

Abschlussbericht

Vorstudie zum Einsatz von Torfersatzstoffen im Produktionsgartenbau

April 2015

Dr. Gerlinde Michaelis
Heinrich Beltz
Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau Bad Zwischenahn
Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Michael Emmel
Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau Hannover-Ahlem
Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Dr. Andreas Fricke
Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme
Abteilung Systemmodellierung Gemüsebau
Leibniz Universität Hannover

Inhalt

1	Einleitung und Zielsetzung	2
2	Material und Methoden.....	2
2.1	Ausgangsstoffe und Substratmischungen für Gemüsejungpflanzen, Topfkräuter und Zierpflanzen.....	2
2.2	Ausgangsstoffe und Substratmischungen für kalkempfindliche Ziergehölze.....	5
2.3	Versuchsanlage und -durchführung Gemüsejungpflanzen und Topfkräuter	7
2.4	Versuchsanlage und -durchführung Zierpflanzen	8
2.4.1	Versuche zur Weiterkultur von Jungpflanzen empfindlicher Zierpflanzen	8
2.4.2	Versuche zur Jungpflanzenanzucht verschiedener Zierpflanzenarten.....	9
2.5	Versuchsanlage und -durchführung kalkempfindliche Ziergehölze	9
3	Ergebnisse	10
3.1	Gemüsejungpflanzen und Topfkräuter	10
3.1.1	Ergebnisse Gemüsejungpflanzen.....	10
3.1.2	Ergebnisse Topfkräuter.....	13
3.1.3	N-Gehalte in den Pflanzen zu Versuchsende.....	14
3.2	Zierpflanzen	15
3.2.1	Substratuntersuchungen	15
3.2.2	Entwicklung der Pflanzen.....	16
3.3	Ziergehölze	19
3.3.1	pH-Werte der Substrate	19
3.3.2	Nährstoffgehalte der Substrate	21
3.3.3	Physikalische Eigenschaften der Substrate.....	21
3.3.4	Pflanzenwachstum	22
4	Diskussion.....	25
5	Entwicklung und Aufbau einer Datenbank für Literatur.....	26
6	Zusammenfassung.....	29
7	Ansätze für weitere Arbeiten	30
8	Literaturverzeichnis	33
9	Anhang	35
9.1	Tabellen und Abbildungen.....	35
9.2	Einleitungstext Portal „Torfersatzstoffe“ auf hortigate	86

1 Einleitung und Zielsetzung

Eine der Grundvoraussetzungen für die erfolgreiche Kultur von Pflanzen ist die Verwendung eines Substrates mit möglichst günstigen physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften. Diese Voraussetzung wird insbesondere durch Substrate auf Torfbasis erfüllt. Die Mehrzahl der im Gartenbau verwendeten Substrate besteht daher ganz aus Torf oder aus Mischungen, die einen großen Anteil Torf beinhalten (CARLILE, 2008). Torf stellt in Deutschland allerdings eine endliche Ressource dar und der Abbau von Torf setzt CO₂ und Methan frei (WADDINGTON et al., 2009). Umweltpolitisch ist die Erhaltung bzw. Renaturierung von Torf(abbau)flächen vor allem aus Gründen des Klimaschutzes gewünscht und auch schon vorgeschrieben. Daher stellt sich die Frage, ob Ersatzsubstrate bzw. Substratmischungen aus regenerativen Materialien zur Verfügung stehen, die möglichst ohne Torf oder zumindest stark torfreduziert eine sichere Produktion im Gartenbau ermöglichen.

Das Ziel der vorliegenden Studie war es, ein Screening torffreier und stark torfreduzierter Substrate bzw. Substratmischungen für die Gemüsejungpflanzenanzucht, für die Produktion von Topfkräutern, für die Jungpflanzenanzucht und die Weiterkultur verschiedener Zierpflanzenarten sowie für kalkempfindliche Ziergehölze durchzuführen. Für die Kultur von Gemüsepflanzen, Topfkräutern und Zierpflanzen wurden die Torfersatzsubstrate aus nachwachsenden Rohstoffen (Kokosmark, Holzfasern und Kompost) zusammengestellt, die schon heute in verschiedenen Handelssubstraten Verwendung finden. Für die kalkempfindlichen Gehölze kamen praxisnahe Mischungen aus verschiedenen Bestandteilen (Kokosmark, -crush bzw. -faser, Holzfasern und -chips, Xylit u.a.) zum Einsatz, die von den Substratfirmen gemischt und bereitgestellt wurden.

Begleitend zu den praktischen Untersuchungen wurde die Literatur zum Themenfeld Torfersatzstoffe gesichtet und mit der Entwicklung und dem Aufbau einer Datenbankstruktur begonnen, um eine Bündelung und einfache Bereitstellung bereits vorhandener Informationen zu gewährleisten.

2 Material und Methoden

2.1 Ausgangsstoffe und Substratmischungen für Gemüsejungpflanzen, Topfkräuter und Zierpflanzen

In einem von September bis Dezember 2014 durchgeführten Versuch wurden 15 unterschiedliche Substrate aus vier verschiedenen Komponenten (Kokosmark, Holzfasern, Kompost und Torf) in unterschiedlichen Mischungsverhältnissen untersucht (Tabelle 1). Für die verschiedenen Versuche wurden die gleichen Substratmischungen verwendet. Jedoch unterschieden sich die Torfbeigaben der Substrate hinsichtlich ihrer Struktur (grobfasriger für die Topfkräuter und die Weiterkultur der Zierpflanzen sowie feiner für die Gemüse- und Zierpflanzenkulturen in Trays). Der feine Torf bestand aus 50 Vol.-% durchfrorenem Schwartorf und 50 Vol.-% Weißtorf (0-5 mm) und der grobe Torf aus 30 Vol.-% Sodentorf (fraktioniert 5-15 mm), 30 Vol.-% durchfrorener Schwartorf und 40 Vol.-% Weißtorf (Frästorf 0-25 mm).

Tabelle 1: Zusammensetzung der Substratmischungen

Substratnummer	Leitsubstrate	Kokosmark (Vol.-%)	Holzfaser (Vol.-%)
1	100 Vol.-% Torf	0	0
2	100 Vol.-% Kokosmark	0	0
3	20 Vol.-% Kompost	80	0
4		60	20
5		40	40
6		20	60
7		0	80
8	40 Vol.-% Kompost	60	0
9		40	20
10		20	40
11		0	60
12	20 Vol.-% Torf 20 Vol.-% Kompost	60	0
13		40	20
14		20	40
15		0	60

Vor Versuchsbeginn wurden die einzelnen Substratkomponenten chemisch untersucht (Tabelle 2). Aufgrund der Ergebnisse wurden über Kalkung (kohlenaurer Kalk) und Düngerzugabe (Kalksalpeter, PG-Mix, Hakaphos Grün, Radigen) die pH Wert- und Nährstoffniveaus angeglichen.

Tabelle 2: Volumengewicht, pH-Wert, Salzgehalt und Nährstoffgehalt der einzelnen Substrat-Ausgangsstoffe

Substrat-komponente	Vol.-Gewicht [g/l]	pH-Wert (CaCl ₂)	mg/l Substrat (CAT-Methode)					Salz [g/l]
			NH ₄ -N	NO ₃ -N	Ges. N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Torfmischung grob	270	3,3	18	11	29	3	8	0,10
Torfmischung fein	325	3,2	20	13	33	3	7	0,11
Kokosmark	445	5,0	1	9	10	6	150	0,14
Kompost	730	6,7	3	70	73	330	1615	1,92
Holzfaser	102	4,0	<1	1	1	12	32	0,04

Im Anschluss wurden die fertig gemischten und gedüngten Substrate erneut analysiert (Tabelle 3). Bei Stickstoff kam es im ersten Versuchsdurchlauf (Wiederholung 1 und 2 beim Gemüse und bei der Kultur von *Lithodora* und *Vinca*) bei den Substraten 1, 3 und 4 zu einer Fehldüngung. Die zu hohe Gabe im Substrat 1 konnte nicht korrigiert werden, die zu geringe Düngung der Substrate 3 und 4 wurde sofort nach Erhalt der Analysenwerte korrigiert.

Tabelle 3: Nährstoffgehalte der Substratmischungen zu Versuchsbeginn

Substrat- nummer	Vol.-Gew. [g/l]	pH- Wert (CaCl ₂)	Nährstoffgehalte [mg/l Substrat]					Salz [g/l]
			NH ₄ -N	NO ₃ -N	Ges. N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
1	290	5,6	122	302	422	133	145	2,02
2	440	6,2	62	53	115	26	216	0,71
3	520	6,7	5	5	10	88	499	0,58
4	490	6,8	5	<1	5	98	490	0,58
5	430	6,6	<1	138	138	90	503	1,15
6	340	6,8	<1	88	88	78	415	0,83
7	270	6,9	<1	97	97	140	481	0,96
8	600	6,4	<1	144	144	168	768	1,41
9	570	6,5	<1	125	125	171	821	1,44
10	500	6,8	<1	105	105	160	825	1,31
11	390	6,9	<1	133	133	148	741	1,39
12	480	6,0	10	178	188	82	446	1,25
13	410	6,1	<1	123	123	86	439	1,08
14	380	6,2	<1	129	129	91	456	1,14
15	280	6,2	<1	95	95	129	431	1,06

Die entsprechende Tabelle des zweiten Versuchsdurchlaufes befindet sich im Anhang (Tabelle A – 1).

2.2 Ausgangsstoffe und Substratmischungen für kalkempfindliche Ziergehölze

Anders als bei den Versuchen zu Gemüse-, Zierpflanzen und Topfkräutern wurden für die Kultur von Ziergehölzen keine Eigenmischungen in der LVG hergestellt, sondern verschiedene praxisnahe Mischungen von namhaften Substratherstellern bezogen. Bei den Ausgangsstoffen handelte es sich außer um Torf hauptsächlich um Holzfaser, -chips, Kokosmark, -crush bzw. -faser, Rindenumus und Xylit (ein Reststoff aus der Braunkohleförderung). In einzelnen Varianten waren auch Pinienrinde oder die mineralischen Substratausgangsstoffe Vermiculit und Perlit beigemischt, sowie in kleinen Mengen fermentierte Pflanzenkohle. Die verwendeten Substratmischungen sind für die jeweilige Pflanzenart in Tabelle 4 dargestellt.

Die Vergleichssubstrate (Kontrolle) wurden in der LVG gemischt und bestanden aus reinem Torf, der mit kohlensaurem Kalk auf pH-Werte zwischen 4,1 und 4,4 aufgekalkt und zur Spurenelementversorgung mit Radigen (100 mg/l) versehen worden war.

Die torf reduzierten und torffreien Substrate aus den verschiedenen Erdenwerken sollten in Hinsicht auf pH-Wert und Nährstoffgehalte dem Vergleichssubstrat der LVG möglichst nahe kommen.

Tabelle 4: Zusammensetzungen der Substrate für die verschiedenen Pflanzenarten (Bestandteile nach Herstellerangaben in Vol.-%).

[Abkürzungen: HF = Holzfaser, HC = Holzchips, K = Kokosmark/faser/crush, R = Rinde, T = Torf, M = Mischung]

Rhododendron
1. "Kontrolle" Kontrollsubstrat LVG, 100 % Weißtorf
2. "K+HF+R" 45 % Kokosmark, 30 % GreenFibre Holzfaser, 25 % Pinienrinde
3. "T50+Xylit+K" 50 % Torf, 30 % Xylit, 20 % Kokosmark
4. "K+R" 80 % Kokosmark und -crush, 20 % Pinienrinde
5. "R+HF+K" 40 % Rindenumus, 35 % Holzfaser, 25 % Kokosmark und -faser
6. "M I" 30 % Vermiculit, 25 % Rindenumus, 18 % Xylit, 13 % Holzfaser, 10 % Perlit, 4 % fermentierte Pflanzenkohle
7. "M II" 27 % Vermiculit, 25 % Rindenumus, 19 % Xylit, 13 % Holzfaser, 8 % Perlit, 8 % fermentierte Pflanzenkohle
8. "T50+HF+K" 50 % Torf, 25 % Holzfaser, 25 % Kokosmark
9. "HF+K" 30 % Holzfaser, 70 % Kokosmark, Schwefel
10. "T50+HC+HF+K" 50 % Torf, 20 % Holzchips, 15 % Holzfaser, 15 % Kokosmark
11. "T20+HC+HF+K" 20 % Torf, 35 % Holzchips, 30 % Holzfaser, 15 % Kokosmark

Calluna

1. **"Kontrolle"** Kontrollsubstrat LVG, 100 % Weißtorf
2. **"T30+HF+K"** 30 % Torf, 30 % GreenFibre Holzfaser, 40 % Kokosmark
3. **"T50+Xylit+K"** 50 % Torf, 30 % Xylit, 20 % Kokosmark
4. **"K+R"** 80 % Kokosmark und -crush, 20 % Pinienrinde
5. **"R+HF+K"** 40 % Rindenumus, 35 % Holzfaser, 25 % Kokosmark und -faser
6. **"M II"** 27 % Vermiculit, 25 % Rindenumus, 19 % Xylit, 13 % Holzfaser, 8 % Perlit, 8 % fermentierte Pflanzenkohle
7. **"M III"** 35 % Rindenumus, 30 % Vermiculit, 20 % Xylit, 10 % Holzfaser, 5 % fermentierte Pflanzenkohle
8. **"T50+HF+K"** 50 % Torf, 25 % Holzfaser, 25 % Kokosmark
9. **"HF+K"** 30 % Holzfaser, 70 % Kokosmark
10. **"T50+HC+HF+K"** 50 % Torf, 20 % Holzchips, 15 % Holzfaser, 15 % Kokosmark
11. **"T20+HC+HF+K"** 20 % Torf, 35 % Holzchips, 30 % Holzfaser, 15 % Kokosmark

Potentilla 'Nuuk'

1. **"Kontrolle"** Kontrollsubstrat LVG, 100 % Weißtorf
2. **"K+HF+R"** 45 % Kokosmark, 30 % GreenFibre Holzfaser, 25 % Pinienrinde
3. **"T50+Xylit+K"** 50 % Torf, 30 % Xylit, 20 % Kokosmark
4. **"K+R 2"** 80 % Kokosmark und -crush (erhöhter pH-Wert), 20 % Pinienrinde
5. **"K+R e + ES 1"** 80 % Kokosm. (erhöhter pH-Wert), 20 % Pinienrinde + Fe-Sulfat (500 mg/l)
6. **"K+R e + ES 2"** 80 % Kokosm. (erhöhter pH-Wert), 20 % Pinienrinde + Fe-Sulfat (1.000 mg/l)
7. **"K+R e + EC"** 80 % Kokosm. (erhöhter pH-Wert), 20 % Pinienrinde + Fe-Chelat (EDDHA, 50 mg/l)
8. **"K+R"** 80 % Kokosmark und -crush, 20 % Pinienrinde
9. **"R+HF+K"** 40 % Rindenumus, 35 % Holzfaser, 25 % Kokosmark und -faser
10. **"M I"** 30 % Vermiculit, 25 % Rindenumus, 18 % Xylit, 13 % Holzfaser, 10 % Perlit, 4 % fermentierte Pflanzenkohle
11. **"M II"** 27 % Vermiculit, 25 % Rindenumus, 19 % Xylit, 13 % Holzfaser, 8 % Perlit, 8 % fermentierte Pflanzenkohle
12. **"T50+HF+K"** 50 % Torf, 25 % Holzfaser, 25 % Kokosmark,
13. **"HF+K"** 30 % Holzfaser, 70 % Kokosmark
14. **"HF+K+ ES 1"** 30 % Holzfaser, 70 % Kokosmark+ Fe-Sulfat (500 mg/l)
15. **"HF+K+ EC"** 30 % Holzfaser, 70 % Kokosmark+ Fe- Chelat (EDDHA, 50 mg/l)
16. **"T50+HC+HF+K"** 50 % Torf, 20 % Holzchips, 15 % Holzfaser, 15 % Kokosmark
17. **"T20+HC+HF+K"** 20 % Torf, 35 % Holzchips, 30 % Holzfaser, 15 % Kokosmark

Gaultheria

1. "Kontrolle" Kontrollsubstrat LVG, 100 % Weißtorf
2. "T30+HF+K" 30 % Torf, 30 % GreenFibre Holzfaser, 40 % Kokosmark
3. "T50+Xylit+K" 50 % Torf, 30 % Xylit, 20 % Kokosmark
4. "K+R" 80 % Kokosmark und -crush, 20 % Pinienrinde
5. "R+HF+K" 40 % Rindenumus, 35 % Holzfaser, 25 % Kokosmark und -faser
6. "M III" 35 % Rindenumus, 30 % Vermiculit, 20 % Xylit, 10 % Holzfaser, 5 % fermentierte Pflanzenkohle
7. "T50+HF+K" 50 % Torf, 25 % Holzfaser, 25 % Kokosmark
8. "HF+K" 25 % Holzfaser, 75 % Kokosmark
9. "T70+HC " 70 % Torf, 30 % Holzchips
10. "T50+HC+HF+K" 50 % Torf, 20 % Holzchips, 15 % Holzfaser, 15 % Kokosmark
11. "T20+HC+HF+K" 20 % Torf, 35 % Holzchips, 30 % Holzfaser, 15 % Kokosmark

2.3 Versuchsanlage und -durchführung Gemüsejungpflanzen und Topfkräuter

Zu den verwendeten Kräutern gehörten Basilikum 'Edwina' (*Ocimum basilicum*), Thymian 'German Winter' (*Thymus vulgaris*) und Zitronenmelisse 'Common' (*Melissa officinalis*). Alle Sorten stammen von der Firma Syngenta (Maintal). Pro Variante gab es 6 Töpfe (13 cm ES rund 8°, Lamprecht-Verpackungen GmbH, Göttingen) in zwei Wiederholungen mit einem Topfabstand von 20 x 20 cm. Beide Wiederholungen wurden auf zwei, sich nicht berührende Tische gestellt und die Varianten darauf zufällig randomisiert (Abbildung 1). Die Anzahl der ausgesäten Samen unterschied sich je nach Pflanzenart. Pro Topf wurden für Basilikum 25 Samen, für Thymian 80 Samen und für Zitronenmelisse 60 Samen ausgesät. Termine des 1. Versuchsdurchlaufs: Aussaat 13.08.14, Auswertung Basilikum 03.10.14, Thymian und Zitronenmelisse 10.10.14. Termine des 2. Versuchsdurchlaufs: Aussaat 24.10.14. Auswertung aller Kräuter 17.12.14.

Die untersuchten Gemüsearten waren Chinakohl 'Kilakin' (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*), Weißkohl 'Rocktor' (*Brassica oleracea* convar. *capitata* var. *alba*) und Kopfsalat 'Beltran' (*Lactuca sativa*) (Syngenta, Maintal). Pro Variante wurden 35 Samen in einem Tray (Quickpot QP®77, HerkuPlast Kubern, Ering/Inn) ausgesät. Die Größe jedes Topfes im Tray entspricht 4 x 4 x 5,3 cm. Auch hier wurden beide Wiederholungen auf zwei unterschiedliche Seiten des Gewächshauses verteilt. Innerhalb der Wiederholungen standen die Varianten randomisiert. Termine des 1. Versuchsdurchlaufs: Aussaat 14.08.14, Auswertung Chinakohl 08.09.14, Weißkohl 17.09.14, Kopfsalat 11.09.14. Termine des 2. Versuchsdurchlaufs: Aussaat 04.11.14, Auswertung 18.12.14.

Die Tag/Nacht-Heizsollwerte betragen 20/16°C, die Lüftung öffnete ab 24°C. Ein Thripsbefall erforderte Pflanzenschutzmaßnahmen mit dem Insektizid Karate Zeon (Syngenta).



Abbildung 1: Versuchsanlage.
Vordergrund: Gemüsejung-
pflanzenanzucht, Hintergrund:
Topfkräuter auf Tischen.

Zu den Ernteterminen wurden bei jeder Kultur die Frisch- und Trockenmasse der Blätter gewogen. Bei den Kräutern wurde zusätzlich die Anzahl der Pflanzen/Topf gezählt, bei den Gemüsejungpflanzen wurde zusätzlich die Gesamtblattfläche/Pflanze gemessen (LICOR- 3100, LICOR Corp., USA).

Für die Gemüsejungpflanzen und Topfkräuter wurden hintereinander zwei Versuchsdurchläufe mit jeweils 2 Wiederholungen durchgeführt. Diese jeweils 2 Wiederholungen wurden für die Auswertung als 4 Wiederholungen eines Gesamtversuches betrachtet. Als Versuchsdesign ergab sich somit eine vollständige randomisierte zweifaktorielle Blockanlage mit 4 Wiederholungen. Für die statistische Analyse (paarweiser t-Test, $p=0,05$) wurde das Programm R 3.0.1 (R Development Core Team, Wien, Österreich) verwendet.

2.4 Versuchsanlage und -durchführung Zierpflanzen

2.4.1 Versuche zur Weiterkultur von Jungpflanzen empfindlicher Zierpflanzen

In KW 33 wurden Jungpflanzen von *Lithodora diffusa* 'Compact Blue' und *Vinca minor* 'Deep Blue' in die verschiedenen Substrate in 11er Töpfe getopft und auf Rinnen-Tischen mit einem geschlossenen Bewässerungssystem in einem Gewächshaus aufgestellt. Der Versuch wurde mit drei Wiederholungen und jeweils 20 Pflanzen je Variante und Wiederholung bei *Lithodora* und 14 Pflanzen bei *Vinca* angelegt. Die Heiztemperatur betrug 12 °C und die Lüftungstemperaturen 14 °C. Die unter Kapitel 2.1 beschriebene fehlende Stickstoffmenge in den beiden Substraten wurde in KW 35 durch eine flüssige Sonderdüngung von oben in den Topf ausgeglichen. Die Bewässerungsdüngung für alle Pflanzen setzte dann bei allen Varianten in KW 38 mit 0,8 g/l Ferty 3 Mega (18-12-18) ein.

Die Kultur der Usambaraveilchen begann in KW 37. Dafür wurden drei Substrate noch einmal neu gemischt. Bei den anderen Mischungen kamen dieselben Substrate wie für *Lithodora* und *Vinca* zum Einsatz, die in der Zwischenzeit kühl gelagert worden waren. Die Kultur fand in 12er Töpfen auf Anstautischen mit geschlossenem Bewässerungssystem im Gewächshaus bei einer Heiztemperatur von 20 °C und einer Lüftungstemperatur von 22 °C statt. Auch hier handelte es sich um eine Versuchsanlage mit drei Wiederholungen und 20 Pflanzen je Variante innerhalb der Wiederholung.

Die Endauswertung der Versuche erfolgte bei *Lithodora* am 04.11., bei *Vinca* am 03.12. und einen Tag später bei *Saintpaulia*. Sie beinhaltete bei allen Pflanzenarten die Erfassung des Frischgewichtes und die Bonitur des Wurzelbildes am Ballenrand. Bei *Lithodora* und *Vinca* wurde darüber hinaus die Länge der drei längsten Triebe je Pflanze und bei *Saintpaulia* der Pflanzendurchmesser bestimmt. Während die Anzahl Blütenstände über dem Laub bei den Usambaraveilchen erfasst wurden, wurde bei *Vinca* die Triebzahl ermittelt. Bei diesen beiden Pflanzenarten erfolgte auch eine Bonitur der Laubfarbe. Schließlich wurde bei allen Pflanzenarten am Ende der Kultur eine Substratanalyse durchgeführt.

2.4.2 Versuche zur Jungpflanzenanzucht verschiedener Zierpflanzenarten

Für die Vermehrungsversuche wurden die in KW 43 gemischten Substrate in Multitopfplatten (½ TEKU JP 3050/72) gefüllt und im Gewächshaus auf Tischen mit Gitterboden aufgestellt. Eine Einheit mit 36 Zellen bildete eine Wiederholung, und je Pflanzenart und Substratmischung waren drei Wiederholungen vorgesehen. Darin wurden unter Folien- bzw. Lochfolienzelten in KW 45 *Coreopsis grandiflora* 'Early Sunrise' und *Salvia farinacea* 'Evolution Violet' ausgesät und in KW 46 *Impatiens-Neu-Guinea* 'Petticoat Blue' und *Petunia* 'Potunia Deep Purple' gesteckt. Die Heiztemperatur betrug 20 °C und die Lüftungstemperatur 22 °C.

Am 15.12. wurden bei den *Impatiens*-Stecklingen die Bewurzelungsintensität am Ballenrand bonitiert sowie das Gewicht der oberirdischen Pflanzenmasse je Wiederholung erfasst. Dies war zu diesem Zeitpunkt bei den Petunien aufgrund zu geringen Wurzelwachstums in einigen Varianten nicht möglich, so dass daher die Bonitur erst am 06.01. erfolgte.

Bei den Aussaaten war eine zerstörungsfreie Entnahme der einzelnen Ballen aus den Platten und somit eine Bewertung des Wurzelbildes nicht möglich. Daher wurden hier am 06.01. nur das Gewicht der oberirdischen Frischmasse je Platte und die Keimrate ermittelt.

2.5 Versuchsanlage und -durchführung kalkempfindliche Ziergehölze

Für die Versuche wurden *Rhododendron* (2 Sorten) als immergrünes Gehölz, der Bodendecker *Potentilla* 'Nuuk' sowie die Heidepflanzen *Calluna* (3 Sorten) und *Gaultheria procumbens* in unterschiedliche, zum Teil stark torfreduzierte oder torffreie Substrate (siehe Tabelle 4) getopft und praxisnah unter Gießwagen- beziehungsweise Düsenbewässerung kultiviert. Die Pflanzen wurden auf praxisübliche Containerkulturflächen im Freiland gestellt, dort bedarfsgerecht bewässert und vorbeugend gegen Schaderreger behandelt. Eine unterschiedliche Bewässerung der einzelnen Varianten war technisch nicht möglich, so dass die Versuchspflanzen nach dem Bedarf der Varianten bewässert wurden, die als erste trocken waren. Die meisten Pflanzen wurden mit Stadtwasser mit einer Karbonathärte von etwa 6,5 °dKH bewässert, eine Gattung (*Potentilla*) aber auch mit sehr weichem Regenwasser (um 2 °dKH).

Die Düngung war je nach Kultur unterschiedlich: *Rhododendron* wurden mit insgesamt 6 g Depot- und Langzeitdünger pro Liter Substrat gedüngt, *Potentilla* mit 4 g pro Liter Substrat, *Calluna* flüssig überwiegend mit dem nitratbetonten Ferty MEGA gedüngt und *Gaultheria* flüssig mit dem ammoniumbetonten Ferty.

Die Versuche wurden als randomisierte Blockanlagen aufgestellt, in der Regel mit vier Wiederholungen pro Versuchsglied (drei bei *Rhododendron*).

Zu Beginn und während der Kultur wurden die pH-Werte und Nährstoffgehalte der Substrate untersucht. Bei *Calluna* wurden zusätzlich physikalische Untersuchungen auf Luft- und Wasserkapazität durchgeführt. Je nach Art wurden zu Versuchsende Triebblänge, Frischgewicht, Wurzelbildung und verschiedene andere Qualitätsmerkmale bonitiert. Die Versuche mit *Gaultheria* und *Rhododendron* sind noch nicht abgeschlossen, hier folgen weitere Bonituren.

3 Ergebnisse

3.1 Gemüsejungpflanzen und Topfkräuter

Im Folgenden werden die Ergebnisse für die Messparameter ‚Frischgewicht Blatt pro Pflanze‘, ‚Trockengewicht Blatt pro Pflanze‘ und ‚Blattfläche pro Pflanze‘ jeweils über alle Gemüsejungpflanzenarten bzw. Topfkräuterarten gemittelt dargestellt. Die Mittelwertbildung über die Arten erfolgte mit dem Ziel, speziell die Einflüsse der einzelnen Substratmischungen herauszuarbeiten. Die absoluten Werte verlieren dadurch zwar an Aussagekraft; für die Detailbetrachtung sind daher im Anhang ergänzend die Ergebnisse für die einzelnen Kulturen aufgeführt (Abbildung A - 1 bis Abbildung A - 15). Zusätzlich werden Ergebnisse zu Stickstoffgehalten in den Blättern nach Kulturrende gezeigt.

In den Abbildungen sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nur die Standardabweichungen eingezeichnet. Zu signifikanten Unterschieden wird im jeweiligen Text Stellung genommen.

3.1.1 Ergebnisse Gemüsejungpflanzen

Blattfrischmasse

Signifikante geringere Blattfrischmassen im Vergleich zum aktuellen Standardsubstrat 100 % Torf zeigen nur die Substrate mit 20 % Kompost/20 % Kokosmark/60 % Holzfaser (6), 20 % Kompost/80 % Holzfaser (7) sowie 40 % Kompost/60 % Holzfaser (11) (Abbildung 2). Hier zeichnet sich die Tendenz ab, dass Mischungen mit hohem Holzfaseranteil die Blattfrischmassenbildung reduzieren. Dies kann in weiteren Vergleichen bestätigt werden (s.u.). So ist das Substrat 7 mit 80 % Holzfaser signifikant schlechter verglichen mit 100 % Kokosfaser (2) sowie den Substraten 8, 9, 12 und 13, die alle keine bzw. nur 20 % Holzfaseranteil besitzen. Auch das Substrat 11 mit 40 % Kompost/60 % Holzfaser ergibt geringere Blattfrischmassen als 40 % Kompost/60 % Kokosmark (8).

Demgegenüber produzierten die Pflanzen insbesondere in den Mischungen 8, 12 und 13 im Vergleich zu 100 % Torf ähnlich hohe Blattfrischmassen. Diese Substratmischungen zeichnen sich durch einen relativ hohen Anteil an Kokosmark aus. Die Beimengung von 40 % Kompost allein zeigt ebenso keine negative Auswirkung wie eine Beimengung von 20 % Torf und 40 % Kompost. Der wesentliche Faktor für eine gute Blattfrischmassenentwicklung scheint der Anteil an Kokosmark zu sein.

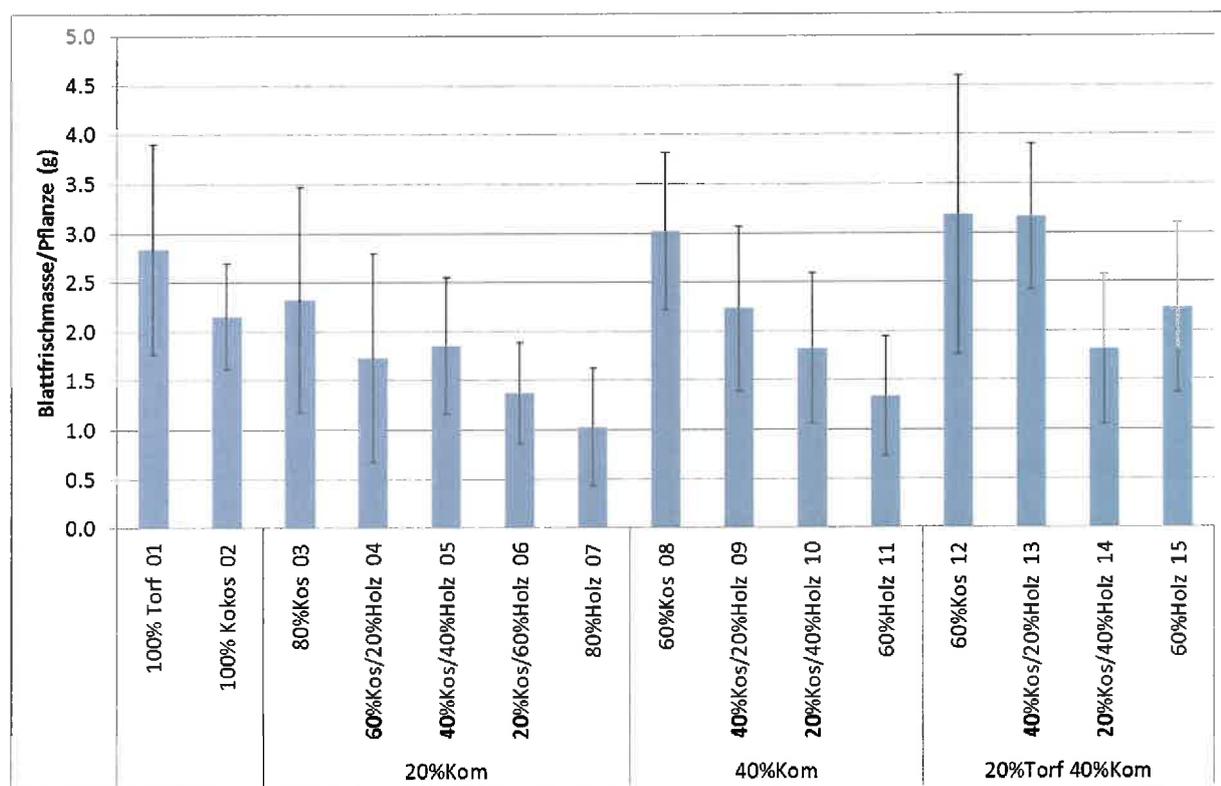


Abbildung 2: Blattfrischmasse pro Pflanze als Mittel über alle Gemüsejungpflanzen (Chinakohl, Weißkohl, Kopfsalat) bei Anzucht in unterschiedlichen Substratmischungen. Die Balken stellen die Standardabweichung dar.

Blatttrockenmasse

Aufgrund der großen Streuung können zum Parameter Blatttrockenmasse keine signifikanten Ergebnisse gefunden werden (Abbildung 3). In den Tendenzen zeigen sich allerdings deutliche Parallelen zu den Ergebnissen der Blattfrischgewichte.

Blattfläche

Die für die Blattfrischmasse gefundenen signifikanten Unterschiede können bis auf 4 Ausnahmen in den Ergebnissen zur Blattfläche wiedergefunden werden (Abbildung 4). Auch hier führt ein hoher Holzfaserteil (Mischungen 7 und 11) zu signifikant kleineren Blattflächen im Vergleich zu den Mischungen 8 und 9 bzw. 12 und 13 mit relativ hohem Kokosfaserteil. Eine Beimischung von 40 % Kompost bzw. 20 % Torf und 40 % Kompost hat keinen negativen Einfluss. Im Gegenteil findet sich eine signifikant größere Blattfläche bei 20 % Torf/20 % Kompost/40 % Kokosmark/20 % Holzfaser (13) gegenüber reinem Kokosmark (2).

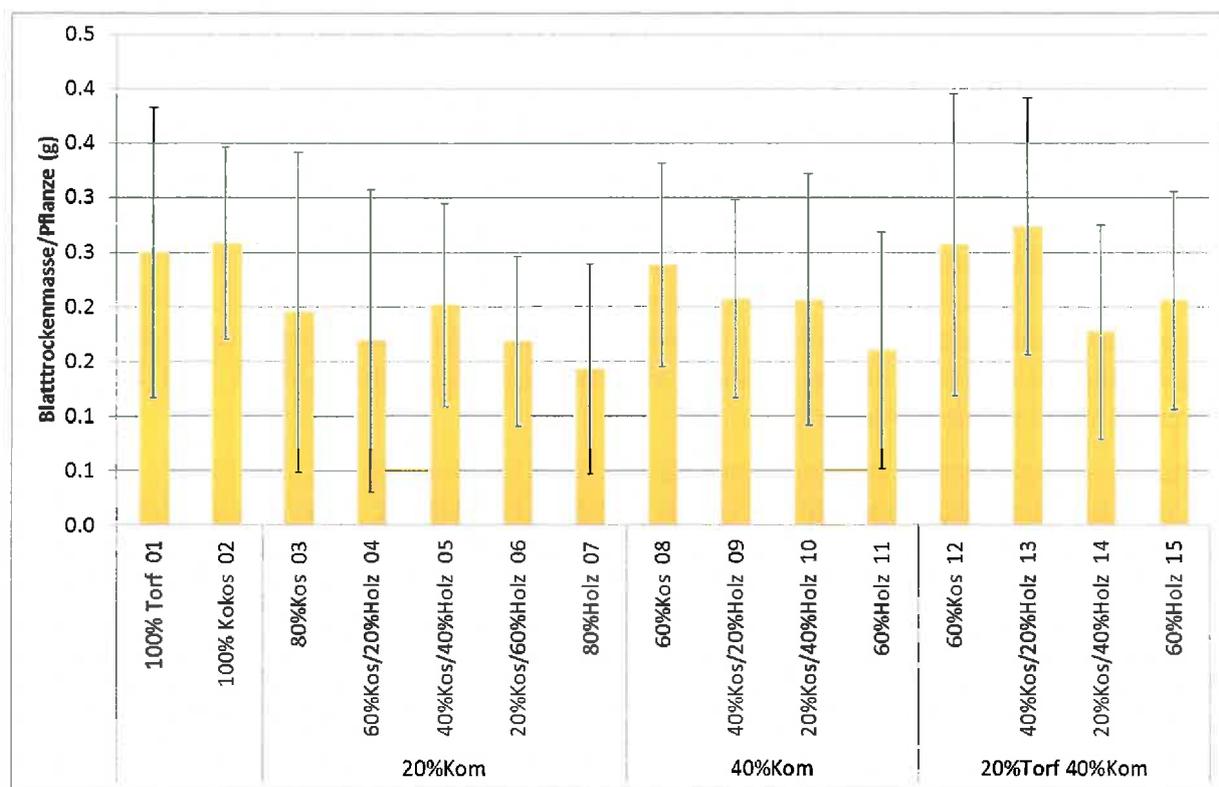


Abbildung 3: Blattrockenmasse pro Pflanze als Mittel über alle Gemüsejungpflanzen (Chinakohl, Weißkohl, Kopfsalat) bei Anzucht in unterschiedlichen Substratmischungen. Die Balken stellen die Standardabweichung dar.

