 24 °C . Aufgrund der geringen Außeneinstrahlung wurden Natriumdampflampen als Assimilationsbeleuchtung eingesetzt. Außerdem wurden Nematoden zur Bekämpfung von Trauermücken ausgebracht. Der Versuch wurde als vollrandomisierte Blockanlage mit 4 Wiederholungen angelegt.

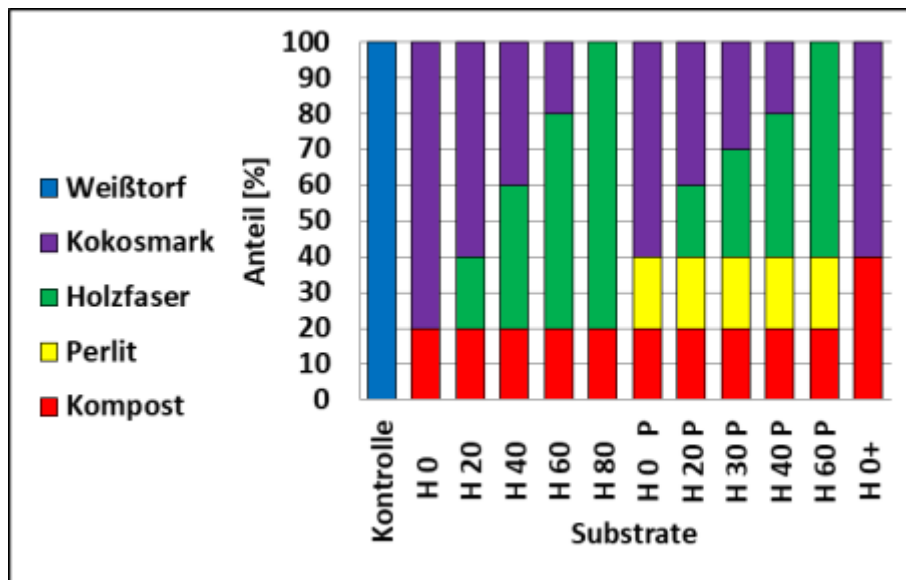


Abbildung 93: Übersicht der untersuchten Substratmischungen zur Wirkung von Holzfaser/Kokosmark und Perlit als Zuschlagstoff auf das Wachstum und die Morphologie von Basilikum. H0 bis H80 steht für den Holzfaseranteil (0 – 80 %) im Substrat. Der Zusatz 'P' bedeutet, dass zusätzlich 20 % Perlit im Substrat vorhanden war.

Die Pflanzentrockengewichte nahmen mit zunehmendem Holzfaseranteil linear ab (Abbildung 94). Die Blattflächen der Pflanzen zeigten ähnliche Ergebnisse. Der Trend zu zunehmenden Wachstumsdepressionen mit steigendem Holzanteil war auch für die Pflanzenhöhe zu beobachten (Abbildung 95). Die Varianten H0, H0 P und H0 + (40 % Kompost) erzielten jedoch hinsichtlich der erhobenen Parameter ähnliche oder sogar teils bessere Ergebnisse als das Kontrollsubstrat.

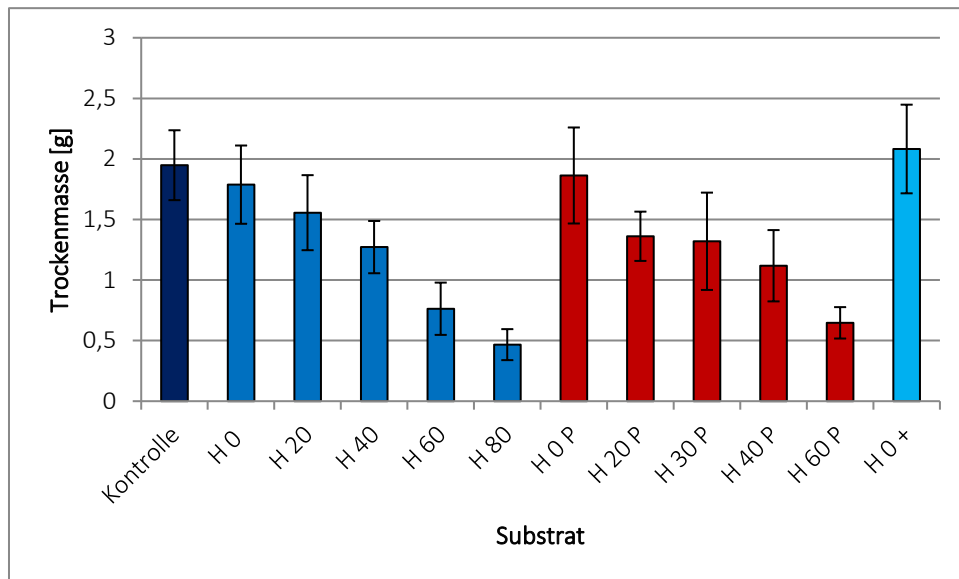


Abbildung 94: Mittlere Trockenmassen von Basilikum nach sechswöchiger Kultur im Gewächshaus. H0 bis H80 steht für den Holzfaseranteil (0 – 80 %) im Substrat. Der Zusatz 'P' bedeutet, dass zusätzlich 20 % Perlit im Substrat vorhanden war. Fehlerbalken kennzeichnen die Standardabweichung (n=4).

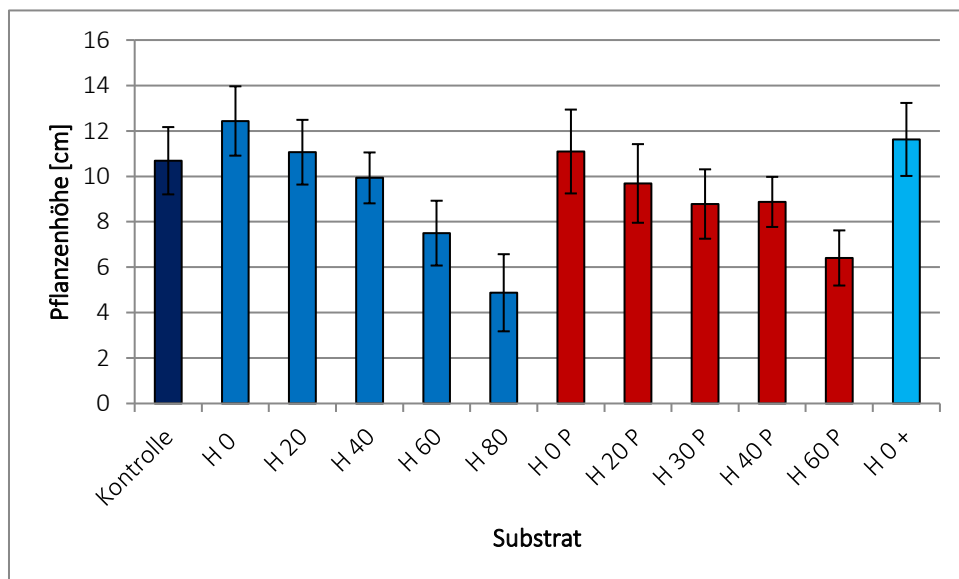


Abbildung 95: Mittlere Pflanzenhöhen von Basilikum nach sechswöchiger Kultur im Gewächshaus. H0 bis H80 steht für den Holzfaseranteil (0 – 80 %) im Substrat. Der Zusatz 'P' bedeutet, dass zusätzlich 20 % Perlit im Substrat vorhanden war. Fehlerbalken kennzeichnen die Standardabweichung (n=4).

Außerdem zeigte Basilikum eine gewisse Toleranz gegenüber höheren Nährstoff- und Salzgehalten, da die Pflanzen im Substrat H0+ (40 % Kompost) einen sehr starken Wuchs vorwiesen. Die Beimischung von 20 % Perlit wirkte sich positiv auf die Pflanzen aus. Die mit erhöhtem Holzfaseranteil einhergehenden Wachstumsreduktionen lagen zwar immer noch vor, wurden jedoch teils kompensiert – vermutlich durch die gleichzeitige Reduzierung des Holzfaseranteils. Abbildung 96 zeigt den visuellen Vergleich der Pflanzen zum Versuchsende.

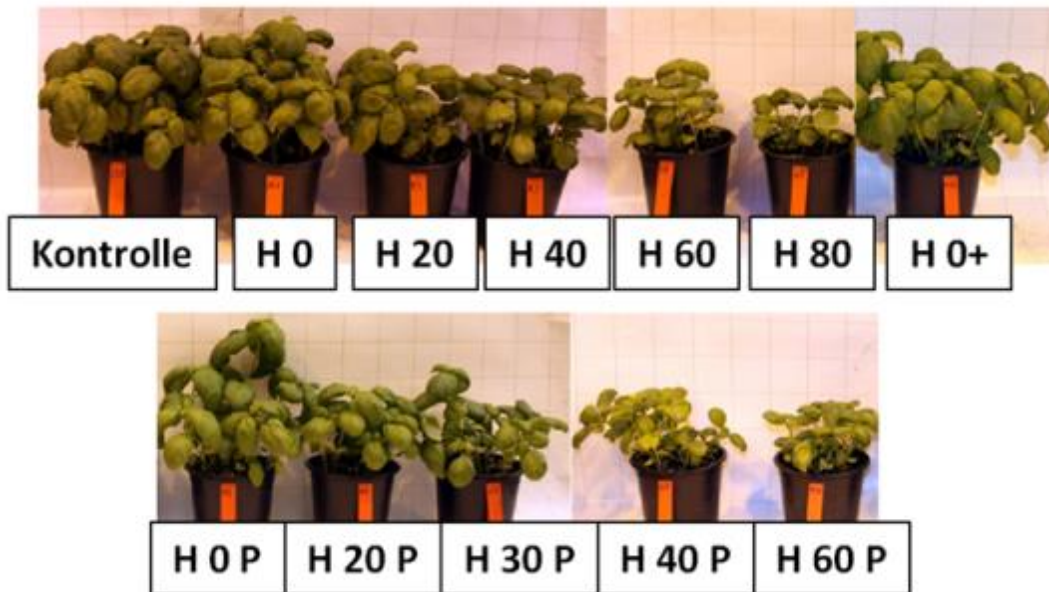


Abbildung 96: Basilikumpflanzen nach sechswöchiger Kultur im Gewächshaus. H0 bis H80 steht für den Holzfaseranteil (0 – 80 %) im Substrat. Der Zusatz 'P' bedeutet, dass zusätzlich 20 % Perlite im Substrat vorhanden war.

