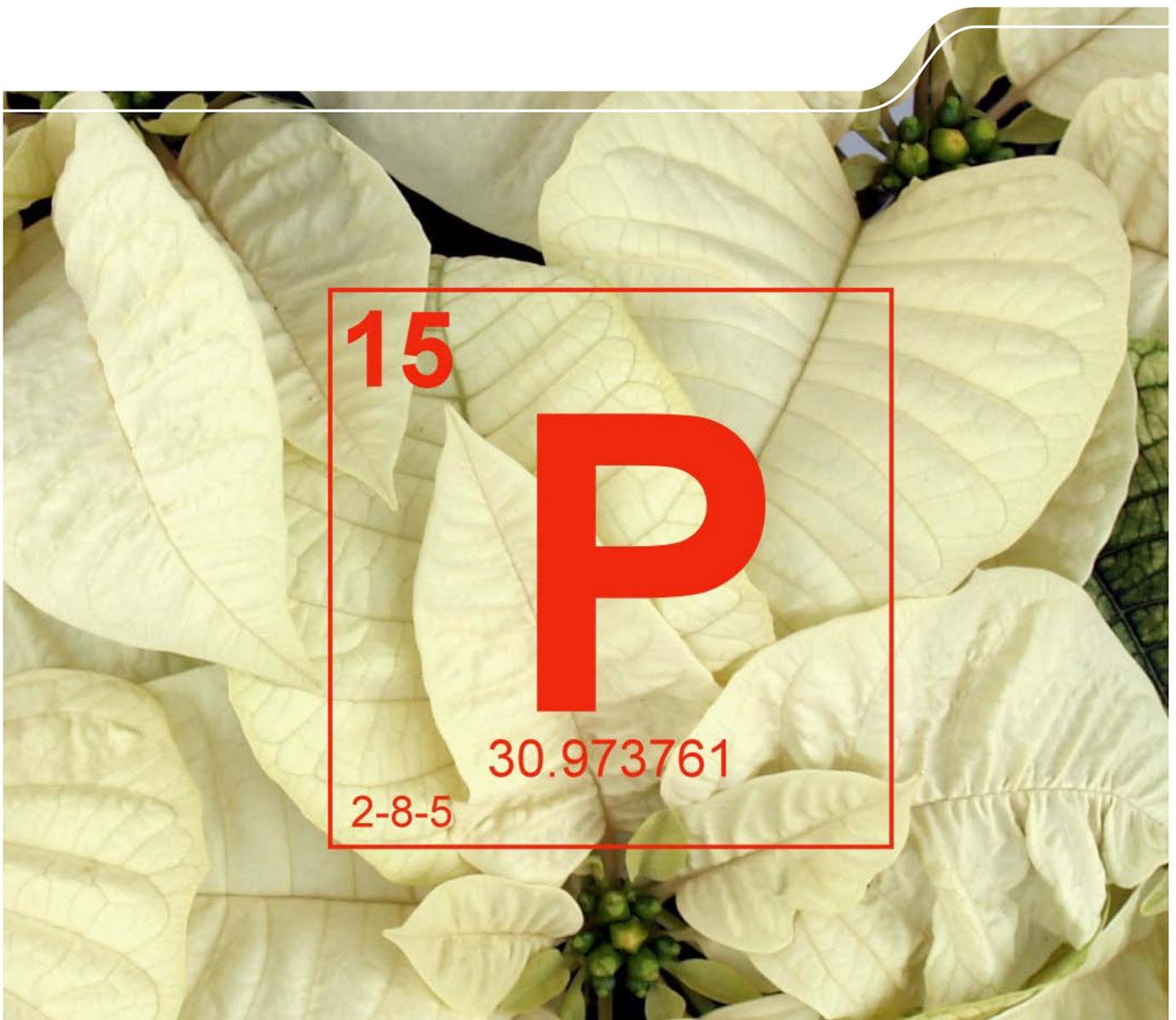


Phosphor im Zierpflanzenbau

Schriftenreihe, Heft 3/2018



Reduzierung des Phosphoreinsatzes im Zierpflanzenbau

Stephan Wartenberg

1	Ausgangssituation und Zielstellungen	9
1.1	Ausgangssituation.....	9
1.2	Zielstellungen.....	13
2	Versuchsberichte.....	15
2.1	Ringversuch Reduzierung des Phosphoreinsatzes bei Neuguinea-Impatiens.....	15
2.2	Mengenbilanzierte Phosphor-Düngung bei Poinsettien	18
2.3	Mengenbilanzierte Phosphor-Düngung bei Minicyclamen	22
2.4	Reduzierung des Phosphoreinsatzes bei Topfnelken.....	26
2.5	Screening samen vermehrter Beet- und Balkonpflanzen auf Verträglichkeit niedriger Phosphorangebote 2015	32
2.6	Screening samen vermehrter Beet- und Balkonpflanzen auf Verträglichkeit niedriger Phosphorangebote 2016	36
2.7	Phosphordüngung und pH-Wert bei Angelonien.....	40
2.8	Petunien in torfreduzierten Substraten ohne Phosphornachdüngung.....	44
2.9	Hortensien in torfreduzierten Substraten mit N-Vollbevorratung ohne Nachdüngung in der Freilandphase	50
2.10	Phosphor-Nachdüngung von Cyclamen in torfreduzierten Substraten	57
2.11	Topfprimeln in torfreduzierten Substraten mit N-Vollbevorratung zum Kulturstart ohne P-Nachdüngung	63
2.12	Zusammenstellung der Einzelempfehlungen	73
3	Kreislaufquellen	77
4	Risiken	78
5	Neue Richtwerte.....	85
5.1	Allgemeine Handlungsempfehlungen	85
5.2	Phosphorgrunddüngung	86
5.3	Phosphornachdüngung.....	87
5.4	Mengenbilanzierte Phosphordüngung	88
5.5	Bewertung von Substratanalysen	89
6	Einführung in die Praxis.....	89
7	Fazit.....	90
	Literaturverzeichnis.....	92
	Anlage	96

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Entwicklung des Weltmarktpreises für Rohphosphat von 1997-2017.....	9
Abbildung 2:	Entwicklung des Weltmarktpreises für Diammonium(hydrogen)phosphat von 1997-2017.....	10
Abbildung 3:	Zusammenhang zwischen dem Phosphorgehalt im Substrat zum Kulturende und der Frischmasse bei Neuguinea-Impatiens (relative Frischmasse vom je Standort höchsten erreichten Wert.....	16