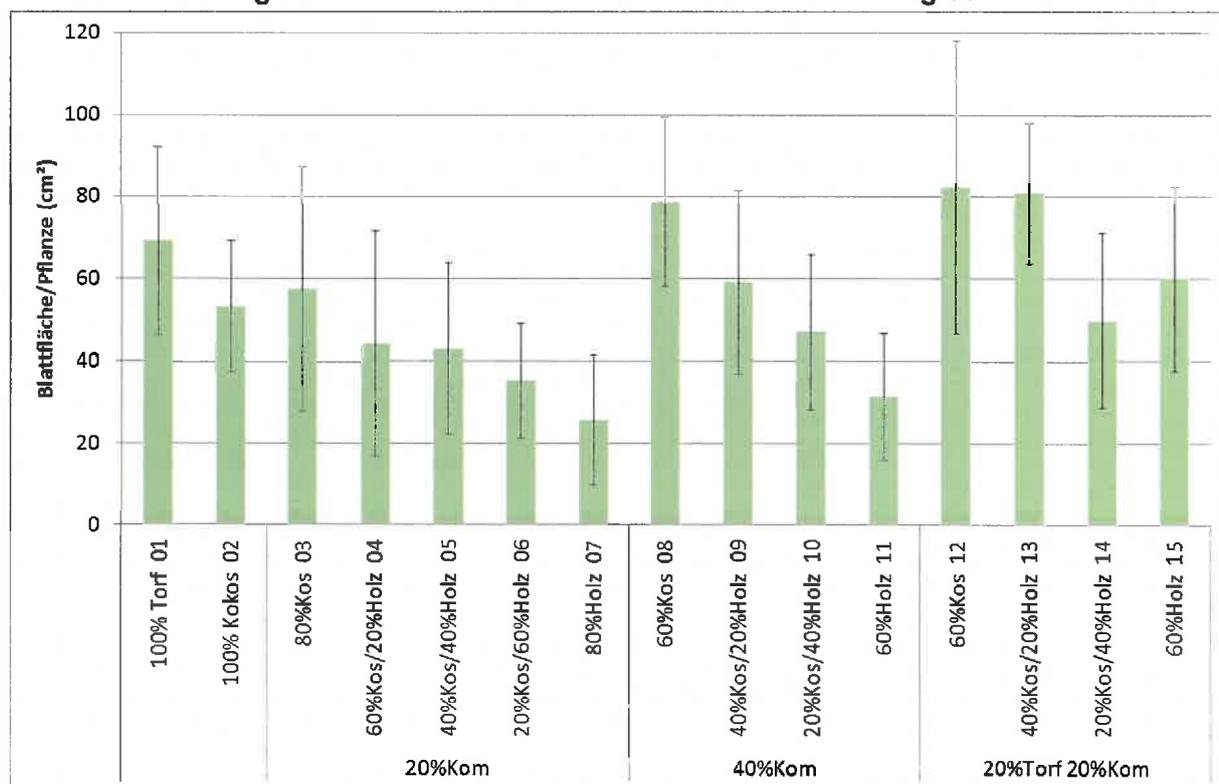


Abbildung 4: Blattfläche pro Pflanze als Mittel über alle Gemüsejungpflanzen (Chinakohl, Weißkohl, Kopfsalat) bei Anzucht in unterschiedlichen Substratmischungen. Die Balken stellen die Standardabweichung dar.

3.1.2 Ergebnisse Topfkräuter

Blattfrischmasse

Bei Betrachtung der einzelnen Mischungsgruppen kann man auch bei den Kräutern eine Tendenz zu niedrigen Blattfrischmassen bei höheren Holzfasergehalten erkennen (Abbildung 5). Signifikant ist dies zwischen der 100 % Kokosmark (2) gegenüber der 20 % Kompost/80 % Holzfaser-Mischung (7) und zwischen der 20 % Torf/20 %Kompost/60 % Koskosmark (12) und der 20 % Kompost/80 % Holzfaser-Mischung (7). Substrate mit relativ hohem Kokosmarkanteil zeigen verglichen mit dem heutigen Standardsubstrat 100 %Torf (1) gute Ergebnisse. Auch hier hat die Nutzung von 40 % Kompost bzw. 20 % Torf und 40 % Kompost keine negative Auswirkung.

Anhand der Blattfrischmasse der Substrate mit 20 % Torf beigabe (12, 13, 14, 15) verglichen mit den Substratmischungen ohne Torf und wenig Holzfasern, kann davon ausgegangen werden, dass Torf nicht den entscheidenden positiven Faktor für die Blattfrischmassebildung darstellt.

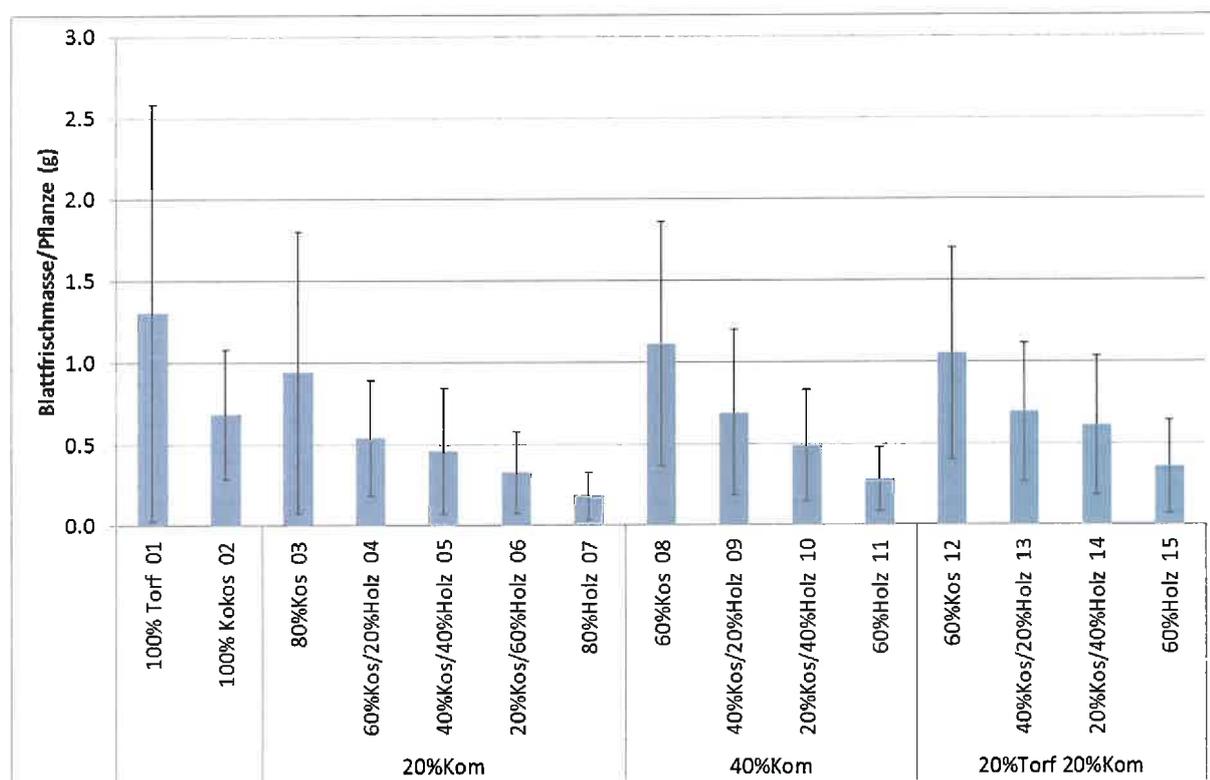


Abbildung 5: Blattfrischmasse pro Pflanze als Mittel über alle Topfkräuter (Basilikum, Thymian und Zitronenmelisse) bei Anbau in unterschiedlichen Substratmischungen. Die Balken stellen die Standardabweichung dar.

Blatttrockenmasse

Wie im direkten Vergleich der Abbildung 5 und Abbildung 6 zu erkennen ist, sind die Ergebnisse zu den Blatttrockenmassen denen der Blattfrischmassen sehr ähnlich. Die Analyse ergibt die gleichen signifikanten Unterschiede. Hinzu kommt lediglich noch eine weitere Signifikanz zwischen 40 %Kompost/60 %Kokosmark (8) und 20 %Kompost/80 %

Holzfasern (7). Somit gelten hier die gleichen Aussagen wie zu den Ergebnissen der Blattfrischmasse.

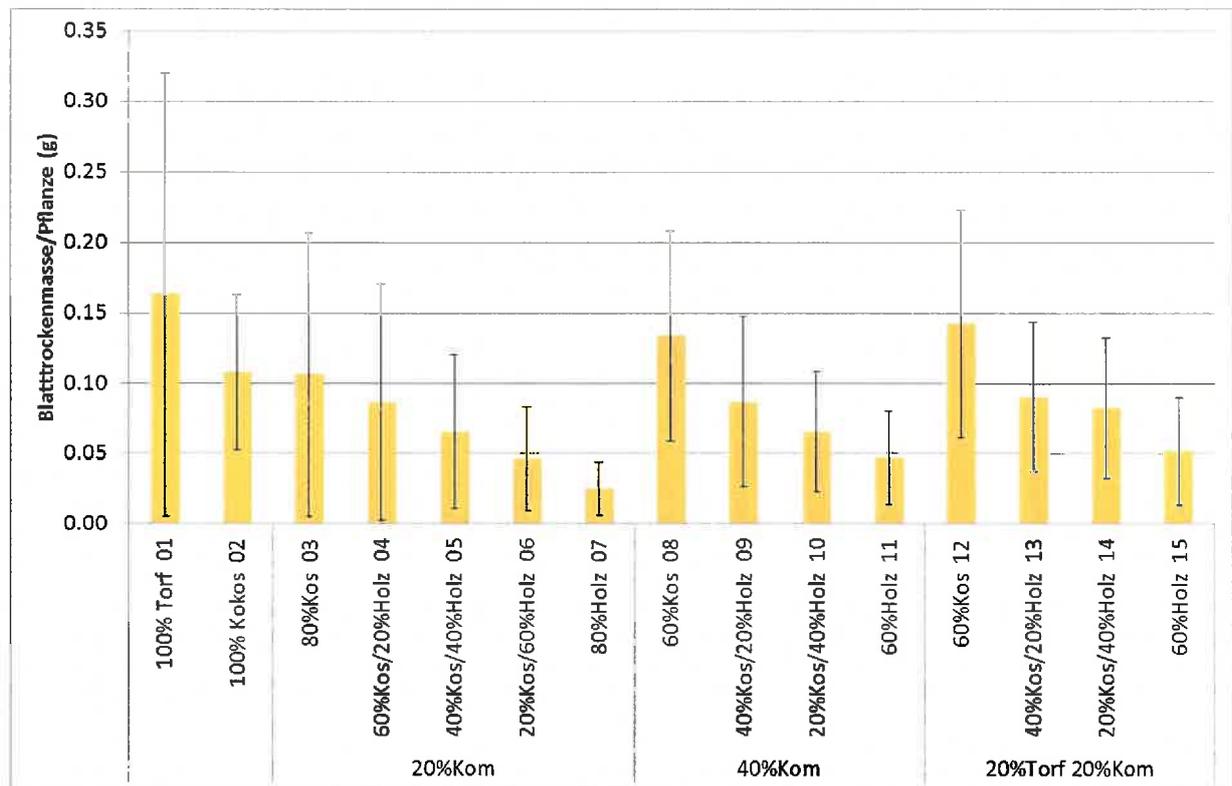


Abbildung 6: Blatttrockenmasse pro Pflanze als Mittel über alle Topfkräuter (Basilikum, Thymian und Zitronenmelisse) bei Anbau in unterschiedlichen Substratmischungen. Die Balken stellen die Standardabweichung dar.

3.1.3 N-Gehalte in den Pflanzen zu Versuchsende

Zu Versuchsende der beiden Durchgänge wurde der Stickstoffgehalt der Blattmasse untersucht (Abbildung 7). Gehalte zwischen 3,0 und 4,5 % gelten bei Gemüse und Kräutern als ausreichend. Die Ergebnisse zeigen, dass für Torf und für Mischungen mit wenig Holzfasern diese Werte im Mittel erreicht werden. Reines Kokosmark (2) und die Substrate ab 40 % Holzfasernanteil liegen darunter. So zeigen die Pflanzen in den Substraten mit hohem Holzanteil (5, 6, 7) signifikant geringere N-Gehalte als in Substraten ohne bzw. nur geringen Holzanteilen (1, 3). Die Varianten mit 60 % Holzfasern (6, 7) führen zusätzlich zu signifikant geringeren N-Gehalten verglichen mit den Varianten mit 40 % Kompost bzw. 20 % Kompost und 20 % Torf ohne jeglichen Holzfasernanteil (8, 12). Hier scheint es zu einer N-Fixierung im Substrat zu kommen.

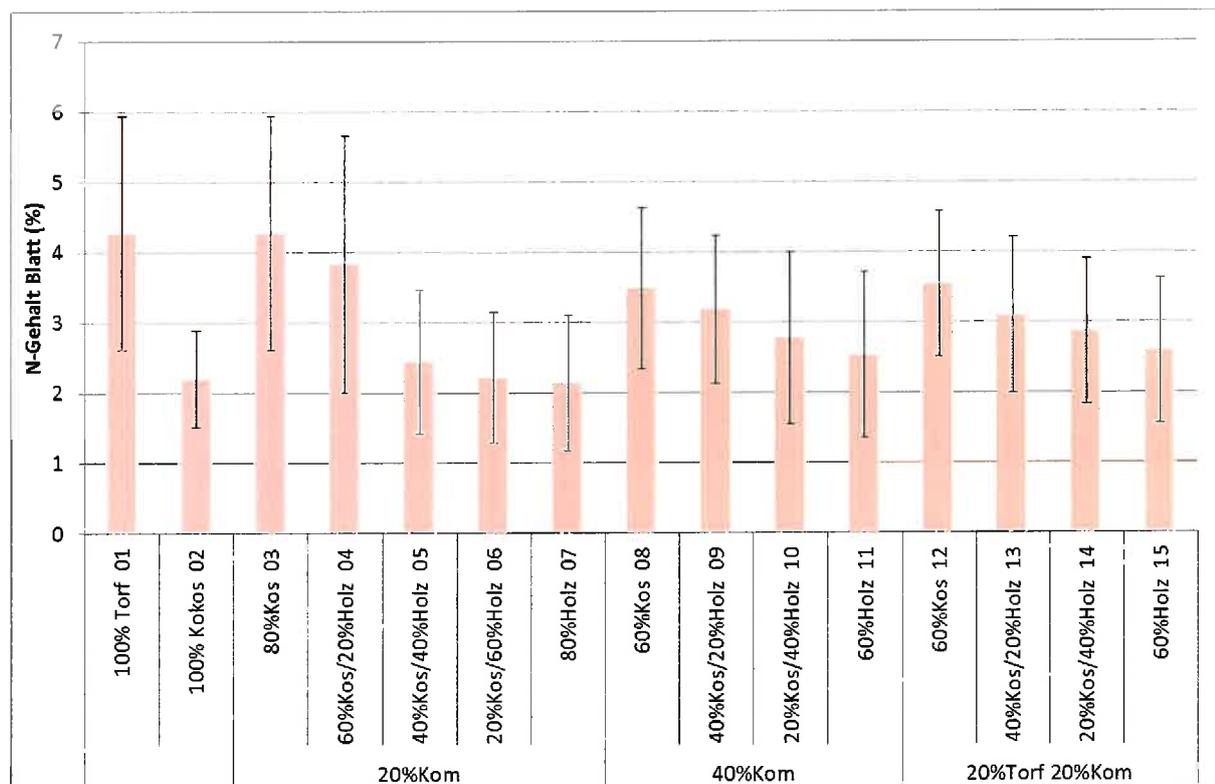


Abbildung 7: Blattstickstoffgehalte in der Trockensubstanz (%) zum Erntezeitpunkt als Mittel über alle Kulturen (Gemüse und Topfkräuter) bei Anbau in unterschiedlichen Substratmischungen. Die Balken stellen die Standardabweichung dar.

3.2 Zierpflanzen

3.2.1 Substratuntersuchungen

3.2.1.1 Kultur getopfter Jungpflanzen

Lithodora und *Vinca* wurden zum gleichen Zeitpunkt in dieselben Substratmischungen getopft. Der pH-Wert zu Kulturbeginn betrug in dem Torfsubstrat 5,6 und in allen anderen Varianten lag er zwischen 6,0 und 6,9. Bei beiden Pflanzenarten kam es zu einem Absinken des pH-Wertes im Kulturverlauf, was jedoch bei *Lithodora* stärker ausgeprägt war. So wurden in den Substraten von *Lithodora* am Ende des Versuches pH-Werte zwischen 4,4 und 6,4 gemessen, aber bei *Vinca* zwischen 5,1 und 6,8. Die Gehalte an löslichem Mineralstickstoff lagen in dem Torfsubstrat (1) mit 422 mg N/l deutlich über und in den Substraten aus 20 Vol.-% Kompost und 80 Vol.-% Kokosmark (3) sowie aus 20 Vol.-% Kompost, 60 Vol.-% Kokosmark und 20 Vol.-% Holzfasern (4) deutlich (10 und 5 mg N/l) unter den angestrebten Werten. Bei den beiden letzten Substraten wurde der fehlende Stickstoff direkt nach dem Topfen flüssig zugegeben. Alle anderen Substrate hatten einen Mineralstickstoffgehalt zwischen 88 und 188 mg N/l. Am Ende der Kultur von *Vinca* fiel bei den Mischungen mit 20 Vol.-% Kompost (3 bis 7), 40 Vol.-% Kompost (8 bis 11) sowie 20 Vol.-% Torf und 20 Vol.-% Kompost als Grundkomponente (12 bis 15) auf, dass die Gehalte an löslichem Mineralstickstoff im Substrat mit steigenden Holzfaseranteil deutlich abnahmen. In den Substraten mit *Lithodora* deutete sich dieser Trend nur leicht an (Tabelle A – 2 und Tabelle A – 3).

Für die Usambaraveilchen wurden die fehlerbehafteten Substrate neu gemischt und die übrigen kurzfristig gelagert, so dass hier zu Kulturbeginn ein pH-Wert zwischen 5,8 und 7,2 sowie ein Gehalt an löslichem Mineralstickstoff zwischen 65 und 192 mg N/l vorlag. Die Veränderungen während der Kultur waren mit denen der beiden anderen Pflanzenarten vergleichbar (Tabelle A - 8).

3.2.1.2 Vegetative und generative Vermehrung

Die pH-Werte zu Versuchsbeginn lagen zwischen 5,6 und 6,5. Während der Kultur stiegen sie bei allen Pflanzenarten im Wesentlichen leicht bis stark an. Besonders hoch war der Anstieg in den Mischungen mit 20 beziehungsweise 40 Vol.-% Kompost und einem hohen Holzfaseranteil. Hier wurden am Kulturrende pH-Werte von bis zu 7,5 gemessen.

Der Gehalt an löslichem Mineralstickstoff schwankte zu Beginn der Vermehrung zwischen 127 und 171 mg N/l. Bei den Stecklingsvermehrungen sank der Gehalt bis zum Ende in allen Substraten auf unter 45 mg N/l ab. So war bei den Substraten der Petunien zum größten Teil kein Stickstoff mehr nachweisbar (Tabelle A - 4 bis Tabelle A - 7).

3.2.2 Entwicklung der Pflanzen

3.2.2.1 Kultur getopfter Jungpflanzen

Der deutlichste Effekt der verschiedenen Substratmischungen auf die Entwicklung von getopften Jungpflanzen zeigte sich bei den Usambaraveilchen. Das höchste oberirdische Frischgewicht entwickelten die Pflanzen in dem Substrat aus 100 % Kokosmark (86,0 g), während die Pflanzen in dem reinen Torfsubstrat im Mittel 72,6 g wogen (Abbildung 8). Auch in den Mischungen mit 20 Vol.-% Kompost (3 bis 7), 40 Vol.-% Kompost (8 bis 11) sowie 20 Vol.-% Torf und 20 Vol.-% Kompost als Grundkomponente (12 bis 15) waren die Frischgewichte am höchsten, wenn nur noch Kokosmark hinzu gemischt worden war, und lagen zwischen denen der Pflanzen im Torf- oder Kokossubstrat. Mit steigendem Anteil an Holzfaser und sinkendem Kokosmarkanteil nahm das Frischgewicht jeweils deutlich ab. In dem Substrat aus 20 Vol.-% Kompost und 80 Vol.-% Holzfaser wurde mit 36,6 g der geringste Wert gemessen. Dieser Zusammenhang ist in ähnlicher Weise auch bei den Ergebnissen für den Pflanzendurchmesser zu erkennen. Ebenso waren die Blätter der Pflanzen mit steigendem Holzfaseranteil in den Substratmischungen zunehmend chlorotisch (Tabelle A - 9).

Auch bei *Lithodora* waren die Pflanzen in den Substraten mit dem höchsten Kokosmarkanteil beziehungsweise in dem reinen Kokossubstrat am größten und schwersten. Während die schwersten Pflanzen mit 11,5 g in dem Kokossubstrat zu verzeichnen waren, entwickelten sie sich in dem Substrat aus 20 Vol.-% Kompost und 80 Vol.-% Holzfaser (3) am schwächsten (3,4 g). In dem Substrat aus 100 % Torf (1) wurde ein mittleres Frischgewicht von 7,6 g gemessen. Auswirkungen auf die Blattfarbe waren bei dieser Kultur bis zum Versuchsende nicht zu erkennen (Tabelle A - 10).

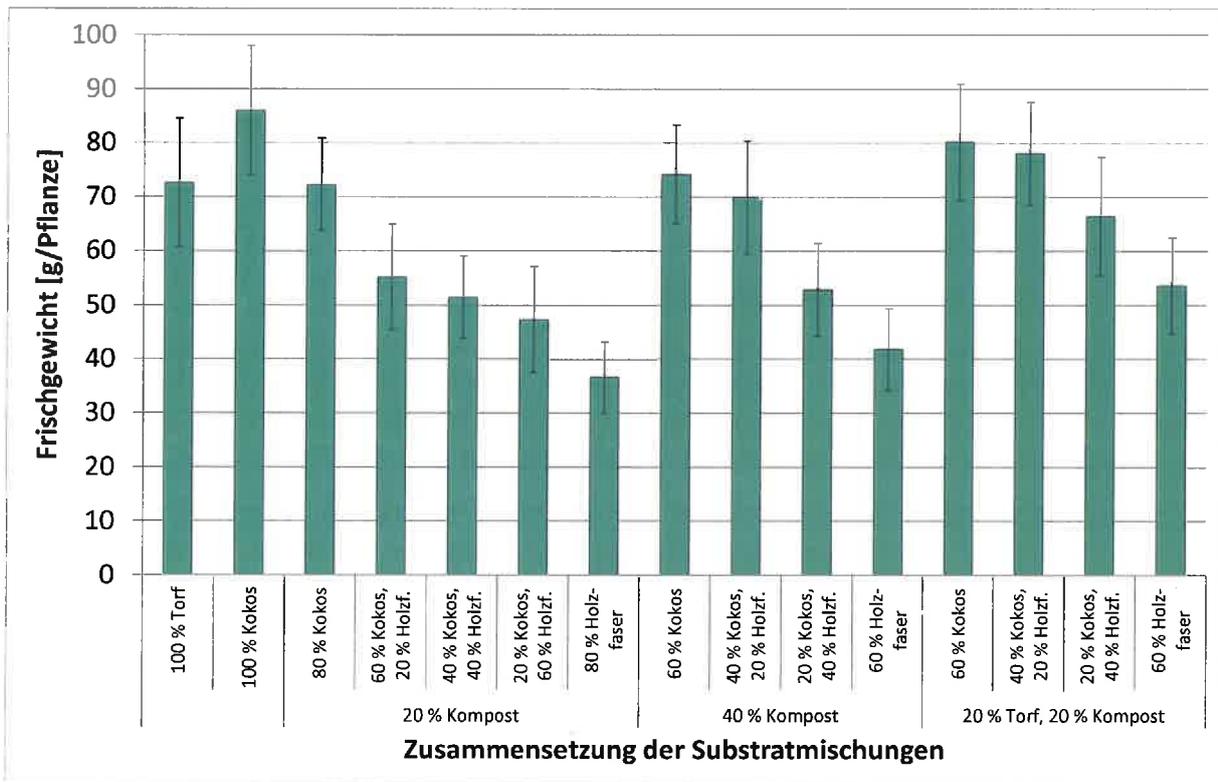


Abbildung 8: Frischgewicht der oberirdischen Pflanzenteile von *Saintpaulia* in unterschiedlichen Substraten am Ende des Versuches. (Fehlerindikatoren zeigen die Standardabweichung)

Weder die Triebzahl noch die Trieblänge von *Vinca* wurde durch die unterschiedlichen Substrate maßgeblich beeinflusst. Auch die mittleren Frischgewichte der Pflanzen lagen in einem engen Bereich zwischen 5,7 g in dem Substrat aus 20 Vol.-% Torf, 20 Vol.-% Kompost und 60 Vol.-% Holzfasern (12) sowie 3,6 g in dem Substrat aus 20 Vol.-% Kompost und 80 Vol.-% Holzfasern (7). Allerdings traten hier in allen Varianten außer in dem Torfsubstrat schwache bis starke Chlorosen an den Blättern auf, deren Ausprägung jedoch nicht eindeutig mit dem Anteil Holzfasern im Substrat zusammenhing (Tabelle A - 11).

Hinsichtlich des Wurzelbildes war bei allen drei Pflanzenarten kein systematischer Effekt der verschiedenen Substratmischungen nachzuweisen. Lediglich bei *Saintpaulia* und *Lithodora* fiel auf, dass sich die Pflanzenwurzeln in dem Substrat aus reinem Kokosmark besonders gut entwickelt hatten.

3.2.2.2 Vegetative und generative Vermehrung

Während der knapp fünfwöchigen Vermehrungsphase wirkten sich die verschiedenen Substratmischungen nicht wesentlich auf das Frischgewicht der *Impatiens*-Stecklinge aus, wohl aber auf deren Wurzelentwicklung. So war der Anteil gut bewurzelter Stecklinge in dem Kokossubstrat (2) am höchsten (52,0 %) und lag in dem Torfsubstrat (1) bei 28,0 % (Abbildung 9). Zwar war die Bewurzelung in den jeweiligen Mischungen mit dem höchsten Holzfaseranteil am schlechtesten, eine Beziehung ist jedoch nur bei den Mischungen mit 20 Vol.-% (3 bis 7) und 40 Vol.-% als Grundbestandteil (8 bis 11) als Trend zu erkennen (Tabelle A - 13).

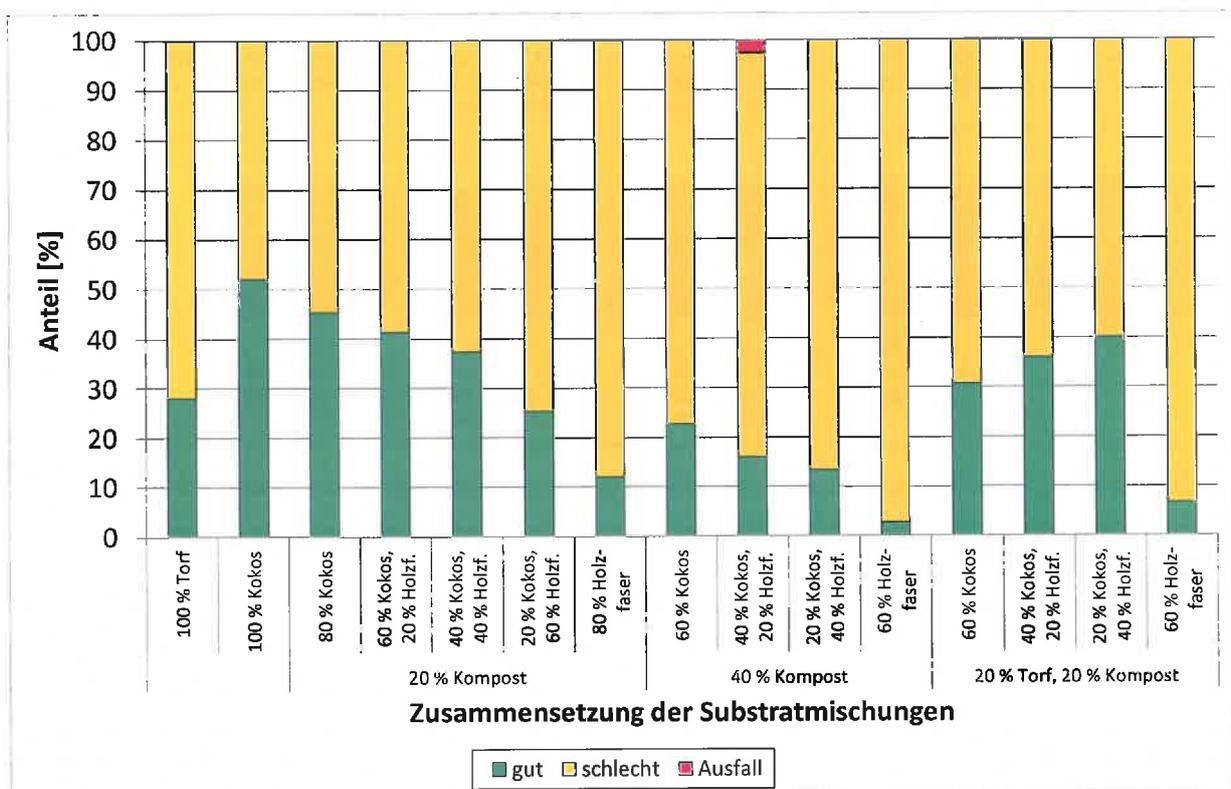


Abbildung 9: Anteil gut und schlecht bewurzelter *Impatiens*-Stecklinge sowie Ausfall in unterschiedlichen Substraten am Ende des Versuches.

Die Auswertung der Petunienvermehrung erfolgte erst acht Wochen nach dem Stecken. Zu diesem Zeitpunkt waren die Stecklinge in dem Kokossubstrat und in dem Torfsubstrat zum überwiegenden Teil (84,0 bzw. 69,3 %) gut bewurzelt. In allen anderen Substratmischungen lag dieser Anteil jedoch nur zwischen 0 und 20 %. Obwohl die Jungpflanzen in der zweiten Kulturhälfte regelmäßig flüssig gedüngt wurden, stellten sich nur die Pflanzen in dem Torf- und in dem Kokossubstrat am Ende mit einem guten optischen Gesamteindruck dar (Abbildung 10). Bei den Pflanzen der anderen Varianten kann es zu deutlichen Verfärbungen des Laubes, die auf einen Nährstoffmangel hinweisen und die mit steigendem Holzfaseranteil im Substrat stärker ausgeprägt waren (Tabelle A - 12).

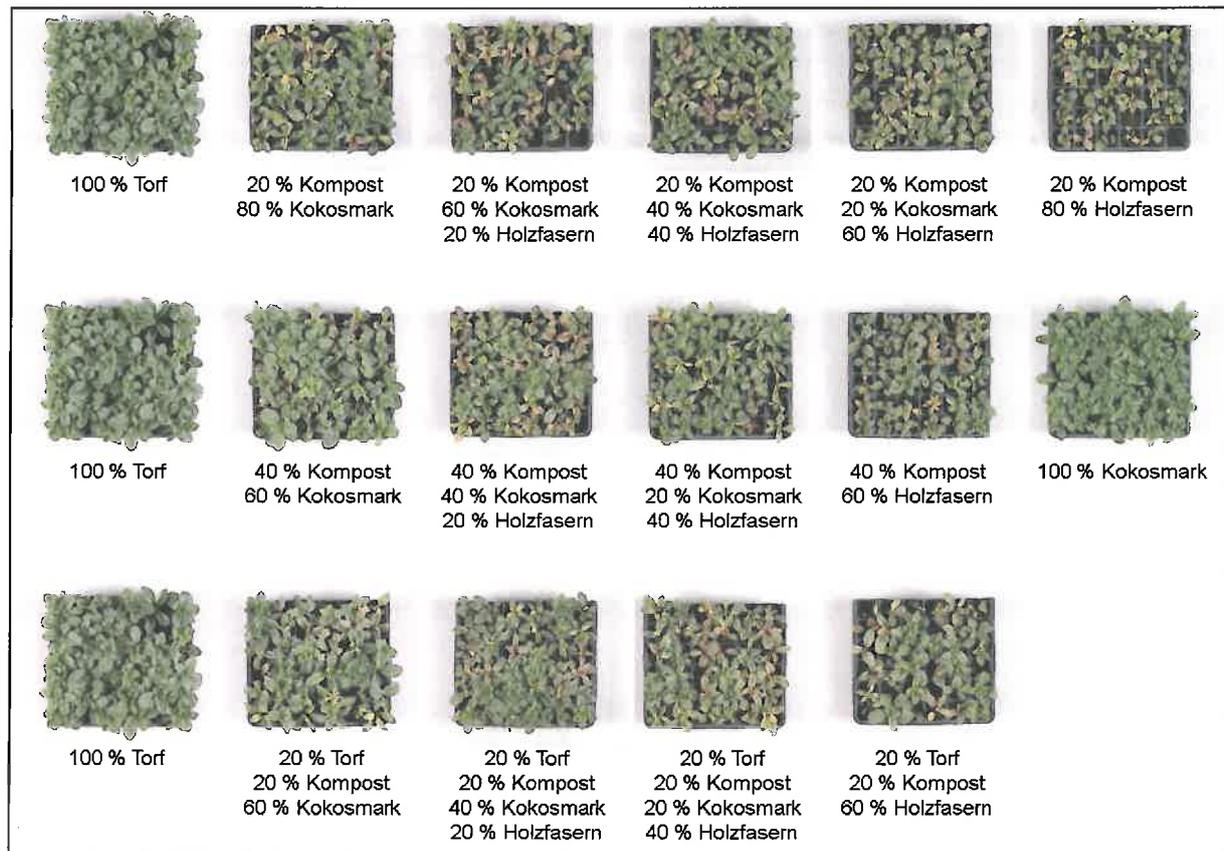


Abbildung 10: Erscheinungsbild der Petunien-Jungpflanzen in unterschiedlichen Substraten am Ende des Versuches.

Bei der generativen Vermehrung konnte kein Einfluss der Substrate auf die Auflauftrate nachgewiesen werden. Diese lag bei *Salvia* zwischen 55,6 und 74,1 %. Bei *Coreopsis* schwankte die Auflauftrate zwar zwischen 7,4 und 48,1 %, ein systematischer Einfluss einzelner Substratausgangsstoffe ist jedoch nicht zu erkennen. Die ermittelten Frischgewichte der Sämlinge sind wegen der zum Teil sehr niedrigen Auflauftraten nur schwer zu interpretieren (Tabelle A - 14 und Tabelle A - 15).

3.3 Ziergehölze

3.3.1 pH-Werte der Substrate

Während der Kultur wurde regelmäßig der pH-Wert der Substrate gemessen, um Veränderungen bezogen auf die Kulturdauer darzustellen. Dabei war der zum Teil sehr starke Anstieg des pH-Werts in einigen torffreien und torfreduzierten Substraten auffällig. Besonders bei *Calluna*, die betriebsüblich überwiegend mit nitratbetonten FertymEGA-Nährsalzen gedüngt wurden, stiegen die pH-Werte um bis zu 1,7 Stufen an (Abbildung 11). Da einige Substrate zu Beginn schon hohe pH-Werte deutlich über dem Zielbereich von 4,0 – 4,5 besaßen, litten die Pflanzen in diesen Varianten unter starken Wachstumsdepressionen.

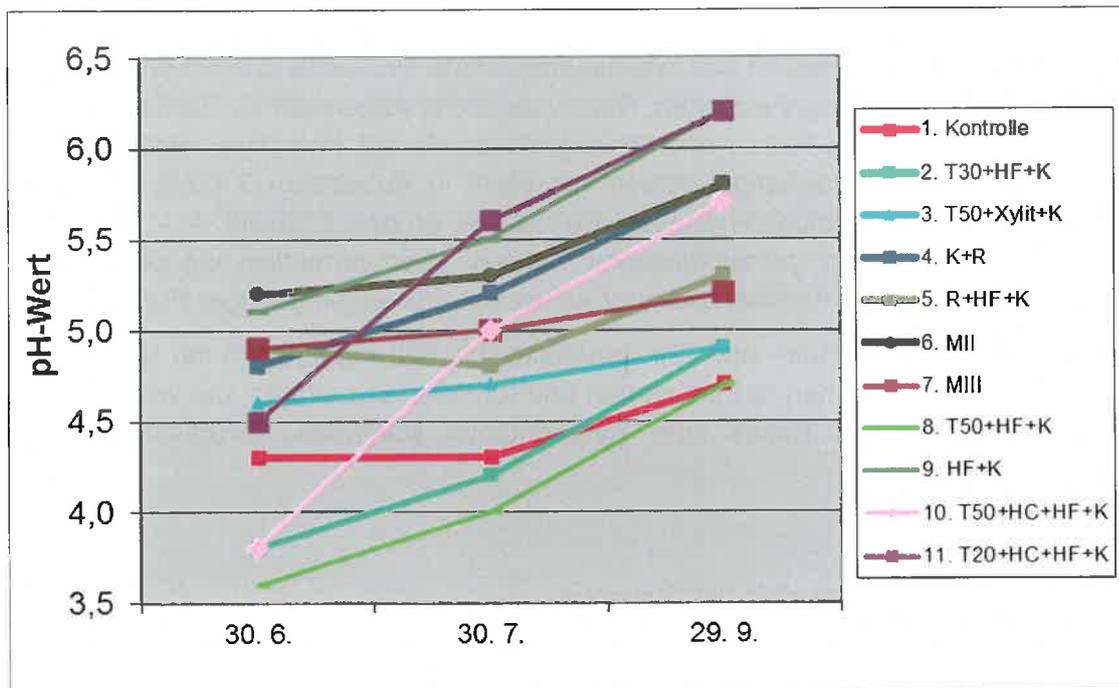


Abbildung 11: pH-Werte (in CaCl₂) in Substraten von *Calluna* zu unterschiedlichen Zeitpunkten, Mischprobe aus allen drei geprüften Sorten

Auch bei *Gaultheria*, die ammoniumbetont gedüngt wurden, war bei manchen torfreduzierten und torffreien Substraten noch ein deutlicher Anstieg der pH-Werte zu beobachten. Mehrere andere torffreie und torfreduzierte Substrate hatten aber pH-Werte in einem Bereich unter 5,0 (Abbildung A - 42 und Abbildung A - 44), der von dieser Kultur gut vertragen wurde.