Als möglicher Grund der schlechten Ergebnisse wurde eine erhöhte Stickstoffimmobilisierung mit zunehmendem Holzfaseranteil im Substrat diskutiert, die zu einem Verlust von pflanzenverfügbarem Stickstoff führte und letztlich in Wachstumsdepressionen resultierte. Die Substratanalysen zu Versuchsende zeigten allerdings, dass sich ausreichend Stickstoff im Substrat befand (Tabelle 35). Die Abnahme der Pflanzenqualität beruhte daher stattdessen vermutlich auf den zunehmend schlechten physikalischen Substrateigenschaften (z.B. grobe Substratstruktur) mit denen ein schlechtes Keimverhalten (Auflauf und Frühentwicklung) einherging.

Tabelle 35: Nährstoffgehalte, Salzgehalt und pH Wert in den verschiedenen Substratvarianten zu Versuchsende nach sechswöchiger Kultur von Basilikum. H0 bis H80 steht für den Holzfaserteil (0 – 80 %) im Substrat. Der Zusatz 'P' bedeutet, dass zusätzlich 20 % Perlit im Substrat vorhanden war.

Variante	Nitrat-N	Amm.-N	Nmin	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Salz	pH
			mg/L Substrat				mg KCl/L	CaCl ₂
Kontrolle	152	54,1	206	103	15,1	44	996	4,7
H 0	197	52,6	250	109	161,6	72	1377	5,1
H 20	121	26,8	148	105	229,1	67	1292	5,6
H 40	142	23,6	166	146	370,8	75	1254	5,8
H 60	131	7,8	139	141	397,7	70	1265	6,4
H 80	139	9,6	148	154	439,7	69	680	6,3
H 0 P	183	39,1	222	120	148,3	65	1205	5,2
H 20 P	173	43,7	217	129	184,5	69	1334	5,4
H 30 P	145	23,7	169	131	267,1	65	1169	5,6
H 40 P	148	19,6	167	135	333,6	72	1273	5,7
H 60 P	158	22,1	180	158	365,2	64	1044	6,2
H 0 +	192	7,4	200	213	541,5	90	1599	6,1

Anzucht von Chinakohl in torfgeduzierten und torffreien Substraten (AP 1-3)

Neben Erdpresstöpfen finden Traysysteme zunehmend Verwendung in der Gemüsejungpflanzenanzucht. Sie bieten eine einfache Handhabung und können im Vergleich zum Presstopf locker mit Substrat befüllt werden. Auch ein Torfersatz von 30 % in gärtnerischen Substraten stellt keine Herausforderung mehr dar und wird bereits vielfach von Produktionsbetrieben verwendet. Doch welchen Effekt hat ein kompletter Verzicht auf Torf? Kann Kompost einen Großteil des Torfs ersetzen? Und wie verhalten sich Kokosmark, Holzfaser und Perlit als Beimischung?

Ziele der Arbeit waren es daher den Einfluss von

- a) 30 % Torf im Vergleich zu torffrei
- b) 20 % zu 40 % Kompost
- c) Kokosmark, Holzfaser und Perlit als Beimischung

in Substraten auf das Wachstum von Chinakohljungpflanzen zu untersuchen.

Chinakohl ‚Kilakin‘ (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*) wurde für 5 Wochen von November bis Dezember 2018 im Gewächshaus angezogen. Es wurden 14 Substratvarianten geprüft (Abbildung 97). Die Pflanzen wurden in Anzuchtplatten 1 cm tief ausgesät. Je Tray wurden 10 Pflanzen plus Randpflanzen ausgesät. Die Platten wurden als vollrandomisierte Blockanlage mit 4 Wiederholungen angelegt. Die Pflanzen wurden bei Unterschreitung von 70 % der maximalen Wasserkapazität des Substrats in Form einer Anstauabwässerung bewässert. Die Gewächshauseinstellungen der Tag-/Nachttemperatur betrug 20/16°C und die Dachlüftung öffnete ab 24 °C. Außerdem wurden Natriumdampflampen als Zusatzbelichtung eingesetzt. Zusätzlich wurden biologisch abbaubare Gewebe (Growcoon, Klasmann-Deilmann) zur Stabilisierung des Wurzelballens eingesetzt.

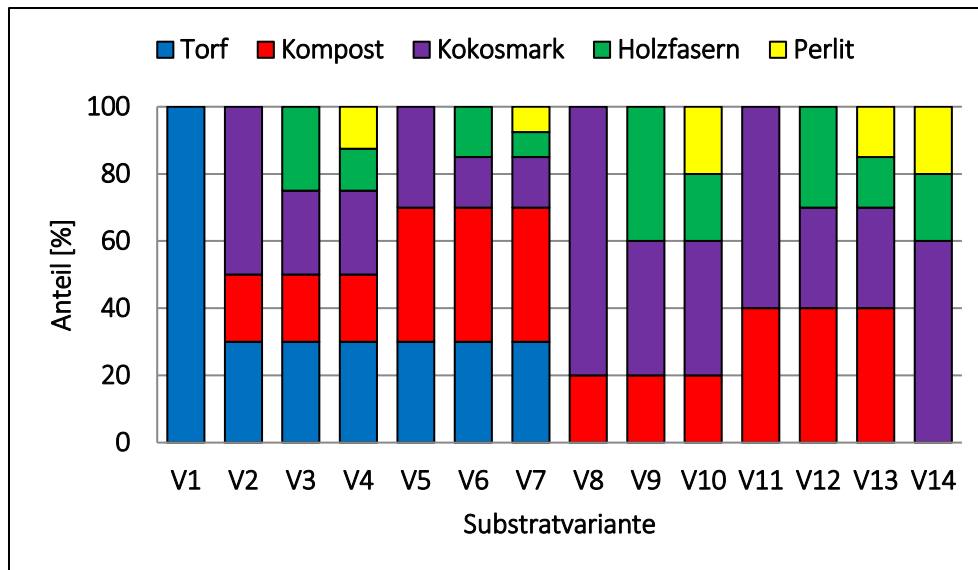


Abbildung 97: Übersicht der untersuchten Substratmischungen zur Wirkung von Torf, Kompost, Kokosmark, Holzfasern und Perlit auf das Wachstum von Chinakohl.

Die Pflanzen der Substratvarianten mit 30 % Torf und 20 % Kompost zeigten ähnliche Ergebnisse wie Torf (Abbildung 98). Pflanzen die in torffreien Mischungen kultiviert wurden wiesen hingegen deutlich geringere Frischmassen auf. Ein erhöhter Kompostanteil (40 %) bewirkte eine tendenzielle Abnahme der Frischmasse (V5 - V7 und V11 - V13). Es deutete sich daher an, dass Chinakohl anfällig gegenüber erhöhten Salzgehalten ist, welche durch einen erhöhten Kompostgehalt im Substrat gegeben sind. Außerdem führte ein Zuschlag von Perlit in den torffreien Substraten zu einer weiteren Wachstumsreduktion (V10 und V13). Die Blattflächen folgten dem gleichen Trend wie die Frischmassen.

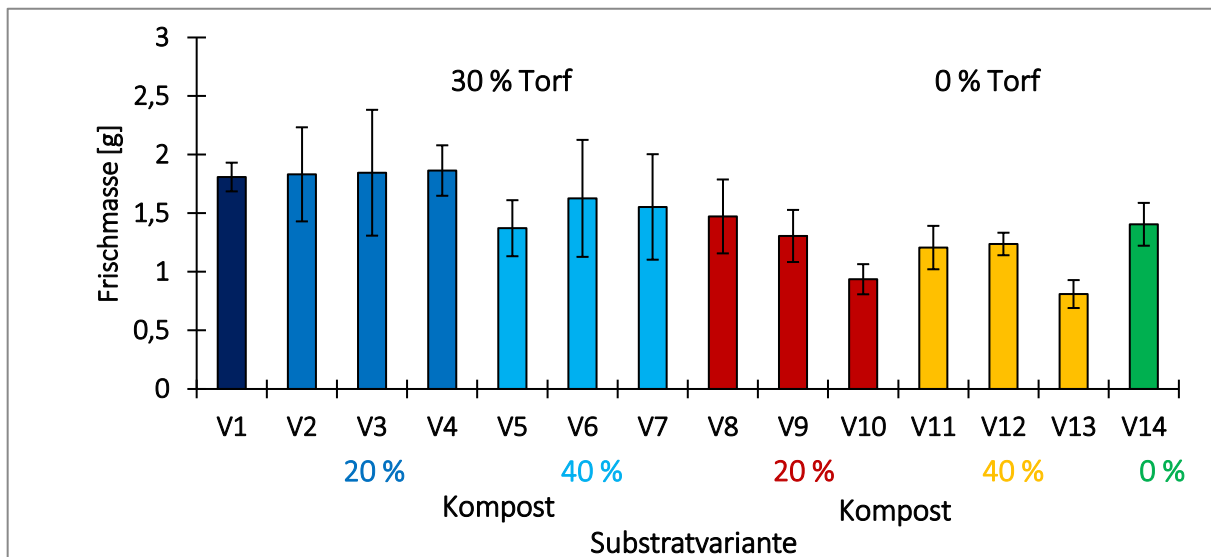


Abbildung 98: Mittlere Frischmassen von Chinakohl nach fünfwöchiger Kultur in Substraten mit Torf (V1 - V7) und ohne Torf (V8 – V14) und zwei unterschiedlichen Kompostanteilen (20 % und 40 %). Fehlerbalken kennzeichnen die Standardabweichung (n=4).