Abbildung 4:	Anthocyanverfärbungen und Blattspaltennekrosen infolge Phosphormangelernährung bei Neuguinea-Impatiens.....	17
Abbildung 5:	Realisierte mengenbilanzierte Phosphorzufuhr in den Versuchsvarianten.....	19
Abbildung 6:	Einfluss der Versuchsvarianten auf die Pflanzenhöhe und -breite	20
Abbildung 7:	Einfluss der Versuchsvarianten auf die Frischmasse des Sprosses und den Gesamteindruck.....	20
Abbildung 8:	Auswirkungen der Versuchsvarianten zur Phosphorernährung auf die Pflanzenqualität: A1B1 und A2B1 mit ca. 70-80 mg P ₂ O ₅ /Pfl zeigten deutliche Beeinträchtigungen	21
Abbildung 9:	Entwicklung der Phosphorgehalte im Substrat (CAL-Aufschluss) der P-Düngungsvarianten bei Minicyclamen im Jahr 2014.....	23
Abbildung 10:	Entwicklung der Phosphorgehalte im Substrat (CAL-Aufschluss) der P-Düngungsvarianten bei Minicyclamen im Jahr 2015.....	23
Abbildung 11:	Auswirkungen von Varianten der P-Düngung auf die Sprossmasse bei Minicyclamen.....	24
Abbildung 12:	Auswirkungen von Varianten der P-Düngung auf die Anzahl Blüten bei Minicyclamen	24
Abbildung 13:	Beispiele für die Auswirkungen unterschiedlicher P-Gesamtdüngung bei verschiedenen Anteilen aus der Grunddüngung auf Minicyclamen.....	25
Abbildung 14:	Phosphatgehalte im Substrat in Abhängigkeit von der Grund- und Nachdüngung mit Phosphor bei Topfnelken.....	28
Abbildung 15:	Sprossmasse bei Topfnelken in Abhängigkeit von der Grund- und Nachdüngung mit Phosphor sowie der Sorte.....	29
Abbildung 16:	Gesamteindruck bei Topfnelken in Abhängigkeit von der Grund- und Nachdüngung mit Phosphor sowie der Sorte.....	29
Abbildung 17:	Topfnelken der Sorte 'Perfume Pinks Passion' nach Kultur bei verschiedener Grund- und Nachdüngung mit Phosphor	29
Abbildung 18:	Topfnelken der Sorte 'Moneybees Pink' nach Kultur bei verschiedener Grund- und Nachdüngung mit Phosphor	30