Bei *Rhododendron*, die zwar mit dem gleichen Wasser gegossen, aber mit einer sehr hohen Menge an Depot- und Langzeitdüngern (6 g pro Liter Substrat) versorgt wurden, blieben die pH-Werte meist in einem günstigen Bereich unter 5,0, so dass die Pflanzen gutes Wachstum zeigten.

Die *Potentilla* wurden, anders als die übrigen Gattungen, nicht mit Gießwasser mittlerer Härte (6,5 °dKH) gegossen, sondern mit sehr weichem Regenwasser (um 2 °dKH). In Kombination mit der eingesetzten Depotdüngung (4 g pro Liter Substrat) führte die geringe Wasserhärte dazu, dass die pH-Werte der meisten Substrate deutlich abfielen. In den torfreduzierten oder torffreien Substraten, deren pH-Werte zunächst hoch gewesen waren, war dieser Effekt günstig, im reinen Torfsubstrat sowie torfreduzierten Substraten mit niedrigen pH-Werten führte das starke Absinken aber auch zu leichten Pflanzenschäden (Chlorosen).

Der stärkste pH-Wert-Anstieg war allgemein in den Substraten aus Torf, Holzchips, Holzfaser und Kokos sowie Kokos und Pinienrinde zu messen.

3.3.2 Nährstoffgehalte der Substrate

Besonders bei *Potentilla* und *Gaultheria* war erkennbar, dass in einem großen Teil der torfreduzierten Substrate zu Beginn der Wachstumsperiode Probleme durch Stickstoff- und vermutlich auch Phosphormangel auftraten. Relativ deutliche Anzeichen für Stickstoffmangel waren in den Substraten mit Kokos und Pinienrinde sowie mit Holzchips, Holzfaser und Kokos zu erkennen. Phosphormangel schien vor allem in Substraten 2 (Torf, Holzfaser, Kokos) und 11 (Torf, Holzchips, Holzfaser, Kokos) zu drohen (Tabelle A - 24ff.). Die Ursachen dafür können nicht genau bestimmt werden, aber vermutlich lag es an einer Festlegung durch biologische Aktivität und/oder Auswaschung wegen geringer Pufferung.

Die recht hohen Kalium-, Natrium- und Chloridgehalte (bis 600 mg K₂O, 75 mg Na und 110 mg Cl pro l Substrat) in manchen torfreduzierten und torffreien Substraten, die vor allem aus Substratausgangsstoffen wie Kokos oder Rindenhumus stammten, verursachten keine erkennbaren Schäden.

3.3.3 Physikalische Eigenschaften der Substrate

Bei *Calluna* wurden die physikalischen Eigenschaften eines Teils der Substrate untersucht. Eine positive Eigenschaft der torffreien und torfreduzierten Substrate war ihre hohe Luftkapazität (Abbildung 12), die der Gesundheit der Wurzeln zuträglich war, aber auf der anderen Seite von einer zum Teil sehr geringen Wasserkapazität begleitet wurde. Auch wenn im Versuch grundsätzlich so bewässert werden sollte, dass auch die Varianten, die zuerst trocken wurden, genug Wasser erhielten, ist nicht auszuschließen, dass die Pflanzen in den Substraten mit besonders niedriger Wasserkapazität zeitweise unter einem gewissen Trockenstress litten. Eine besonders niedrige Wasserkapazität zwischen 50 und 60 Vol. % wurde in den Substraten 5 (Rindenhumus, Holzfaser, Kokos) und 7 (Rindenhumus, Xylit, Holzfaser, Vermiculit u. a.) gemessen (Abbildung 13).

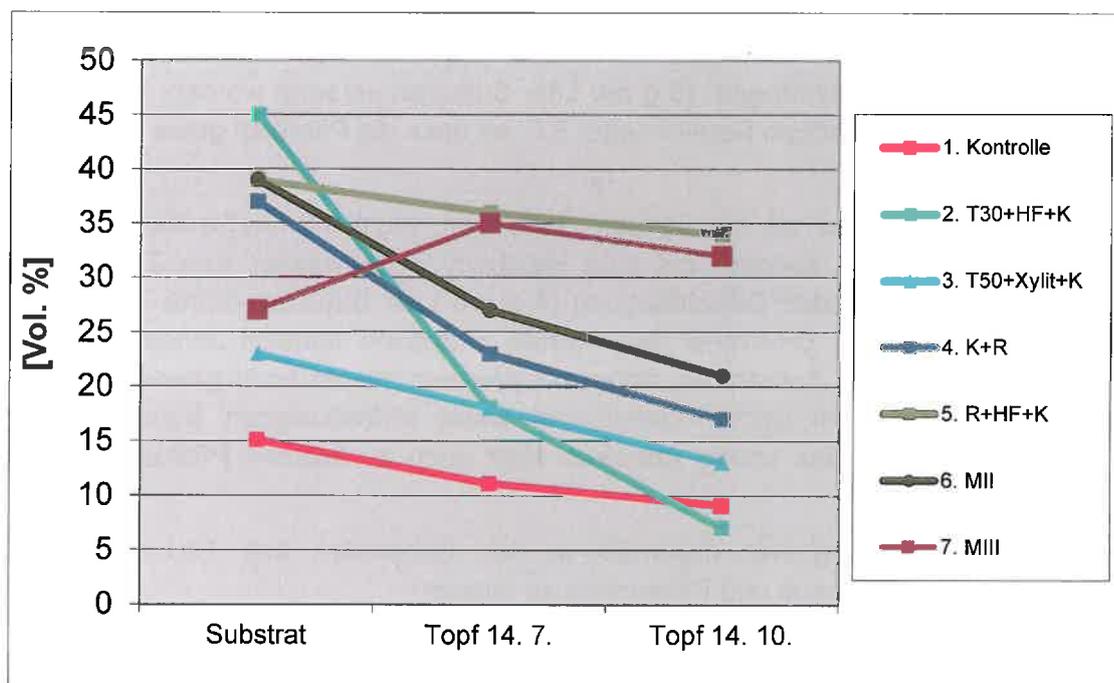


Abbildung 12: Luftporenvolumen von 7 der 11 Ausgangssubstrate sowie in den Topfballen von *Calluna* 'Marleen' zu unterschiedlichen Zeitpunkten

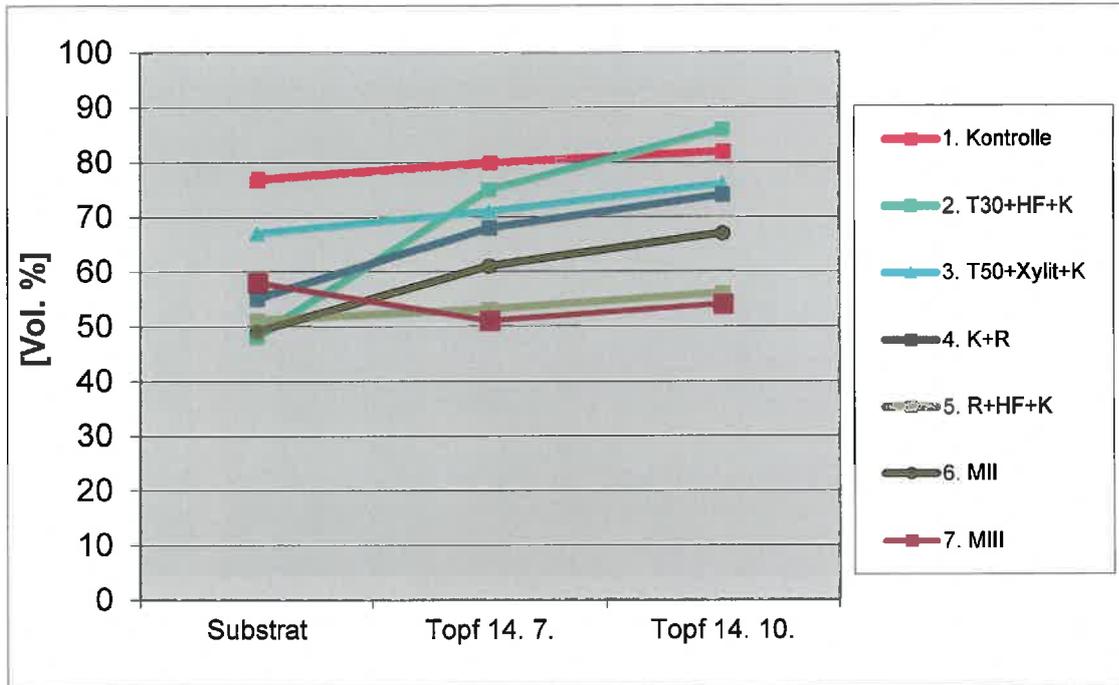


Abbildung 13: Wasserkapazität von 7 der 11 Ausgangssubstrate sowie in den Topfbällen von *Calluna* 'Marleen' zu unterschiedlichen Zeitpunkten

3.3.4 Pflanzenwachstum

Das Wachstum der Pflanzen war unterschiedlich. Während die Pflanzen in den meisten Kontrollvarianten "normal" wuchsen und eine gute Verkaufsqualität (bis auf leichte Chlorosen bei den *Potentilla*) erreichten, traten in den torffreien und torfreduzierten Substraten teilweise deutliche Wachstumsdepressionen auf. Bei *Calluna* waren sie besonders stark und lagen vor allem an zu hohen pH-Werten, bei *Gaultheria* teils an zu hohen pH-Werten und teils an Nährstoffmangel sowie bei *Potentilla* vermutlich hauptsächlich an Nährstoffmangel. Bei den *Rhododendron* und in mehreren Varianten der anderen drei Gattungen war aber mit torfreduzierten und zum Teil auch mit torffreien Substraten ein gutes Wachstum zu verzeichnen, manchmal sogar etwas besser als im reinen Torfsubstrat (Abbildung 14 bis Abbildung 17). Weitere Grafiken zum Pflanzenwachstum finden sich im Anhang für *Rhododendron* Abbildung A – 16 bis A – 22, für *Calluna* Abbildung A – 23 bis A – 37, *Potentilla* Abbildung A – 40 und *Gaultheria* Abbildung A – 43.

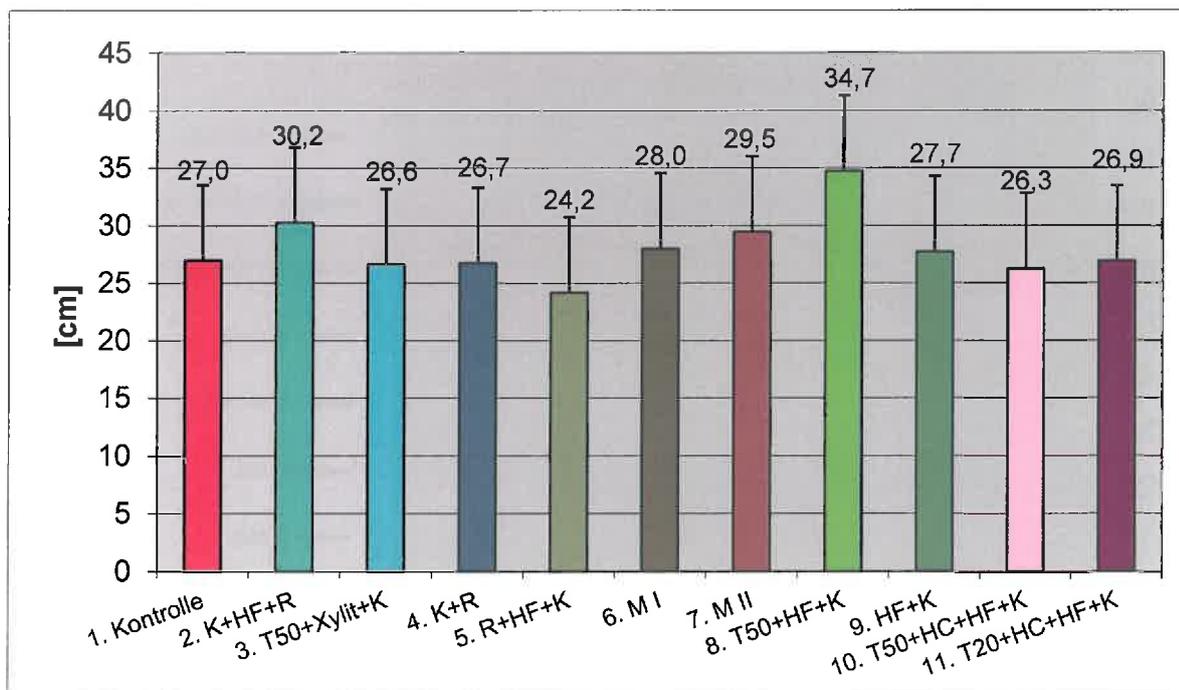


Abbildung 14: Trieblänge von *Rhododendron* 'Catawbiense Grandiflorum' am 20. 10. 2014

GD_{0,05} Tukey-Test = 6,6 cm

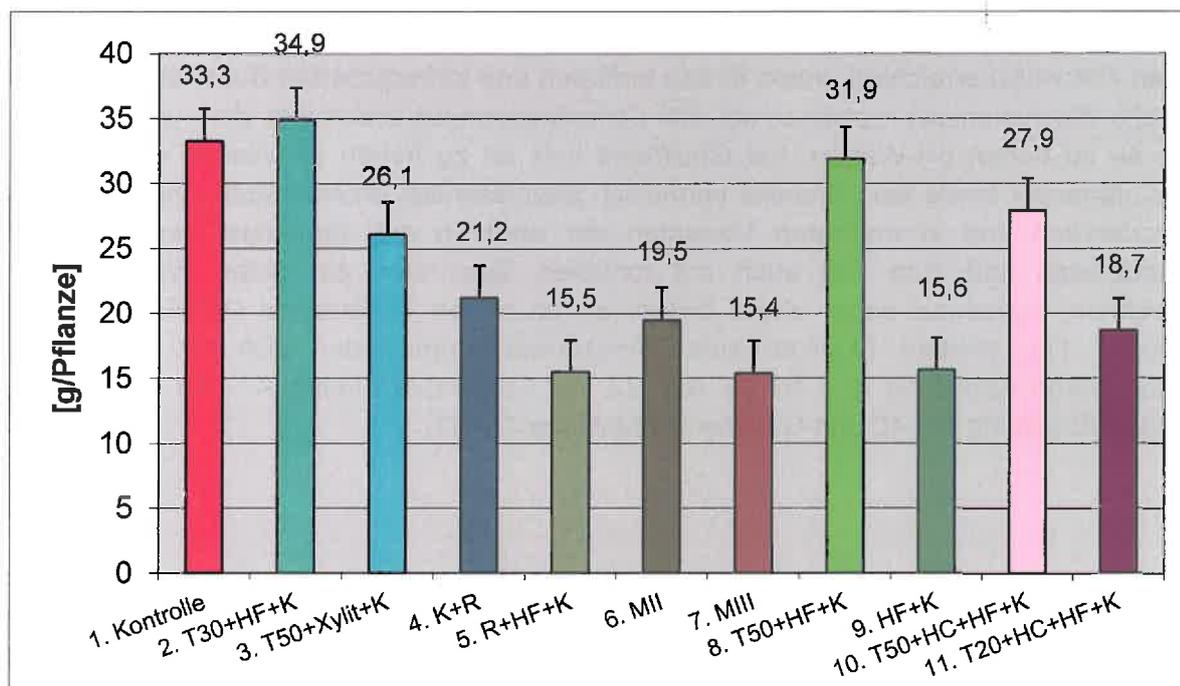


Abbildung 15: Frischgewicht von *Calluna* 'Darkness' am 1. 10. 2014

GD_{0,05} Tukey-Test = 2,5 g pro Pflanze

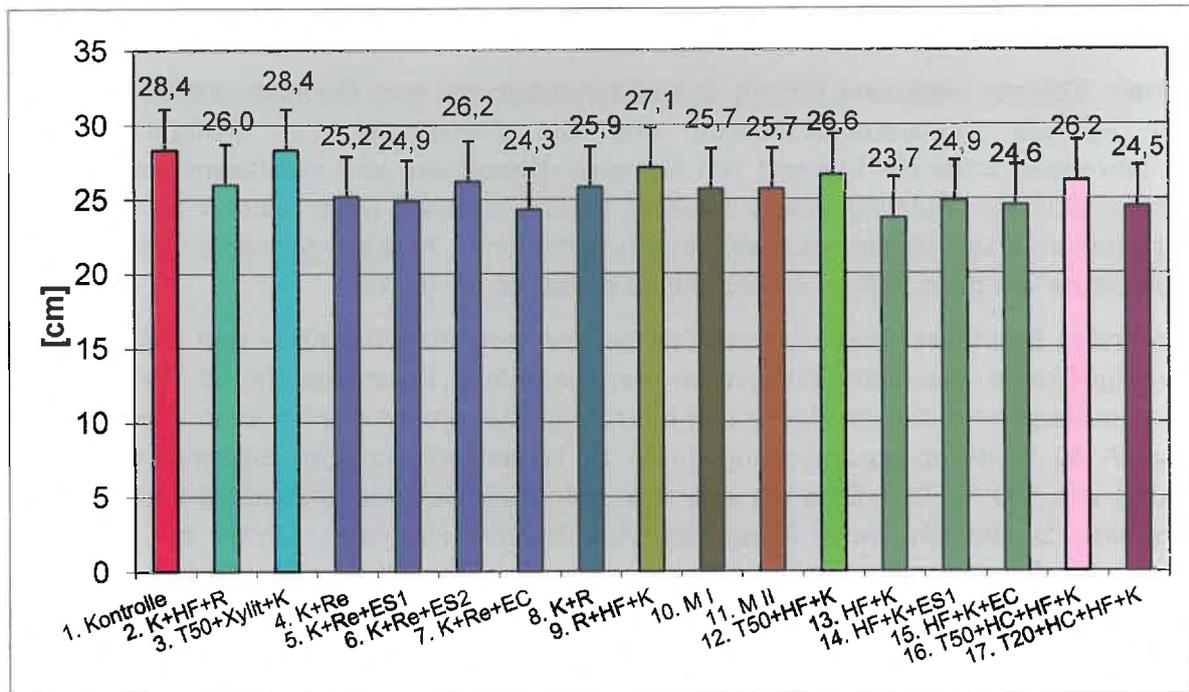


Abbildung 16: Durchmesser von *Potentilla* 'Nuuk' am 9. 10. 2014

GD_{0,05} Tukey-Test = 2,7 cm

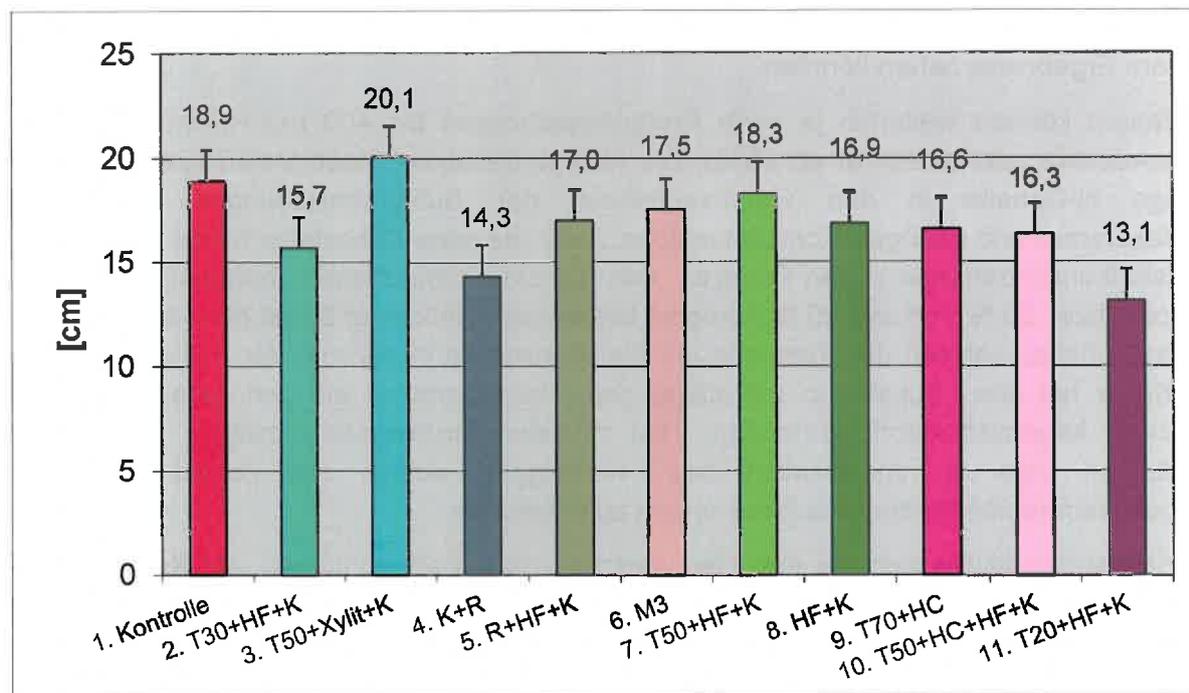


Abbildung 17: Durchmesser von *Gaultheria* am 4. 11. 2014

GD_{0,05} Tukey-Test = 1,5 cm

4 Diskussion

In einem Teil der Versuche für die Jungpflanzenanzucht von Gemüse und Zierpflanzen sowie für die Topfkräuterproduktion und die Weiterkultur von Jungpflanzen im Zierpflanzenbau sollte die Eignung von Kompost, Kokosmark und Holzfasern als mögliche Ersatzstoffe in der Nutzung von Substraten geprüft werden. Dazu wurden die einzelnen Komponenten in verschiedenen systematisch veränderten Anteilen gemischt. Die Mehrzahl der Substrate war ganz torffrei, 4 Mischungen enthielten 20 % Torf.

Diese ersten Ergebnisse zeigen, dass Torf bei den geprüften **Gemüse- und Kräuterarten** ohne signifikante Nachteile hinsichtlich der geprüften Parameter (z. B. Frisch- und Trockenmasse sowie der Blattfläche und Pflanzengröße) ersetzt werden kann. Sowohl 20 % wie auch 40 % Kompostzumischung führte zu keinen schlechteren Ergebnissen als die Nutzung von 100 % Torf. Dies gilt aber nur, wenn als weiterer Bestandteil hauptsächlich Kokosmark zugemischt wird. Steigende Anteile von Holzfaser führen zu signifikant schlechteren Ergebnissen. Leider führen die relativ hohen Standardabweichungen dazu, dass diese Aussagen nur für die hohen Holzbeimischungen signifikant nachgewiesen werden können, aber die Ergebnisse zeigen für alle Parameter und Kulturen konsistente Tendenzen auch bei den mittleren Holzfaseranteilen.

Insbesondere die niedrige Wasserkapazität der Holzfaser von 30-50 Vol.-%, gegenüber 55-85 Vol.-% für Schwarztorf (Gütegemeinschaft Substrate für Pflanzen, 2013), könnte für die schlechten Ergebnisse verantwortlich sein. Aus Zeit- und Kapazitätsgründen konnten für den hier vorliegenden Screeningversuch keine Vorversuche hinsichtlich der optimalen Bewässerungssteuerung durchgeführt werden. In folgenden Versuchen müsste hier geprüft werden, ob insbesondere die Holzfasern mit einem optimierten Bewässerungsmanagement bessere Ergebnisse liefern könnten.

Holzfasern können weiterhin je nach Produktionsprozess bis 400 mg N/l immobilisieren (AMBERGER-OCHSENBAUER et al. 2008). Die Nährstoffanalysen nach Versuchsende zeigen geringe N-Gehalte in den Gemüsepflanzen der Substratmischungen mit hohem Holzfaseranteil und geringen Kompostanteilen. Auch die reine Kokosfaser führte zu geringen Stickstoffkonzentrationen in den Pflanzen, was auf eine Immobilisation hinweist. Wird 40 % Kompost bzw. 20 % Torf und 20 % Kompost beigemischt, ist dieser Effekt nicht zu erkennen. In den Substratanalysen der Versuche mit Zierpflanzen ist in den meisten Fällen am Ende der Kultur bei allen Substraten mit steigendem Holzfaseranteil ein geringerer Gehalt an löslichem Mineralstickstoff vorhanden. Hier müssten Brutversuche zeigen, in welchen Zeiträumen eine N-Immobilisation bzw. N-Freigabe auftritt, um daraus optimierte Düngungsstrategien für einzelne Mischungen zu entwickeln.

Für Kokosmark zeigte sich bei den Gemüsearten, dass Beimischungen von Kompost und Torf bessere Ergebnisse erzielten als die Verwendung von reinem Kokosmark. Hierfür könnten die positiven Wirkungen dieser Bestandteile hinsichtlich Nährstoffversorgung und Wasserkapazität verantwortlich sein.

Bei den geprüften **Zierpflanzenarten** wurden häufig in dem Substrat aus 100 % Kokosmark die besten Ergebnisse hinsichtlich Spross- und Wurzelwachstum erzielt. Auch durch die Kombination mit den anderen Substratausgangsstoffen konnten zum Teil ähnliche Ergebnisse erzielt werden wie in dem Torfsubstrat. Allerdings war hier ebenfalls bei steigendem Holzfaseranteil in der Regel ein schlechteres Wachstum zu beobachten, was auf die Wichtigkeit der Qualität der verwendeten Ausgangsstoffe hinweist. Einzelne Parameter

waren aber bei empfindlichen Kulturen nur in dem Torfsubstrat optimal. So zeigten sich bei der Weiterkultur von *Vinca* nur dort keine Chlorosen und bei der Vermehrung bildeten die Petunienstecklinge in diesem Substrat die mit Abstand höchste Frischmasse. Die Ursachen dafür beziehungsweise die erforderlichen Anpassungen der Substrate wären näher zu untersuchen.

Die Ergebnisse der Versuche mit **Ziergehölzen** in Containerkultur zeigen deutlich die Chancen und Risiken beim Einsatz stark torfreduzierter oder sogar torffreier Substrate für kalkempfindliche Gehölze. Grundsätzlich war die Kultur in stark torfreduzierten oder sogar torffreien Substraten ohne Einbußen bei der Pflanzenqualität durchaus möglich. Allerdings kann nicht nur der eventuell zu hohe pH-Wert solcher Substrate zum Topfzeitpunkt, sondern auch ein schwer vorhersehbarer späterer Anstieg des pH-Wertes Probleme bereiten. Neben diesem für die kalkempfindlichen Gehölze spezifischem Problem, das teilweise durch Verwendung weichen Gießwassers, ammoniumbetonter Flüssigdünger oder Eisendüngung gelöst werden kann, kam im Versuch auch das Problem von Nährstoffmangel durch erhöhte Auswaschung oder mikrobielle Bindung in den Substraten auf. Ihm kann durch zusätzliche Düngung begegnet werden, die aber in der Einwurzelungsphase nur mit Vorsicht verabreicht werden sollte. Probleme durch die erhöhten Kalium-, Natrium- und Chloridgehalte einiger Substrate waren nicht zu erkennen, sind aber bei der Gruppe der kalkempfindlichen Pflanzen möglicherweise weniger gravierend als bei manchen kalkbedürftigen Pflanzen, bei denen Kalium als Calciumantagonist unter Umständen die Calciumaufnahme behindern und dadurch zu induziertem Calciummangel führen kann. Auch die geringe Wasserkapazität einiger torffreier Substrate kann in der Praxis zu Problemen führen, besonders in heißen und trockenen Witterungsperioden.

Es muss angemerkt werden, dass es sich bei den dargestellten Ergebnissen um Daten aus nur einem halben Versuchsjahr handelt, die auch nicht über eine gesamte Anbausaison bzw. Vegetationsperiode hinweg erhoben werden konnten. Um belastbare Ergebnisse veröffentlichen zu können, ist die bisherige Datengrundlage noch zu schwach und muss dringend über weitere Versuche erhärtet werden.

5 Entwicklung und Aufbau einer Datenbank für Literatur

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurde versuchsbegleitend die verfügbare Literatur gesichtet und Kontakt zu Akteuren des Themengebietes „Torfersatzstoffe“ aufgenommen. Bei der Literatur wurde insbesondere ein Augenmerk auf Quellen aus dem Internet gelegt, da diese für Jedermann leicht zugänglich sind. Dabei stellt sich aufgrund der Informationsfülle im Internet das Problem, die passenden Daten bei der Suche zu erhalten.

Ziel war es daher, eine Datenbankstruktur zu entwickeln und aufzubauen, in der relevante Daten leicht auffindbar und gebündelt zur Verfügung gestellt werden können. Diese Datenbank sollte dabei die folgenden Voraussetzungen erfüllen:

1. Um unterschiedliche Akteure aus dem Gartenbau, der Substratbranche sowie dem Handel und der Politik gleichermaßen anzusprechen, sollte die Datenbank auf einer möglichst neutralen Homepage angesiedelt werden.

2. Um eine langfristig wachsende Datenbank zu erschaffen, sollte sie unabhängig von der Finanzierung kurzfristiger Projekte zumindest bestehen und im optimalen Fall auch in Zukunft gepflegt und erweitert werden können.

Während der erste Punkt leicht durch z.B. eine Datenbank auf einer neuen Internetseite zu erfüllen wäre, wird dem zweiten Punkt dadurch nicht genügt. Es wurde daher nach bestehenden Datenbanken Ausschau gehalten. Mit dem Informationsnetzwerk Gartenbau hortigate wurde eine Datenbank gefunden, welche beide genannten Voraussetzungen erfüllt. Die Datenbank auf www.hortigate.de ist im Gartenbausektor bekannt, bei den unterschiedlichen Akteuren akzeptiert und, was von entscheidender Bedeutung ist, sie wird aktiv von den Praktikern genutzt. Zudem sind bereits viele Versuchsberichte und weiterführende Artikel zu Torfersatzstoffen dort veröffentlicht.

Aus diesem Grund wurde mit der Entwicklung eines Portals „Torfersatzstoffe“ auf hortigate begonnen. Dazu wurden zunächst die vorhandenen Artikel gesichtet und aufwändig mit neuen Schlagworten versehen, so dass sie in dem Portal gelistet werden, aber auch jetzt schon bei der Volltextsuche höher gewichtet werden.

Es wurden Vereinbarungen getroffen, dass im Falle einer Veröffentlichung der Ergebnisse die an dieser Datenbank arbeitenden Autoren darauf hingewiesen werden, zukünftige Artikel über relevante Themen entsprechend zu markieren, so dass diese auch im Portal „Torfersatzstoffe“ erscheinen.

Das in Vorbereitung befindliche Portal „Torfersatzstoffe“ ist derzeit noch nicht auf der Homepage freigeschaltet, kann aber mit einem gesonderten Zugang für eine geschlossene Benutzergruppe bereits verwendet werden. Folgende Login-Daten führen zum Portal:

Benutzername: torfersatzstoffe

Passwort: lwknds



Abbildung 18: Anmeldemaske auf hortigate

Im Informationsbereich stehen zwei Auswahlbereiche zur Verfügung (Abbildung 19). Zum einen alle in hortigate bisher schon frei verfügbaren Artikel zum Thema Torfersatzstoffe, die einen Umfang von 249 Beiträgen einnehmen. Zum anderen können „geschützte Dokumente“ eingesehen werden, die in der Regel kostenpflichtig sind und somit nur Abonnenten angezeigt werden. Hier sind derzeit 45 Beiträge gelistet. Insgesamt stehen somit bereits knapp 300 Artikel zur Verfügung, die darüber hinaus noch nach verschiedenen Kategorien gefiltert und aufgelistet werden können (Abbildung 20). Dies erleichtert die Suche nach bestimmten Schwerpunkten und ermöglicht darüber hinaus vergleichende Suchanfragen zu stellen.

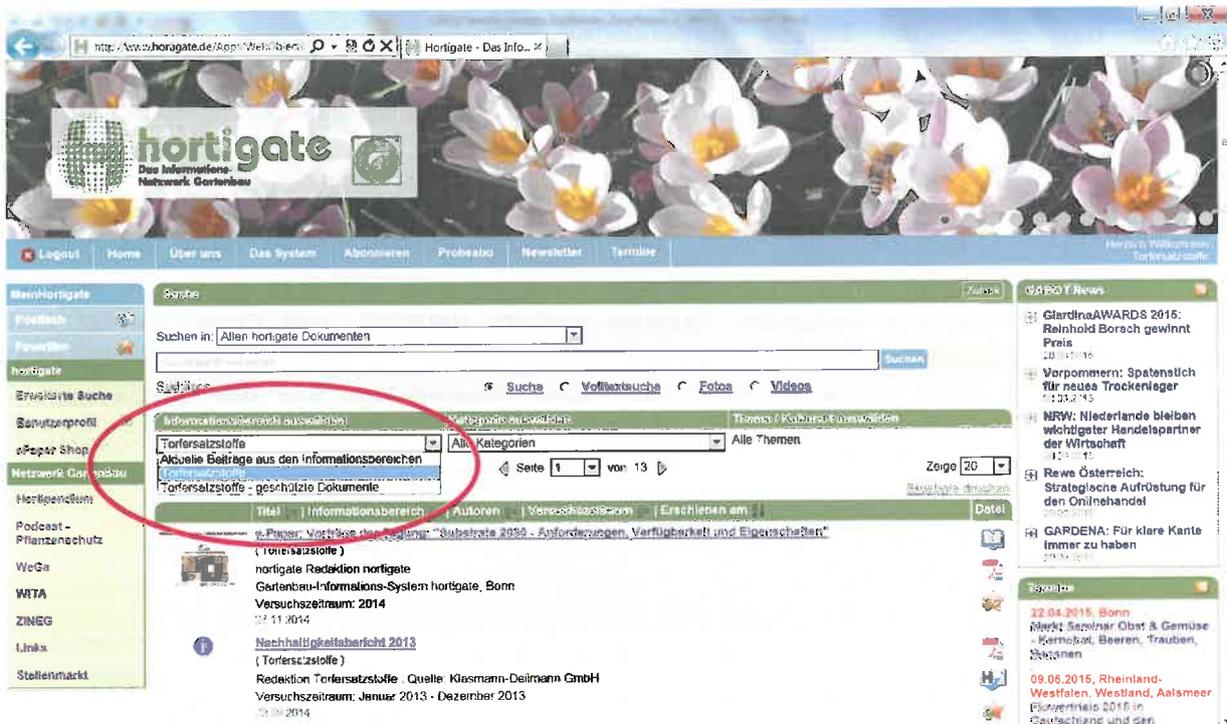


Abbildung 19: Ansicht Portal Torfersatzstoffe – Informationsbereich

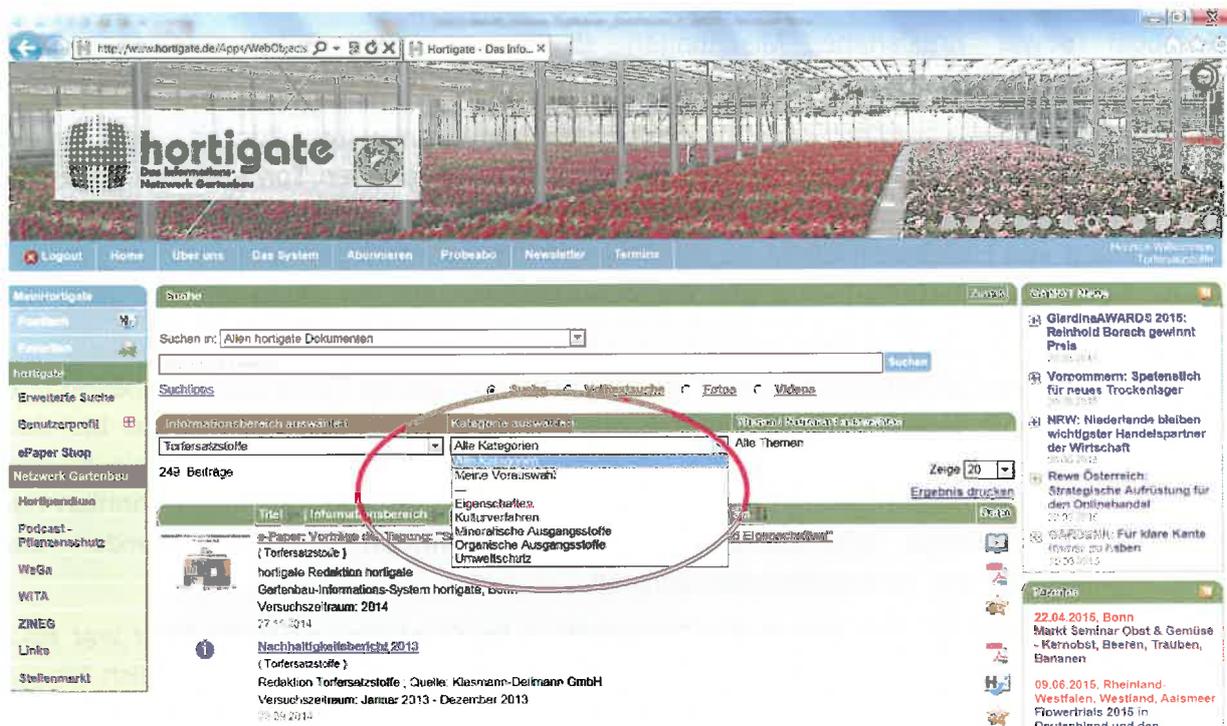


Abbildung 20: Ansicht Portal Torfersatzstoffe – Kategorie auswählen

Neben der Einordnung bereits vorhandener Artikel aus hortigate in das Portal „Torfersatzstoffe“ wurden Institute, Verbände, Substrathersteller etc. kontaktiert, um weitere Informationen zu erhalten. Es konnten bereits zusätzliche Artikel aus diesen neuen Quellen in die Datenbank integriert werden.

Um die Datenbank weiter mit Leben zu füllen, wird als Ergebnis der bisherigen Arbeit die Empfehlung ausgesprochen, das Portal „Torfersatzstoffe“ zeitnah für alle Nutzer und Autoren von hortigate freizuschalten. Ein vorbereiteter Einleitungstext (siehe Anhang 9.2) wird die Nutzer in die Thematik einführen. Autoren werden gebeten, ihre neuen Artikel zum Themenbereich zukünftig entsprechend zu verschlagworten. Auf diese Art und Weise kann das Informationsportal weiter wachsen und neue Erkenntnisse aus der Versuchsarbeit fließen kontinuierlich ein. Darüber hinaus ist es geplant weitere Informationen und Links zu anderen Websites und Quellen zu setzen.