Eignung torfreduzierter Substrate als Erdpresstopf (AP 1-3)

Presstöpfe sind das meist genutzte Anzuchtssystem in der Gemüsejungpflanzenanzucht. Neben den Ansprüchen der verschiedenen Kulturen denen sie gerecht werden müssen, müssen sie sich auch für die maschinelle Herstellung von Erdpresstöpfen eignen. Dazu ist es von besonderer Bedeutung, dass die Töpfe ihre Stabilität bis zu Pflanzung beibehalten, um eine ordnungsgemäße Pflanzung und ein ungestörtes Anwachsen zu gewährleisten.

Ziel der vorliegenden Arbeit war daher die Prüfung von Presstöpfen aus torfreduzierten Substraten auf (i) ihre Festigkeit und (ii) ihre Eignung zur Anzucht von Gemüsejungpflanzen. Geprüft wurden Substratmischungen aus durchfrorenem Schwarztorf, Grünschnittkompost, Holzfaser und Kokosmark (Firma Klasmann-Deilmann), deren Anteile systematisch verändert wurden (Abbildung 99).

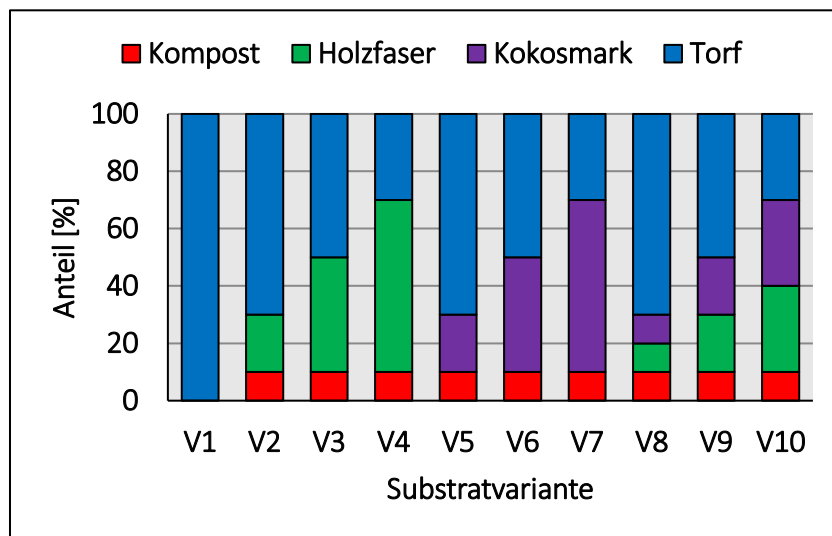


Abbildung 99: Übersicht der untersuchten Substratmischungen zur Prüfung auf ihre Eignung als Presstopf.

i. Test auf Stabilität

Zur Untersuchung der Festigkeit wurden Erdpresstöpfe mit einer Einzeltopfpresse der Firma Klasmann-Deilmann hergestellt. Der Einsatz dieser sollte einheitliche, miteinander vergleichbare Töpfe pressen und zugleich das Verfahren der kommerziellen Erdpresstopfmaschinen nachstellen. Es wurden jeweils sechs frische und sechs trockene Presstöpfe je Substratvariante gepresst. Die Töpfe der frischen Variante wurden direkt nach Pressung geprüft, während die Töpfe der getrockneten Variante für circa 5 bis 6 Tage in Kisten mit Silikagel auf ihren substratspezifischen Wassergehalt von 70 % zurückgetrocknet wurden. Außerdem wurden durchwurzelt Töpfe nach Beendigung des Anbauversuchs (ii) geprüft.

Die Festigkeit der Erdpresballen wurde mit einer Prüfmaschine der Firma ZwickRoell getestet (Abbildung 100, A). Ein selbst entwickelter Stempel (Abbildung 100, B) bewegte sich mit einer konstanten Geschwindigkeit von 250 mm s^{-1} von oben nach unten auf einen mittig, auf der Seite darunterliegenden Erdpresstopf zu. Sobald der Stempel auf den Erdpresstopf traf, wurde die benötigte Kraft, um den Topf zu verformen, auf einem PC aufgezeichnet. Aus dem zurückgelegten Weg und der benötigten Kraft während des Verformungsprozesses konnte folglich ein Kraft-Weg-Diagramm erstellt und die maximale Kraft abgeleitet werden.

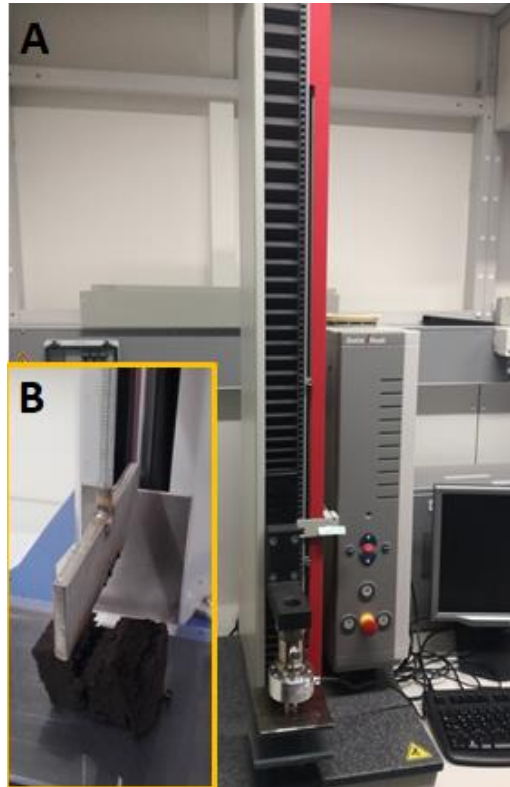


Abbildung 100: Prüfmaschine der Firma ZwickRoell, die für den Stabilitätstest von Presstöpfen verwendet wurde (A) und der Stempel (B).

Die Festigkeit der nicht durchwurzelten Erdpresstöpfe nahm unabhängig vom Zustand (feucht oder trocken) mit zunehmendem Ersatzstoffanteil ab (Abbildung 101). Die Töpfe aus durchgefrorenem Schwarztorf wiesen mit Abstand die beste Stabilität auf. Substratvariante 7 mit einem Anteil von 60 % Kokosmark zerfiel nach dem Pressvorgang sofort und wurde deshalb als nicht pressbar deklariert.

Die Festigkeit der Töpfe mit Holzfaser (V2 – V4) war höher als der mit Kokosmark und Holzfaser/Kokosmark (V5 – V10). Außerdem wiesen Töpfe mit erhöhtem Kokosmarkanteil einen schnelleren Abfall der Stabilität – bis hin zum Zerfall - auf als Töpfe mit Holzfaserteil (Vergleiche Abbildung 101, Holzfaser 40 % und Kokosmark 40 %). Es ist zu vermuten, dass Kokosmark aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften (feine Struktur, kleine Partikel, etc.) zu keiner guten ‚Verklebung‘ beziehungsweise ‚Verzahnung‘ des Ballens führte und die Festigkeit deshalb mit zunehmendem Anteil so stark abnahm. Andererseits konnte Holzfaser möglicherweise bedingt durch die haarfeine Struktur den Presstopf komplett durchdringen und so zu einer besseren Vernetzung beziehungsweise Verklebung führen. Eine Substratmischung aus Holzfaser und Kokosmark konnte wahrscheinlich aufgrund der positiven Eigenschaften der Holzfaser dem starken Stabilitätsverlust entgegenwirken (Vergleiche Abbildung 101, V5 – V7 mit V8 – V 10).