Abbildung 19:	Anthocyanverfärbungen an den Blättern infolge von Phosphormangel bei einer Grunddüngung von 30 mg P ₂ O ₅ /l Substrat und P-freier Nachdüngung.....	30
Abbildung 20:	Geringe Auswirkungen verschiedener P-Düngungsvarianten auf den Habitus von <i>Tagetes erecta</i> 'Taishan Orange Improved'	34
Abbildung 21:	Starke Auswirkungen verschiedener P-Düngungsvarianten auf den Habitus von <i>Begonia x tuberhybrida</i> 'Tubby F1 White'	34
Abbildung 22:	Auswirkungen verschiedener P-Düngungsvarianten auf die Sprossmasse bei verschiedenen Sorten von <i>Celosia argentea</i>	35
Abbildung 23:	Auswirkungen verschiedener P-Düngungsvarianten auf die Sprossmasse bei verschiedenen Sorten von <i>Begonia semperflorens</i>	35
Abbildung 24:	Geringe Auswirkungen verschiedener P-Düngungsvarianten auf den Habitus von <i>Tagetes patula</i> 'Texana Orange'	38
Abbildung 25:	Starke Auswirkungen verschiedener P-Düngungsvarianten auf den Habitus von <i>Pelargonium</i> Cv. Zonale-Grp. 'Horizon Pure White'	38
Abbildung 26:	Auswirkungen verschiedener P-Düngungsvarianten auf die Sprossmasse bei zwei Sorten von <i>Celosia argentea</i>	39
Abbildung 27:	Auswirkungen verschiedener P-Düngungsvarianten auf die Sprossmasse bei Sorten von <i>Begonia semperflorens</i> mit unterschiedlicher Wuchsstärke	39
Abbildung 28:	Zu Kulturbeginn und -ende mit CAL-Extraktion bestimmter Phosphorgehalt im Substrat bei Angelonien mit differenzierter Grund- und Nachdüngung an Phosphor in Substraten mit pH 4,0 und 6,6.....	41
Abbildung 29:	Auswirkungen einer differenzierten Grund- und Nachdüngung mit Phosphor auf den Gesamteindruck bei Angelonien in Substraten mit pH 4,0 und 6,6	42
Abbildung 30:	Auswirkungen einer differenzierten Grund- und Nachdüngung mit Phosphor auf die Sprossmasse und die Anzahl blühender Haupttriebe bei Angelonien in Substraten mit pH 4,0 und 6,6	42
Abbildung 31:	Auswirkungen einer differenzierten Grund- und Nachdüngung mit Phosphor bei der stecklingsvermehrten Angelonia 'Angelface Carrara' in Substraten mit pH 6,6 und 4,0.....	43