6 Zusammenfassung

Im Rahmen eines durch das Niedersächsische Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz geförderten Projektes wurde die Eignung verschiedener torffreier bzw. stark torf reduzierte Substrate für die Gemüsejungpflanzenanzucht, für die Produktion von Topfkräutern, für die Jungpflanzenanzucht und die Weiterkultur verschiedener Zierpflanzenarten sowie für kalkempfindliche Ziergehölze geprüft. Dabei kamen Eigenmischungen von Torf mit unterschiedlichen Anteilen von Kokos, Holzfasern und Kompost sowie praxisnahe Mischungen direkt von den Substratherstellern mit verschiedenen Bestandteilen zum Einsatz.

Die Kulturergebnisse zeigten, dass für die Anzucht von Gemüsejungpflanzen sowie für die Topfkräuterproduktion der Einsatz von Kompost und Kokosmark den Torf ersetzen kann und eine Beimengung von Torf aus pflanzenbaulicher Sicht nicht zwingend notwendig ist. Die Zumischung von Holzfasern führte zu schlechteren Wachstumsergebnissen und zeigte sich in der Kultur als schwierig hinsichtlich der Bewässerung und der Stickstoffversorgung der Pflanzen.

Bei der Kultur von Zierpflanzen wurden im Vergleich zum reinen Torfsubstrat insbesondere in Substraten mit hohem Kokosmarkanteil gute Ergebnisse erzielt. Ähnlich wie bei den Gemüsepflanzen führte auch hier die Zumischung von Holzfasern zu schlechterem Wachstum. Insbesondere bei den empfindlichen Pflanzenarten wie z.B. *Vinca* konnten nur im reinen Torfsubstrat optimale Ergebnisse erzielt werden, was die Grenzen der Leistungsfähigkeit von Torfersatzstoffen aufzeigt.

Dieses wurde auch bei der Kultur von Ziergehölzen im Container deutlich. Zwar war eine Produktion in torf reduzierten und zum Teil sogar torffreien Substraten grundsätzlich für die geprüften Pflanzenarten ohne größere Qualitätseinbußen möglich, allerdings traten aufgrund der ansteigenden pH-Werte Wachstumsdepressionen bei *Calluna* und *Gaultheria* auf. Neben den pH-Wert-Veränderungen zeigten sich ebenfalls Einschränkungen vermutlich durch Nährstoff festlegungen oder die geringe Wasserkapazität einiger torffreier und stark torf reduzierter Substrate.

Bei den Ergebnissen muss berücksichtigt werden, dass diese nur in einem Halbjahr, also nicht über die gesamte Vegetationsperiode und Anbausaison, erarbeitet wurden. Aus diesem Grund können hier nur erste Tendenzen festgestellt werden. Um belastbare Ergebnisse veröffentlichen zu können, ist die bisherige Datengrundlage noch zu schwach.

7 Ansätze für weitere Arbeiten

In der vorliegenden Arbeit konnten nur einige schon in der Praxis genutzte Torfersatzstoffe sowie Substratmischungen getestet werden. Auf dem Markt sind allerdings noch weitere Materialien verfügbar. So sollten in weitergehenden Untersuchungen organische Substrate wie z. B. Rindenumus, Reisspelzen und Biokohle sowie die Silikate Perlite und Vermiculite eingebaut werden. Darüber hinaus könnten neu einzuführende Materialien (u.a. Sphagnum, Pflanzenfaserreststoffe), die z.B. im Rahmen eines durch das Kompetenzzentrum 3N geplanten Projektes zur nachhaltigen Landwirtschaft erarbeitet werden oder aus Paludikulturen stammen, in einem Screening getestet werden.

Wie in den bisherigen Versuchen, sollten dabei parallel sowohl „Eigenmischungen“ aus Einzelbestandteilen als auch „praxisnahe Substratmischungen“ der Substrathersteller geprüft werden. Dies bietet den Vorteil bei Eigenmischungen alle Bestandteile genau zu kennen, ihre Wechselwirkungen zu ermitteln und damit konkrete Hinweise für die Kulturbedingungen zu bekommen. Praxisnahe Mischungen zeigen hingegen die Leistungsfähigkeit und Einsetzbarkeit der Substrate in bestehenden Kultursystemen auf und berücksichtigen dabei schon die Erfahrungen und Kenntnisse der Substrathersteller.

Zur genauen Interpretation der Potenziale und Grenzen der Substrate sind diese in den verschiedenen Mischungsverhältnissen intensiv physikalisch, chemisch aber auch biologisch zu untersuchen. Hier kommt es insbesondere auf pH-Werte, Salzgehalte, Wasserhaltevermögen und die Auswirkungen auf den Nährstoffhaushalt (insbesondere Stickstoff) an. Hierzu sind z. B. entsprechende Brutversuche anzulegen. Diese Analysen der verschiedenen Mischungen sind von entscheidender Bedeutung, da sich durch Wechselwirkungen zwischen den Einzelbestandteilen physikalische, chemische und auch biologische Veränderungen ergeben können, die sich durch die Betrachtung der einzelnen Stoffe allein nicht vorausberechnen lassen. So kam es in den jetzt durchgeführten Versuchen nur bei der Kombination von Kompost und Holzfasern zur Entwicklung von störenden Hutpilzen während der Kultur (Abbildung 21).



Abbildung 21: Hutpilze in einem Substrat mit Kompost und Holzfasern

Im Gemüsebau entsteht der überwiegende Substratbedarf in der Jungpflanzenanzucht. Diese Anzucht teilt sich auf in die Produktion großer Jungpflanzen, die in Töpfen kultiviert werden (ca. 1 L, z.B. Tomate, Gewächshausgurke), und den anderen Gemüsearten, die in Erdpresstöpfen (Einzelvolumen um die 60 cm³), oder in sogenannten Kleintopfsystemen angezogen werden (Einzelvolumen um die 10 cm³). Jedes dieser Volumina stellt unterschiedliche Ansprüche an das Substrat. Somit ist hier die Eignung einzelner Substratmischungen für die entsprechenden Volumina zu prüfen. Im Zierpflanzenbau hat die Jungpflanzenproduktion hinsichtlich der verbrauchten Substratmenge im Verhältnis zur gesamten Sparte nur eine untergeordnete Rolle. Sie erlangt aber dennoch eine hohe Bedeutung, da auch hier die einzelnen Pflanzen in kleinsten Substratvolumina heranwachsen und somit wenig Substrat ein sehr hohes wirtschaftliches Schadpotential birgt.

Bei den wirtschaftlich relevanten Topfkräutern existiert diese Volumenproblematik nicht. Die Versuche können einen entsprechend geringeren Umfang haben. Allerdings ist hier die Stabilität der Qualität in der Vermarktungskette und beim Verbraucher ein wichtiger Aspekt. Kräuter in Töpfen werden gekauft, da sie auch über einen längeren Zeitraum dem Verbraucher ein frisches Produkt liefern sollen. Es kommt also darauf an, wie lange das Substrat Nährstoffe nachliefern kann und wie einfach das Produkt vom Kunden zu pflegen ist (Bewässerung). Im Zierpflanzenbau wurde in vielen Versuchen bereits die mögliche Produktion verschiedener Pflanzenarten in stark torf reduzierten Substraten nachgewiesen. In weiteren Untersuchungen wäre somit eher zu prüfen, wie bestimmte (empfindliche) Kulturen mit den besonderen Eigenschaften bestimmter torf reduzierter oder torffreier Substrate zurechtkommen.

Interessant wäre darüber hinaus eine Zusammenarbeit mit Pilzanbaubetrieben. Hier wird Torf als Deckschicht verwendet. Es wäre zu prüfen, ob die Funktion dieser Deckschicht nicht von anderen Materialien übernommen werden kann. Auf Grund der sehr speziellen Kultursysteme im Pilzanbau müssten diese Versuche allerdings direkt in den Produktionsbetrieben durchgeführt werden.

In Baumschulkulturen müssen weitere Erfahrungen mit stark torf reduzierten und torffreien Substraten gesammelt werden, um die Kultursicherheit für Ziergehölze zu verbessern und dadurch auch ihre Akzeptanz beim Pflanzenkultivateur zu erhöhen. Weitere Versuche sind daher dringend nötig, in denen einerseits Maßnahmen gegen den pH-Wert-Anstieg untersucht werden und andererseits weitere Kulturen getestet werden: zum Beispiel natriumempfindliche Pflanzen wie *Prunus laurocerasus*, salzempfindliche wie *Hypericum* oder Pflanzen, die im Verdacht stehen, gegen hohe Kaliumversorgung empfindlich zu sein, wie zum Beispiel *Thuja 'Smaragd'*. Außerdem sollte untersucht werden, ob mit einer erhöhten Nährstoffauswaschung aus torf reduzierten oder torffreien Substraten zu rechnen ist, die die Umwelt belasten würde. Ähnlich wie bei den Topfkräutern spielt auch bei den Ziergehölzen die „Haltbarkeit“ der Pflanzen im Handel und Endverkauf eine entscheidende Rolle, so dass u.a. die Wasserhaltekapazität genau geprüft werden sollte.

Begleitend zu den praktischen Untersuchungen sollte an dem weiteren Ausbau der Internetdatenbank gearbeitet werden. Es besteht Handlungsbedarf, die Nutzung der Plattform in Forschung und Praxis zu bewerben und alle Akteure aus dem Themenfeld zur Teilnahme zu animieren. Darüber hinaus sollten bereits vorbereitete Schritte umgesetzt werden, wie z.B. eine Verlinkung mit der Seite des Industrieverband Garten e.V. www.warum-torf.info und anderen. Des Weiteren könnten sinnvolle Synergien beispielsweise

mit dem neu zu gründenden „Forum Torfersatzstoffe“ geschaffen werden. Erfahrungen und Kenntnisse der Teilnehmer sowie Ergebnisse dieser Diskussionsplattform sollten in die Datenbank einfließen. In diesem Zusammenhang ist es unerlässlich, nach weiteren Daten zur mengenmäßigen Verfügbarkeit der eingesetzten Materialien und Rohstoffe zu recherchieren und Informationen zur Bewertung der Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit der Ersatzstoffe im Vergleich zu Torf zu erarbeiten. Nur so ist eine umfassende Bewertung der Materialien vorzunehmen.

In einer sich anschließenden Praxisphase könnten die Ergebnisse mit ausgewählten Torfersatzstoffen und Mischungen in Gartenbaubetrieben evaluiert werden. Dieser Schritt sollte eng durch die Beratung begleitet werden, um entsprechende Anbauempfehlungen zu erarbeiten.

Aus diesen Ausführungen lassen sich verschiedene Arbeitspakete ableiten:

AP1: Physikalische, chemische und (mikro-)biologische Untersuchung der Ausgangssubstrate und der Mischungen. Im Sinne der Qualitätssicherung und des Verbraucherschutzes wäre es sinnvoll, die Auswirkung der Kombination verschiedener Ausgangsstoffe auf die entsprechenden Eigenschaften des fertigen Substrates näher zu prüfen. Dabei müssten die (mikro-)biologischen Parameter einen Schwerpunkt bilden, da diese bei der Verwendung insbesondere stark belebter oder potentiell leicht abbaubarer Stoffe eine besondere Bedeutung bekommen. Mit Hilfe entsprechender Methoden wie z. B. Brutversuchen oder Sauerstoffverbrauchsmessungen könnten Qualitätsanforderungen definiert werden.

AP2: Jungpflanzenproduktion. Prüfung unterschiedlicher Mischungen bei wirtschaftlich relevanten Gemüse- (Gurke/Tomate, Kohl, Salat) und Zierpflanzenarten (z. B. Poinsettien, Pelargonien, Petunien, Impatiens). Ein spezieller Focus läge hier auf den unterschiedlichen Einzeltopfvolumina und den verschiedenen Vermehrungssystemen (z. B. Presstopf, Vliestopf).

AP3: Topfkräuter- und Zierpflanzenproduktion. Prüfung unterschiedlicher Mischungen bei wirtschaftlich relevanten Topfkräuter- und Zierpflanzenkulturen. Ein spezieller Focus läge hier auf der Haltbarkeit und der Pflege in der Vermarktungskette und beim Verbraucher. Bei Zierpflanzen wären die Grenzen des Torfersatzes bei empfindlichen Arten zu prüfen.

AP4: Baumschulgehölze in Containern. Prüfung unterschiedlicher Mischungen bei wirtschaftlich relevanten Ziergehölzen. Substrate sollen hinsichtlich hoher pH-Werte, hohen Kaliumgehalten (→Calciummangel), hohen Natriumgehalten und allgemein "Salzstress" bei potentiell empfindlichen Arten auf ihre Eignung geprüft werden. Mögliche Kulturmaßnahmen zur Vermeidung der Schäden (pH-Wert-Absenkung, Spurenelementernährung, Calciumernährung, Düngestrategien) sollen geprüft werden. Neben der Entwicklung der Pflanzen während der Kultur soll auch eine Nachbetrachtung zur Haltbarkeit und der Pflege in der Vermarktungskette und beim Verbraucher berücksichtigt werden. Aus Gründen des Umweltschutzes soll auch die Nährstoffauswaschung aus den Töpfen durch überschüssiges Gieß- und Niederschlagswasser untersucht werden.

AP5: Pilzanbau. Untersuchungen zu den bisherigen Wirkungsmechanismen der Torfdeckschicht im Pilzanbau. Prüfung einzelner Substrate auf Eignung als Ersatzsubstrat.

AP6: Praxisphase. Im Rahmen einer Praxisphase sollen in ausgewählten Baumschul-, Zierpflanzenbau- und Gemüsebetrieben torf reduzierte Substrate bei der Kultur von wirtschaftlich bedeutenden Pflanzenarten eingesetzt und getestet werden. Dabei sollen torf reduzierte Substratmischungen bei verschiedenen, bisher auf Torf basierenden Kultursystemen (z.B. Containerkultur unter Gießwagen oder Kreisregnerbewässerung, Zierpflanzen- und Kräuter mit Ebbe-Flut-Bewässerung, Gemüsejungpflanzen und andere) geprüft und notwendige Anpassungen des Kulturverfahrens an das Substrat aufgezeigt werden. Möglichkeiten und Grenzen müssen sowohl in der Vermehrung als auch in der Weiterkultur zur Fertigware in Praxisbetrieben ausgelotet werden. Insbesondere für Ziergehölze im Container müssen die langen Standzeiten berücksichtigt werden. Die Versuche sollen in enger Kooperation mit der Offizial- und Ringberatung durchgeführt werden. Somit können die Erkenntnisse aus den vorangegangenen Versuchen in die Praxisphase einfließen und um die dort gewonnenen Erfahrungen ergänzt werden. Es sollen Anbauempfehlungen entwickelt und im Rahmen der Betriebsbetreuung durch die Berater an weitere Praxisbetriebe weitergegeben werden. Entsprechende Schulungen für Betriebe, aber auch Informationen für Substrathersteller, den Handel und Endverbraucher sollen erarbeitet werden. Die Einbindung von Betrieben und Beratung in das Projekt ist eine wichtige Voraussetzung für die Akzeptanz neuer Entwicklungen durch die Praxis.

AP7: Freischaltung und Ausbau der vorbereiteten Internetdatenbank auf hortigate. Der Focus läge hier auf der Erweiterung des Nutzerkreises und des Informationsangebotes (aktuelle Versuchsberichte, Verlinkungen zu anderen Websites). Vorgeschlagen wird eine enge Verknüpfung mit dem Forum Torfersatzstoffe.

AP8: Datenrecherche und Bewertung der Substratausgangsstoffe. Informationen zur langfristigen und mengenmäßigen Verfügbarkeit der Materialien und Rohstoffe. Darüber hinaus Untersuchung der Einzelkomponenten hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit und Umweltwirkungen bei Produktion, Aufbereitung, Transport und Verwertung. Wünschenswert wäre es, dabei eine ganzheitliche Betrachtung anzustreben, die auch die wirtschaftlichen, technischen und sozialen Aspekte einbezieht. Diese Daten müssen anschließend in die Gesamtbewertung der Torfalternativen einfließen und können zu einem späteren Zeitpunkt für die Erstellung von Ökobilanzen genutzt werden.

8 Literaturverzeichnis

AMBERGER-OCHSENBAUER S., ANNESER K., BUCHER A., JAUCH M., LOHR D., NEUMAIER D. (2007): Substratkomponenten. Informationsdienst Weihenstephan. Hrsg. Staatliche Forschungsanstalt für Gartenbau Weihenstephan.

CARLILE, W. R. (2008): The use of composted materials in growing media Acta Horticulturae 779, 321-328.

Gütegemeinschaft für Substrate für Pflanzen e.V. 2013. Güterkriterien Torf.

<http://www.substrate-ev.org/guetekriterien/substratausgangsstoffe/torf.html> (Zugriff 18.02.15)

WADDINGTON, J. M.; PLACH, J.; CAGAMPAN, J. P.; LUCCHESI, M.; STRACK, M. (2009): Reducing the Carbon Footprint of Canadian Peat Extraction and Restoration. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 38 (4), 194–200.

9 Anhang

9.1 Tabellen und Abbildungen

Tabelle A - 1: Mischungstabellen 2. Versuchsdurchgang Gemüse und Vermehrung Zierpflanzen

Substrat- nummer	Vol.-Gew. [g/l]	pH-Wert (CaCl ₂)	Nährstoffgehalte [mg/l Substrat]					Salz [g/l]
			NH ₄ - N	NO ₃ -N	Ges. N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
1	320	5,7	86	42	128	122	125	0,77
2	410	6,1	82	45	127	45	230	0,79
3	580	5,9	17	151	168	128	464	1,11
4	560	6,0	6	157	163	118	414	1,11
5	480	6,1	5	149	154	125	547	1,11
6	410	6,2	4	135	139	127	541	1,15
7	290	6,4	6	128	134	151	452	1,09
8	650	6,2	7	143	150	188	754	1,40
9	590	6,3	6	165	171	183	761	1,48
10	510	6,5	5	153	158	168	750	1,42
11	380	6,4	4	137	141	148	768	1,42
12	500	5,9	10	150	160	90	445	1,17
13	450	5,6	5	140	145	90	419	1,06
14	450	5,9	5	135	140	103	495	1,01
15	360	6,1	4	140	144	119	554	1,41

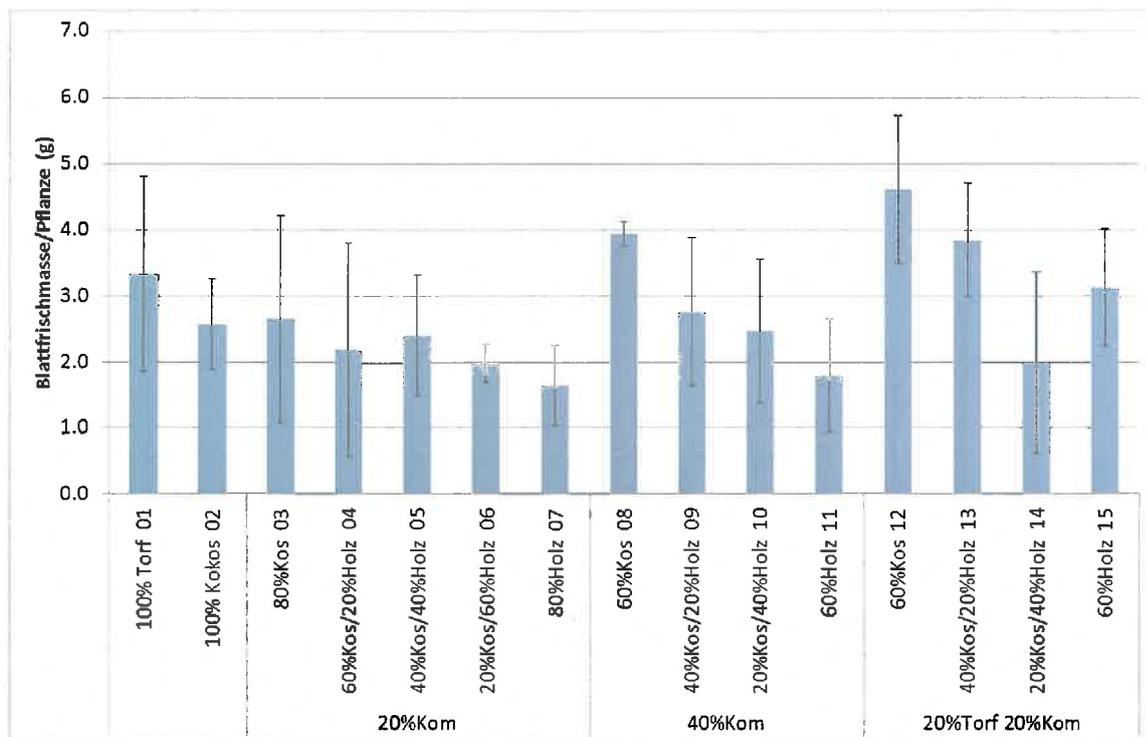


Abbildung A - 1: Blattfrischmasse pro Pflanze für Chinakohl bei Anzucht in unterschiedlichen Substratmischungen. Die Balken stellen die Standardabweichung dar.

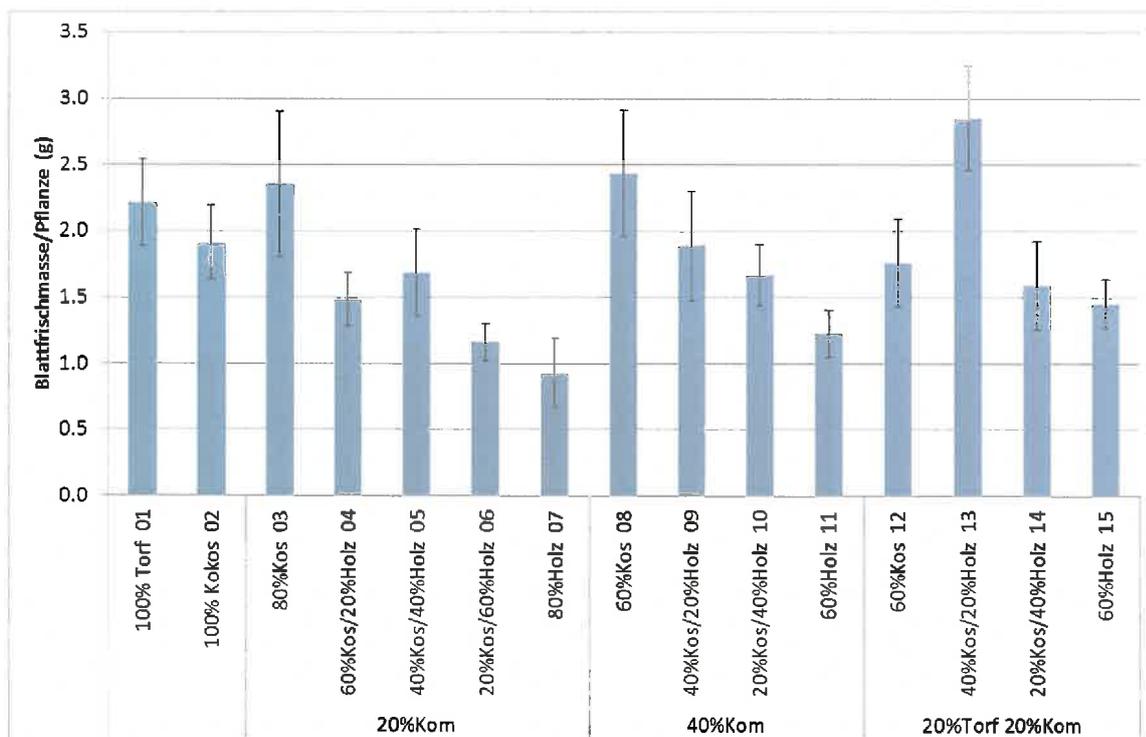


Abbildung A - 2: Blattfrischmasse pro Pflanze für Weißkohl bei Anzucht in unterschiedlichen Substratmischungen. Die Balken stellen die Standardabweichung dar.

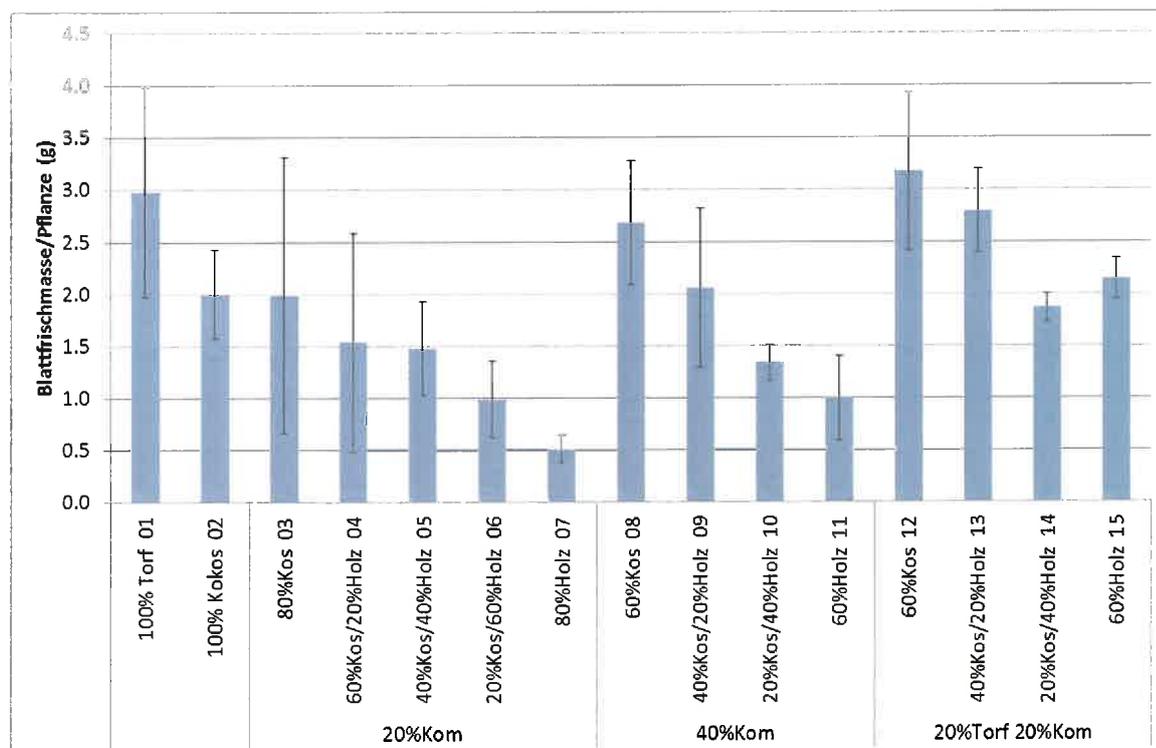


Abbildung A - 3: Blattfrischmasse pro Pflanze für Kopfsalat bei Anzucht in unterschiedlichen Substratmischungen. Die Balken stellen die Standardabweichung dar.

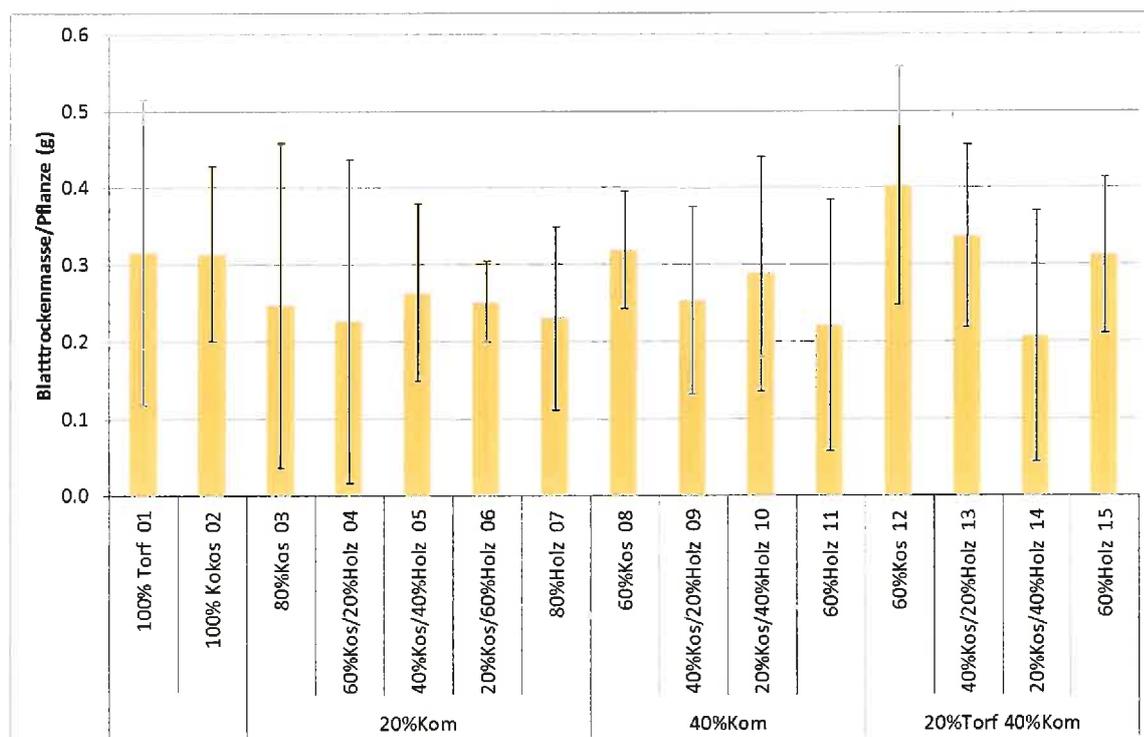


Abbildung A - 4: Blatttrockenmasse pro Pflanze für Chinakohl bei Anzucht in unterschiedlichen Substratmischungen. Die Balken stellen die Standardabweichung dar.

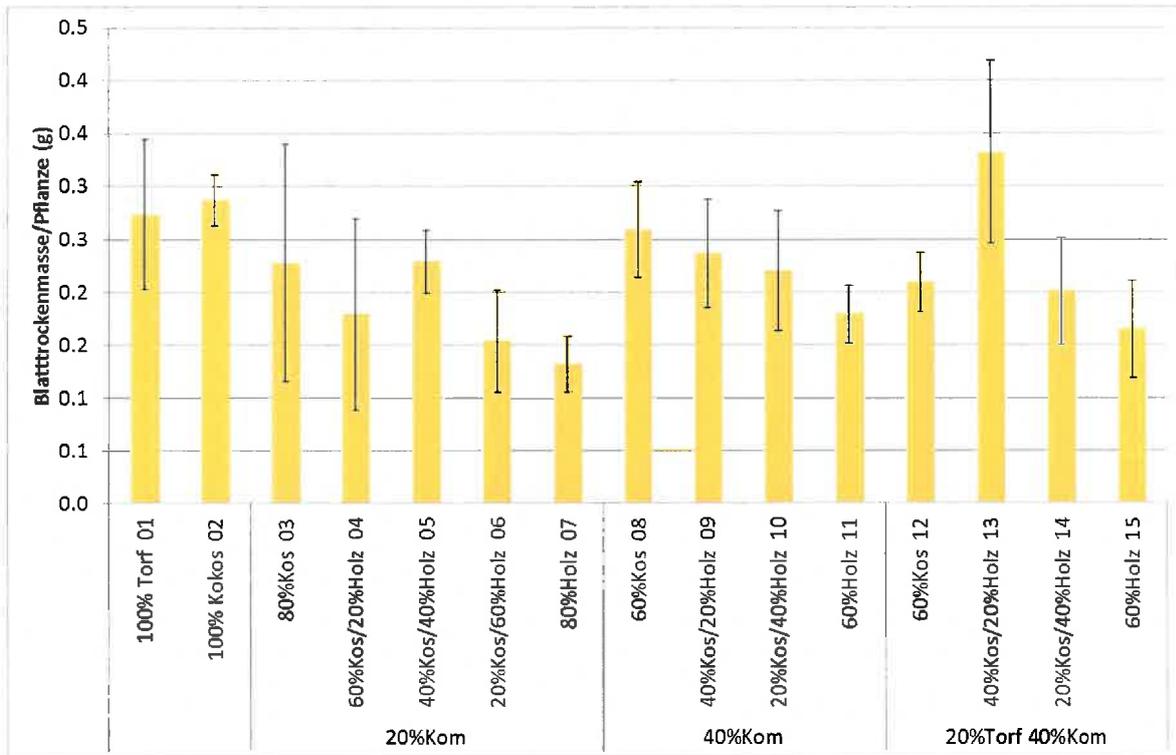


Abbildung A - 5: Blatttrockenmasse pro Pflanze für Weißkohl bei Anzucht in unterschiedlichen Substratmischungen. Die Balken stellen die Standardabweichung dar.

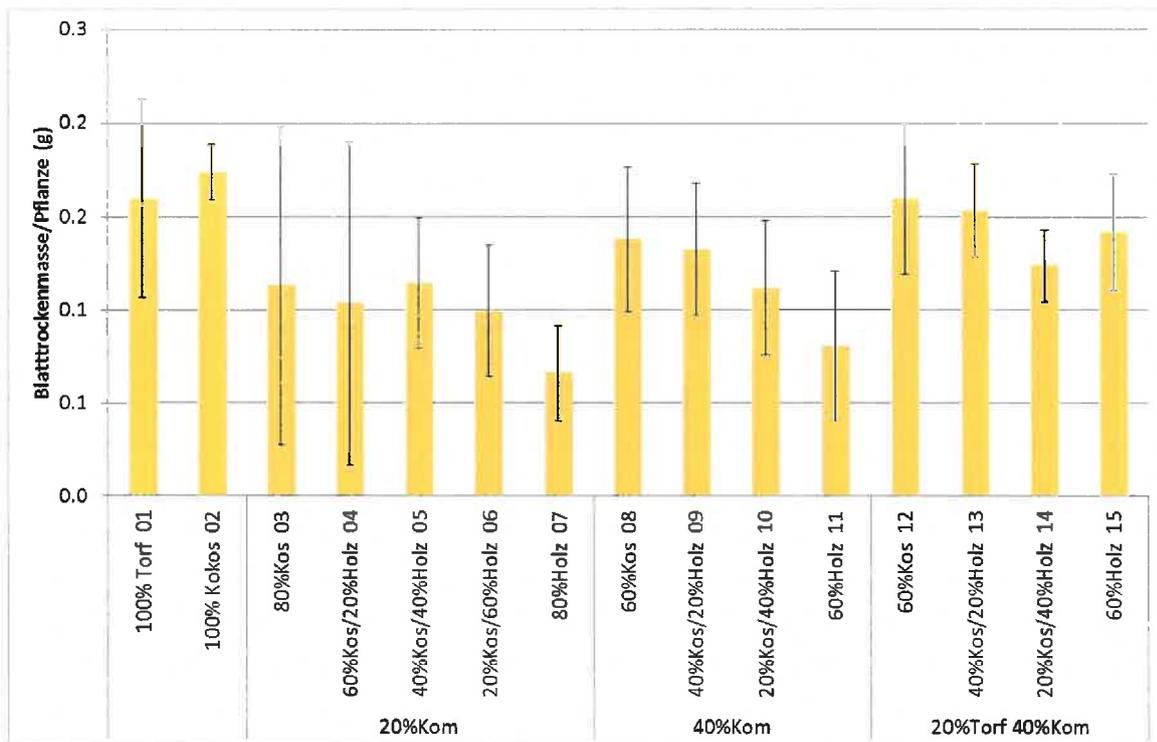


Abbildung A - 6: Blatttrockenmasse pro Pflanze für Kopfsalat bei Anzucht in unterschiedlichen Substratmischungen. Die Balken stellen die Standardabweichung dar.

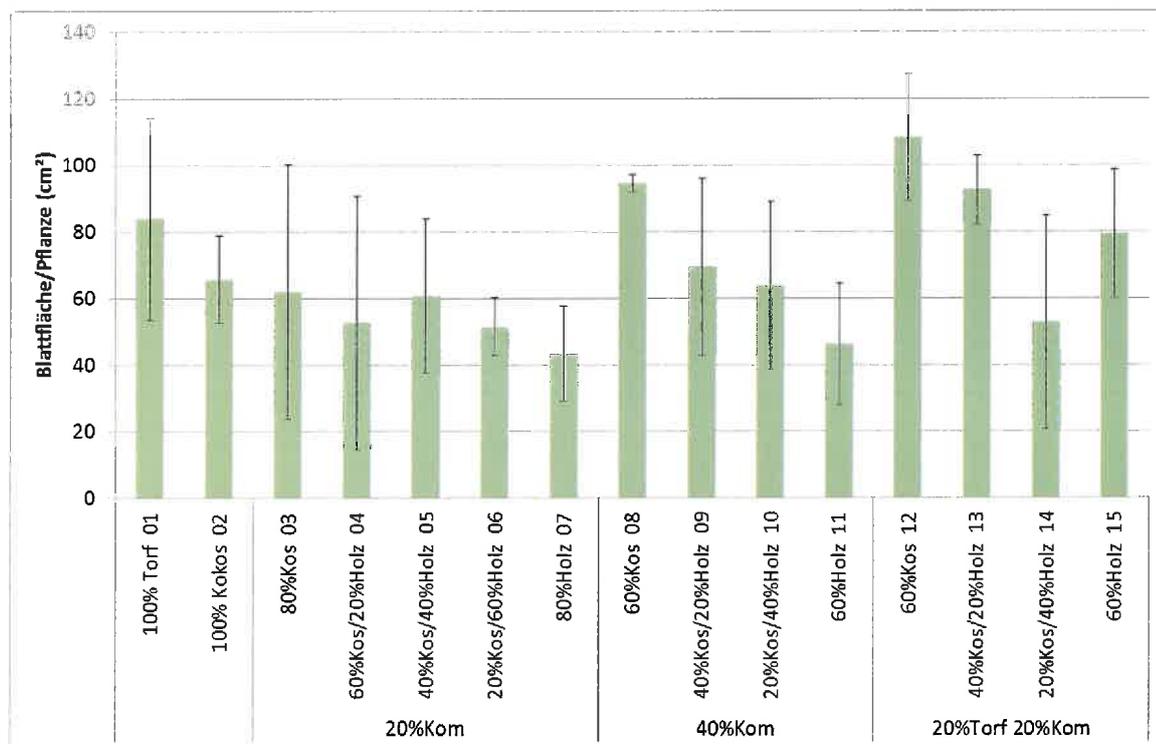


Abbildung A - 7: Blattfläche pro Pflanze für Chinakohl bei Anzucht in unterschiedlichen Substratmischungen. Die Balken stellen die Standardabweichung dar.