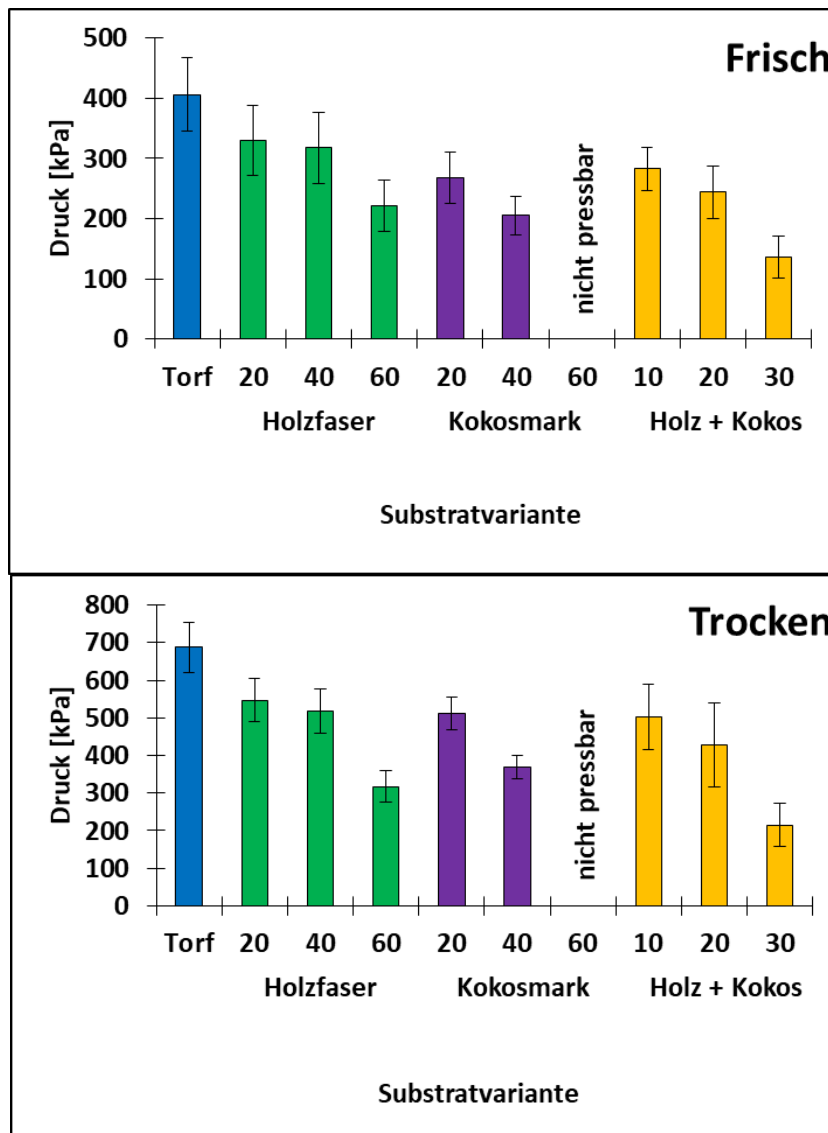


Abbildung 101: Festigkeit der Presstöpfe im feuchten (oben) und trockenen (unten) Zustand. Fehlerbalken kennzeichnen die Standardabweichung (n=5).

Des Weiteren war zu erkennen, dass die Festigkeitsabnahmen der untersuchten Varianten zwischen feuchten und trockenen Töpfen einem ähnlichen Verlauf folgten (Abbildung 101, oben und unten). Allerdings hielten die getrockneten Töpfe im Vergleich zu den feuchten Töpfen einem höheren Druck stand. Es ist zu vermuten, dass der durch die Rückrocknung hervorgerufene Wasserverlust zu einer Verhärtung der Pressballen führte.

Im Gegensatz zum nicht durchwurzelten Ballen nahm die Festigkeit der durchwurzelten Erdpresstöpfe mit zunehmendem Holzfaserteil zu (Abbildung 102). Durch die feinen Holzfasern in Kombination mit den Wurzeln entstand so vermutlich ein sehr starkes Substrat-Wurzel-Netzwerk, das zu einem stärkeren Zusammenhalt des Presstopfes führte.

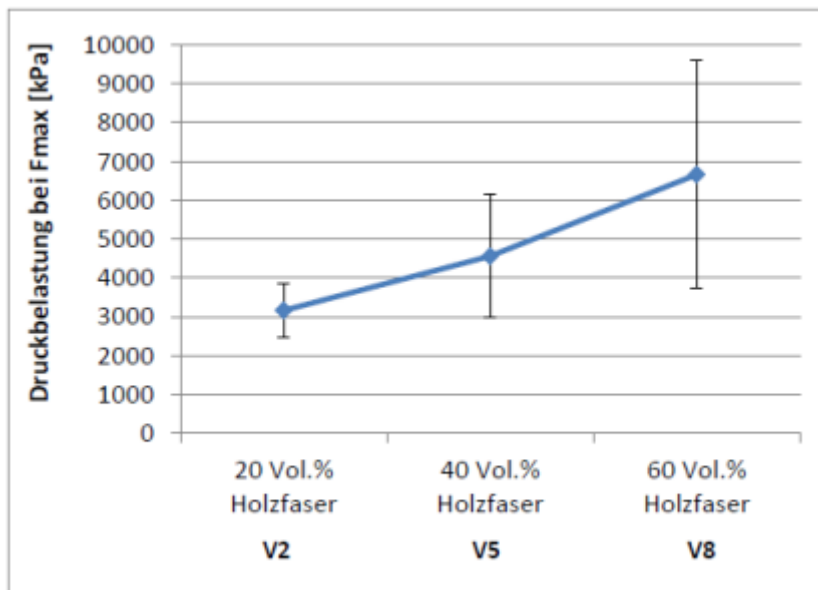


Abbildung 102: Maximale Druckbelastung durchwurzelter Erdpresstöpfe aus dem Anbauversuch. Fehlerbalken kennzeichnen die Standardabweichung (n=5).

Offen blieb indes die Frage, ob die gezeigte Abnahme der Festigkeit von technischer Relevanz ist. Eine maschinelle Ausbringung der Presstöpfe könnte immer noch gegeben sein und wird noch geprüft.

ii. Anzucht von Gemüsejungpflanzen

Als Beispielkultur für Gemüsejungpflanzen wurde Chinakohl ‚Kilakin‘ (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*) gewählt. Die Anzucht fand für vier Wochen im Gewächshaus statt. Je Substratvariante wurden 20 Presstöpfe (4 Töpfe je Variante à 5 Wiederholungen) mit der Einzeltopfpresse hergestellt. Die Bewässerung erfolgte substratspezifisch. Die Töpfe wurden täglich gewogen und bei Unterschreitung der maximalen Wasserkapazität von 70 % gewässert. Außerdem wurden alle Substratmischungen unter Einbezug der bereits im Substrat vorliegenden Nährstoffe auf einheitliche Nährstoffgehalte und pH-Werte aufgedüngt und gekalkt. Die Werte orientierten sich an einer konventionellen Presstopferde (Potgrond H, Klasmann-Deilmann). Es erfolgte keine Nachdüngung während der Kulturzeit, da davon ausgegangen wurde, dass die im Substrat vorhandenen Nährstoffe für die kurze Jungpflanzenanzucht ausreichen. Die Tag-/Nachttemperatur betrug 20 °C/16°C und die Lüftungen öffneten ab 24 °C.

Abbildung 103 zeigt die mittleren Frischmassen je Pflanze der einzelnen Substratvarianten zum Kulturende. Variante 1 (Kontrolle) wies unerwartet niedrige Frischmassen auf. Die schlechten Ergebnisse wurden vermutlich durch eine zu starke Bewässerung oder die Verwendung eines reinen Schwarztorfes statt eines Weiß-Schwarztorf-Substrats hervorgerufen. Ansonsten lieferten die anderen Substratmischungen bis auf V 3 und V 10 ähnliche Frischgewichte. Die Trockenmassen der Pflanzen hingegen unterschieden sich nicht. Die Blattflächen folgten dem gleichen Korrelationsmuster wie die Frischmassen.

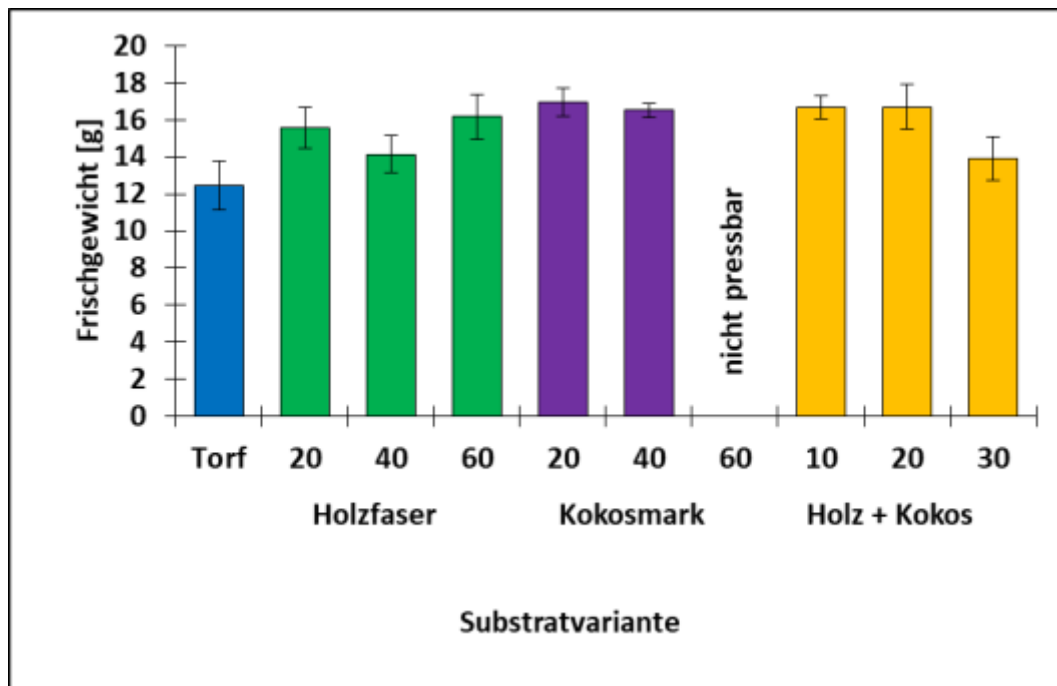


Abbildung 103: Mittlere Frischgewichte von Chinakohl nach 5 wöchiger Kultur im Presstopf. Fehlerbalken kennzeichnen die Standardabweichung (n=5).

Einfluss der Lichtqualität und –menge auf das Wachstum und die Morphologie von Chinakohl unter Trockenstress in torffreier Anzucht (AP 1-5)

Oftmals gehen mit der Nutzung torfreduzierter oder torffreier gärtnerischer Substrate Veränderungen im Wuchshabitus der Pflanzen einher. Der Einsatz von LEDs mit spezifischen Wellenlängen ermöglicht diesen nach Bedarf (z.B. Stauchung der Pflanzen) zu beeinflussen, da die Lichtqualität, Lichtmenge und Photoperiode das Wachstum und die Entwicklung von Pflanzen maßgeblich beeinflussen. So können vermutlich durch ideale Lichtbedingungen, durch das Substrat hervorgerufene Nachteile vermieden werden.