Abbildung 32:	Auswirkungen einer differenzierten Grund- und Nachdüngung mit Phosphor bei der samenvermehrten Angelonia 'Serenita Pink' in Substraten mit pH 6,6 und 4,043	
Abbildung 33:	Verlauf der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalte im Substrat bei der Kultur von Petunien in torf reduzierten Substraten mit differenzierter Phosphornachdüngung.....	45
Abbildung 34:	Verlauf der $\text{NO}_3\text{-N}$ -Gehalte im Substrat bei der Kultur von Petunien in torf reduzierten Substraten mit differenzierter Phosphornachdüngung.....	46
Abbildung 35:	Verlauf der N_{min} -Gehalte im Substrat bei der Kultur von Petunien in torf reduzierten Substraten mit differenzierter Phosphornachdüngung.....	46
Abbildung 36:	Verlauf der pH-Werte im Substrat bei der Kultur von Petunien in torf reduzierten Substraten mit differenzierter Phosphornachdüngung.....	47
Abbildung 37:	Verlauf der Phosphatgehalte im Substrat bei der Kultur von Petunien in torf reduzierten Substraten mit differenzierter Phosphornachdüngung.....	48
Abbildung 38:	Verlauf der Kaliumgehalte im Substrat bei der Kultur von Petunien in torf reduzierten Substraten mit differenzierter Phosphornachdüngung.....	48
Abbildung 39:	Die teilweise deutlich unterschiedlichen Nährstoffangebote verschiedener torf reduzierter Substrate in Kombination mit einem abgestuften Phosphorangebot in der Nährlösung blieben bei Petunien ohne wesentliche Auswirkungen auf die Verkaufsfähigkeit der Pflanzen	50
Abbildung 40:	Entwicklung der pH-Werte in torf reduzierten Substraten bei Hortensien mit ausschließlicher N-Vorratsdüngung für die Vorkultur	52
Abbildung 41:	Hellere Blätter in der Freilandphase bei Hortensien in torf reduzierten Substraten in Kombination mit einer N-Vollbevorratung	53
Abbildung 42:	Hortensien der Sorte 'Hot Red' am Ende der Vorkultur in torf reduzierten Substraten mit Stickstoff-Vollbevorratung	53
Abbildung 43:	Anzahl Blütenknospen je Pflanze bei Hortensien in torf reduzierten Substraten mit ausschließlicher N-Vorratsdüngung für die Vorkultur.....	54
Abbildung 44:	Anzahl Blütenstände bzw. großer Blütenstände je Pflanze bei Hortensien in torf reduzierten Substraten mit ausschließlicher N-Vorratsdüngung für die Vorkultur	54
Abbildung 45:	Mittlere Treibdauer bei Hortensien in torf reduzierten Substraten mit ausschließlicher Stickstoff-Vorratsdüngung für die Vorkultur.....	55
Abbildung 46:	Hortensien der Sorte 'Hot Red' in torf reduzierten Substraten mit ausschließlicher Stickstoff-Vorratsdüngung für die Vorkultur.....	55
Abbildung 47:	Verlauf der Gehalte an pflanzenverfügbarem Phosphor im Substrat bei der Kultur von Standardcyclamen in torf reduzierten Substraten mit abgestufter Phosphornachdüngung.....	58
Abbildung 48:	Verlauf der Gehalte an mineralischem Stickstoff im Substrat bei der Kultur von Standardcyclamen in torf reduzierten Substraten mit abgestufter Phosphornachdüngung	59
Abbildung 49:	Deutliche Unterschiede in der Sprossmasse bei Standardcyclamen im 12er Topf mit torf reduzierten Substraten bei abgestufter Phosphornachdüngung	59
Abbildung 50:	Weitgehend gleiche Bewertung des Gesamteindruckes bei Standardcyclamen im 12er Topf mit torf reduzierten Substraten bei abgestufter Phosphornachdüngung	60
Abbildung 51:	Nur geringe Unterschiede im Aufblühverhalten bei Standardcyclamen im 12er Topf mit torf reduzierten Substraten bei abgestufter Phosphornachdüngung	61
Abbildung 52:	Torf reduzierte Substrate und eine abgestufte, knappe Phosphornachdüngung führten bei Standardcyclamen im 12er Topf zu Unterschieden in der Sprossmasse aber durchgängig vermarktungsfähiger Qualität	62
Abbildung 53:	Entwicklung des Stickstoffs im Substrat	65
Abbildung 54:	Entwicklung des Phosphors im Substrat	66
Abbildung 55:	Entwicklung des Kaliums im Substrat.....	67
Abbildung 56:	Einfluss des Substrates und der N-Vorratsdüngung mit 200 mg N/Pfl auf die Sprossmasse bei Topfprimeln	70
Abbildung 57:	Einfluss des Substrates und der N-Vorratsdüngung mit 200 mg N/Pfl auf die Blütenanzahl bei Topfprimeln	70
Abbildung 58:	Einfluss des Substrates und der N-Vorratsdüngung mit 200 mg N/Pfl auf den Gesamteindruck bei Topfprimeln	71
Abbildung 59:	Die Kultur von Topfprimeln in torf reduzierten Substraten mit N-Vollbevorratung lieferte eine ähnlich gute Pflanzenqualität wie die in torfbasiertem Standardsubstrat mit NPK-Depotdüngern (Sorte 'Cairo Weiß'; 200 mg N/Pfl)	71
Abbildung 60:	Realer Temperaturverlauf (Topfprimeln)	72
Abbildung 61:	Korrelation der Phosphatgehalte nach CAT- bzw. CAL-Aufschluss am Kulturende des Ringversuches zur Phosphordüngung bei Neuguinea-Impatiens	79
Abbildung 62:	Auswirkungen unterschiedlicher Anteile der P-Zufuhr über die Grund- bzw. Nachdüngung bei der mengenbilanzierten P- Düngung von Poinsettien.....	80