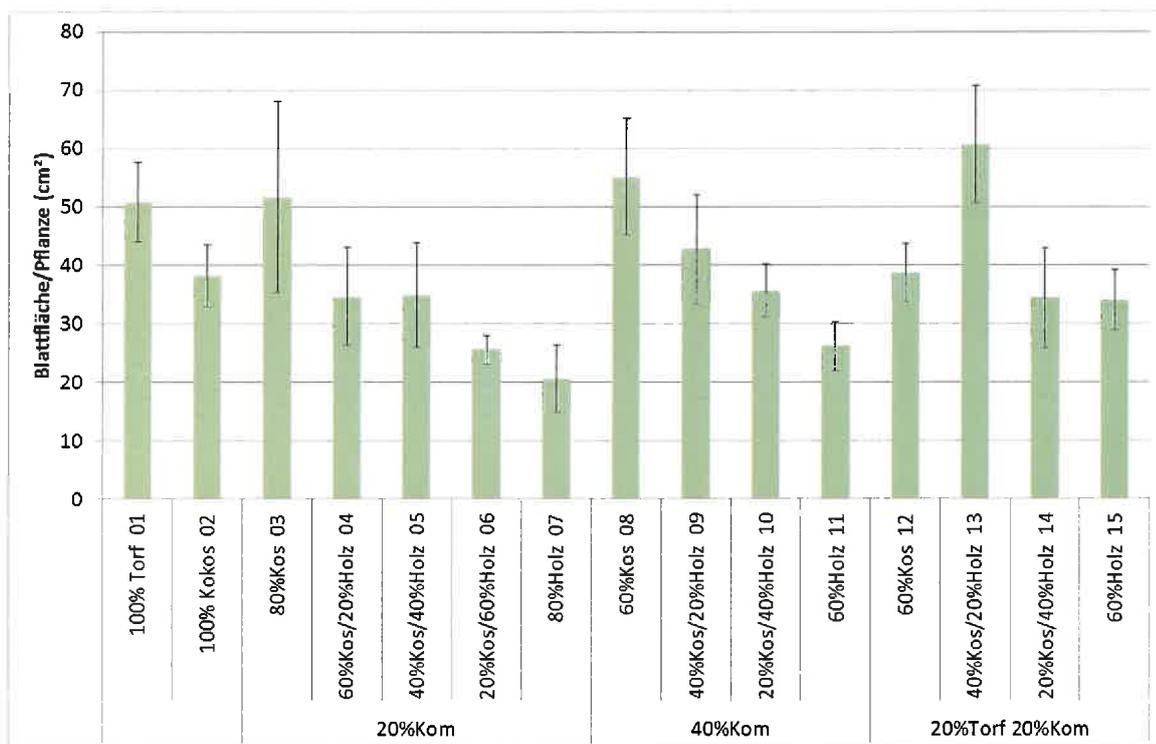


Abbildung A - 8: Blattfläche pro Pflanze für Weißkohl bei Anzucht in unterschiedlichen Substratmischungen. Die Balken stellen die Standardabweichung dar.

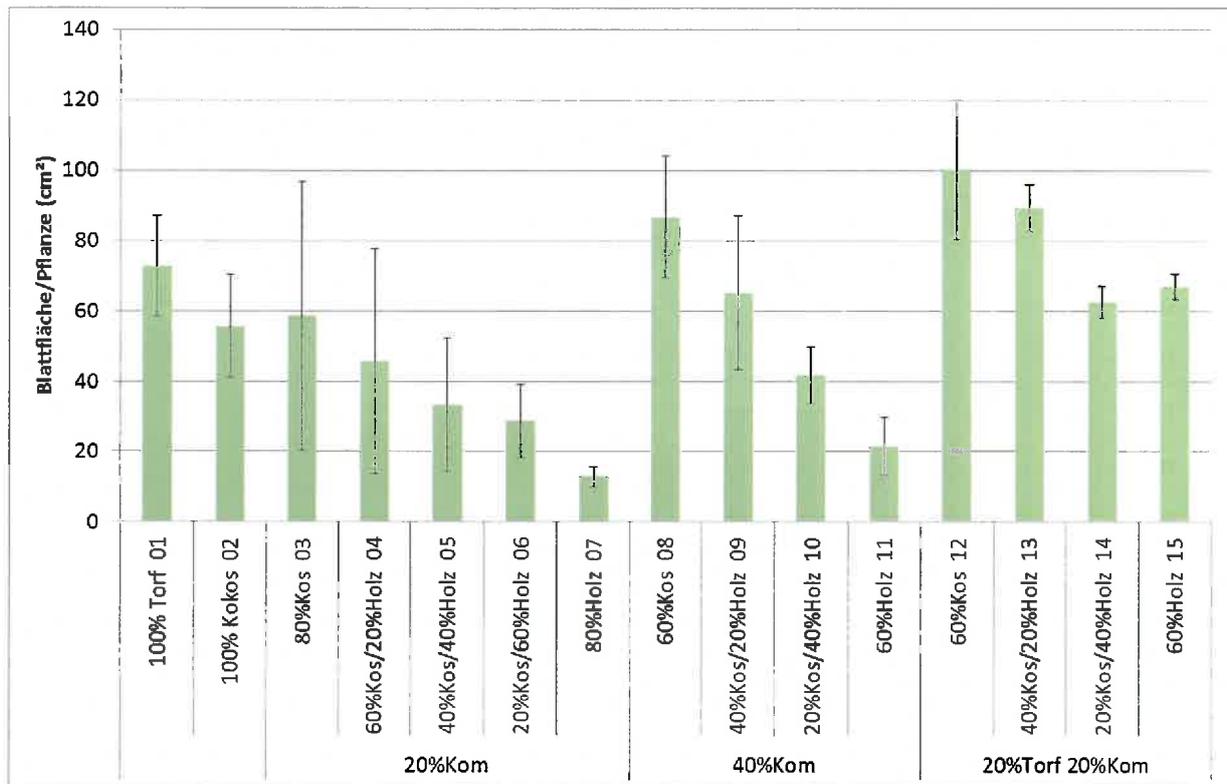


Abbildung A - 9: Blattfläche pro Pflanze für Kopfsalat bei Anzucht in unterschiedlichen Substratmischungen. Die Balken stellen die Standardabweichung dar.

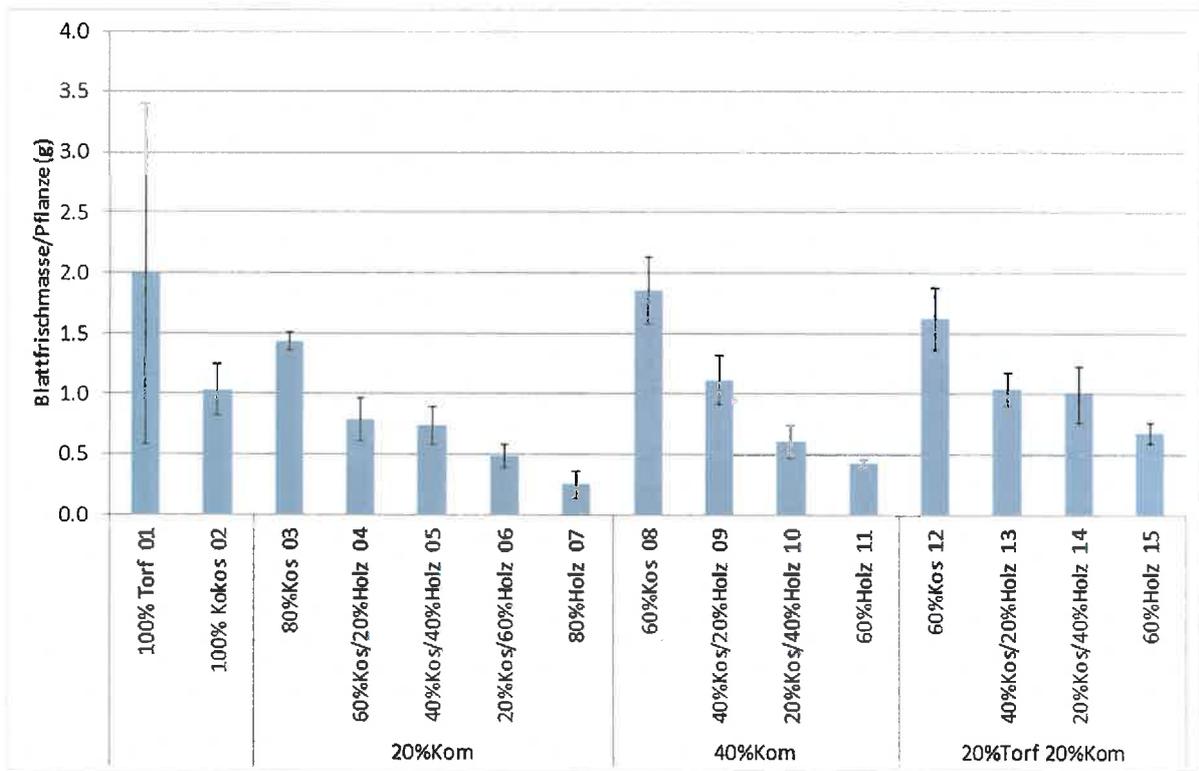


Abbildung A - 10: Blattfrischmasse pro Pflanze für Basilikum bei Anzucht in unterschiedlichen Substratmischungen. Die Balken stellen die Standardabweichung dar.

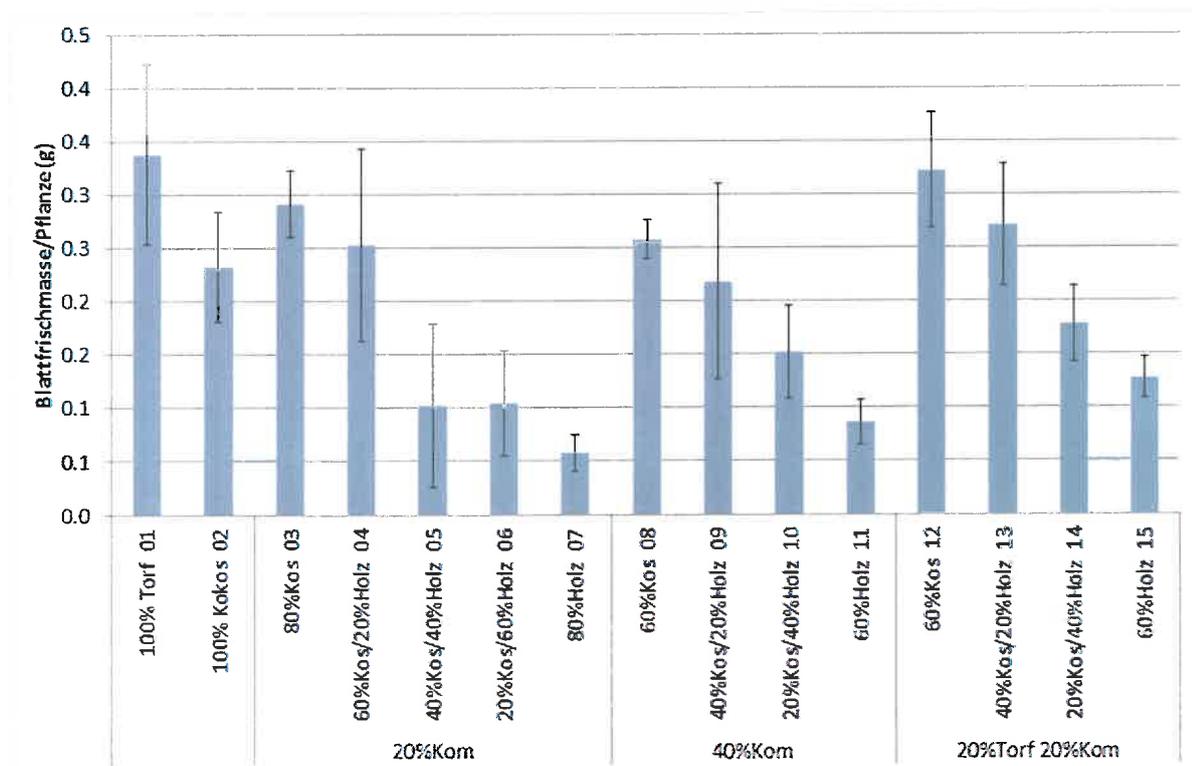


Abbildung A - 11: Blattfrischmasse pro Pflanze für Thymian bei Anzucht in unterschiedlichen Substratmischungen. Die Balken stellen die Standardabweichung dar.

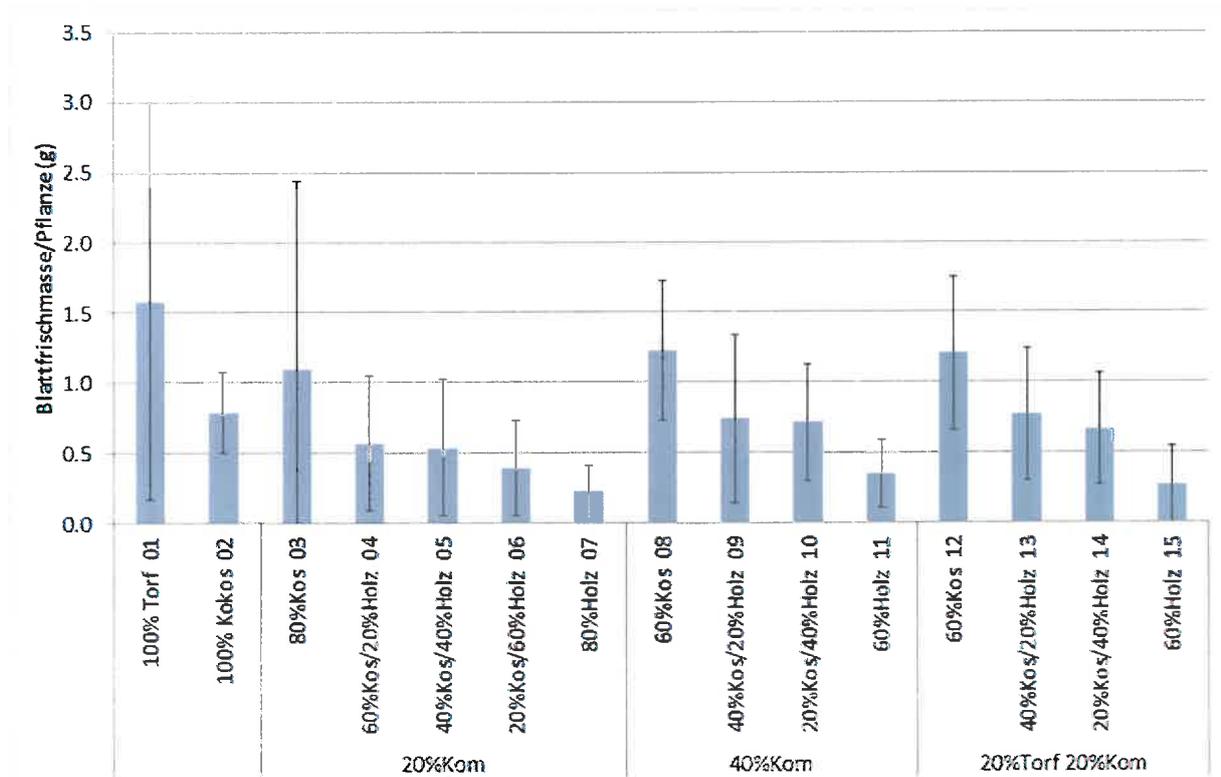


Abbildung A - 12: Blattfrischmasse pro Pflanze für Zitronenmelisse bei Anzucht in unterschiedlichen Substratmischungen. Die Balken stellen die Standardabweichung dar.

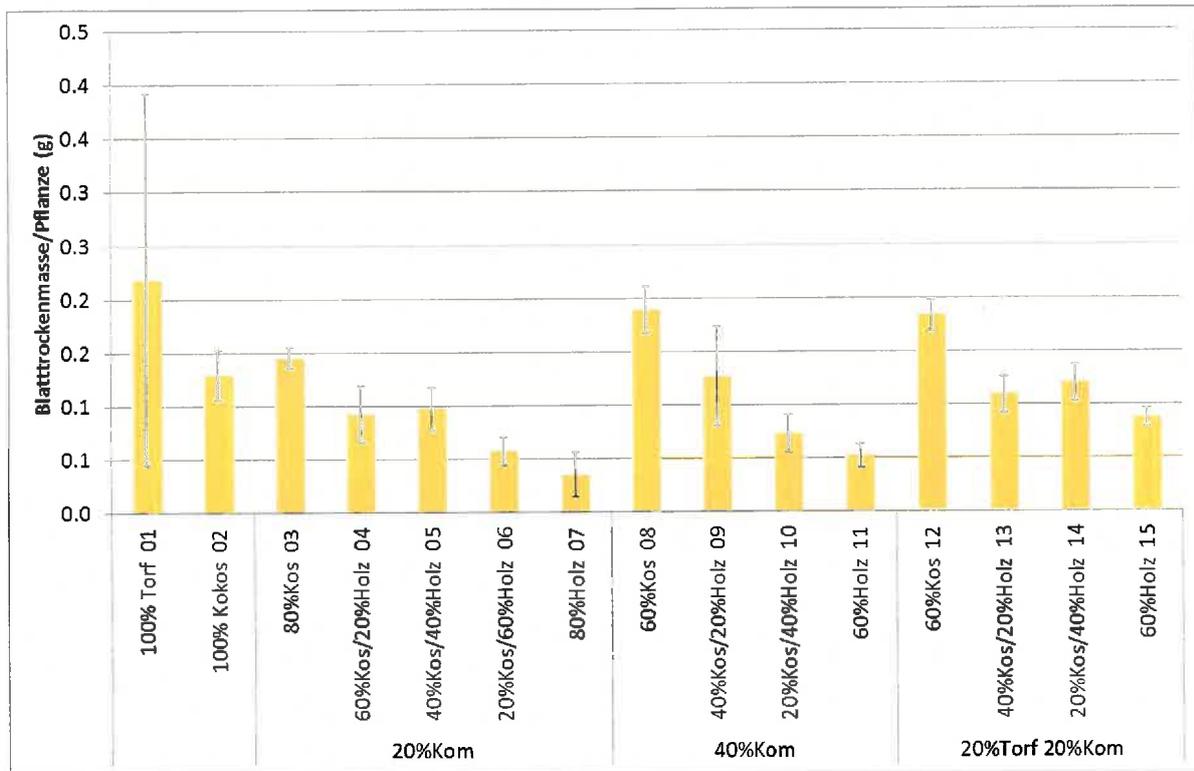


Abbildung A - 13: Blatttrockenmasse pro Pflanze für Basilikum bei Anzucht in unterschiedlichen Substratmischungen. Die Balken stellen die Standardabweichung dar.

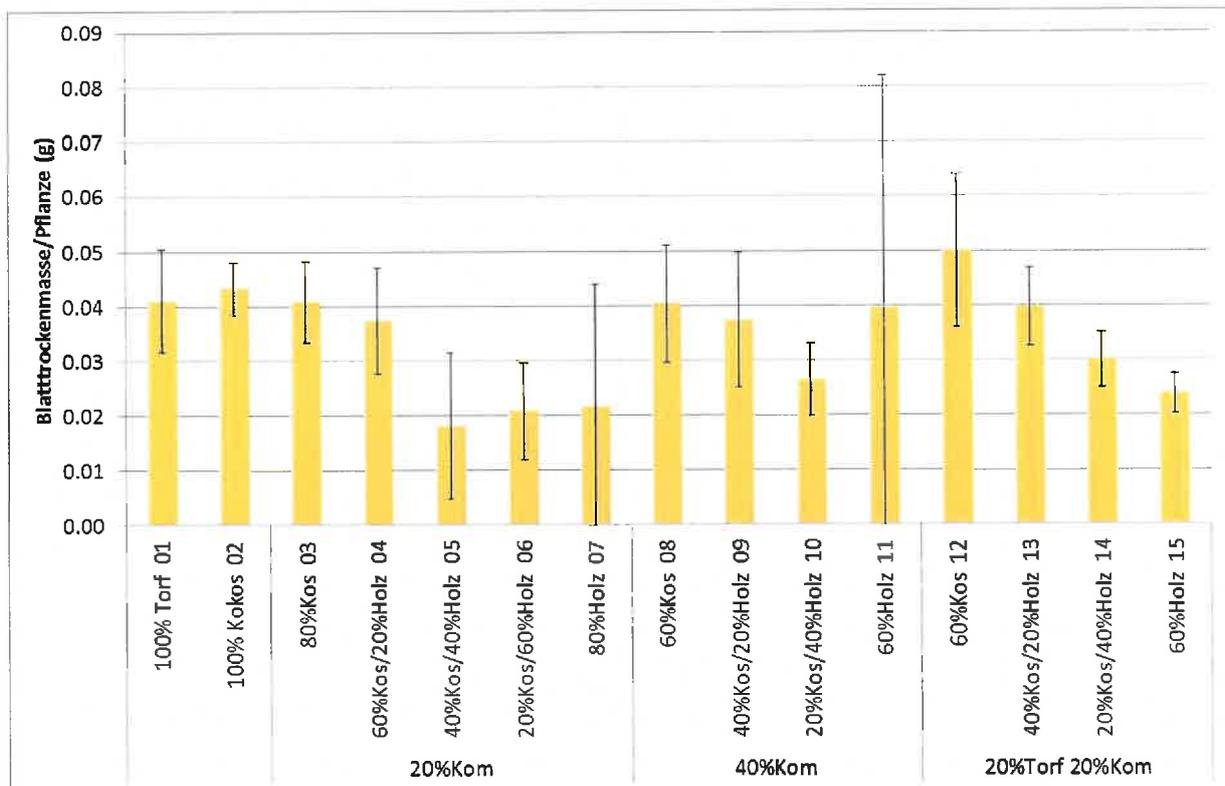


Abbildung A - 14: Blatttrockenmasse pro Pflanze für Thymian bei Anzucht in unterschiedlichen Substratmischungen. Die Balken stellen die Standardabweichung dar.

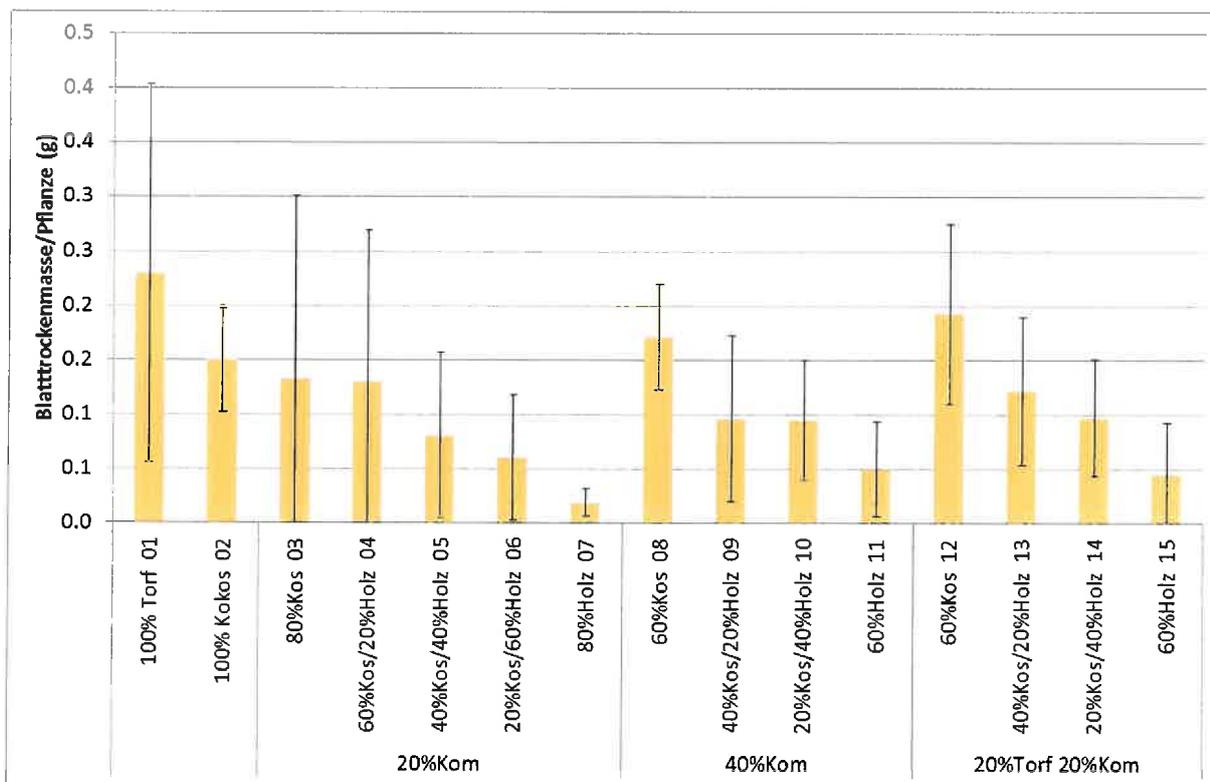


Abbildung A - 15: Blattrockenmasse pro Pflanze für Zitronenmelisse bei Anzucht in unterschiedlichen Substratmischungen. Die Balken stellen die Standardabweichung dar.

Tabelle A - 2: pH-Werte, Nährstoff- und Salzgehalte in unterschiedlichen Substraten mit *Lithodora* zu Versuchsbeginn (VB) und am Ende des Versuches (VE).

Substrat- zusammen- setzung [Vol.-%]	pH-Wert (CaCl ₂)		Nährstoffgehalt [mg/l] (CAT-Methode)										Salz [g/l]	
	VB	VE	NH ₄ -N		NO ₃ -N		N		P ₂ O ₅		K ₂ O		VB	VE
			VB	VE	VB	VE	VB	VE	VB	VE	VB	VE		
100 % Torf	5,6	4,9	122	4	302	228	422	232	133	134	145	241	2,02	1,69
100 % Kokosmark	6,2	4,4	62	15	53	118	115	133	26	104	216	228	0,71	1,12
20 % Kompost 80 % Kokosmark	6,7	5,8	5	3	5	154	10	157	88	203	499	378	0,58	1,56
20 % Kompost 60 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	6,8	5,9	5	<1	<1	133	5	133	98	229	490	367	0,58	1,19
20 % Kompost 40 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	6,6	5,7	<1	<1	138	103	138	103	90	233	503	307	1,15	1,00
20 % Kompost 20 % Kokosmark, 60 % Holzfasern	6,8	6	<1	4	88	68	88	72	78	187	415	295	0,83	0,84
20 % Kompost 80 % Holzfasern	6,9	6,3	<1	<1	97	64	97	64	140	201	481	305	0,96	0,76
40 % Kompost 60 % Kokosmark	6,4	5,4	<1	11	144	121	144	132	168	288	768	378	1,41	1,15
40 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	6,5	5,7	<1	<1	125	139	125	139	171	324	821	455	1,44	1,29
40 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	6,8	5,9	<1	<1	105	119	105	119	160	346	825	447	1,31	1,24
40 % Kompost 60 % Holzfasern	6,9	6,4	<1	4	133	83	133	87	148	362	741	548	1,39	1,12
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Kokosmark	6,0	5,1	10	<1	178	144	188	144	82	143	446	339	1,25	1,26
20 % Torf, 20 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	6,1	5,5	<1	<1	123	133	123	133	86	198	439	372	1,08	1,27
20 % Torf, 20 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	6,2	5,8	<1	<1	129	131	129	131	91	206	456	363	1,14	1,08
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Holzfasern	6,2	5,9	<1	<1	95	116	95	116	129	232	431	408	1,06	1,23

Tabelle A - 3: pH-Werte, Nährstoff- und Salzgehalte in unterschiedlichen Substraten mit *Vinca* zu Versuchsbeginn (VB) und am Ende des Versuches (VE).

Substrat- zusammen- setzung [Vol.-%]	pH-Wert (CaCl ₂)		Nährstoffgehalt [mg/l] (CAT-Methode)										Salz [g/l]	
	VB	VE	NH ₄ -N		NO ₃ -N		N		P ₂ O ₅		K ₂ O		VB	VE
			VB	VE	VB	VE	VB	VE	VB	VE	VB	VE		
100 % Torf	5,6	5,1	122	11	302	270	422	281	133	88	145	275	2,02	1,96
100 % Kokosmark	6,2	5,2	62	7	53	123	115	130	26	72	216	351	0,71	1,51
20 % Kompost 80 % Kokosmark	6,7	6	5	8	5	180	10	188	88	180	499	630	0,58	1,77
20 % Kompost 60 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	6,8	6,2	5	7	<1	126	5	133	98	185	490	607	0,58	1,46
20 % Kompost 40 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	6,6	6,2	<1	7	138	96	138	103	90	178	503	651	1,15	1,30
20 % Kompost 20 % Kokosmark, 60 % Holzfasern	6,8	6,6	<1	7	88	39	88	46	78	169	415	598	0,83	1,02
20 % Kompost 80 % Holzfasern	6,9	6,8	<1	6	97	11	97	17	140	165	481	534	0,96	0,86
40 % Kompost 60 % Kokosmark	6,4	6	<1	8	144	167	144	175	168	236	768	821	1,41	1,65
40 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	6,5	6,2	<1	8	125	148	125	156	171	279	821	894	1,44	1,6
40 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	6,8	6,5	<1	8	105	113	105	121	160	285	825	810	1,31	1,54
40 % Kompost 60 % Holzfasern	6,9	6,6	<1	7	133	50	133	57	148	252	741	792	1,39	1,24
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Kokosmark	6,0	5,7	10	7	178	168	188	175	82	140	446	602	1,25	1,53
20 % Torf, 20 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	6,1	6	<1	8	123	143	123	151	86	173	439	638	1,08	1,41
20 % Torf, 20 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	6,2	6,1	<1	7	129	86	129	93	91	166	456	670	1,14	1,31
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Holzfasern	6,2	6,5	<1	7	95	55	95	62	129	166	431	559	1,06	1,12

Tabelle A - 4: pH-Werte, Nährstoff- und Salzgehalte in unterschiedlichen Substraten mit *Impatiens*-Stecklingen zu Versuchsbeginn (VB) und am Ende des Versuches (VE).

Substrat- zusammen- setzung [Vol.-%]	pH-Wert (CaCl ₂)		Nährstoffgehalt [mg/l] (CAT-Methode)										Salz [g/l]	
	VB	VE	NH ₄ -N		NO ₃ -N		N		P ₂ O ₅		K ₂ O		VB	VE
			VB	VE	VB	VE	VB	VE	VB	VE	VB	VE		
100 % Torf	5,7	5,9	86	14	42	28	128	42	122	48	125	83	0,77	0,60
100 % Kokosmark	6,1	6,1	82	<1	45	7	127	7	45	13	230	94	0,79	0,30
20 % Kompost 80 % Kokosmark	5,9	6,3	17	<1	151	21	168	21	128	92	464	234	1,11	0,42
20 % Kompost 60 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	6,0	6,7	6	8	157	16	163	24	118	117	414	265	1,11	0,40
20 % Kompost 40 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	6,1	6,7	5	8	149	8	154	16	125	168	547	319	1,11	0,52
20 % Kompost 20 % Kokosmark, 60 % Holzfasern	6,2	6,9	4	10	135	10	139	20	127	263	541	434	1,15	0,81
20 % Kompost 80 % Holzfasern	6,4	7	6	<1	128	18	134	18	151	228	452	328	1,09	0,72
40 % Kompost 60 % Kokosmark	6,2	6,6	7	<1	143	36	150	36	188	249	754	472	1,40	0,73
40 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	6,3	6,8	6	<1	165	19	171	19	183	272	761	524	1,48	0,69
40 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	6,5	6,9	5	11	153	11	158	22	168	338	750	632	1,42	1,01
40 % Kompost 60 % Holzfasern	6,4	7,1	4	<1	137	22	141	22	148	366	768	699	1,42	1,21
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Kokosmark	5,9	6,3	10	<1	150	23	160	23	90	94	445	250	1,17	0,51
20 % Torf, 20 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	5,6	6,1	5	<1	140	24	145	24	90	88	419	256	1,06	0,66
20 % Torf, 20 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	5,9	6,6	5	<1	135	9	140	9	103	146	495	310	1,01	0,56
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Holzfasern	6,1	6,7	4	11	140	11	144	22	119	265	554	541	1,41	0,88

Tabelle A - 5: pH-Werte, Nährstoff- und Salzgehalte in unterschiedlichen Substraten mit Petunien-Stecklingen zu Versuchsbeginn (VB) und am Ende des Versuches (VE).

Substrat- zusammen- setzung [Vol.-%]	pH-Wert (CaCl ₂)		Nährstoffgehalt [mg/l] (CAT-Methode)										Salz [g/l]	
	VB	VE	NH ₄ -N		NO ₃ -N		N		P ₂ O ₅		K ₂ O		VB	VE
			VB	VE	VB	VE	VB	VE	VB	VE	VB	VE		
100 % Torf	5,7	6,3	86	<1	42	<1	128	<1	122	11	125	22	0,77	0,29
100 % Kokosmark	6,1	6,3	82	<1	45	<1	127	<1	45	6	230	18	0,79	0,27
20 % Kompost 80 % Kokosmark	5,9	6,4	17	<1	151	14	168	14	128	83	464	200	1,11	0,51
20 % Kompost 60 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	6,0	6,8	6	<1	157	<1	163	<1	118	98	414	254	1,11	0,57
20 % Kompost 40 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	6,1	6,9	5	<1	149	<1	154	<1	125	106	547	304	1,11	0,57
20 % Kompost 20 % Kokosmark, 60 % Holzfasern	6,2	7,1	4	<1	135	<1	139	<1	127	160	541	348	1,15	0,80
20 % Kompost 80 % Holzfasern	6,4	7,4	6	<1	128	<1	134	<1	151	122	452	227	1,09	0,61
40 % Kompost 60 % Kokosmark	6,2	6,5	7	<1	143	41	150	41	188	180	754	353	1,40	0,76
40 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	6,3	6,9	6	<1	165	10	171	10	183	190	761	409	1,48	0,71
40 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	6,5	7,2	5	<1	153	<1	158	<1	168	193	750	423	1,42	0,68
40 % Kompost 60 % Holzfasern	6,4	7,5	4	<1	137	<1	141	<1	148	188	768	517	1,42	0,81
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Kokosmark	5,9	6,3	10	<1	150	16	160	16	90	80	445	208	1,17	0,70
20 % Torf, 20 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	5,6	6,3	5	<1	140	9	145	9	90	77	419	267	1,06	0,57
20 % Torf, 20 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	5,9	6,8	5	<1	135	<1	140	<1	103	120	495	313	1,01	0,73
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Holzfasern	6,1	6,8	4	<1	140	<1	144	<1	119	158	554	400	1,41	0,72

Tabelle A - 6: pH-Werte, Nährstoff- und Salzgehalte in unterschiedlichen Substraten mit *Salvia*-Sämlingen zu Versuchsbeginn (VB) und am Ende des Versuches (VE).

Substrat- zusammen- setzung [Vol.-%]	pH-Wert (CaCl ₂)		Nährstoffgehalt [mg/l] (CAT-Methode)										Salz [g/l]	
	VB	VE	NH ₄ -N		NO ₃ -N		N		P ₂ O ₅		K ₂ O		VB	VE
			VB	VE	VB	VE	VB	VE	VB	VE	VB	VE		
100 % Torf	5,7	5,6	86	5	42	122	128	127	122	72	125	162	0,77	1,23
100 % Kokosmark	6,1	5,8	82	5	45	77	127	82	45	27	230	238	0,79	0,93
20 % Kompost 80 % Kokosmark	5,9	6,0	17	5	151	146	168	151	128	135	464	459	1,11	1,41
20 % Kompost 60 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	6,0	6,6	6	6	157	51	163	57	118	97	414	422	1,11	0,85
20 % Kompost 40 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	6,1	6,8	5	7	149	35	154	42	125	140	547	539	1,11	0,94
20 % Kompost 20 % Kokosmark, 60 % Holzfasern	6,2	7,0	4	7	135	26	139	33	127	117	541	624	1,15	1,18
20 % Kompost 80 % Holzfasern	6,4	7,4	6	6	128	6	134	12	151	102	452	6	1,09	0,80
40 % Kompost 60 % Kokosmark	6,2	6,2	7	6	143	170	150	176	188	145	754	731	1,4	1,89
40 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	6,3	6,5	6	6	165	120	171	126	183	145	761	668	1,48	1,52
40 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	6,5	6,7	5	7	153	104	158	111	168	152	750	725	1,42	1,49
40 % Kompost 60 % Holzfasern	6,4	7,3	4	8	137	56	141	64	148	240	768	864	1,42	1,38
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Kokosmark	5,9	5,8	10	6	150	202	160	208	90	101	445	482	1,17	1,72
20 % Torf, 20 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	5,6	5,8	5	10	140	120	145	130	90	99	419	406	1,06	1,22
20 % Torf, 20 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	5,9	6,5	5	5	135	32	140	37	103	103	495	443	1,01	0,94
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Holzfasern	6,1	6,7	4	8	140	80	144	88	119	184	554	712	1,41	1,43

Tabelle A - 7: pH-Werte, Nährstoff- und Salzgehalte in unterschiedlichen Substraten mit *Coreopsis*-Sämlingen zu Versuchsbeginn (VB) und am Ende des Versuches (VE).