Primäre Fragestellungen der vorliegenden Arbeit waren daher, welchen Einfluss

- I. die Lichtqualität
- II. die Lichtmenge
- III. das Substrat
- IV. das Bewässerungsregime (Trockenstress) auf das Wachstum und die Morphologie von Chinakohl hat.
- V. Gibt es Wechselwirkungen zwischen den Faktoren mit besonderem Blick auf die Substrate?

Zur Untersuchung dieser Fragestellungen fand von Januar bis Februar 2019 ein Gewächshausversuch statt. Chinakohl ‚Kilakin‘ (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*) wurde in 10-Loch-Trays ausgesät und sobald der Keimling sichtbar war in verschiedene Zusatzbelichtungen transferiert. Es gab insgesamt drei Lichtqualitätsbehandlungen: Blau (440 + 465 nm), Hellrot (660 nm) und Weiß (400 – 700 nm) plus Dunkelrot (730 nm). Die Photonenflussrate wurde in allen Behandlungen auf die gleiche PAR angepasst.

Die Trays wurden unterhalb der LEDs systematisch innerhalb der Lichtintensitätsgradienten aufgestellt (Abbildung 104). Daraus ergaben sich fünf Lichtintensitätsstufen: 183, 111, 45, 15, und 5 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Die tägliche Belichtungszeit der Zusatzbelichtung betrug 18 Stunden (von 5 Uhr bis 23 Uhr). Die Lampen hingen jeweils in einem Abstand von 1,60 m und 60 cm über dem Tisch. Die LEDs waren durch 50 cm hohe mit schwarzer Folie bekleidete Stehwände getrennt, um eine Vermischung der Lichtqualitäten zu meiden.

Als Substrate wurden Potgrond H (Klasmann-Deilmann) und eine Eigenmischung aus 20 % Kompost und 80 % Holzfaser verwendet.

Der Trockenstress wurde durch Zurückhalten der Bewässerung induziert. Die Trays wurden täglich gewogen und bei Unterschreitung von 70 % (Kontrolle) oder 40 % (Stress) der maximalen Wasserkapazität des Substrats auf ihre maximale Wasserkapazität aufgewässert. Anschließend trockneten die Substrate wieder auf ihre Zielwerte herunter. Dadurch sollte ein graduell eintretender Trockenstress, wie er auch im gärtnerischen Betrieb vorkommen kann, simuliert werden. Die Trockenstressbehandlung wurde appliziert nachdem das erste Laubblatt etwa 1 cm lang war.

Außerdem wurden die Pflanzen mit einer Nährlösung aus Ammoniumnitrat nachgedüngt. Die Nachdüngung erfolgte als Kopfdüngung in 2 Gaben mit je 150 mg N L⁻¹. Die Tag-/Nachttemperatureinstellung im Gewächshaus betrug 20°C/16°C und die Lüftung öffnete ab 24°C. Das Versuchsdesign entsprach einer 4-faktoriellen Spaltanlage mit 4 Wiederholungen.



Abbildung 104: Aufstellung der Pflanzen im Tray im blauen, roten und weißen plus dunkelroten Lichtgradient.

Erste Ergebnisse zeigen, dass sowohl die Hypokotyllänge als auch die Frischmasse von allen Behandlungen beeinflusst wurden.

Die Hypokotyllänge differenzierte sich stark zwischen den Lichtqualitäts- und -intensitätsbehandlungen (Abbildung 105). Unter hellrotem Licht angezogene Pflanzen wiesen die geringste Hypokotyllänge auf (Abbildung 106, mitte), gefolgt von den Pflanzen unter blauem Licht (Abbildung 106, oben). Dunkelrotes Licht führte hingegen zu einer Streckung des Hypokotyls (Abbildung 106, unten).

Außerdem war zu beobachten, dass sowohl eine Zunahme an Blau als auch Hellrot zu einer kontinuierlichen Reduktion des Hypokotyls führte, während dieser Trend unter Dunkelrot nicht direkt erkennbar war (Abbildung 106, unten). Eine starke Zunahme an dunkelrotem Licht führte zwar auch zu einer Verkürzung des Hypokotyls (im Vergleich zu Rot und Blau immer noch sehr lang), allerdings zeigten Pflanzen unter $15 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ die längste Streckung. Dies gründet vermutlich auf einem Zusammenspiel aus Lichtqualität und Lichtmenge, da es bekannt ist, dass sowohl die Lichtmenge als auch die Lichtqualität entscheidenden Einfluss auf Streckungsprozesse von Pflanzen haben. Durch eine Veränderung des Hellrot/Dunkelrot-Verhältnisses empfängt die Pflanze ein Signal, welches sie in die Höhe wachsen beziehungsweise zum Licht wachsen lässt (Schattenvermeidungsreaktion).

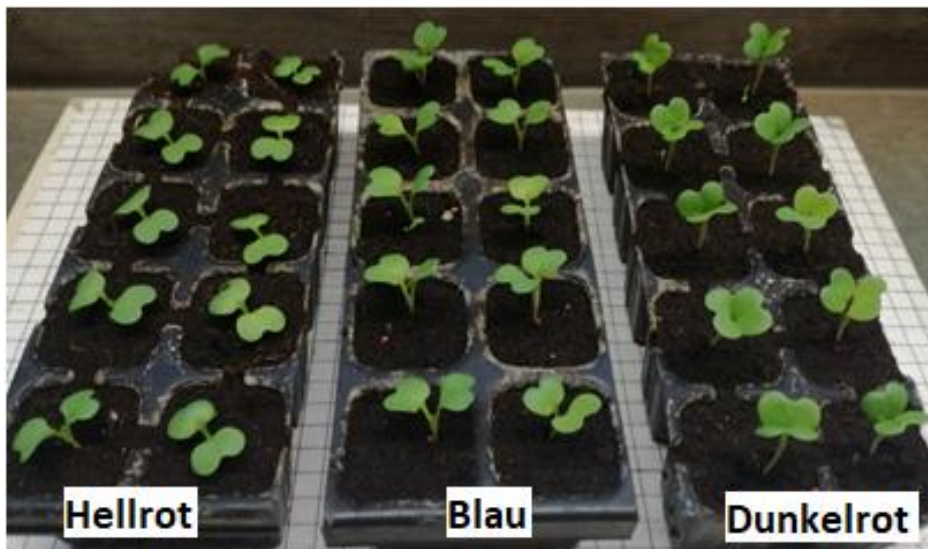


Abbildung 105: Einfluss von hellrotem, blauem und dunkelrotem Licht auf die Hypokotylstreckung von Chinakohl.

Die Frischgewichte (Abbildung 107) nahmen unter allen Lichtqualitäten unabhängig vom Substrat und der Bewässerung mit steigender Lichtmenge linear zu. Pflanzen die unter den weißen plus dunkelroten LEDs kultiviert wurden hatten die höchsten Gewichte. Dies gibt einen Hinweis darauf, dass ein breites Lichtspektrum während der ‚dunklen Jahreszeit‘ bezüglich der Biomasseproduktion einfarbigen Lichtspektren vorzuziehen ist.

Die in Potgrond angezogenen Pflanzen wiesen im Schnitt höhere Frischmassen auf als jene im Kompost-Holz-Substrat. Es war allerdings zu beobachten, dass die Unterschiede zwischen den beiden Substraten unter höheren Lichtintensitäten deutlicher ausgeprägt waren als unter niedrigen.

Des Weiteren war zu erkennen, dass eine Induktion von Trockenstress in allen Behandlungen zu verringerten Biomassen führte. Es deutete sich jedoch an, dass die Biomassereduktion der Pflanzen im Kompost-Holz-Gemisch deutlicher ausfiel als im Kontrollsubstrat.

Wechselwirkungen zwischen den untersuchten Faktoren werden noch statistisch geprüft.