Abbildung 63: Auswirkung von Tonzuschlägen zum Substrat auf die Sprossmasse bei Neuguinea-Impatiens mit abgestufter P-Düngung (Ringversuch 2014 siehe Abschnitt 2.1; nur Standorte Geisenheim, Hannover-Ahlem, Dresden-Pillnitz sowie nur Regenwasser/entionisiertes Wasser).....	81
Abbildung 64: Einfluss der Phosphordüngung auf die Ausprägung von Eisenmangelchlorosen bei Calibrachoa.....	82
Abbildung 65: Löslichkeit der Phosphate in Abhängigkeit vom pH-Wert des Bodens	83
Abbildung 66: Verstärkung des Minderwuchses durch P-Unterernährung bei Einsatz von Brunnenwasser mit 30°dH KH gegenüber entionisiertem Wasser.....	84
Abbildung 67: Verstärkung des Minderwuchses infolge P-Unterernährung durch Verwendung von Brunnenwasser mit 11°dH KH bei Minicyclamen (Provokationsversuch).....	84

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Versuchsvarianten der P-Zufuhr aus Grund- und Nachdüngung (N-Zufuhr bei allen Varianten 700 mg N/Pfl, LfULG Dresden-Pillnitz 2014)	21
Tabelle 2:	Versuchsvarianten der P-Zufuhr aus Grund- und Nachdüngung (bei allen Varianten 400 mg N/Pfl, LfULG Dresden-Pillnitz 2014 und 2015)	26
Tabelle 3:	Kulturdaten und Pflanzenmerkmale der Topfnelken-Sorten im Phosphorversuch (Mittelwerte über alle Phosphorvarianten, LfULG Dresden-Pillnitz 2015)	27
Tabelle 4:	Einfluss der Grund- und Nachdüngung mit Phosphor auf die Pflanzenmerkmale bei Topfnelken (Mittelwerte der 10 Sorten, LfULG Dresden-Pillnitz 2015)	31
Tabelle 5:	Auswirkungen von P-Düngungsvarianten auf die Sprossmasse bei samenvermehrten Beet- und Balkonpflanzen (LfULG Dresden-Pillnitz 2015)	33
Tabelle 6:	Auswirkungen von P-Düngungsvarianten auf die Sprossmasse bei samenvermehrten Beet- und Balkonpflanzen (LfULG Dresden-Pillnitz 2016)	37
Tabelle 7:	Empfehlungsrahmen für die Grund- und Nachdüngung mit Phosphor bei samenvermehrten Beet- und Balkonpflanzen.....	40
Tabelle 8:	Pflanzenmerkmale von Petunien nach Kultur in torfreduzierten Substraten bei differenzierter Phosphornachdüngung (LfULG Dresden-Pillnitz 2016).....	49
Tabelle 9:	Nährstoffgehalte der torfreduzierten Substrate zu Beginn und Ende der Vorkultur von Hortensien mit ausschließlicher N-Vorratsdüngung (LfULG Dresden-Pillnitz 2016-17).....	51
Tabelle 10:	Substrat-/Dünger-Kombinationen mit dem Ziel 900 mg N/Pfl unter Berücksichtigung des zum Kulturstart im Substrat pflanzenverfügbaren N (LfULG Dresden-Pillnitz 2016-2017)	56
Tabelle 11:	Blattaufhellungen, Botrytisbefall und Anteil marktfähiger Pflanzen bei Topfprimeln in torfreduzierten Substraten mit abgestufter N-Vollbevorratung (LfULG Dresden-Pillnitz 2016-2017)	69
Tabelle 12:	Versuchsergebnisse zur optimalen Grund- und Nachdüngung mit Phosphor sowie zum optimalen Verhältnis N : P ₂ O ₅	73
Tabelle 13:	Mehrnährstoffdünger mit relativ niedrigem P-Gehalt	88

Abkürzungsverzeichnis

°dH	Grad deutscher Härte (Wasserhärte)
CAL	Calcium-Acetat-Lactat-Auszug zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphates
CAT	Calciumchlorid/DPTA-Auszug zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphates
DAP	Diammonium(hydrogen)phosphat
dAT	dynamische Außentemperaturkorrektur
dLK	dynamische Lichtkorrektur
drop	drastische Temperaturabsenkung in den frühen Morgenstunden = cool morning
DüMV	Düngemittelverordnung, Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (letzte Änderung vom 26.05.2017)
DüngG	Düngegesetz (letzte Änderung vom 05.05.2017)
DüV	Düngeverordnung, Verordnung zur Neuordnung der guten fachlichen Praxis beim Düngen vom 26. Mai 2017
FuE	Forschung und Entwicklung
HEEDTA	hydroxy-2-ethylenediaminetriacetic acid (als Eisenchelatbildner)
HTW	Hochschule für Technik und Wirtschaft
KH	Karbonathärte (Wasserhärte)
KW	Kalenderwoche
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LVG	Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau
Nmin	mineralischer Stickstoff (NH ₄ -N und NO ₃ -N)
MND	Mehrnährstoffdünger
NL	Nährlösung
Pfl	Pflanze
TMT	Tagesmitteltemperatur
TrS	Trockensubstanz
TSK1000	Temperatursummenkorrektur ab 1000 Kh Abweichung
VdLK	Verband der Landwirtschaftskammern
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten e. V.
WK	Windkorrektur
ZVG	Zentralverband Gartenbau e. V.