Substrat- zusammen- setzung [Vol.-%]	pH-Wert (CaCl ₂)		Nährstoffgehalt [mg/l] (CAT-Methode)										Salz [g/l]	
	VB	VE	NH ₄ -N		NO ₃ -N		N		P ₂ O ₅		K ₂ O		VB	VE
			VB	VE	VB	VE	VB	VE	VB	VE	VB	VE		
100 % Torf	5,7	5,6	86	5	42	138	128	143	122	77	125	163	0,77	1,30
100 % Kokosmark	6,1	5,9	82	6	45	50	127	56	45	28	230	209	0,79	0,83
20 % Kompost 80 % Kokosmark	5,9	6,1	17	<1	151	120	168	120	128	109	464	468	1,11	1,17
20 % Kompost 60 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	6,0	6,5	6	<1	157	35	163	35	118	99	414	435	1,11	0,84
20 % Kompost 40 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	6,1	6,6	5	<1	149	13	154	13	125	125	547	521	1,11	0,93
20 % Kompost 20 % Kokosmark, 60 % Holzfasern	6,2	6,7	4	<1	135	7	139	7	127	163	541	646	1,15	1,00
20 % Kompost 80 % Holzfasern	6,4	7,3	6	<1	128	9	134	9	151	174	452	470	1,09	0,96
40 % Kompost 60 % Kokosmark	6,2	6,3	7	<1	143	159	150	159	188	165	754	755	1,40	1,68
40 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	6,3	6,5	6	<1	165	102	171	102	183	174	761	750	1,48	1,38
40 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	6,5	6,8	5	<1	153	54	158	54	168	197	750	864	1,42	1,40
40 % Kompost 60 % Holzfasern	6,4	7,3	4	<1	137	16	141	16	148	205	768	984	1,42	1,33
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Kokosmark	5,9	6,0	10	<1	150	182	160	182	90	105	445	479	1,17	1,46
20 % Torf, 20 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	5,6	6,0	5	5	140	97	145	102	90	92	419	444	1,06	1,20
20 % Torf, 20 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	5,9	6,6	5	<1	135	6	140	6	103	94	495	431	1,01	0,80
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Holzfasern	6,1	6,6	4	<1	140	25	144	25	119	126	554	706	1,41	1,35

Tabelle A - 8: pH-Werte, Nährstoff- und Salzgehalte in unterschiedlichen Substraten mit *Saintpaulia* zu Versuchsbeginn (VB) und am Ende des Versuches (VE).

Substrat- zusammen- setzung [Vol.-%]	pH-Wert (CaCl ₂)		Nährstoffgehalt [mg/l] (CAT-Methode)										Salz [g/l]	
	VB	VE	NH ₄ -N		NO ₃ -N		N		P ₂ O ₅		K ₂ O		VB	VE
			VB	VE	VB	VE	VB	VE	VB	VE	VB	VE		
100 % Torf	6,2	5,6	86	<1	43	97	129	97	86	41	135	101	0,87	0,76
100 % Kokosmark	6,1	4,7	84	4	48	86	132	90	35	39	224	129	0,93	0,66
20 % Kompost 80 % Kokosmark	6,4	5,6	5	<1	161	113	166	113	104	146	515	248	1,23	0,96
20 % Kompost 60 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	6,6	5,9	<1	<1	142	103	142	103	98	143	519	268	1,14	0,92
20 % Kompost 40 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	6,5	5,9	<1	<1	90	50	90	50	82	149	441	273	0,79	0,77
20 % Kompost 20 % Kokosmark, 60 % Holzfasern	6,7	6,2	<1	<1	65	52	65	52	82	163	428	312	0,69	0,76
20 % Kompost 80 % Holzfasern	6,8	6,4	<1	<1	99	17	99	17	145	157	528	331	0,99	0,68
40 % Kompost 60 % Kokosmark	6,3	5,6	<1	<1	192	114	192	114	180	210	792	312	1,63	0,96
40 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	6,5	5,8	<1	<1	132	127	132	127	165	235	759	509	1,42	1,27
40 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	6,8	6,1	<1	<1	120	140	120	140	165	296	790	655	1,31	1,5
40 % Kompost 60 % Holzfasern	7,2	6,5	<1	<1	76	69	76	69	125	241	684	722	1,05	1,26
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Kokosmark	5,8	5,7	19	<1	101	127	120	127	101	106	499	238	1,18	0,95
20 % Torf, 20 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	5,8	5,5	<1	<1	146	112	146	112	86	130	460	248	1,03	1,00
20 % Torf, 20 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	6,3	5,8	<1	<1	133	94	133	94	90	136	452	277	1,03	0,99
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Holzfasern	6,2	6,3	<1	<1	109	60	109	60	80	141	435	355	0,9	0,91

Tabelle A - 9: Pflanzengröße, Anzahl Blütenstände über dem Laub, Blattfarbe, Frischgewicht und Wurzelbild von *Saintpaulia* in unterschiedlichen Substraten am Ende des Versuches. Mittelwert (\bar{x}) mit Standardabweichung (s).

Substrat- zusammen- setzung [Vol.-%]	Pflanzen- durchmesser [cm]		Anzahl Blüten- stände		Blattfarbe [Bonitur- note*]		Frisch- gewicht [g]		Wurzelbild [Bonitur- note*]	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
100 % Torf	23,1	2,0	6,8	1,6	1,1	0,3	72,6	11,9	2,8	1,0
100 % Kokosmark	24,7	2,5	7,3	1,2	1,1	0,3	86,0	12,0	5,5	1,3
20 % Kompost 80 % Kokosmark	23,1	1,6	7,5	1,2	1,2	0,4	72,2	8,5	2,9	0,9
20 % Kompost 60 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	20,6	1,9	6,0	1,6	1,9	0,5	55,1	9,7	2,8	0,8
20 % Kompost 40 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	19,8	1,9	5,5	1,2	2,6	0,5	51,4	7,6	3,1	0,9
20 % Kompost 20 % Kokosmark, 60 % Holzfasern	19,5	1,7	5,1	1,0	3,0	0,4	47,3	9,8	3,0	1,0
20 % Kompost 80 % Holzfasern	17,8	1,9	3,5	1,1	4,0	0,8	36,6	6,7	2,9	1,2
40 % Kompost 60 % Kokosmark	23,7	2,1	7,1	1,6	1,1	0,4	74,1	9,1	2,9	0,8
40 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	22,8	1,8	6,9	1,4	1,6	0,5	69,9	10,5	2,6	0,8
40 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	20,2	1,9	5,3	1,3	2,5	0,5	52,8	8,6	2,5	0,7
40 % Kompost 60 % Holzfasern	18,0	1,8	3,6	0,9	3,6	0,6	41,8	7,6	2,1	0,3
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Kokosmark	24,3	1,9	7,1	1,5	1,2	0,4	80,2	10,8	3,1	0,7
20 % Torf, 20 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	23,4	2,0	7,3	1,3	1,7	0,5	78,1	9,5	4,0	1,4
20 % Torf, 20 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	22,1	1,6	6,8	1,5	1,6	0,5	66,4	11,0	3,2	1,1
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Holzfasern	20,2	2,0	5,7	1,1	2,4	0,5	53,6	8,9	3,1	1,4

* Boniturnoten Blattfarbe: 1 = dunkelgrün, 3 = mittelgrün, 5 = hellgrün

Boniturnoten Wurzelbild: 9 = Topfballen komplett, 5 = Topfballen zur Hälfte durchwurzelt, 1 = keine Wurzeln

Tabelle A - 10: Mittlere Länge der drei längsten Triebe, Frischgewicht und Wurzelbild von *Lithodora* in unterschiedlichen Substraten am Ende des Versuches. Mittelwert (\bar{x}) mit Standardabweichung (s).

Substrat- zusammen- setzung [Vol.-%]	Trieblänge [cm]		Frischgewicht [g]		Wurzelbild [Boniturnote*]	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
100 % Torf	17,6	3,7	7,6	1,8	6,5	1,2
100 % Kokosmark	24,2	5,0	11,5	2,9	8,1	1,1
20 % Kompost 80 % Kokosmark	20,0	3,7	9,4	2,0	5,4	1,6
20 % Kompost 60 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	13,2	3,5	5,1	1,7	4,0	1,3
20 % Kompost 40 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	13,6	3,9	5,5	1,5	6,2	1,6
20 % Kompost 20 % Kokosmark, 60 % Holzfasern	14,6	4,0	6,0	1,6	6,3	1,4
20 % Kompost 80 % Holzfasern	8,9	2,5	3,4	1,0	4,8	1,6
40 % Kompost 60 % Kokosmark	22,5	4,2	11,0	2,1	6,2	1,2
40 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	19,0	4,6	8,7	1,9	6,3	1,7
40 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	17,3	4,4	7,6	1,4	6,2	1,4
40 % Kompost 60 % Holzfasern	14,0	4,0	5,7	1,5	5,6	1,8
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Kokosmark	21,4	4,3	10,5	2,7	6,2	1,3
20 % Torf, 20 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	19,4	4,6	8,9	2,6	6,0	1,7
20 % Torf, 20 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	18,3	3,9	7,8	1,8	6,8	1,0
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Holzfasern	16,0	3,8	6,7	1,5	6,8	1,2

* Boniturnoten Wurzelbild: 9 = Topfballen komplett, 5 = Topfballen zur Hälfte durchwurzelt, 1 = keine Wurzeln

Tabelle A - 11: Mittlere Länge der drei längsten Triebe, Anzahl Triebe, Blattfarbe, Frischgewicht und Wurzelbild von *Vinca* in unterschiedlichen Substraten am Ende des Versuches. Mittelwert (\bar{x}) mit Standardabweichung (s).

Substrat- zusammen- setzung [Vol.-%]	Trieblänge [cm]		Anzahl Triebe (> 5 cm)		Blattfarbe [Boniturnote*]		Frischgewicht [g]		Wurzelbild [Boniturnote*]	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
100 % Torf	23,6	6,6	3,8	1,1	1,0	0,0	5,6	1,2	2,5	0,7
100 % Kokosmark	19,7	6,5	3,1	0,9	3,4	1,0	4,3	1,1	3,0	1,0
20 % Kompost 80 % Kokosmark	18,9	6,4	3,6	1,0	4,4	0,8	4,6	1,0	3,2	1,1
20 % Kompost 60 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	22,3	6,1	3,9	1,2	4,7	0,6	4,8	1,2	3,1	0,8
20 % Kompost 40 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	23,4	7,5	3,7	1,2	4,2	0,8	5,0	1,8	3,4	1,4
20 % Kompost 20 % Kokosmark, 60 % Holzfasern	21,8	7,4	3,0	0,9	3,7	1,0	4,3	0,8	3,3	0,8
20 % Kompost 80 % Holzfasern	19,1	8,4	2,7	0,8	3,3	1,1	3,6	0,8	3,3	0,8
40 % Kompost 60 % Kokosmark	21,0	6,3	3,7	1,2	4,0	1,0	5,0	1,1	2,6	0,8
40 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	20,9	5,6	3,7	0,7	4,2	0,8	4,5	0,9	2,2	0,4
40 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	22,5	6,0	3,5	0,7	3,9	1,1	4,6	0,9	2,9	0,7
40 % Kompost 60 % Holzfasern	23,5	7,1	3,4	0,9	3,5	1,1	4,9	1,1	3,2	1,0
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Kokosmark	18,9	7,4	3,8	1,1	3,7	1,0	4,8	1,1	2,6	0,7
20 % Torf, 20 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	22,5	5,4	3,8	1,1	3,8	0,8	5,0	1,1	3,0	0,9
20 % Torf, 20 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	22,4	4,7	4,1	0,9	3,9	1,0	5,6	1,1	3,5	1,0
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Holzfasern	23,8	5,6	3,8	0,9	2,9	1,1	5,7	1,5	3,9	1,2

* Boniturnoten Blattfarbe: 1 = ohne Chlorosen, 3 = schwache Chlorosen, 5 = starke Chlorosen

Boniturnoten Wurzelbild: 9 = Topfballen komplett, 5 = Topfballen zur Hälfte durchwurzelt, 1 = keine Wurzeln

Tabelle A - 12: Frischgewicht und Verteilung der Bewurzelungsqualität von *Petunia*-Jungpflanzen in unterschiedlichen Substraten am Ende des Versuches.

Substrat- zusammen- setzung [Vol.%]	Frischgewicht [g]	Wurzelbild [Boniturnote*] (Anteil an Gesamtzahl)		
		<= 3 [%]	<= 2 [%]	Ausfall [%]
100 % Torf	2,17	69,3	29,3	1,3
100 % Kokosmark	1,46	84,0	16,0	0
20 % Kompost 80 % Kokosmark	1,00	16,0	74,7	9,3
20 % Kompost 60 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	0,77	13,3	68,0	18,7
20 % Kompost 40 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	0,66	8,3	64,0	27,7
20 % Kompost 20 % Kokosmark, 60 % Holzfasern	0,65	6,7	73,3	20,0
20 % Kompost 80 % Holzfasern	0,51	13,3	46,7	40,0
40 % Kompost 60 % Kokosmark	1,28	18,7	61,3	20,0
40 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	0,80	16,0	74,7	9,3
40 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	0,81	18,7	76,0	5,3
40 % Kompost 60 % Holzfasern	0,60	0	86,7	13,3
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Kokosmark	1,12	20,0	68,0	12,0
20 % Torf, 20 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	1,03	10,7	74,7	14,7
20 % Torf, 20 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	0,63	5,3	86,7	8,0
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Holzfasern	0,62	2,7	78,7	18,7

* Boniturnoten Wurzelbild: 9 = Topfballen komplett, 5 = Topfballen zur Hälfte durchwurzelt, 1 = keine Wurzeln

Tabelle A - 13: Frischgewicht und Verteilung der Bewurzelungsqualität von *Impatiens*-Jungpflanzen in unterschiedlichen Substraten am Ende des Versuches.

Substrat- zusammen- setzung [Vol.-%]	Frischgewicht [g]	Wurzelbild [Boniturnote*] (Anteil an Gesamtzahl)		
		<= 3 [%]	<= 2 [%]	Ausfall [%]
100 % Torf	1,71	28,0	72,0	0
100 % Kokosmark	1,76	52,0	48,0	0
20 % Kompost 80 % Kokosmark	1,83	45,3	54,7	0
20 % Kompost 60 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	1,66	41,3	58,7	0
20 % Kompost 40 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	1,60	37,3	62,7	0
20 % Kompost 20 % Kokosmark, 60 % Holzfasern	1,65	25,3	74,7	0
20 % Kompost 80 % Holzfasern	1,41	12,0	88,0	0
40 % Kompost 60 % Kokosmark	1,73	22,7	77,3	0
40 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	1,69	16,0	81,3	2,7
40 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	1,81	13,3	86,7	0
40 % Kompost 60 % Holzfasern	1,50	2,7	97,3	0
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Kokosmark	1,77	30,7	69,3	0
20 % Torf, 20 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	1,73	36,0	64,0	0
20 % Torf, 20 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	1,78	40,0	60,0	0
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Holzfasern	1,67	6,7	93,3	0

* Boniturnoten Wurzelbild: 9 = Topfballen komplett, 5 = Topfballen zur Hälfte durchwurzelt, 1 = keine Wurzeln

Tabelle A - 14: Frischgewicht und Keimrate von *Salvia*-Sämlingen in unterschiedlichen Substraten am Ende des Versuches.

Substrat- zusammen- setzung [Vol.-]	Frischgewicht [g]	Keimrate [%]
100 % Torf	0,26	55,6
100 % Kokosmark	0,17	67,6
20 % Kompost 80 % Kokosmark	0,10	61,1
20 % Kompost 60 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	0,16	61,1
20 % Kompost 40 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	< 0,10	66,7
20 % Kompost 20 % Kokosmark, 60 % Holzfasern	< 0,10	63,9
20 % Kompost 80 % Holzfasern	< 0,10	67,6
40 % Kompost 60 % Kokosmark	0,27	59,3
40 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	0,20	70,4
40 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	0,10	59,3
40 % Kompost 60 % Holzfasern	< 0,10	74,1
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Kokosmark	0,19	65,7
20 % Torf, 20 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	0,22	60,2
20 % Torf, 20 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	0,14	71,3
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Holzfasern	0,16	70,4

Tabelle A - 15: Frischgewicht und Keimrate von *Coreopsis*-Sämlingen in unterschiedlichen Substraten am Ende des Versuches.

Substrat- zusammen- setzung [Vol.-%]	Frischgewicht [g]	Keimrate [%]
100 % Torf	0,56	40,7
100 % Kokosmark	0,39	11,1
20 % Kompost 80 % Kokosmark	0,22	7,4
20 % Kompost 60 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	0,19	16,7
20 % Kompost 40 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	0,11	45,4
20 % Kompost 20 % Kokosmark, 60 % Holzfasern	< 0,10	17,6
20 % Kompost 80 % Holzfasern	< 0,10	48,1
40 % Kompost 60 % Kokosmark	0,24	18,5
40 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	0,19	16,7
40 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	0,17	36,1
40 % Kompost 60 % Holzfasern	0,10	40,7
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Kokosmark	0,25	16,7
20 % Torf, 20 % Kompost 40 % Kokosmark, 20 % Holzfasern	0,28	17,6
20 % Torf, 20 % Kompost 20 % Kokosmark, 40 % Holzfasern	0,13	14,8
20 % Torf, 20 % Kompost 60 % Holzfasern	0,17	40,7

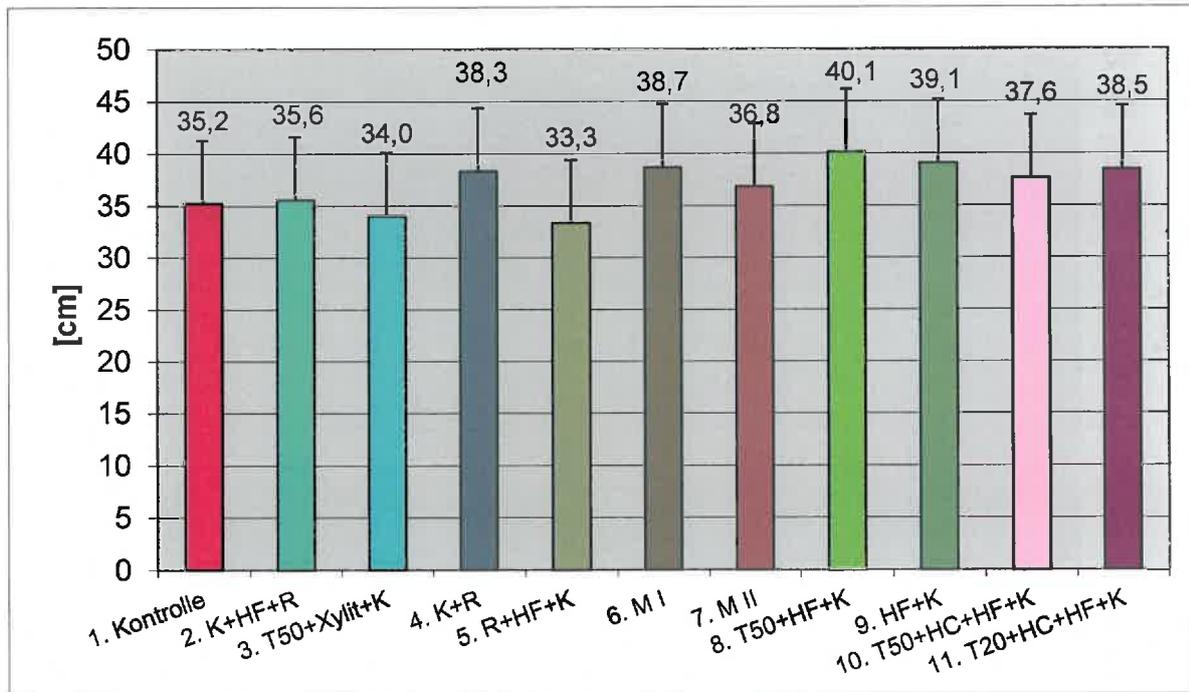


Abbildung A - 16: Trieblänge von *Rhododendron* 'Roseum Elegans' am 20. 10. 2014
 $GD_{0,05}$ Tukey-Test = 6,1 cm

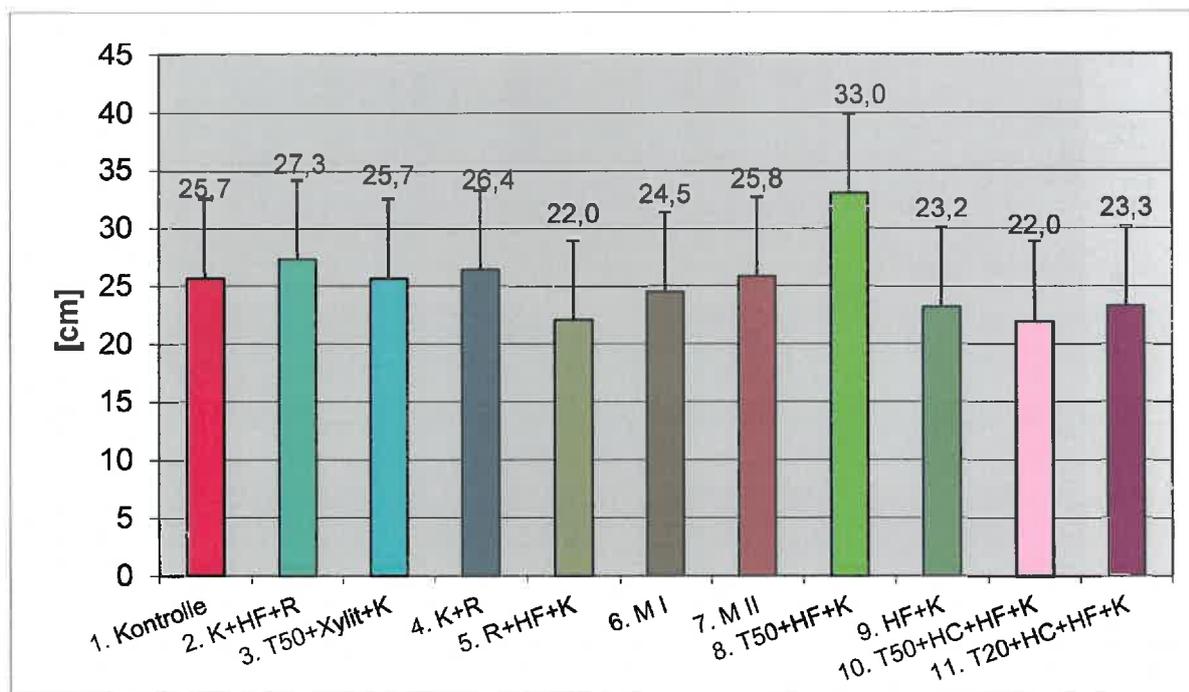


Abbildung A - 17: Durchmesser von *Rhododendron* 'Catawbiense Grandiflorum' am 30. 10. 2014
 $GD_{0,05}$ Tukey-Test = 6,9 cm

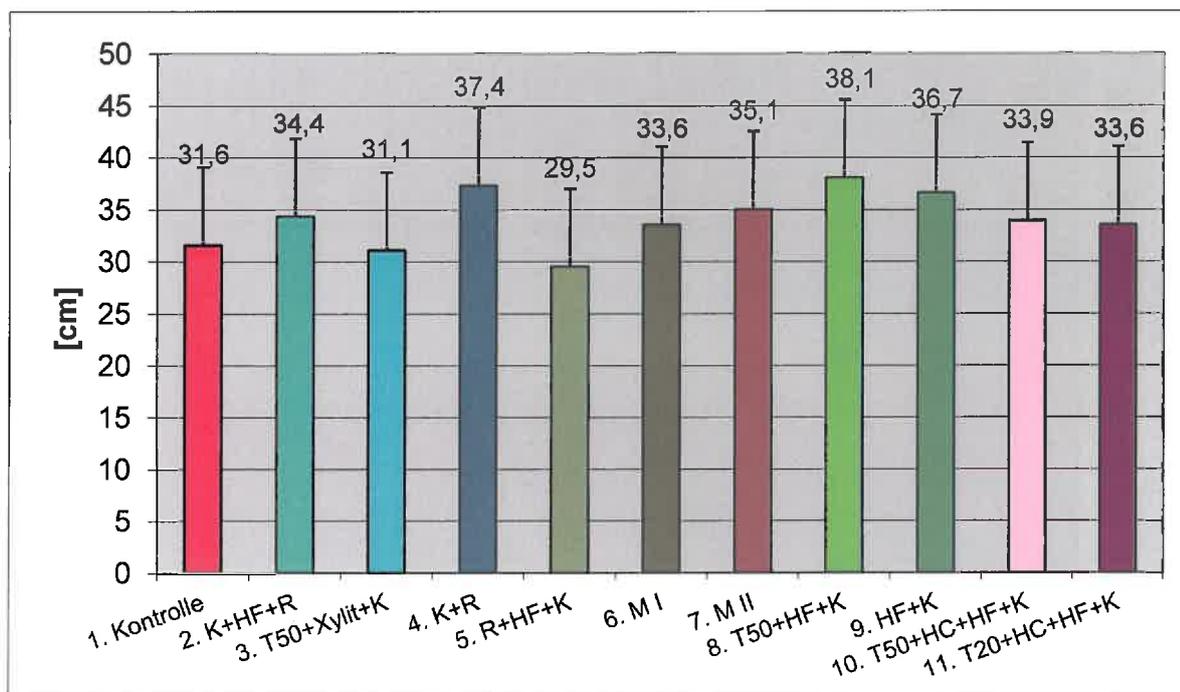


Abbildung A - 18: Durchmesser von *Rhododendron* 'Roseum Elegans' am 30. 10. 2014
 $GD_{0,05}$ Tukey-Test = 7,5 cm

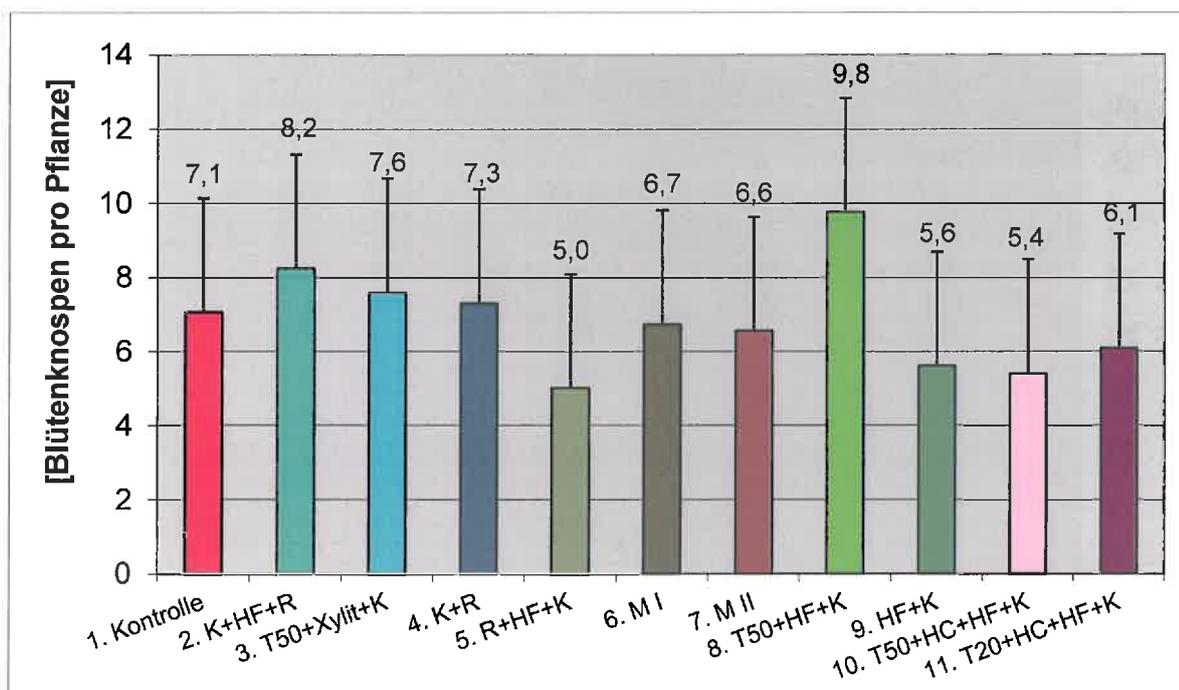


Abbildung A - 19: Blütenknospen an *Rhododendron* 'Catawbiense Grandiflorum' am 30. 10. 2014

$GD_{0,05}$ Tukey-Test = 3,1 Knospen pro Pflanze

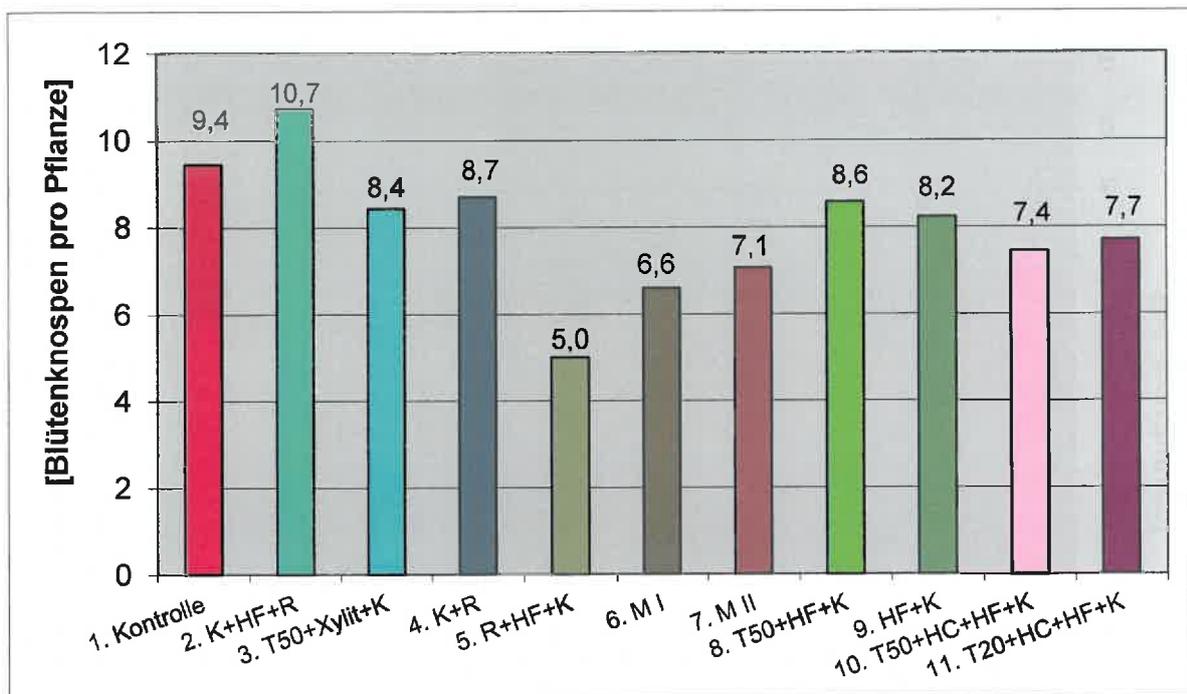


Abbildung A - 20: Blütenknospen an *Rhododendron* 'Roseum Elegans' am 24. 10. 2014

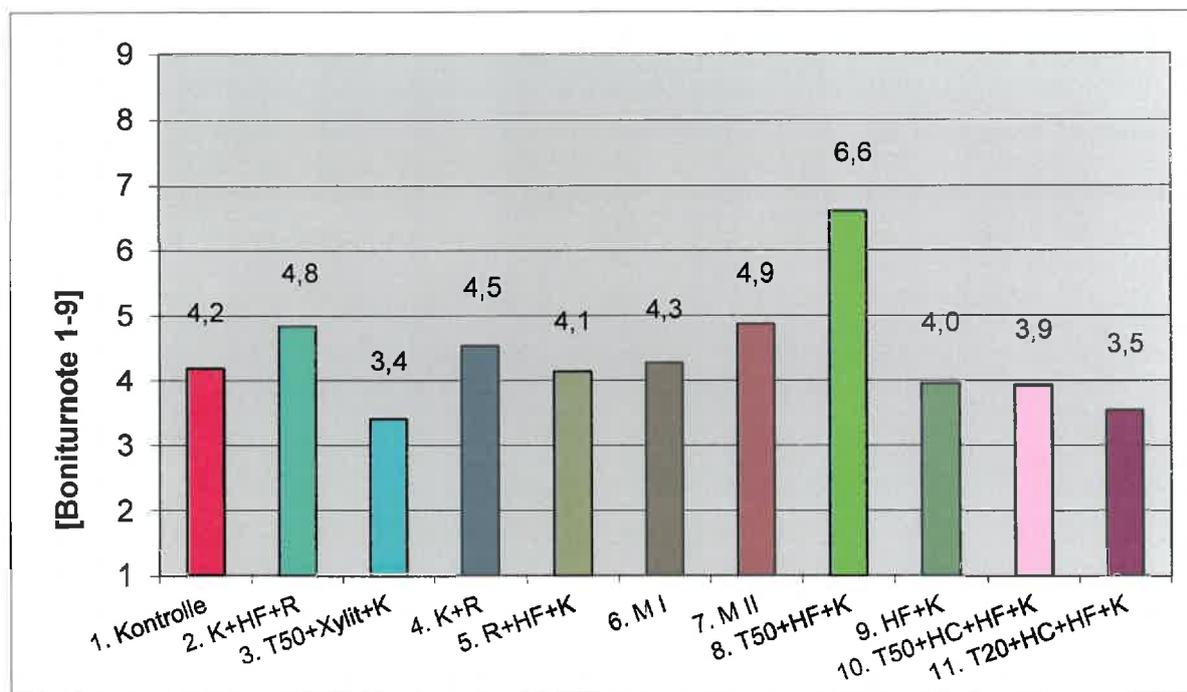


Abbildung A - 21: Bewurzelung von *Rhododendron* 'Catawbiense Grandiflorum' am 17. 11. 2014

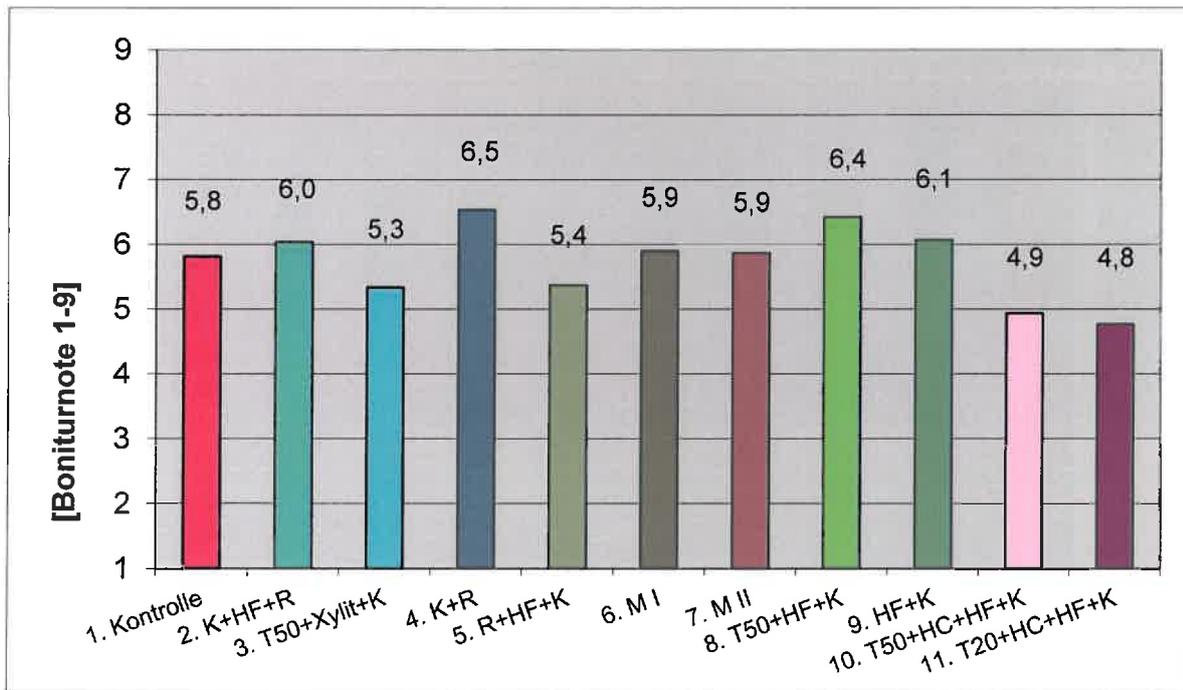


Abbildung A - 22: Bewurzelung von *Rhododendron* 'Roseum Elegans' am 17. 11. 2014

Tabelle A - 16: Ergebnis der Substratanalyse von *Rhododendron* (Ausgangssubstrate vor der Verwendung) Angaben im mg pro Liter Substrat

	Salz (in Aqua dest. als KCl)	N (in CaCl ₂)	P ₂ O ₅ (in CAL)	K ₂ O (in CAL)	Mg (in CaCl ₂)	Na (in H ₂ O)	Cl (in H ₂ O)
1. Kontrolle	307	22	29	29	91	34	34
2. K+HF+R	216	3	15	384	68	23	45
3. T50+Xylit+K	327	30	16	124	98	29	36
4. K+R	748	49	58	584	109	75	90
5. R+HF+K	1.132	180	119	449	116	74	81
6. M I	608	3	40	531	214	67	36
7. M II	582	4	44	526	223	66	38
8. T50+HF+K	251	18	23	269	72	30	49
9. HF+K	534	20	67	526	75	57	108
10. T50+HC+HF+K	513	28	14	158	82	33	53
11. T20+HC+HF+K	464	22	12	163	102	34	51

Tabelle A - 17: Ergebnis der Substratanalyse von *Rhododendron* vom 31. 7. 2014 (Mischprobe aus allen zwei Sorten, ohne Depotdüngerkörner) Angaben im mg pro Liter Substrat

	Salz (in Aqua dest. als KCl)	N (in CaCl₂)	P₂O₅ (in CAL)	K₂O (in CAL)
1. Kontrolle	1.010	211	314	322
2. K+HF+R	710	136	108	235
3. T50+Xylit+K	1.240	176	189	326
4. K+R	850	133	140	213
5. R+HF+K	1.300	194	242	286
6. M I	970	101	137	259
7. M II	940	123	167	238
8. T50+HF+K	550	84	76	244
9. HF+K	920	136	213	174
10. T50+HC+HF+K	1.240	226	358	428
11. T20+HC+HF+K	1.110	174	654	382