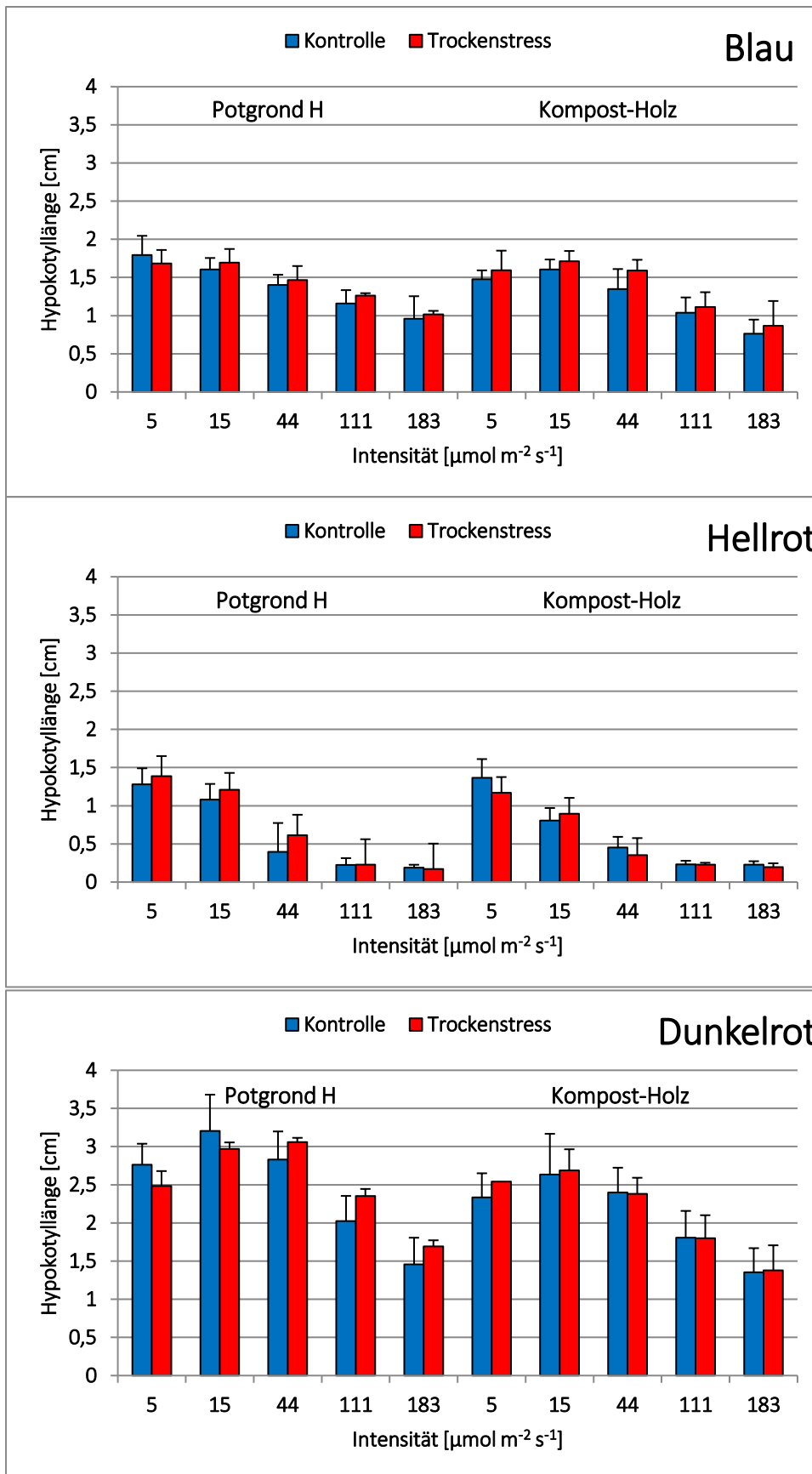


Abbildung 106: Einfluss der Lichtqualität (blau, oben; hellrot, mitte; dunkelrot, unten), der Lichtintensität, des Substrates (jeweils Potgrond H links und Kompost-Holz-Gemisch rechts) und der Bewässerung auf die mittlere Hypokotyllänge von Chinakohl. Fehlerbalken kennzeichnen die Standardabweichung (n=4).

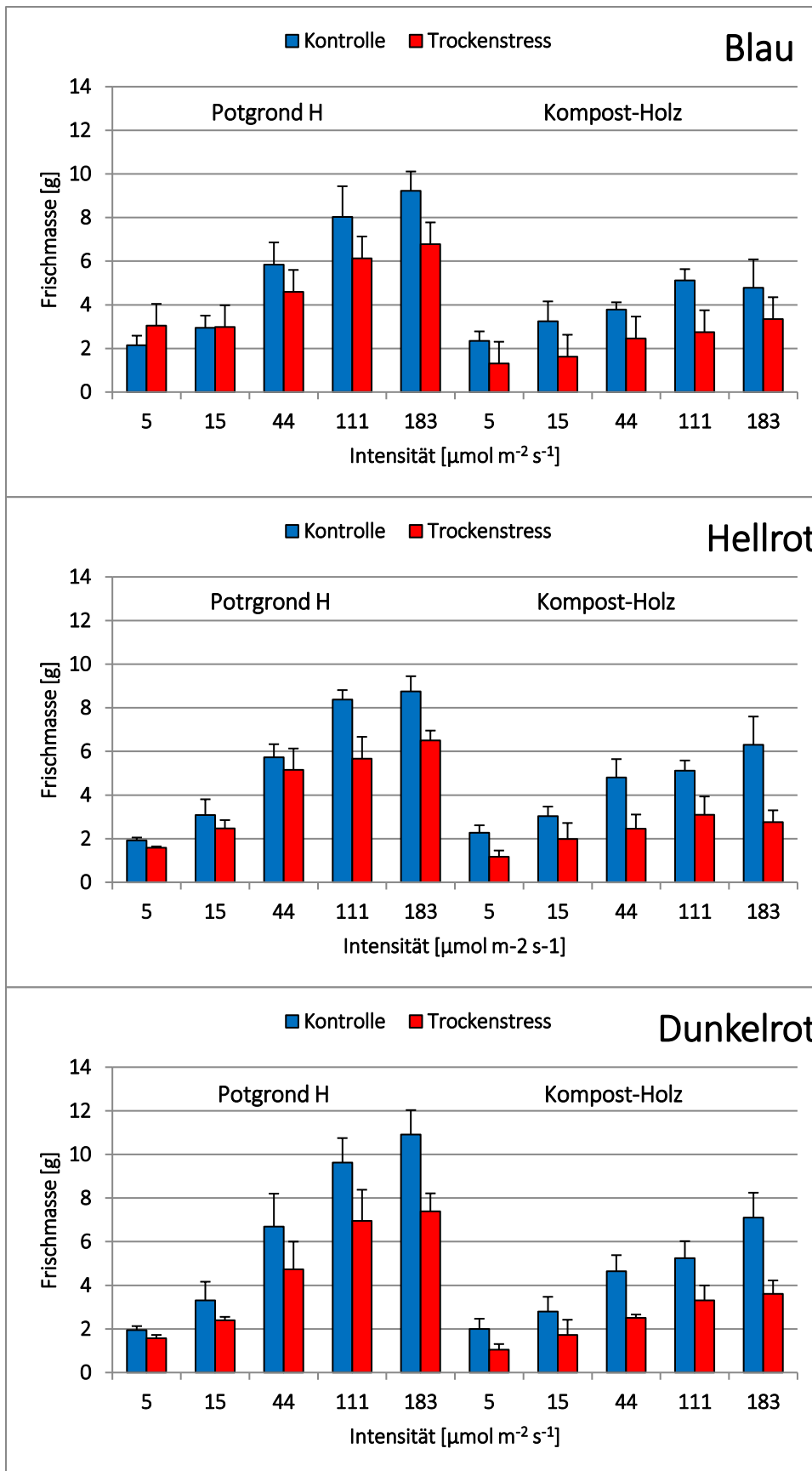


Abbildung 107: Einfluss der Lichtqualität (blau, oben; hellrot, mitte; dunkelrot, unten), der Lichtintensität, des Substrates (jeweils Potgrond H links und Kompost-Holz-Gemisch rechts) und der Bewässerung auf die mittlere Frischmasse von Chinakohl. Fehlerbalken kennzeichnen die Standardabweichung (n=4).

Offene Fragestellungen im Gemüsebau

In der Arbeit „Prüfung der Festigkeit von Erdpressballen auf Basis von Torfersatzstoffen“ wurde die Eignung von Ersatzstoffen als Presstöpfe in einem Prüfraster untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass die Stabilität der Pressballen ohne Wurzeln mit zunehmendem Holzfaser- und Kokosmarkanteil abnahm. Eine Pressung war teils sogar nicht möglich. Der Einsatz biologischer Klebstoffe könnte als ‚Stabilisator‘ eine alternative Methode darstellen, um eine gewünschte Stabilität der Töpfe zu erzielen. Daher müsste einerseits die wohlmögliche verbesserte Festigkeit der Töpfe und andererseits die Wirkung des Klebstoffs auf das Pflanzenwachstum geprüft werden.

Außerdem ist zu untersuchen, ob die beobachtete Abnahme der Festigkeit der Presstöpfe für die spätere Pflanzung von technischer Relevanz ist. So könnte ein Festigkeitsverlust der Presstöpfe von beispielsweise 30 % für die Praxis überhaupt keine Rolle spielen. Eine maschinelle Pflanzung der Töpfe ist daher zu testen.

Die Verwendung torffreier Substratmischungen in der Praxis ist in einem Tropfkräuterbetrieb in Prüfung und für die Gemüsejungpflanzenanzucht in Planung. Die Ergebnisse werden Aufschluss über die Tauglichkeit der Mischungen und mögliche neue, unbekannte Anpassungen der Kultursteuerung in der Praxis geben.

Des Weiteren ist in den Jahren der Projektbearbeitung bei den Gemüsejungpflanzenproduzenten der Wunsch nach kleineren Topfvolumina entstanden, um allein auf diese Weise Torf einzusparen. Es ergäbe sich die Frage, in welchen Konzentrationen bzw. Mischungsverhältnissen Torfersatzstoffe in diesen reduzierten Volumina einsetzbar wären.

Mit Blick auf geringere Volumina ist neben der Substratzusammensetzung auch die Bewurzelung der Jungpflanzen von besonderer Bedeutung und wird zukünftig wohl noch weiter in den Vordergrund rücken. Durch den Einsatz einer Zusatzbelichtung mit spezifischen Wellenlängen könnte das Wurzelwachstum der Pflanzen gefördert werden und somit zu einem besseren Zusammenhalt der Ballen und einem besseren Anwachsen beitragen. Ziele der Zusatzbelichtung könnten deshalb zum einen eine Steigerung der Biomasse und/oder zum anderen eine Stärkung des Wurzelwachstums (Veränderung Spross-/Wurzelverhältnis) sein.