1 Ausgangssituation und Zielstellungen

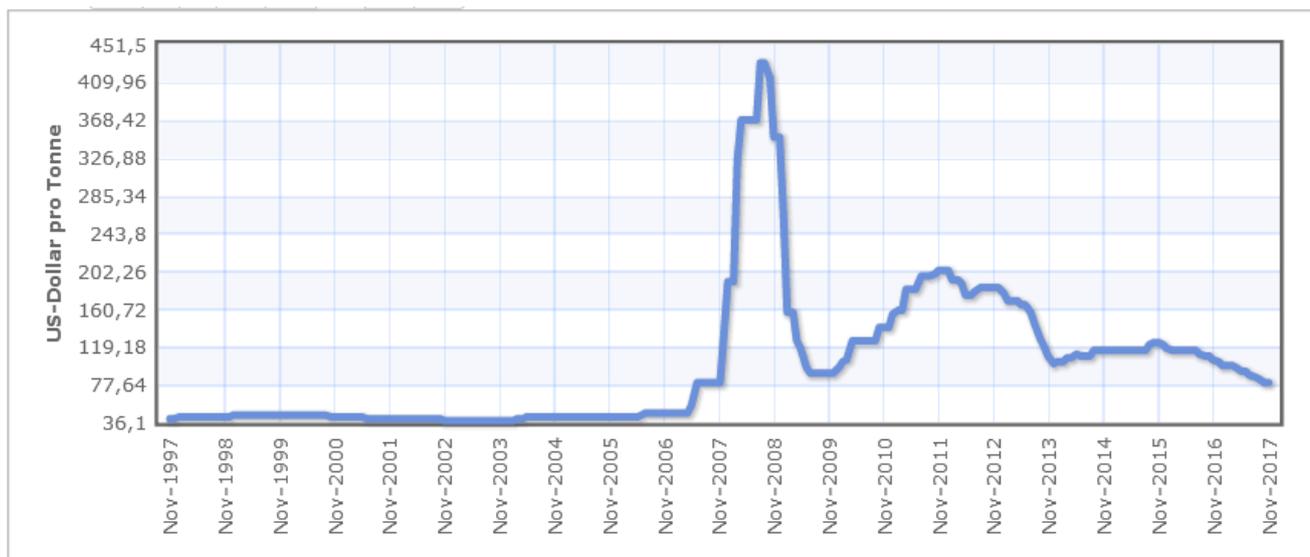
1.1 Ausgangssituation

Eine Reihe von Impulsen wirtschaftlicher und pflanzenbaulicher Natur, Umweltaspekte sowie gesellschaftlicher Forderungen haben in den letzten Jahren verstärkt zu einer kritischen Auseinandersetzung mit der bisherigen Praxis der Phosphordüngung im Zierpflanzenbau geführt.

Wirtschaftlichkeit

Die Düngemittelkosten machen bei vielen Zierpflanzenkulturen mit unter 2 % nur einen kleinen Teil der Gesamtkosten aus. Dennoch waren die erheblichen Preisschwankungen der letzten Jahre insbesondere bei phosphorhaltigen Düngemitteln deutlich für die Gartenbaubetriebe spürbar. Auch die Preise für torfbasierte Substrate stiegen im Zusammenhang mit den Düngerpreisen. Die erforderliche Grunddüngung dieser Substrate trägt wesentlich zu deren Preisbildung bei.

Nach Jahrzehnten eines gleichbleibend niedrigen Weltmarktpreises für Rohphosphate schnellte dieser in den Jahren 2007 und 2008 auf mehr als das Zehnfache nach oben (siehe Abbildung 1). Mehrere Erholungsphasen haben seit dem zu einem Absinken bis auf ein Niveau geführt, das derzeit etwa beim Doppelten gegenüber der Zeit vor der großen Preissteigerung liegt. Zwischen den Erholungsphasen traten jedoch erneute Preisanstiege auf.



Beschreibung: Rohphosphat (Marokko), 70% BPL, Vertrag, fas Casablanca

Abbildung 1: Entwicklung des Weltmarktpreises für Rohphosphat von 1997-2017

(Quelle: <https://www.indexmundi.com/de/rohstoffpreise/?ware=rohphosphat&monate=240> vom 22.12.2017)

Anders als der Weltmarktpreis für Rohphosphate stieg der für Phosphordüngemittel bereits in den Jahren vor 2007/2008 mehr oder weniger kontinuierlich an. Als Beispiel dafür ist in der Abbildung 2 die Entwicklung des Weltmarktpreises für Diammoniumphosphat dargestellt. Die Ursachen dafür liegen in den wachsenden Aufwendungen für die Veredlung der Rohphosphate. Einerseits sinkt deren Ausgangsqualität, andererseits stiegen und steigen die Qualitätsstandards für Phosphordüngemittel. Beispielsweise werden zunehmend niedrigere Verunreinigungen mit Schwermetallen toleriert.



Beschreibung: DAP (Diammoniumphosphat), Standard-Größe, Masse, Spot-Preis, fob US-Golf

Abbildung 2: Entwicklung des Weltmarktpreises für Diammonium(hydrogen)phosphat von 1997-2017

(Quelle: <https://www.indexmundi.com/de/rohstoffpreise/?ware=dap-dungemittel&monate=240> vom 22.12.2017)

Vor dem Hintergrund der Endlichkeit einfach erschließbarer Vorkommen an Rohphosphaten wird mittel- und langfristig der Preis für Phosphordünger weiter steigen. Diese Entwicklung wird verstärkt durch die wachsende Agrarproduktion in den Entwicklungs- und Schwellenländern, deren steigende Nachfrage nach Phosphordüngern den Preisanstieg beschleunigt.

Insgesamt werden für Phosphordüngemittel weiterhin starke Preisschwankungen sowie ein mittel- und langfristiger Preisanstieg erwartet. Das ist ein starker Impuls, auch im Zierpflanzenbau den Phosphoreinsatz zu optimieren.