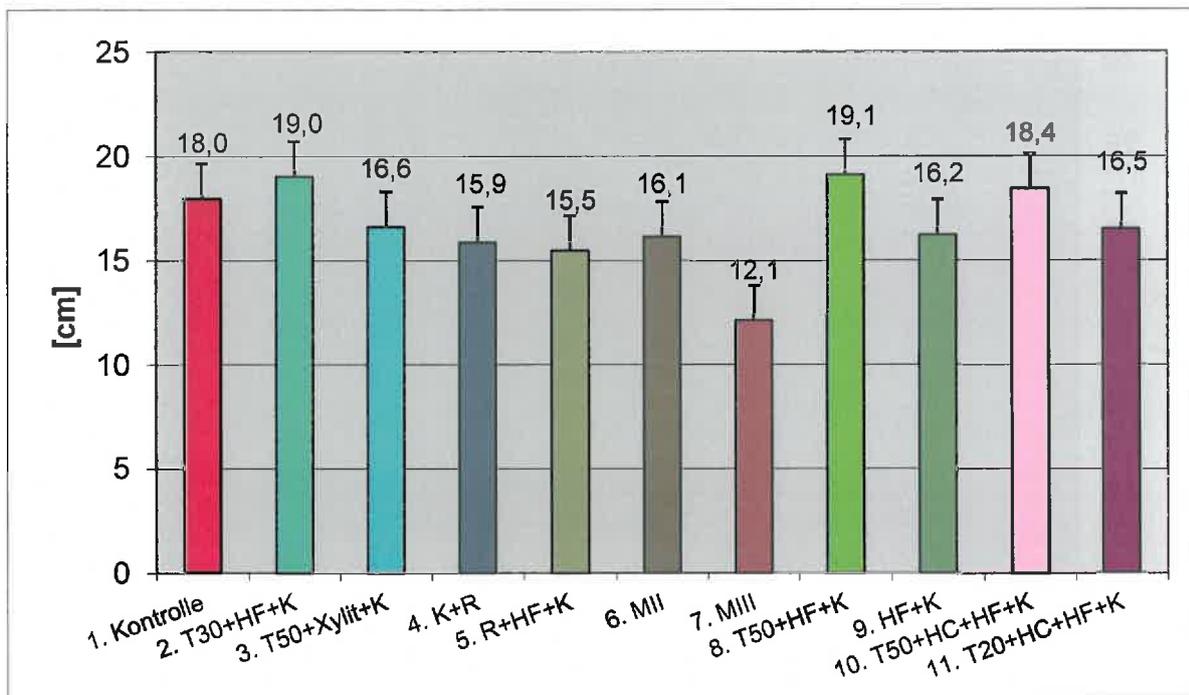


Abbildung A - 23: Triebhöhe von *Calluna* 'Marleen' am 23. 9. 2014

GD_{0,05} Tukey-Test = 1,7 cm

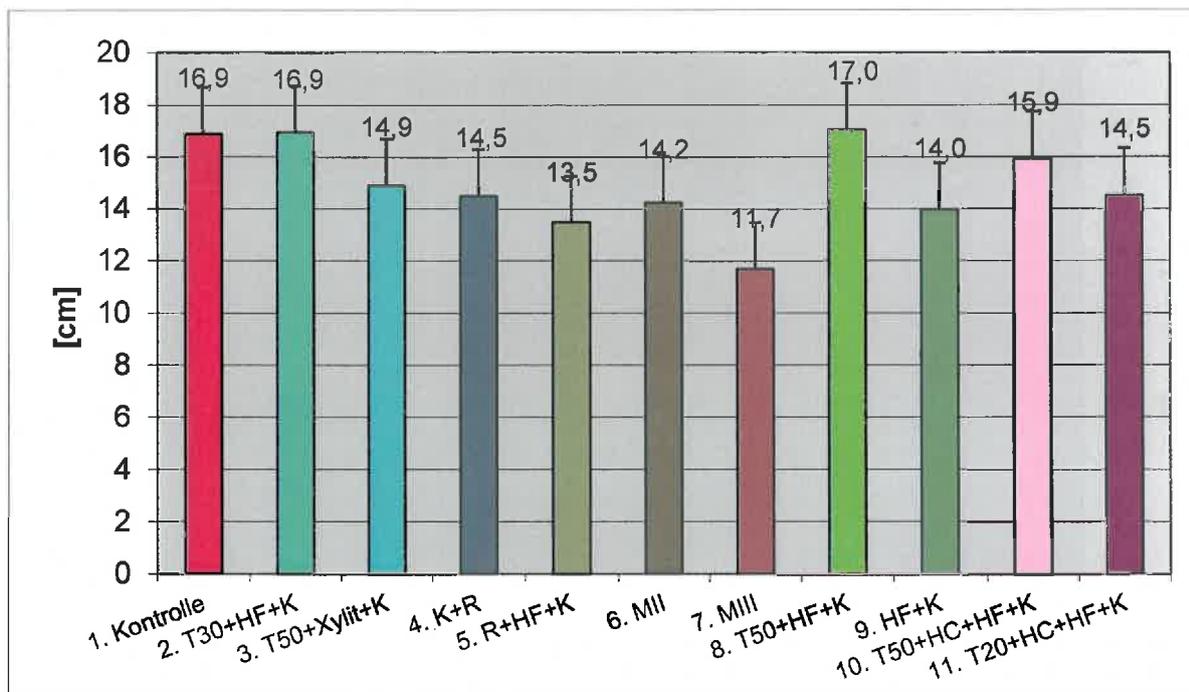


Abbildung A - 24: Triebhöhe von *Calluna* 'Darkness' am 22. 9. 2014

GD_{0,05} Tukey-Test = 1,8 cm

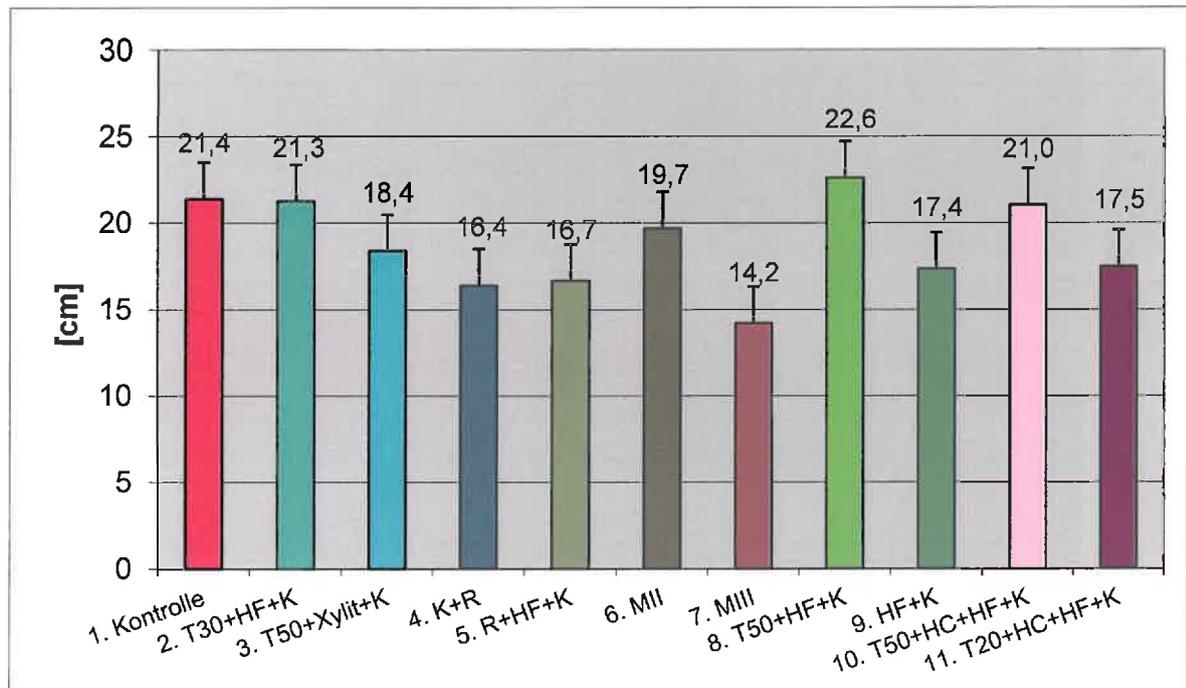


Abbildung A - 25: Triebhöhe von *Calluna* 'Long White' am 17. 9. 2014
 GD_{0,05} Tukey-Test = 2,1 cm

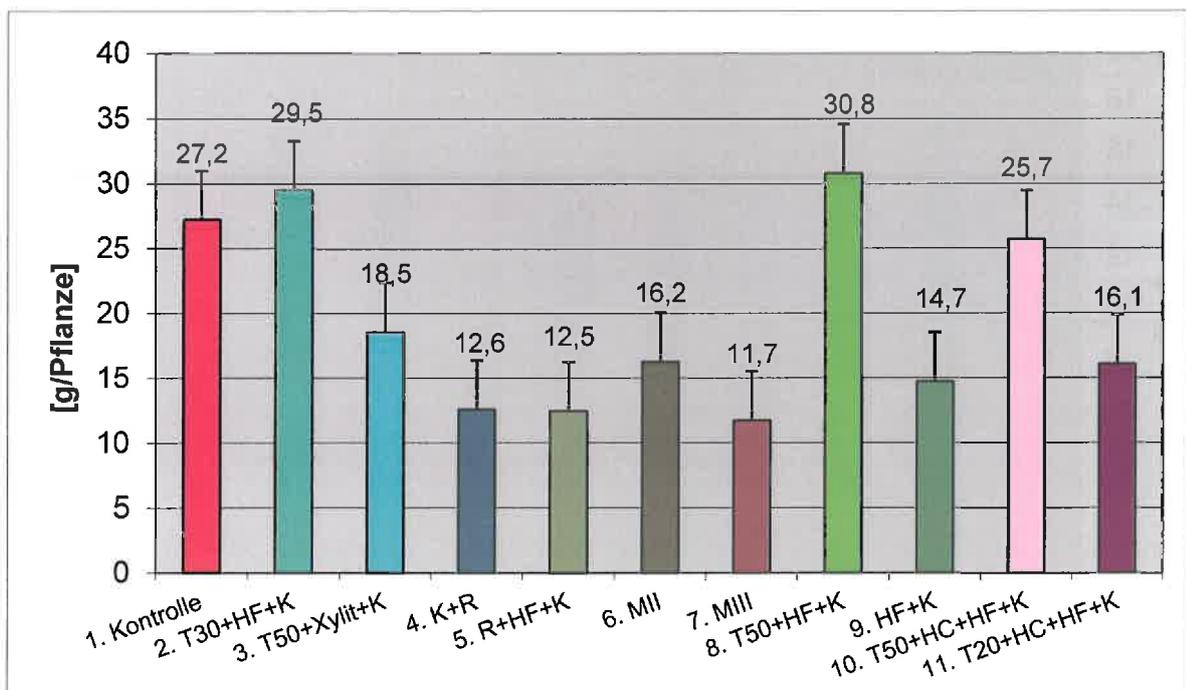


Abbildung A - 26: Frischgewicht von *Calluna* 'Long White' am 30. 9. 2014
 GD_{0,05} Tukey-Test = 3,8 g pro Pflanze

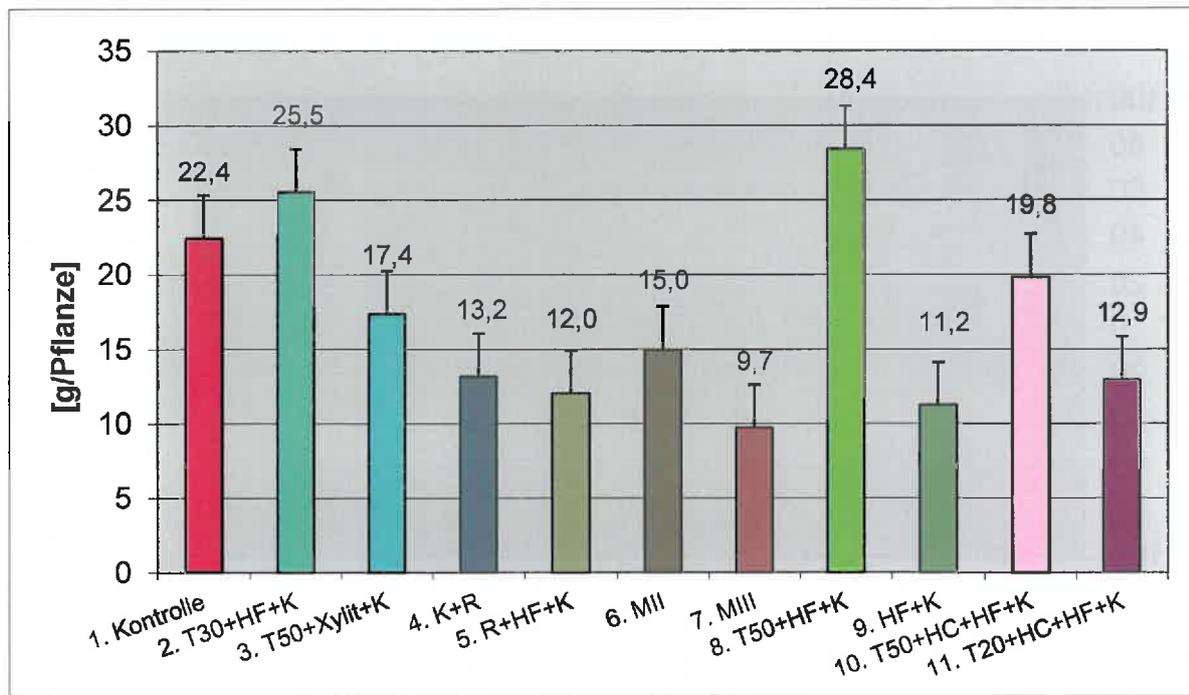


Abbildung A - 27: Frischgewicht von *Calluna* 'Marleen' am 29. 9. 2014
 GD_{0,05} Tukey-Test = 2,9 g pro Pflanze

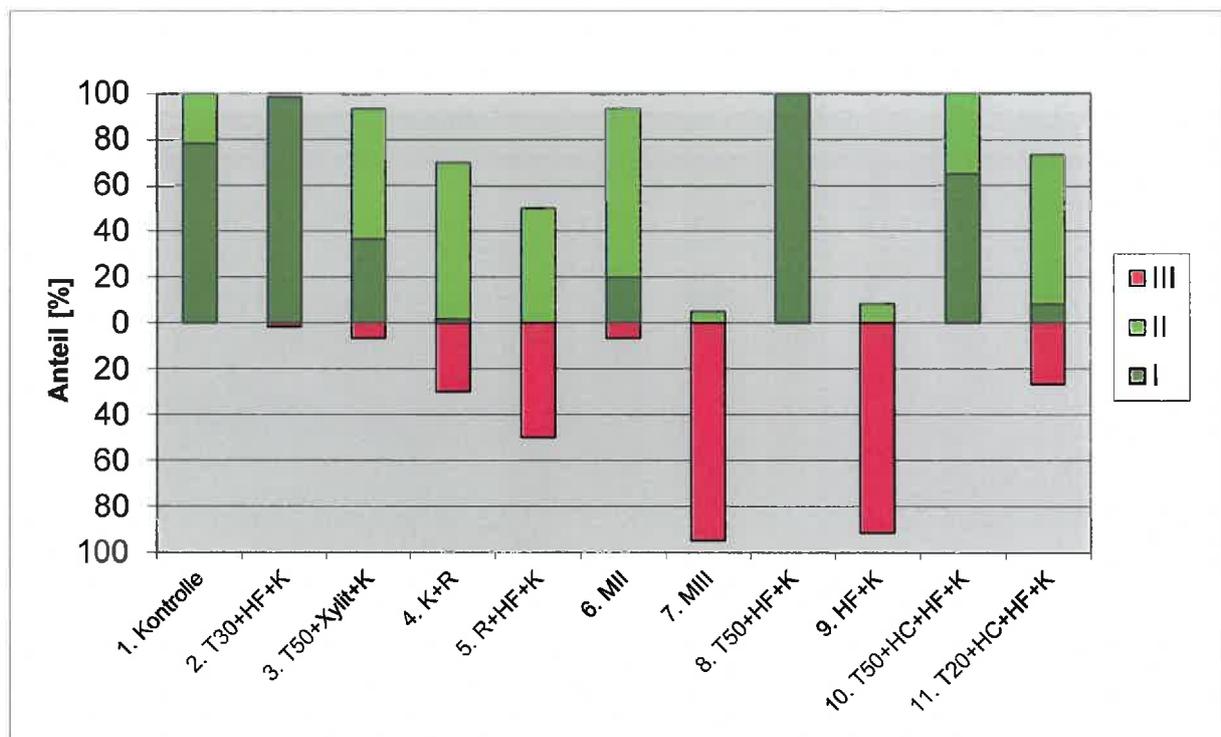


Abbildung A - 28: Qualität von *Calluna* 'Marleen' am 29. 9. 2014
 Qualitätsstufen I – III, I = sehr gut, II = gut, III = unverkäuflich

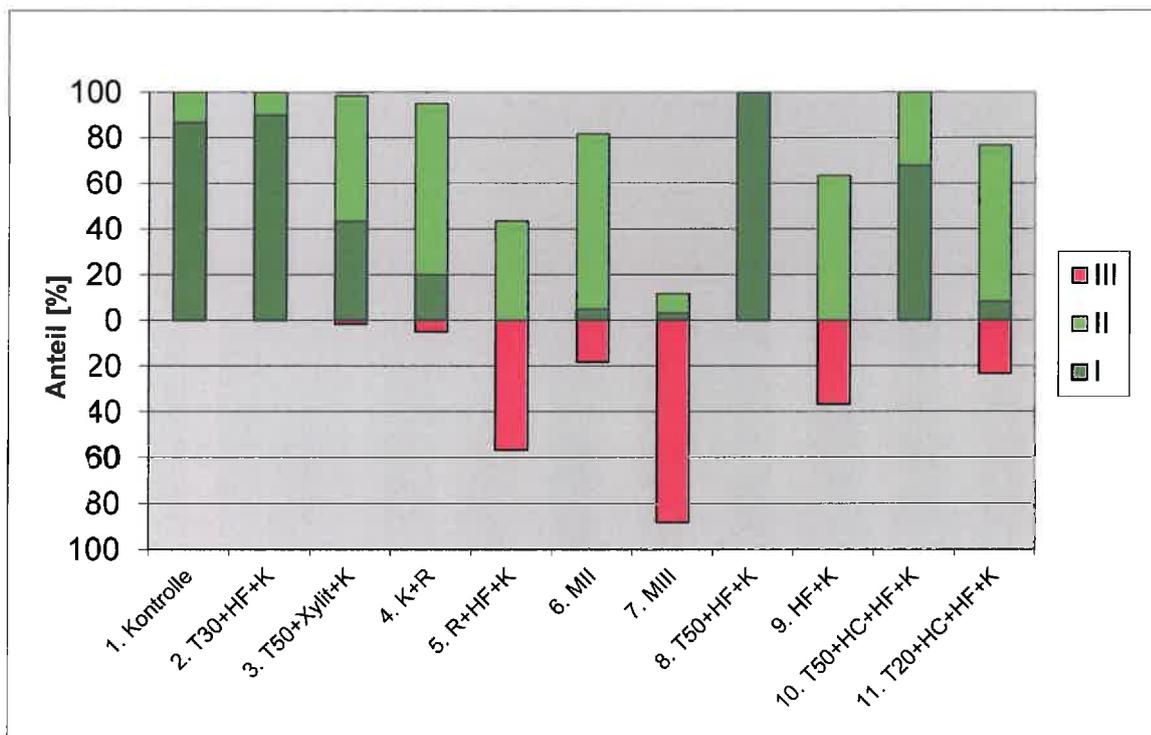


Abbildung A - 29: Qualität von *Calluna* 'Darkness' am 1. 10. 2014
 Qualitätsstufen I – III, I = sehr gut, II = gut, III = unverkäuflich

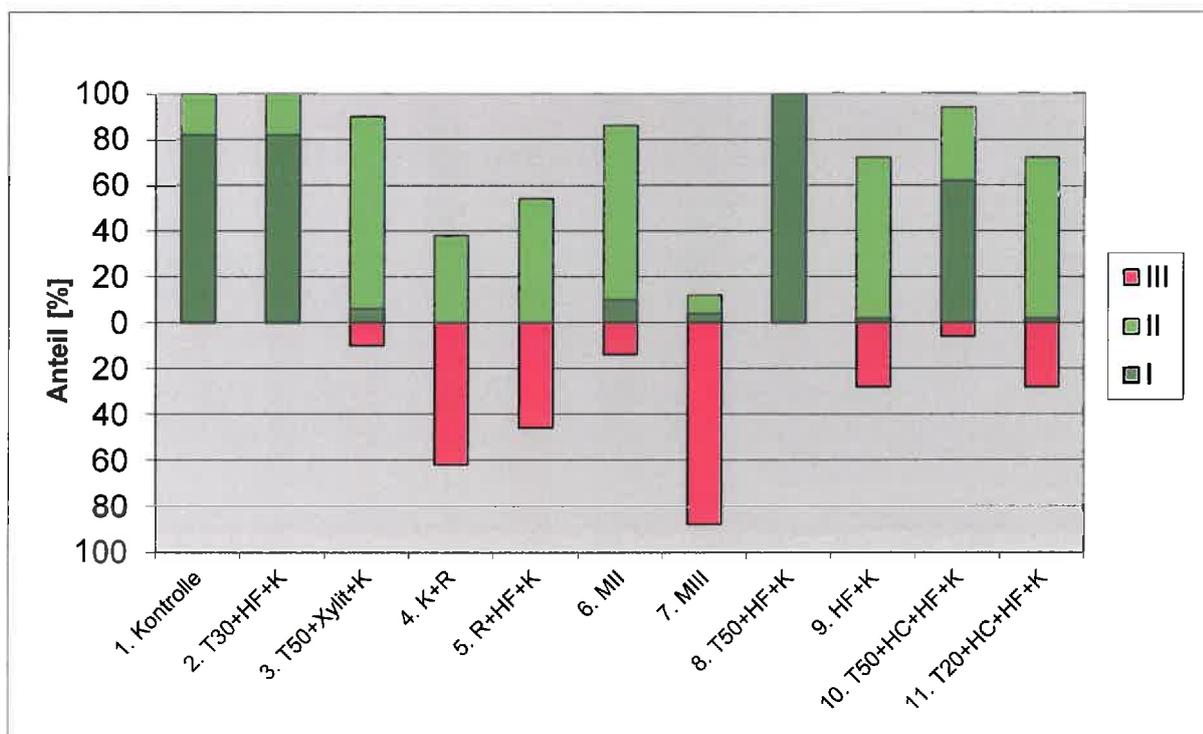


Abbildung A - 30: Qualität von *Calluna* 'Long White' am 30. 9. 2014
 Qualitätsstufen I – III, I = sehr gut, II = gut, III = unverkäuflich

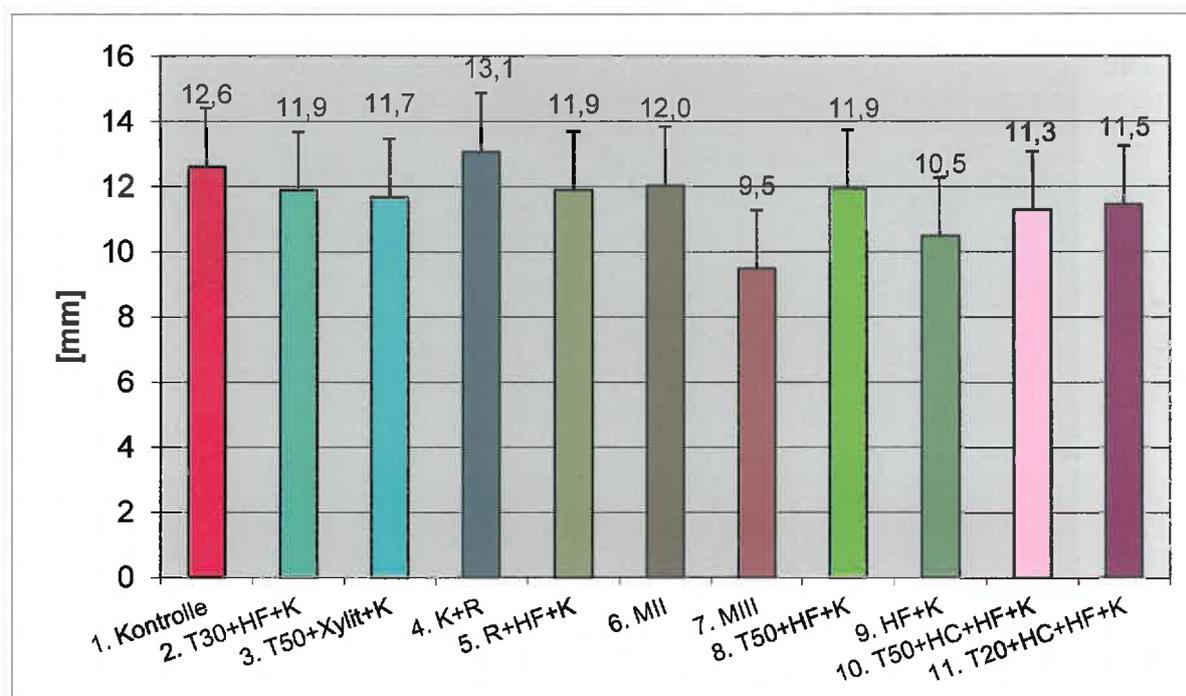


Abbildung A - 31: Länge der grünen Triebspitzen von *Calluna* 'Marleen' am 23. 9. 2014
 $GD_{0,05}$ Tukey-Test = 1,8 mm

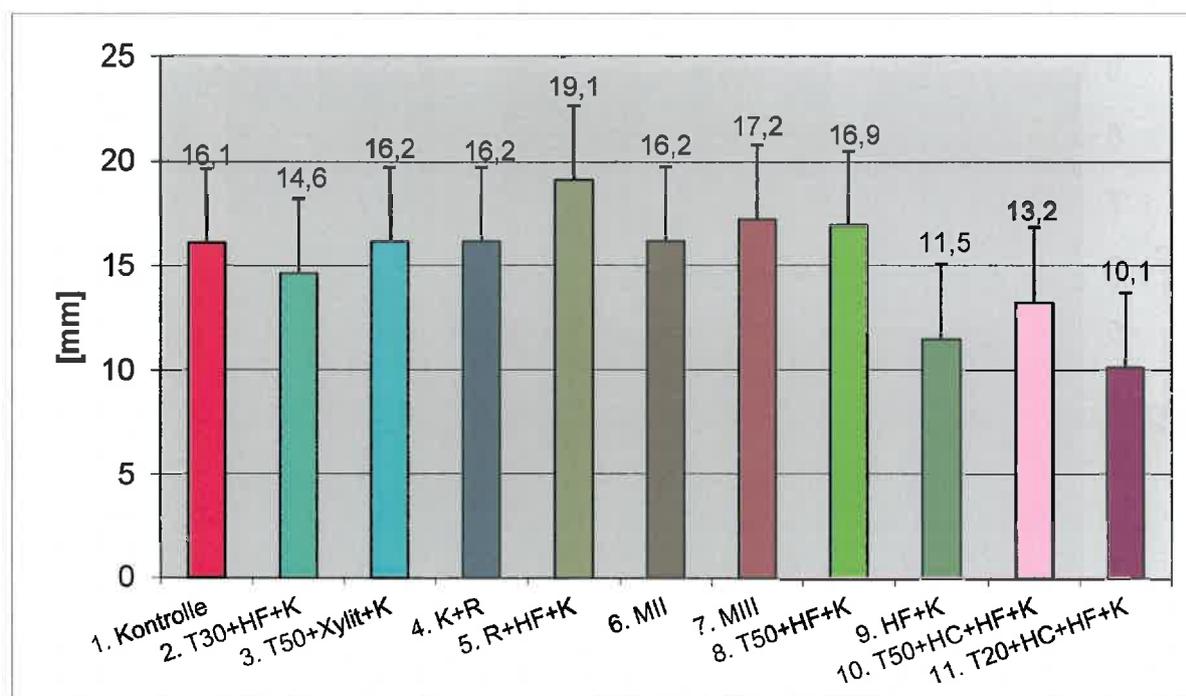


Abbildung A - 32: Länge der grünen Triebspitzen von *Calluna* 'Darkness' am 22. 9. 2014
 $GD_{0,05}$ Tukey-Test = 3,6 mm

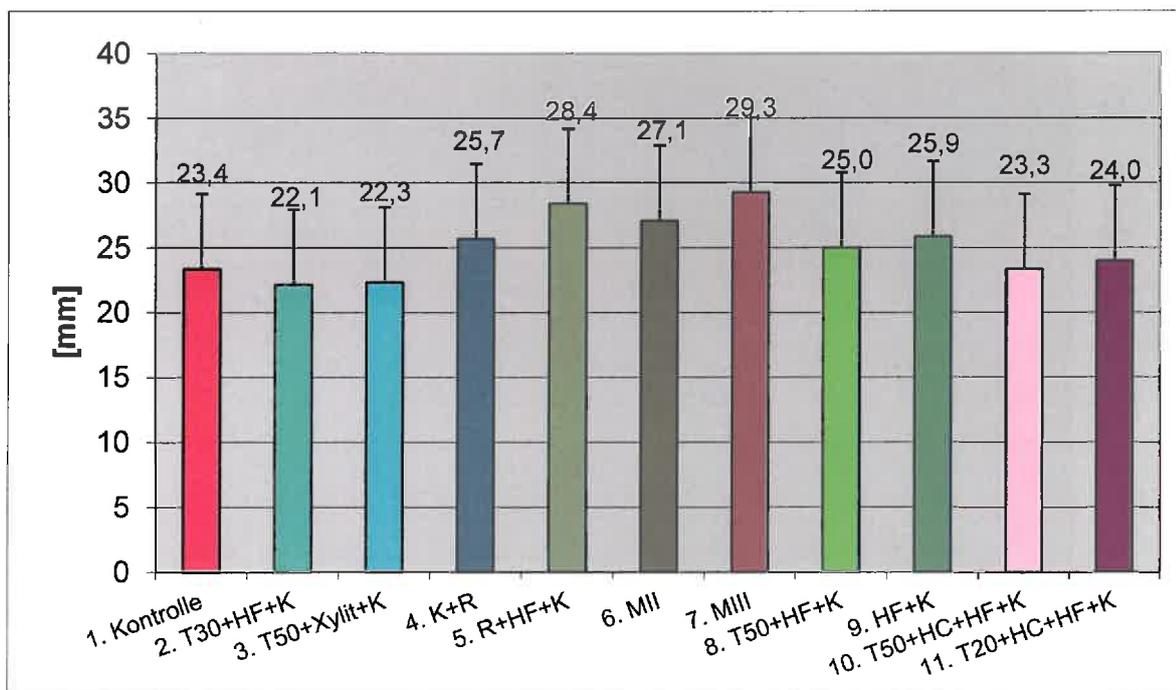


Abbildung A - 33: Länge der grünen Triebspitzen von *Calluna* 'Long White' am 17. 9. 2014

GD_{0,05} Tukey-Test = 5,8 mm

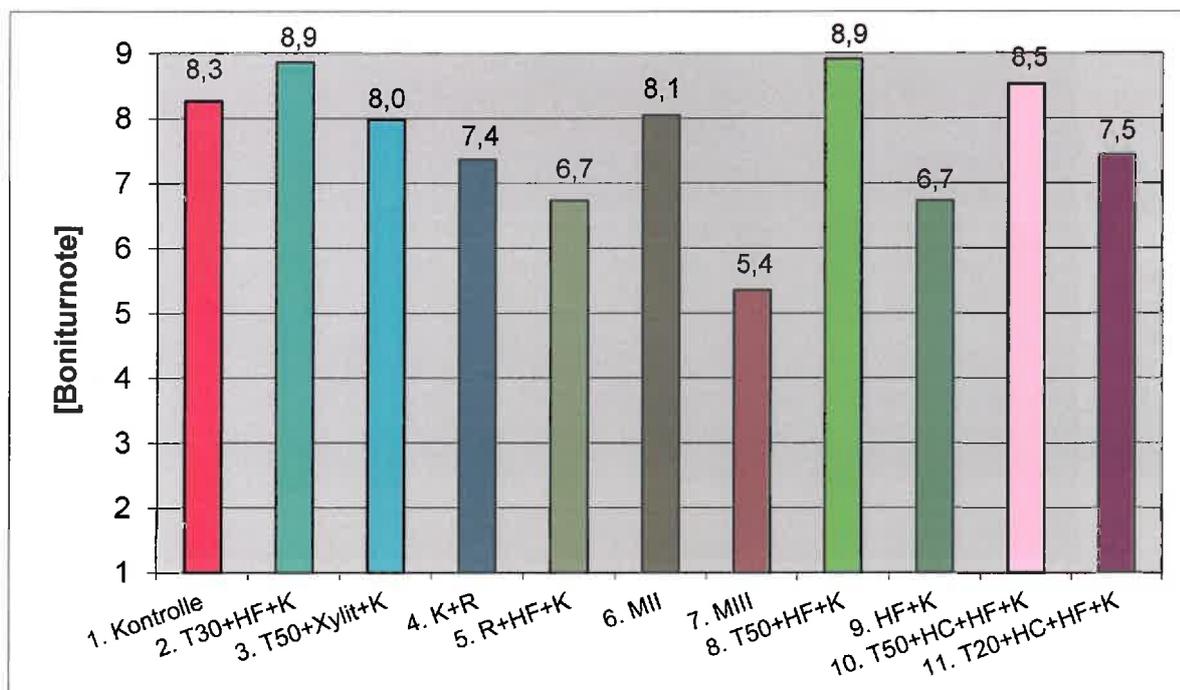


Abbildung A - 34: Bewurzelung von *Calluna* 'Marleen' am 23. 9. 2014

Boniturnoten 1 – 9, 1 = keine Wurzel erkennbar, 9 = sehr dicht durchwurzelt

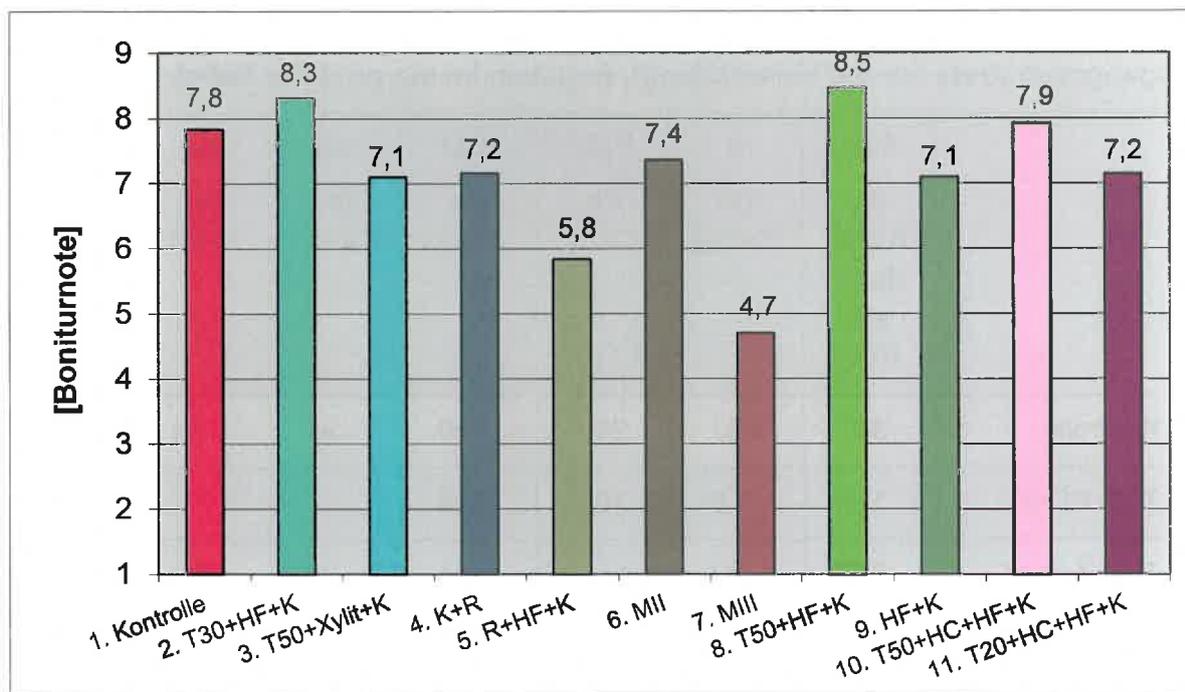


Abbildung A - 35: Bewurzelung von *Calluna* 'Darkness' am 22. 9. 2014
Boniturnoten 1 – 9, 1 = keine Wurzel erkennbar, 9 = sehr dicht durchwurzelt