7. Veröffentlichung der Projektergebnisse

Baumschule

Torfersatzforum, AK Gartenbau, April 2016

Projekt Torfersatzstoffe im Gartenbau (Kurzpräsentation)

Torfersatzforum, AK Substrate, Mai 2016

Projekt Torfersatzstoffe im Gartenbau (Kurzpräsentation)

Torfersatzforum, Plenarsitzung, August 2016

Projekt TeiGa – Torfersatzstoffe im Gartenbau (Vortrag)

Tagung des Obstbauberatungsringes Niedersachsen, November 2016

Projekt TeiGa (Kurzpräsentation und Diskussion zu Torfersatzstoffen)

Baumschulseminar Bad Zwischenahn, Dezember 2016

Projekt TeiGa (Infostand mit Poster und Anschauungsmaterial)

Wintertagung des Bundes deutscher Baumschulen (BdB), Januar 2017

Projekt TeiGa – Torfersatzstoffe für die Baumschule (Kurzpräsentation)

Jahrestagung der Deutschen Gartenbauwissenschaftlichen Gesellschaft (DGG), Februar 2017

Auswaschung und Nährstoffbilanz von torf reduzierten und torffreien Substraten (Vortrag)

Projekt TeiGa – Einsatz von Torfersatzstoffen im Gartenbau (Poster)

Baumschultag Bad Zwischenahn, Juli 2017

Versuchsrundgang mit Erläuterungen für Fachpublikum

Tag der offenen Tür, 75 Jahre LVG Bad Zwischenahn, September 2017

Projekt TeiGa – Informationsstand für Besucher

Park der Gärten, Juli 2018

Informationsstand zu Torfersatzstoffen und Substraten

Seminar der Landesverbände Niedersächsischer Gartenfreunde, August 2018

Torfersatzstoffe – Möglichkeiten und Grenzen (Vortrag)

Seminar Gartenfreunde Niedersachsen, November 2018

Torfersatzstoffe in Substraten – Möglichkeiten und Grenzen (Vortrag)

Jahrestagung des Verbands botanischer Gärten, September 2018

Torfersatzstoffe im Gartenbau – Aktuelle Versuche und Erkenntnisse (Vortrag)

Deutscher Torf- und Humustag, Oktober 2018

Versuchsergebnisse mit torf reduzierten und torffreien Substraten bei Baumschulgehölzen (Vortrag)

Baumschulseminar Bad Zwischenahn, Dezember 2018

Torffreie Substrate: Versuchsergebnisse TeiGa Projekt (Vortrag)

Torffreie Substrate. Versuchsergebnisse zur Düngung (Vortrag)

Torffreie Substrate: Versuchsergebnisse zur Nährstoffauswaschung (Vortrag)

Wintertagung Österreichischer Gartenbauverbände, Januar 2019

Versuchsergebnisse aus dem Bereich Baumschule (Vortrag)

Internationale Pflanzenmesse in Essen (IPM), Januar 2019

TeiGa Informationsstand im Rahmen der Lehrschau des ZVG

TeiGa Projektveranstaltung: Gartenbau ohne Torf – geht das?, Februar 2019

Torfreduzierte und torffreie Gehölzanzucht in der Baumschule (Vortrag)

Jahrestagung der Deutschen Gartenbauwissenschaftlichen Gesellschaft (DGG), März 2019

Pflanzenentwicklung, Stickstoffdynamik und Veränderung in der Substratphysik im Kulturverlauf einer Containerkultur mit torffreien Substraten (Posterbeitrag)

Artikel Taspo Online, August 2016

„Torfersatz: TeiGa nimmt Fahrt auf“ (Autor: Taspo-Onlineredaktion)

Artikel Taspo Online, November 2016

„Versuch: Usambaraveilchen torffrei kultivieren“ (Autor: Taspo-Onlineredaktion)

Artikel Taspo, März 2017

„TeiGa liefert erste Ergebnisse und neue Motivation“ (Autoren: Huntenburg, K.; Ahrens, N.; Dankowsky, M.)

Artikel ZVG Report, Ausgabe Juli/August 2018

Das Projekt TeiGa (Autor: Mario Reil)

Artikel Rhododendron und Immergrüne Ausgabe 25 12 (Juli 2018)

Torffreie Substrate für Rhododendron (Autoren: Beltz, H.; Michaelis, G.; Reil, M.)

Artikel Taspo 51/2018

Torffreie und torfreduzierte Baumschulsubstrate im Test (Autor: Heinrich Beltz)

Artikel DeGa Gartenbau Dezember 2018

Torffreie und torfreduzierte Substrate (Autor: Heinrich Beltz)

Verbräunungen an Thuja 'Smaragd' (Autor: Heinrich Beltz)

Artikel Deutsche Baumschule, Ausgabe Januar 2019

Torffreie und torfreduzierte Baumschulsubstrate (Autor: Heinrich Beltz)

Internetauftritt der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Stand: 20.03.2019

Förderung eines Forschungsverbundprojektes auf dem Gebiet der Torfersatzstoffe im Gartenbau (Infoartikel seit Mai 2016, Gerlinde Michaelis)

Zwischenbericht des TeiGa Projekt (Infoartikel seit August 2018, Mario Reil)

Fachveranstaltung am 12.02.2019 – Gartenbau ohne Torf – geht das? (Infoartikel seit März 2019)

Zierpflanzenbau

Norddeutsche Beratertagung, Rostock, 16.11.2016

TeiGa – Torfersatzstoffe im Gartenbau. (Vortrag, Michael Emmel).

Ahlemer Forum, Hannover, 17.01.2017

TeiGa – Einsatz von Torfersatzstoffen im Gartenbau. (Info-Stand mit Poster, Niklas Ahrens, Michael Emmel).

TeiGa – Torfersatzstoffe im Rampenlicht. (Vortrag, Niklas Ahrens).

51. DGG und BHGL Jahrestagung, Osnabrück, 01.-04.03.2017

Projekt TeiGa – Einsatz von torffreien Substraten im Zierpflanzenbau. (Poster, Niklas Ahrens).

Bundesweite Beratertagung Zierpflanzenbau, Frankfurt, 11.05.2017

TeiGa – Torfersatzstoffe im Gartenbau. (Vortrag, Michael Emmel).

Berufsfeld-Erkundung M.Sc. Gartenbauwissenschaften/Pflanzenbiotechnologie, Sommersemester 2017, Leibniz Universität Hannover, 22.05.2017

TeiGa – Torfersatzstoffe im Gartenbau. (Vortrag, Niklas Ahrens).

Informationsveranstaltung GVN und BdB Schleswig-Holstein, Ellerhoop, 21.06.2017

Torfersatz: Wieso, wie viel, womit? – Möglichkeiten und Grenzen des Torfersatzes in Kultursubstraten. (Vortrag, Michael Emmel).

Interessengemeinschaft Gartenbau Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin, 27.06.2017

Torfersatzstoffe im Gartenbau. (Vortrag, Michael Emmel).

Fachtagung Beet- und Balkonpflanzen, Veitshöchheim, 06.07.2017

Torf oder Nicht-Torf? Starke Pflanzen durch starkes Substrat! (Vortrag, Michael Emmel).

Ahlemer Seminare – Beet- und Balkonpflanzentag, Hannover, 16.08.2017

TeiGa: Torffreie Hobbysubstrate – ist teurer besser? (Info-Stand mit Anschauungsmaterial, Niklas Ahrens).

Zierpflanzentag Südwest, Neustadt a. d. Weinstraße, 13.09.2017

„Torf sparen“ – politischer Wille, gesellschaftlicher Konsens, gärtnerische Last? (Vortrag, Michael Emmel).

Fachgespräch der BLE zum Torfersatz im Erwerbsgartenbau, Bonn, 06.10.2017

Forschung im Bereich Substratausgangsstoffe – Entwicklungen und Herausforderungen beim Torfersatz. (Vortrag, Michael Emmel).

Tagung des ZVG Technikausschusses, Hannover, 01.02.2018

Untersuchungen zu Substratausgangsstoffen – eine unendliche Geschichte. (Vortrag, Michael Emmel).

TeiGa – Torfersatzstoffe im Gartenbau. (Vortrag, Niklas Ahrens).

52. DGG und BHGL Jahrestagung, Geisenheim, 28.02.-03.03.2018

Projekt TeiGa – Untersuchung biologischer Eigenschaften von torffreien Substraten. (Poster, Niklas Ahrens).

Gemeinsames Seminar der Landesverbände Gartenfreunde Niedersachsen, Walsrode, 17.-19.08.2018

Torfersatzstoffe – Möglichkeiten und Grenzen – Das Projekt TeiGa (Vortrag, Niklas Ahrens und Mario Reil).

Webinar Ulmer Verlag, 25.10.2018

Kultursubstrate der Zukunft. (Vortrag, Michael Emmel).

Norddeutsche Beratertagung, Hamburg, 21.11.2018

Neue Substrate – alte Probleme? (Vortrag, Michael Emmel).

Internationale Pflanzenmesse IPM Essen 2019 (22.01.-25.01.2019)

TeiGa – Einsatz von Torfersatzstoffen im Gartenbau. (Info-Stand mit Postern und Anschauungsmaterial, Niklas Ahrens, Michael Emmel).