Pflanzenbau

Traditionell wird im Zierpflanzenbau dem Hauptnährstoff Phosphor im Vergleich zum Leitnährstoff Stickstoff nur wenig Aufmerksamkeit gewidmet. Sowohl bei der Grunddüngung der Substrate als auch in der Nachdüngung wird Phosphor in bestimmtem Verhältnis zum Stickstoff gedüngt. Verbreitet kommen Mehrnährstoffdünger (MND) zum Einsatz, mit deren Auswahl die Verhältnisse der Nährstoffe untereinander festgelegt werden.

Für die Grunddüngung torfbasierter Substrate sind dies meist Mehrnährstoffdünger NPK 14:16:18, in jüngerer Zeit auch 12:14:24 oder 15:10:20. Die Abkürzung NPK steht für die Hauptnährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium. Die Nährstoffgehalte werden in Prozent des Mehrnährstoffdüngers angegeben, wobei es sich bei Phosphor und Kalium um Angaben in den Oxidformen P_2O_5 und K_2O handelt. Die für die Grunddüngung eingesetzten Mehrnährstoffdünger weisen also N : P_2O_5 -Verhältnisse von 1 : 1,15 bzw. 1 : 0,66 auf. Je nach Verwendungszweck ist eine Grunddüngung mit einem derartigen Mehrnährstoffdünger in der Größenordnung von 0,5 g/l bis 2 g/l Substrat plausibel. Für torfbasierte Substrate, deren übrigen Bestandteile wenig Nährstoffe mitbringen, bedeutet dies 50 bis 320 mg P_2O_5 /l Substrat.

In der Nachdüngung sind Mehrnährstoffdünger NPK 15:10:15 weit verbreitet. Das N : P_2O_5 -Verhältnis beträgt hier ebenfalls 1 : 0,66. Erfolgt die Nachdüngung als Bewässerungsdüngung ist je nach Pflanzenart, Kulturstadium und Jahreszeit eine Düngerkonzentration von 0,3 bis 1,2 g MND/l Nährlösung (NL) plausibel. Die Nährlösung enthält dann 30 bis 120 mg P_2O_5 /l.

Gute Grundlage für viele Kulturanleitungen bei Elatiorbegonien, Cyclamen, Topfchrysanthen, Poinsettien, Saintpaulien und Pelargonien waren die „Ernährungspässe“ von vor mehr als 25 Jahren (HENDRIKS und SCHARPF, 1990). Hier wurden zum Kulturbeginn 100-200 mg P₂O₅/l Substrat empfohlen und für die Bewässerungsdüngung je nach Pflanzenart 40 bis 150 mg P₂O₅/l NL. Meist kam es zu Anreicherungen, was sich auch in den Richtwerten für das Kulturende widerspiegelte. Für diese wurden 150 bis 400 mg P₂O₅/l Substrat angegeben. Vor dem Hintergrund der damaligen Situation war das verständlich. Phosphordünger waren am Weltmarkt reichlich vorhanden und billig. Die Pflanzenverfügbarkeit wurde als unsicher beurteilt und man ging davon aus, dass ein Überangebot über weite Strecken keine Probleme verursache. Die Phosphorzufuhr lag damit aber deutlich über dem Pflanzenbedarf.

Wenn auch ein Überangebot an Phosphor in weiten Bereichen direkt keine Pflanzenschäden verursacht, so wird doch eine Reihe an Kulturproblemen mit Phosphorüberschuss im Verhältnis in Verbindung gebracht. Phosphationen fällen eine Reihe von Mikronährstoffen zu schwer löslichen Verbindungen aus und können so Eisen-, Zink-, Bor-, Calcium-, Kupfer- und Manganmangel induzieren (ZORN et al. 2016). Auch für Zierpflanzen sind derartige indirekte Schäden durch Phosphorüberangebot belegt. Beispielsweise werden die häufigen Eisenmangelsymptome bei Zitruspflanzen (MOLITOR und STRECKE-EHLERS 2016) und das Auftreten dunkler Blattflecken bei Christrosen durch Phosphorüberschuss verursacht (RICHTER 2011, EMMEL 2010). ZHANG et al. 2004 berichten von der Festlegung von Mikronährstoffen und Minderwuchs bei *Scaevola aemula*.

In Lehrbüchern und Kulturanleitungen sind immer wieder Empfehlungen für eine extra Phosphordüngung zur Unterstützung der Blüteninduktion und -entwicklung zu finden. Diese Aussage war durch Versuche bisher nicht zu bestätigen. Auch neuere Untersuchungen an Usambaraveilchen, Neuguinea-Impatiens (AMBERGER-OCHSENBAUER et al. 2006) und Phalaenopsis (AMBERGER-OCHSENBAUER 2016) zeigten keinerlei blühfördernde Wirkung von extra Phosphorgaben. Denkbar ist nur, dass extrem hohe Phosphorgaben Salzstress verursachen oder die Stickstoffaufnahme beeinträchtigen und so die generative Entwicklung unterstützen.