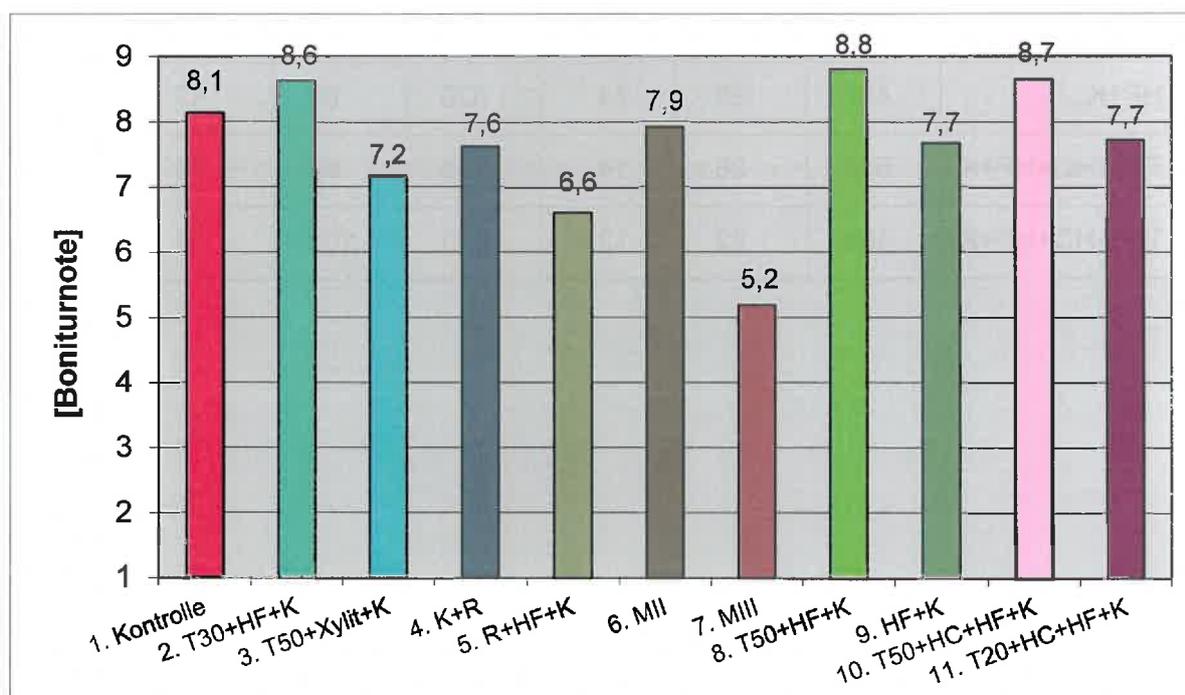


Abbildung A - 36: Bewurzelung von *Calluna* 'Long White' am 16. 9. 2014
Boniturnoten 1 – 9, 1 = keine Wurzel erkennbar, 9 = sehr dicht durchwurzelt

Tabelle A - 18: Ergebnis der Substratanalyse von *Calluna* im Anlieferungszustand (Ausgangssubstrate vor der Verwendung), Angaben im mg pro Liter Substrat

	Salz (in Aqua dest. als KCl)	N (in CaCl₂)	P₂O₅ (in CAL)	K₂O (in CAL)	Mg (in CaCl₂)	Na (in H₂O)	Cl (in H₂O)
1. Kontrolle	307	22	29	29	91	34	34
2. T30+HF+K	170	6	10	416			
3. T50+Xylit+K	327	30	16	124	98	29	36
4. K+R	748	49	58	584	109	75	90
5. R+HF+K	1.132	180	119	449	116	74	81
6. M II	582	4	44	526	223	66	38
7. M III	200	34	14	86			
8. T50+HF+K	214	19	12	206	60	28	60
9. HF+K	467	28	74	320	80	43	50
10. T50+HC+HF+K	513	28	14	158	82	33	53
11. T20+HC+HF+K	464	22	12	163	102	34	51

Tabelle A - 19: Ergebnis der Substratanalyse von *Calluna* vom 30. 6. 2014 (Mischprobe aus allen drei Sorten), Angaben im mg pro Liter Substrat

VG	Salz (in Aqua dest. als KCl)	N (in CaCl ₂)	P ₂ O ₅ (in CAL)	K ₂ O (in CAL)
1. Kontrolle	250	22	14	45
2. T30+HF+K	190	5	5	394
3. T50+Xylit+K	1.060	26	19	163
4. K+R	460	11	50	728
5. R+HF+K	1.060	158	108	475
6. M II	1.140	9	150	902
7. M III	2.410	29	120	638
8. T50+HF+K	270	13	13	240
9. HF+K	490	54	74	378
10. T50+HC+HF+K	510	5	14	198
11. T20+HC+HF+K	560	32	8	194

Tabelle A - 20: Ergebnis der Substratanalyse von *Calluna* vom 1. 8. 2014 (Mischprobe aus allen drei Sorten), Angaben im mg pro Liter Substrat

VG	Salz (in Aqua dest. als KCl)	N (in CaCl₂)	P₂O₅ (in CAL)	K₂O (in CAL)
1. Kontrolle	480	36	86	169
2. T30+HF+K	340	20	64	158
3. T50+Xylit+K	590	38	112	211
4. K+R	390	18	73	195
5. R+HF+K	540	40	101	163
6. M II	740	24	100	204
7. M III	860	37	133	322
8. T50+HF+K	320	22	56	117
9. HF+K	440	23	104	148
10. T50+HC+HF+K	270	16	50	102
11. T20+HC+HF+K	360	13	77	141

Tabelle A - 21: Ergebnis der physikalischen Substratuntersuchung von *Calluna* nach DIN EN 13039 – 41, Ausgangssubstrate vor der Verwendung

VG	Wasser- gehalt	Trok- ken- subs- tanz	Org. Subs- tanz (Glüh- verlust)	Glüh- rück- stand	Roh- dichte (trok- ken)	Ge- samt- poren- volu- men	Luft- poren- volu- men	Was- serka- pazität	Schr- um- pfung
	(Gew.-%)			(g/l)			(Vol-%)		
1. Kontrolle	64,5	35,5	97,7	2,3	122	92	15	77	34
2. T30+HF+K	67,3	32,7	94,5	5,5	114	93	45	48	10
3. T50+ Xylit+K	59,5	40,5	92,3	7,7	161	90	23	67	18
4. K+R	63,5	36,5	92,0	8,0	130	92	37	55	12
5. R+HF+K	67,5	32,5	69,5	30,3	175	90	39	51	13
6. M II	44,0	56,0	61,8	38,2	216	88	39	49	5
7. M III	59,1	40,9	72,0	28,0	250	85	27	58	16

Tabelle A - 22: Ergebnis der physikalischen Substratuntersuchung der Ballen der getopften *Calluna* 'Marleen' (Mittelwert aus n= 4 Pflanzen) in Anlehnung an DIN EN 13041 vom 14. 7. 2014

VG	Org. Substanz (Glühverlust)	Glührückstand	Rohdichte (trocken)	Gesamt-porenvolumen	Luftporenvolumen	Wasserkapazität	Wasserkapazität
	(Gew.-%)		(g/l)	(Vol-%)			(Gew.-%)
1. Kontrolle	93,8	6,2	140	91	11	80	87,2
2. T30+HF+K	89,8	10,3	112	93	18	75	87,0
3. T50+ Xylit+K	91,0	9,0	167	89	18	71	80,9
4. K+R	88,8	11,2	136	91	23	68	83,2
5. R+HF+K	69,1	30,9	188	89	36	53	73,9
6. M II	58,5	41,5	225	88	27	61	72,9
7. M III	69,6	30,4	234	86	35	51	68,4

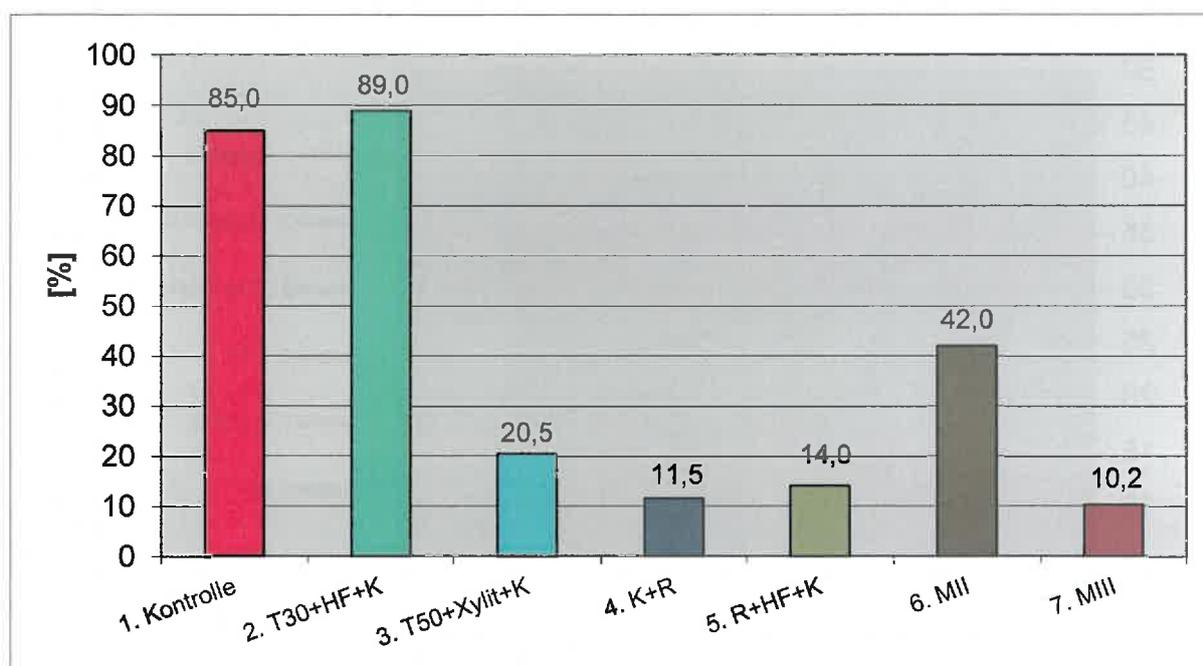


Abbildung A - 37: Durchwurzelung der Substrate von *Calluna* 'Marleen' am 14. 7. 2014

Tabelle A - 23: Ergebnis der physikalischen Substratuntersuchung der Ballen der getopften *Calluna* 'Marleen' (Mittelwert aus n= 4 Pflanzen) in Anlehnung an DIN EN 13041 vom 14. 10. 2014

VG	Org. Substanz (Glühverlust)	Glührückstand	Rohdichte (trocken)	Gesamtporenvolumen	Luftporenvolumen	Wasserkapazität	Wasserkapazität
	(Gew.-%)		(g/l)	(Vol-%)			(Gew.-%)
1. Kontrolle	94,7	5,4	141	91	9	82	85,3
2. T30+HF+K	91,9	8,1	115	93	7	86	88,2
3. T50+Xylit+K	92,1	8,0	170	89	13	76	81,8
4. K+R	91,0	9,0	137	91	17	74	84,4
5. R+HF+K	68,9	31,1	179	90	34	56	75,7
6. M II	62,7	37,3	218	88	21	67	75,4
7. M III	71,5	28,5	234	86	32	54	69,9

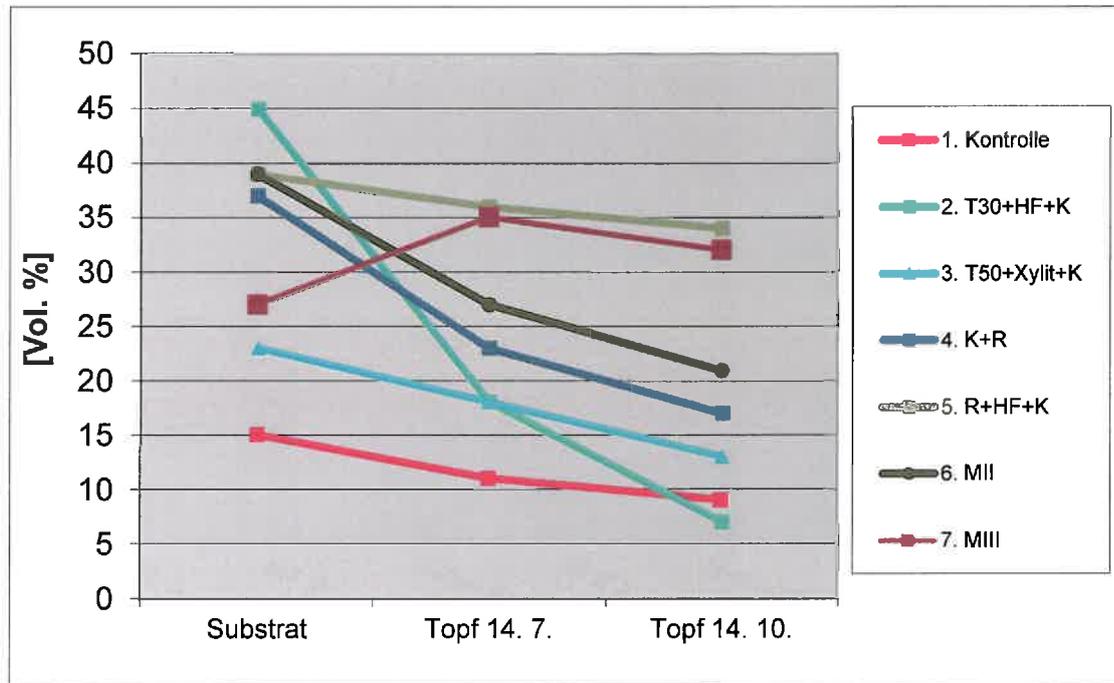


Abbildung A - 38: Luftporenvolumen von 7 der 11 Ausgangssubstrate sowie in den Topfballen von *Calluna 'Marleen'* zu unterschiedlichen Zeitpunkten

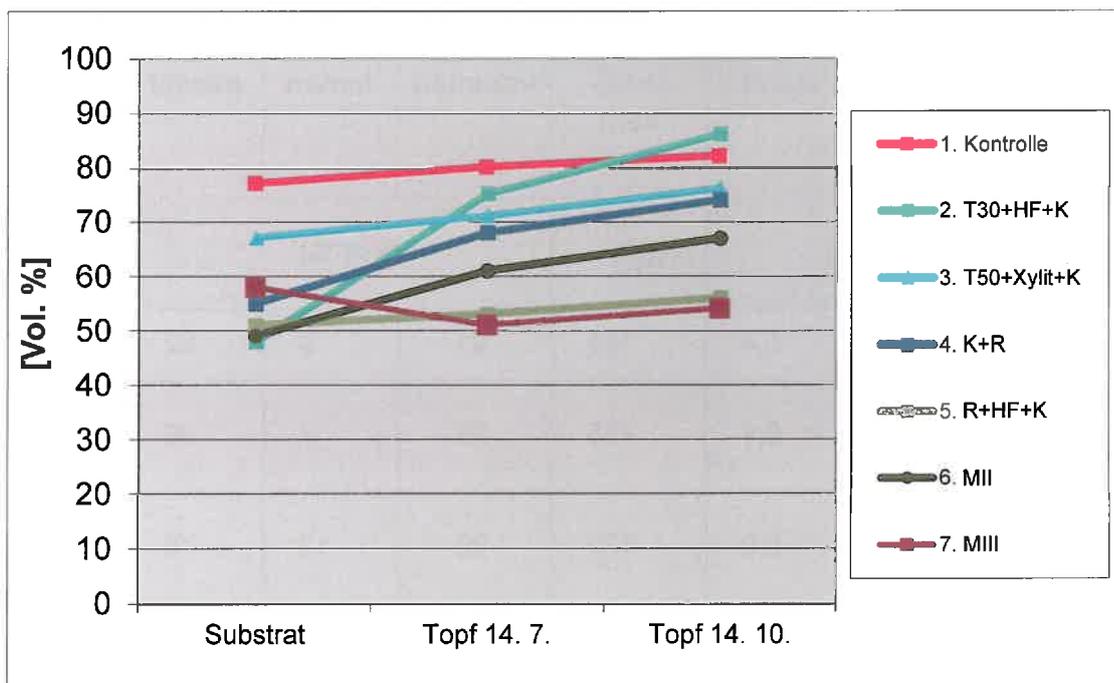


Abbildung A - 39: Wasserkapazität von 7 der 11 Ausgangssubstrate sowie in den Topfballen von *Calluna 'Marleen'* zu unterschiedlichen Zeitpunkten

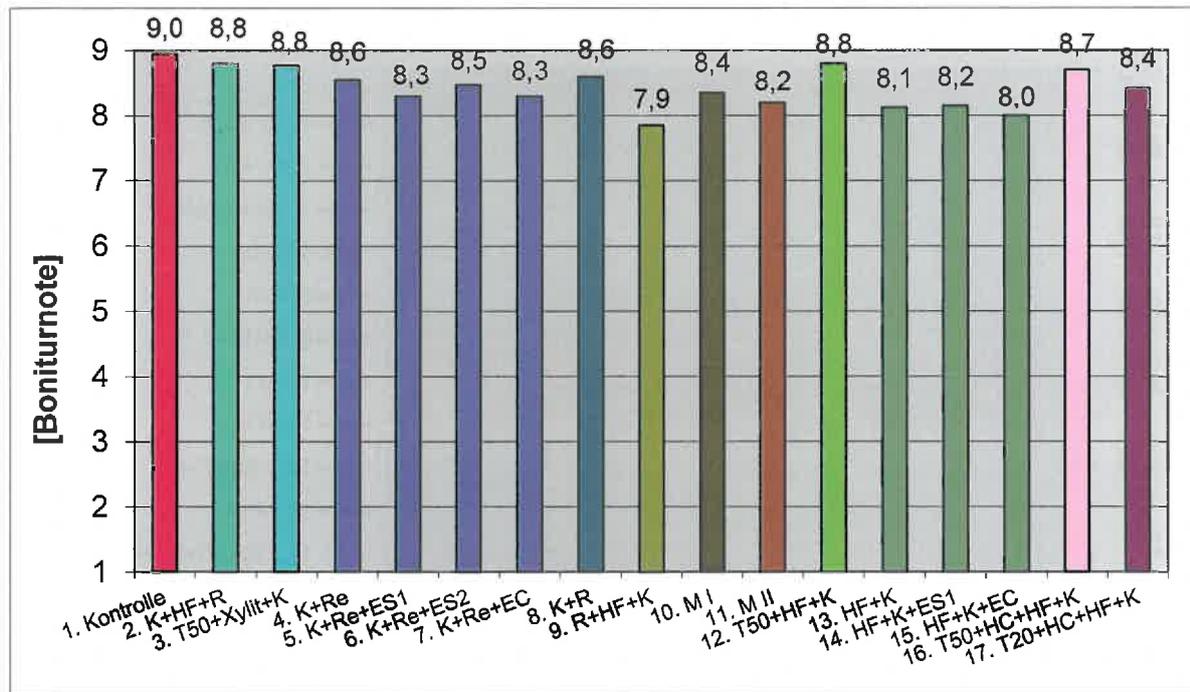


Abbildung A - 40: Bewurzelung von *Potentilla* 'Nuuk' am 17. 11. 2014
Boniturnoten 1 – 9, 1 = keine Wurzel erkennbar, 9 = sehr dicht durchwurzelt

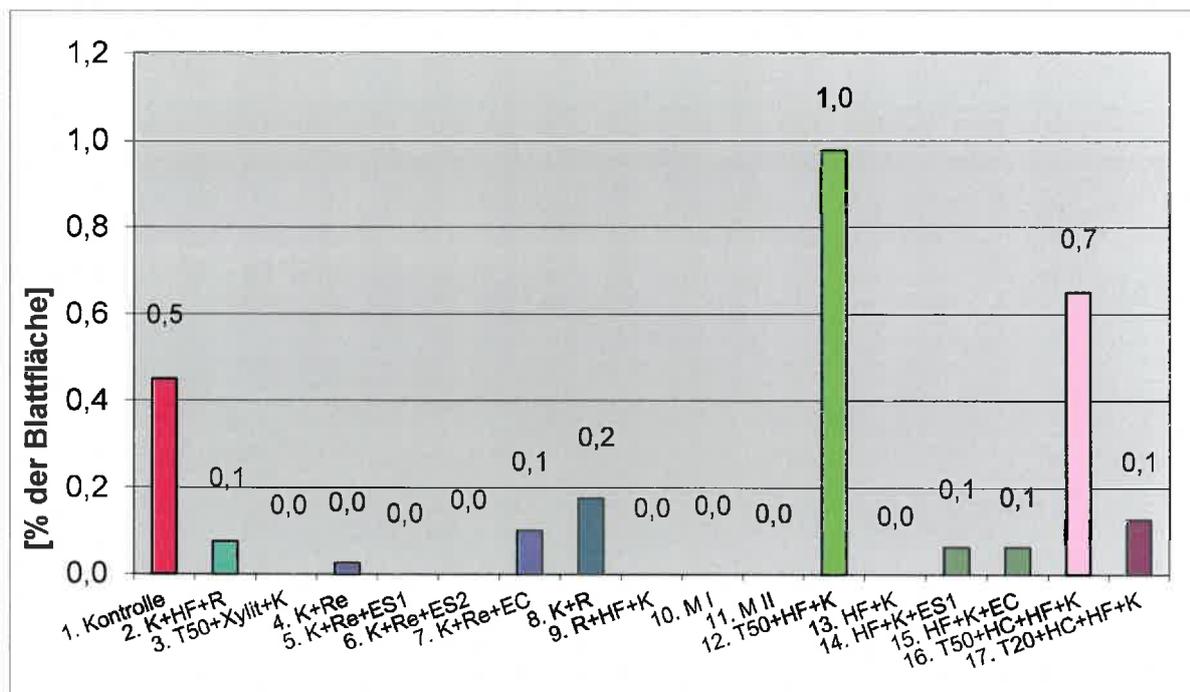


Abbildung A - 41: Chlorosen an *Potentilla* 'Nuuk' am 17. 11. 2014

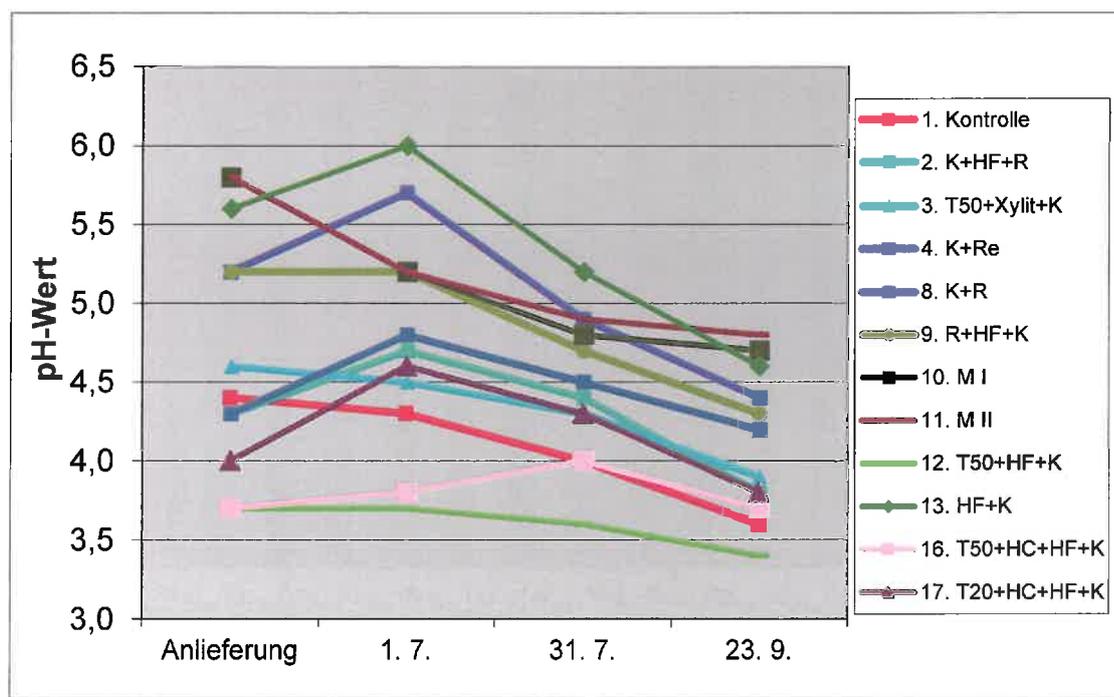


Abbildung A - 42: pH-Werte (in CaCl₂) in Substraten von *Potentilla* 'Nuuk' zu unterschiedlichen Zeitpunkten

Tabelle A - 24: Ergebnis der Substratanalyse von *Potentilla* 'Nuuk' vom 4. 3. 2014 (Ausgangssubstrate vor der Verwendung), Angaben in mg pro Liter Substrat

VG	Salz (in Aqua dest. als KCl)	N (in CaCl ₂)	P ₂ O ₅ (in CAL)	K ₂ O (in CAL)	Mg (in CaCl ₂)	Na (in H ₂ O)	Cl (in H ₂ O)
1. Kontrolle	307	22	29	29	91	34	34
2. K+HF+R	216	3	15	384	68	23	45
3. T50+Xylit+K	327	30	16	124	98	29	36
4. – 7. K+R e	501	26	44	523	87	61	87
8. K+R	748	49	58	584	109	75	90
9. R+HF+K	1.132	180	119	449	116	74	81
10. M I	608	3	40	531	214	67	36
11. M II	582	4	44	526	223	66	38
12. T50+HF+K	251	18	23	269	72	30	49
13. – 15. HF+K	534	20	67	526	75	57	108
16. T50+HC+HF+K	513	28	14	158	82	33	53
17. T20+HC+HF+K	464	22	12	163	102	34	51

Tabelle A - 25: Ergebnis der Substratanalyse von *Potentilla* 'Nuuk' vom 1. 7. 2014 (ohne Depotdüngerkörner), Angaben in mg pro Liter Substrat

VG	Salz (in Aqua dest. als KCl)	N (in CaCl ₂)	P ₂ O ₅ (in CAL)	K ₂ O (in CAL)
1. Kontrolle	240	26	18	31
2. K+HF+R	220	10	12	386
3. T50+Xylit+K	310	10	17	139
4. K+R e	570	15	59	766
8. K+R	430	8	59	655
9. R+HF+K	810	83	90	425
10. M I	1.040	9	35	493
11. M II	1.270	10	34	490
12. T50+HF+K	230	20	20	272
13. HF+K	310	8	60	456
16. T50+HC+HF+K	630	11	16	194
17. T20+HC+HF+K	560	22	10	195

Tabelle A - 26: Ergebnis der Substratanalyse von *Potentilla* 'Nuuk' vom 31. 7. 2014 (ohne Depotdüngerkörner), Angaben in mg pro Liter Substrat

VG	Salz (in Aqua dest. als KCl)	N (in CaCl ₂)	P ₂ O ₅ (in CAL)	K ₂ O (in CAL)
1. Kontrolle	760	153	85	160
2. K+HF+R	630	136	70	330
3. T50+Xylit+K	820	262	95	231
4. K+R e	460	58	46	318
5. K+R e + FS 1	960	146	122	454
9. R+HF+K	1.320	262	179	377
10. M I	770	143	109	252
11. M II	800	143	124	271
12. T50+HF+K	500	80	58	200
13. HF+K	610	86	79	323
16. T50+HC+HF+K	410	66	150	300
17. T20+HC+HF+K	560	40	78	166

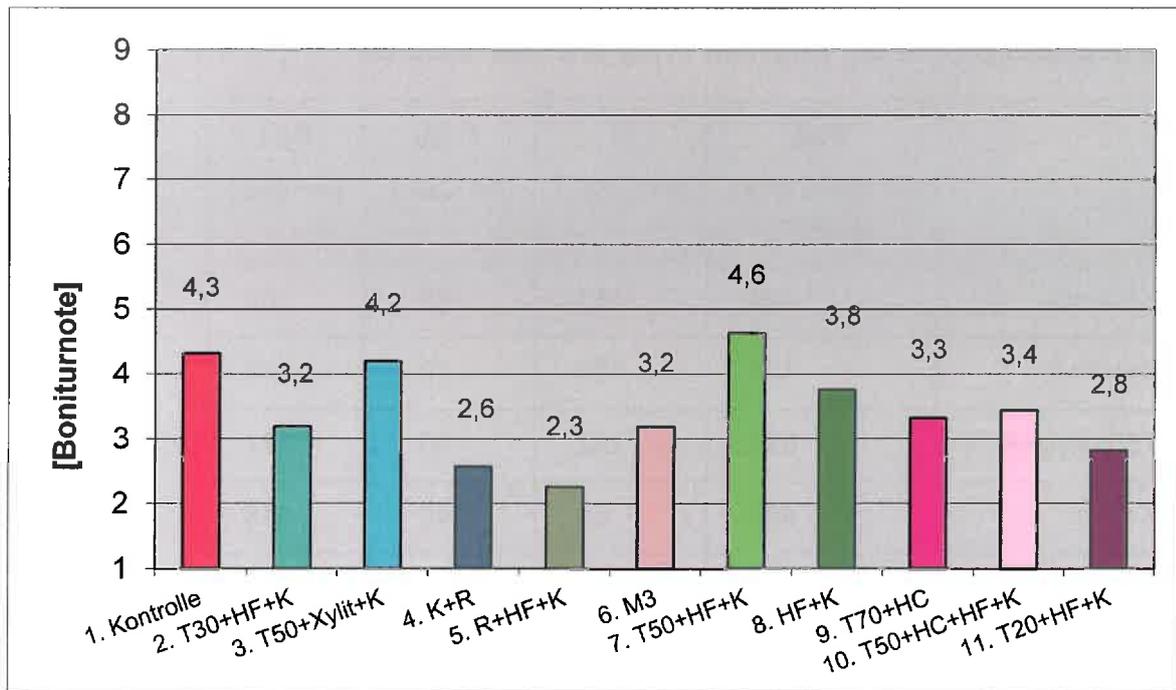


Abbildung A - 43: Bewurzelung von *Gaultheria* am 19. 8. 2014
Boniturnoten 1 – 9, 1 = keine Wurzel erkennbar, 9 = sehr dicht durchwurzelt

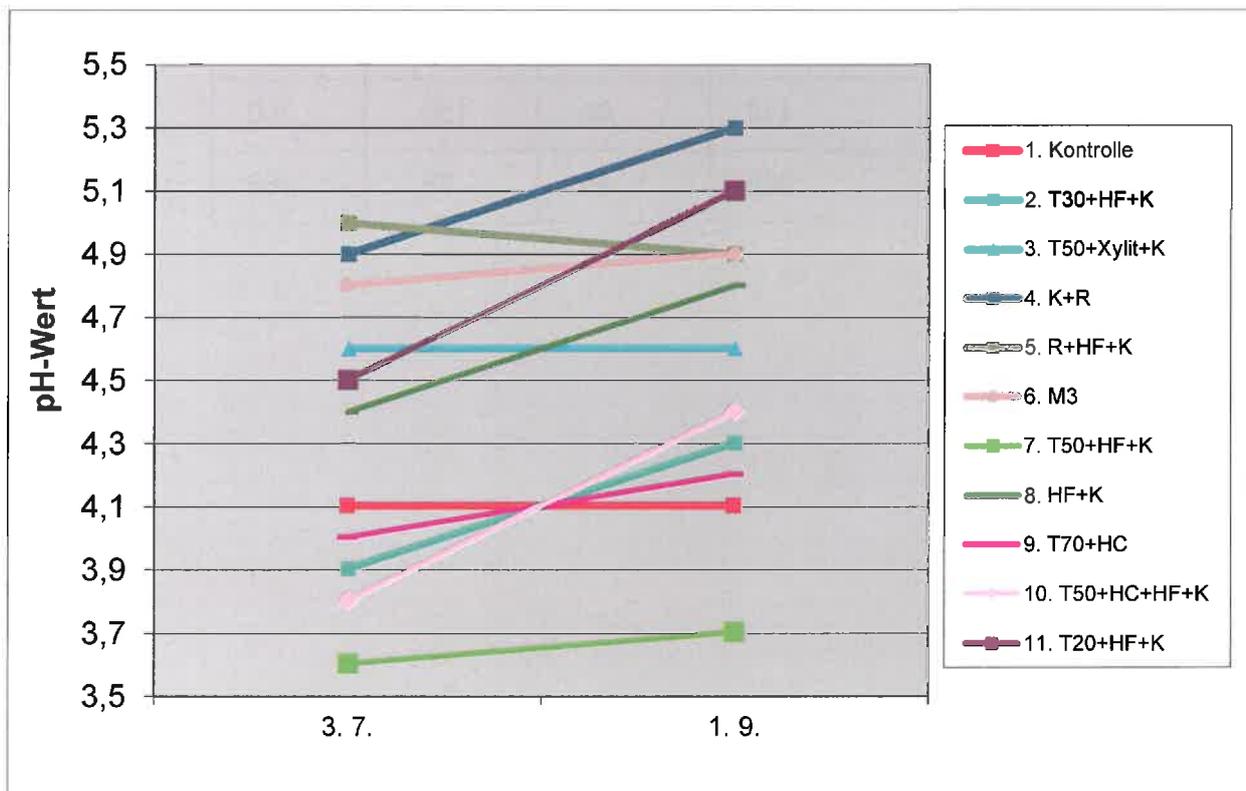


Abbildung A - 44: pH-Werte (in CaCl₂) in Substraten von *Gaultheria* zu unterschiedlichen Zeitpunkten

Tabelle A - 27: Ergebnis der Substratanalyse von *Gaultheria* vom 1. 7. 2014, Angaben in mg pro Liter Substrat

VG	Salz (in Aqua dest. als KCl)	N (in CaCl ₂)	P ₂ O ₅ (in CAL)	K ₂ O (in CAL)
1. Kontrolle	190	10	5	29
2. T30+HF+K	170	6	10	416
3. T50+Xylit+K	720	54	22	195
4. K+R	390	6	45	605
5. R+HF+K	1.010	137	110	486
6. M III	2.560	40	110	595
7. T50+HF+K	200	34	14	86
8. HF+K	480	82	50	277
9. T70+HC	80	7	25	55
10. T50+HC+HF+K	500	5	10	181
11. T20+HC+HF+K	590	18	9	216

Tabelle A - 28: Ergebnis der Substratanalyse von *Gaultheria* vom 1. 9. 2014, Angaben in mg pro Liter Substrat

VG	Salz (in Aqua dest. als KCl)	N (in CaCl₂)	P₂O₅ (in CAL)	K₂O (in CAL)
1. Kontrolle	330	24	19	55
2. T30+HF+K	250	38	14	232
3. T50+Xylit+K	330	16	102	192
4. K+R	220	5	18	380
5. R+HF+K	480	46	49	167
6. M III	440	26	79	370
7. T50+HF+K	190	7	14	67
8. HF+K	140	6	18	91
9. T70+HC	200	13	13	48
10. T50+HC+HF+K	210	7	18	126
11. T20+HC+HF+K	190	5	20	94

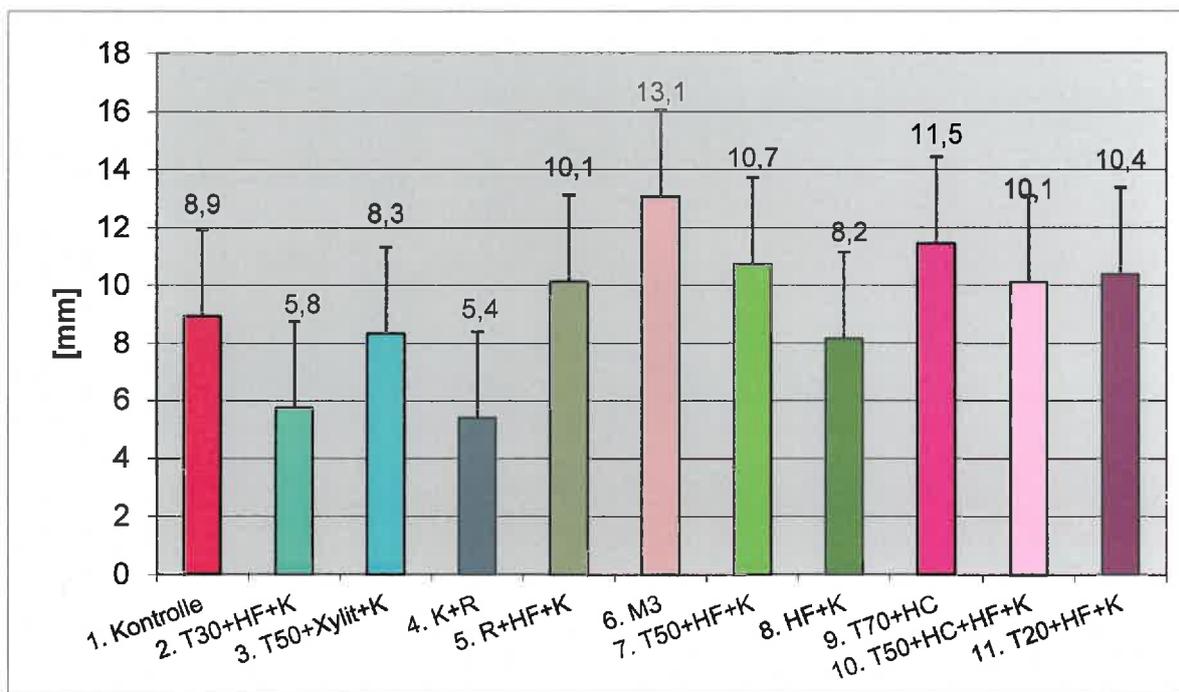


Abbildung A - 45: Sackung des Substrates von *Gaultheria* am 3. 11. 2014

GD_{0,05} Tukey-Test = 3,0 mm

9.2 Einleitungstext Portal „Torfersatzstoffe“ auf hortigate

Torfersatzstoffe

Hortigate.de will an dieser Stelle Argumente für die Diskussion und Antworten auf viele Fragen zum Thema Torfersatzstoffe, Einsatzmöglichkeiten und ökologische Sinnhaftigkeit bieten.

Seit vielen Jahren gibt es Diskussionen über die Verwendung von Torf im Gartenbau. Begleitet von unterschiedlichsten Argumenten kommen von vielen Seiten Forderungen, Torf durch andere Stoffe zu ersetzen. Inzwischen ist eine ganze Reihe an vielversprechenden Produkten mit Torfersatzstoffen am Markt erhältlich.

So breit das Angebot im Pflanzensortiment ist, so vielfältig sind die Anforderungen an das Substrat. Darüber hinaus stellen die Produzenten, Transporteure, Händler und nicht zuletzt der Kunde weitere Ansprüche. Manches wird mittlerweile mit torf reduzierten oder torffreien Substraten qualitativ hochwertig produziert, pauschale Aussagen können jedoch nicht gemacht werden.

Zahlreiche **Versuchsberichte** geben Aufschluss, wann und in welcher Form Torfersatz gute Ergebnisse erzielen kann. Darüber hinaus werden in weiteren Dokumenten **politische Fragen** erörtert und **ökologische Probleme** diskutiert sowie **Daten und Fakten** zu verschiedenen Themenbereichen gegeben.

Nutzen Sie für Ihre Recherche nicht nur die Schlagworte aus den Auswahlfeldern, sondern auch die Volltextsuche!