TeiGa Projektveranstaltung: Gartenbau ohne Torf – geht das?, Februar 2019

Versuchsergebnisse Zierpflanzenbau – von der Jungpflanze bis zum Endverbraucher (Vortrag, Niklas Ahrens)

Artikel in „Versuche im Deutschen Gartenbau 2018“ und auf Hortigate (Stand: Februar 2019):

Autoren: Niklas Ahrens, Michael Emmel und Prof. Dr. Bernhard Beßler

„TeiGa: Kultur von Usambaraveilchen in torffreien Substraten“

„TeiGa: Gefärbtes Perlit in torffreien Substraten für Usambaraveilchen“

„TeiGa: Ballonblumen in torffreien Substraten“

„TeiGa: *Primula obconica* in torffreien Substraten“

„TeiGa: Verschiedene Düngungsstrategien in der Kultur von *P. obconica*“

„TeiGa: Petunien in torffreien Substratmischungen“

„TeiGa: Eisendüngung bei Petunien in torffreien Substratmischungen“

„TeiGa: Vermehrung von Weihnachtssternen in torffreien Substraten“

„TeiGa: Vermehrung von *Pelargonium zonale* in torffreien Substraten“

„TeiGa: Vermehrung von Hortensien in torffreien Substraten“

„TeiGa: Aussaat von Petunien in torffreien Substraten“

„TeiGa: Cyclamen in torffreien Substraten für den Erwerbsgartenbau“

„TeiGa: Torffreie Substrate für den Endverbraucher“

„TeiGa: Torffreie Substrate für den Endverbraucher wiederholt getestet“

TASPO (Online-Artikel):

„Versuch: Usambaraveilchen torffrei kultivieren“ (Autor: Taspo-Onlineredaktion, 20.12.2016)

„Torffreie Hobbyerden: Ist teurer besser?“ (Autor: Katrin Klawitter, 09.03.2018)

„Test: Stecklinge in torffreier Erde bewurzeln“ (Autor: LWK Niedersachsen, 09.07.2018)

Internetauftritt der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Stand: 20.02.2019

Kultur von Usambaraveilchen in torffreien Substraten ist möglich. (Kurzbericht, Niklas Ahrens).

Alpenveilchen in am Markt befindlichen Profi-Substraten ohne Torf erfolgreich kultiviert.
(Kurzbericht, Niklas Ahrens).

Pflanzenbauliche Wirkung von gefärbtem Perlit. (Kurzbericht, Niklas Ahrens).

TeiGa: Bewurzelung von Stecklingen in torffreien Substraten (Kurzbericht, Niklas Ahrens). Dieser Artikel war zudem Teil der TASPO extra Dünger & Substrate, Beilage der TASPO 27/2018 vom 06. Juli 2018.

TeiGa: Torffreie Hobbysubstrate – ist teurer besser? (Kurzbericht, Niklas Ahrens)

Gemüsebau

Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenwissenschaften e.V., Gießen, 2016

Dankowsky M., Fricke A., Stützel H. (2016). Topfkräuter- und Jungpflanzenanzucht in torffreien Substratmischungen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 28: 244-245.

Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenwissenschaften e.V., Witzenhausen, 2017

Solbach J. A., Nickels M., Medini A., Fricke A., Stützel H. (2017). Light quality and dose interactions of distinct peak wavelengths by light emitting diode (LED) lighting on biomass partitioning and photomorphological traits at different growth stages of Chinese cabbage transplants and basil grown in peat substitutes under greenhouse conditions. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 206-207.

Medini A., Nickels M., Solbach J. A., Fricke A., Stützel H. (2017). Einfluss des Substrates auf die Morphologie und den Ertrag in der Chinakohl-Jungpflanzenanzucht und Basilikum-Topfkräuterproduktion. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 277-278.

Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Gartenbau e.V., Geisenheim, 2018

Solbach J. A., Fricke A., Stützel H. (2018): Einfluss der Lichtqualität auf das Wachstum und die Morphologie von Basilikum in Torfersatzsubstraten. BHGL-Tagungsband 33/2018.

BIO AUSTRIA Jungpflanzenfachtag, St. Pölten (Österreich), 2018

Versuchsergebnisse zum Einsatz von Torfersatzstoffen in der Gemüsejungpflanzenanzucht. (Vortrag, Jan Andreas Solbach)

Internationale Pflanzenmesse (IPM), Essen, 2019

TeiGa Informationsstand als Teil der Lehrschaу
(Poster und Anschauungsmaterial, Jan Andreas Solbach und Andreas Fricke)

Projektveranstaltung TeiGa: Gartenbau ohne Torf – geht das?, Ahlem, 2019

Versuchsergebnisse zur Gemüsejungpflanzenanzucht und Topfkräuterproduktion
(Vortrag, Jan Andreas Solbach)

8. Schlussbetrachtung

Die Versuchsergebnisse der beteiligten Einrichtungen des Projektes TeiGa repräsentieren nicht nur die verschiedenen Fachrichtungen des Gartenbaus, es wurden auch unterschiedliche Schwerpunkte im weiten Feld der Torfersatzstoffe bearbeitet. Der enge Kontakt der Versuchseinrichtungen und der regelmäßige Austausch über Ergebnisse und geplante Versuche ermöglichte allen Partnern einen guten Überblick über die Gesamthematik. So konnte bei Fragen schnell der passende Ansprechpartner gefunden werden. Die Verwendung der gleichen sechs torffreien Eigenmischungen bildete eine besondere Schnittstelle und ermöglichte einen direkten Erfahrungsaustausch über die Substrate und Ausgangsstoffe.

Für die Versuchsarbeit stellten verschiedene Substrathersteller Substrate und Ausgangsstoffe zur Verfügung und unterstützten vielfach mit fachlichem Rat. So konnten auch in der Praxisphase für die sieben teilnehmenden Gartenbaubetriebe individuelle torf reduzierte oder torffreie Substrate entwickelt werden.

Ein Teil der Praxisbetriebe engagierte sich im besonderem Maße und bezog die Versuchssubstrate auf eigene Rechnung. Dadurch konnte der Umfang der Praxisversuche erheblich ausgebaut werden und auch die Betriebe erhielten wertvolle neue Erkenntnisse in der Kulturführung mit den Substraten. Ein weiterer Baustein zur Etablierung torffreier Substrate wird in Zukunft die Vermarktung mit einem Mehrwert für Klimaschutz und der Nachhaltigkeit torffrei kultivierter Pflanzen sein. Dieses Ziel soll in einem Baumschulbetrieb auch zukünftig eine neue Bedeutung erhalten und dadurch der sukzessive Torfersatz in vielen Kulturen umgesetzt werden.

Neben der Zusammenarbeit mit den Produktionsgärtnern und der Beratung konnten die Ergebnisse des Projektes TeiGa auch in anderen Kontexten präsentiert und umfangreiche Möglichkeiten aber auch Schwierigkeiten des Torfersatzes aufgezeigt werden. Zu Beginn des Projektes wurde auf der Seite www.hortigate.de ein Portal für Versuche zum Thema Torfersatzstoffe eingerichtet. Die bereits eingestellten Versuchsberichte wurden mit entsprechenden Schlagworten versehen, wenn sie das Thema Torfersatzstoffe behandelten. Während der Projektlaufzeit wurden auf mehreren wissenschaftlichen Tagungen Poster gezeigt und Vorträge zum Thema Torfersatz vor verschiedenem Publikum gehalten. Hinzu kommen Veröffentlichungen in Fachzeitschriften und auf der Homepage der Landwirtschaftskammer Niedersachsen. Um auch Verbraucher mit der Thematik Torfersatzstoffe vertraut zu machen, wurde am Tag der offenen Tür der LVG Bad Zwischenahn 2017 ein Stand mit Informationen zum Projekt Für die organisierten Freizeitgärtner wurden Vorträge auf Seminaren für Fachberater der niedersächsischen Landesverbände zu diesem Thema gehalten. Hier wurde viel gefragt, diskutiert und bei manchem Besucher auch der Blick für diesen Themenbereich und seine ganz eigenen Schwierigkeiten geöffnet.

Zudem wurden in der Kooperation mit dem Projekt "Nachhaltige Erden" Erfahrungen und Wissen für die Entwicklung einer regionalen, torffreien Blumenerde ausgetauscht. Zum Abschluss der Projektlaufzeit wurden am 12.02.2019 rund 170 Teilnehmern der Projektveranstaltung "Gartenbau ohne Torf – geht das?" die umfangreichen Ergebnisse aus drei Jahren Projektarbeit vorgestellt. Die Resonanz des Tages und im Anschluss war sehr positiv und es wurde oft die Frage diskutiert, wie es nach TeiGa mit weiteren Fragen zum Torfersatz und den neu entstandenen Fragen aus dem Projekt heraus weitergehen kann.

9. Ausblick

Die Zusammenarbeit im Bereich Torfersatzstoffe bleibt auch zukünftig ein verbindendes Thema aller Gartenbausparten. Die Zusammenarbeit im Projekt TeiGa der Fachsparten Baumschule, Zierpflanzenbau und Gemüsebau hat die Eignung vieler torfreduzierter und -freier Substratmischungen gezeigt. Zudem wurden Strategien zur Düngung und Kulturführung an Beispielkulturen erarbeitet. Herausforderungen der alternativen Ausgangsstoffe sowie der torfreduzierten und -freien Substrate bleiben jedoch die bisher schwer zu kalkulierende Stickstoffimmobilisierung und die für viele Pflanzen zu hohen pH-Werte der torffreien Substrate.

Eine Fortführung der Versuchsarbeit und die Unterstützung zur Gewinnung von Kulturerfahrungen in Produktionsbetrieben mit torffreien Substraten, kann durch gute Kommunikation zu anderen Gärtnern eine Stellschraube des Erfolges sein. Zugleich bilden der Handel und der Endverkauf die Brücke vom Gärtner zum Verbraucher, um die "Message" Klimaschutz durch Torfreduzierung zu kommunizieren und zu vermarkten.

Um auch weiterhin den Kundenansprüchen nach qualitativen, hochwertigen und auch torffrei produzierten Pflanzen gerecht zu werden, bleibt es erforderlich, Torfersatzstoffe in Kultursubstraten weiter zu erforschen. Zurückblickend hat der Einsatz von Torf den modernen Gartenbau maßgeblich möglich gemacht und dafür wurde bereits in der 60er und 70er Jahren intensiv geforscht, um Torf als Kultursubstrat zu etablieren. Im Grunde steht der Gartenbau heute vor einer vergleichbaren Aufgabe zum Torfersatz, nur mit einer Vielzahl an Ausgangsstoffen zur Substitution des Torfes.