Ebenso blieben die gelegentlich empfohlenen P-Startdüngungen ohne positive Wirkungen, sofern die eingesetzten Substrate nicht gerade mit Phosphor extrem unterversorgt waren. Das belegen neuere Untersuchungen bei Poinsettien (FELDMANN 2015a) und Neuguinea-Impatiens (FELDMANN 2015b).

Der bisherige Phosphoreinsatz im Zierpflanzenbau liegt offensichtlich weit über dem eigentlichen Pflanzenbedarf. Zu viel Phosphor richtet zwar nur selten direkten Schaden an den Zierpflanzen an, bringt aber auch keine Vorteile. Dies bietet pflanzenbaulich Spielraum für eine Reduzierung des Phosphoreinsatzes und ist ein starker Impuls für die Optimierung der Phosphordüngung im Zierpflanzenbau.

Rechtlicher Rahmen

Von den seit 2. Juli 2017 geltenden neuen Bestimmungen der Düngverordnung (DüV, ANONYM 2017) ist nach § 2 der Zierpflanzenbau weitgehend nicht betroffen: „Nicht zur landwirtschaftlich genutzten Fläche im Sinne des Satzes 1 Nummer 1 gehören

1. in geschlossenen oder bodenunabhängigen Kulturverfahren genutzte Flächen,
2. Flächen in Gewächshäusern oder unter stationären Folientunneln, soweit durch eine gesteuerte Wasserzufuhr eine Auswaschung von Nährstoffen verhindert wird.“ Sofern abweichend davon doch Flächen unter die DüV fallen, sind nach § 8 (6) Zierpflanzenflächen von der Verpflichtung zur Düngebedarfsermittlung und zum Düngevergleich für Stickstoff und Phosphor befreit.

Wenn damit auch von den konkreten Vorschriften und Maßnahmen der DüV weitgehend ausgenommen, gelten für den Zierpflanzenbau die grundsätzlichen Bestimmungen des Düngegesetzes (DüngG, ANONYM 2009). „Zweck dieses Gesetzes ist es, 1. die Ernährung von Nutzpflanzen sicherzustellen, 2. die Fruchtbarkeit des Bodens, insbe-

sondere den standort- und nutzungstypischen Humusgehalt, zu erhalten oder nachhaltig zu verbessern, 3. Gefahren für die Gesundheit von Menschen und Tieren sowie für den Naturhaushalt vorzubeugen oder abzuwenden, die durch das Herstellen, Inverkehrbringen oder die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Pflanzenhilfsmitteln sowie Kultursubstraten oder durch andere Maßnahmen des Düngens entstehen können, 4. einen nachhaltigen und ressourceneffizienten Umgang mit Nährstoffen bei der landwirtschaftlichen Erzeugung sicherzustellen, insbesondere Nährstoffverluste in die Umwelt so weit wie möglich zu vermeiden, 5. Rechtsakte der Europäischen Gemeinschaft oder der Europäischen Union, die Sachbereiche dieses Gesetzes, insbesondere über den Verkehr mit oder die Anwendung von Düngemitteln betreffen, umzusetzen oder durchzuführen.“ (§ 1 DüngG).

Die konkretisierenden Vorschriften der Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung DüMV, ANONYM 2012) gelten auch für die Kultursysteme im Zierpflanzenbau. Neben Regelungen zu den Phosphorgehalten oder zur sachgerechten Deklaration sind darin beispielsweise auch Bestimmungen zu Grenzwerten von Schadstoffen wie Schwermetallen enthalten, die bei Phosphordüngern relevant sind. In Deutschland dürfen aber auch sogenannte EG-Düngemittel in Verkehr gebracht und angewendet werden, für die teilweise abweichende EU-Regelungen gelten ([EG-Düngemittelverordnung ANONYM 2003](#))

Auch der bestehende rechtliche Rahmen ist also ein starker Impuls, den Phosphoreinsatz im Zierpflanzenbau zu optimieren.

Umweltaspekte

Der Eintrag von Phosphaten in Gewässer ist ein Umweltproblem. Auch wenn der Zierpflanzenbau nur marginal daran beteiligt ist, verlangt dies einen sorgsamen Umgang mit Phosphordüngern bei allen Anwendern. Geschlossene Bewässerungsdüngungssysteme, wie sie heute im Zierpflanzenbau weit verbreitet sind, verhindern in der Produktion weitgehend den unerwünschten Eintrag von Nährstoffen in die Umwelt.

Zierpflanzenbauprodukte mit teilweise unnötig hohen Phosphorfrachten landen schließlich in der kommunalen oder privaten Kompostierung. Die daraus entstehenden Komposte haben häufig sehr hohe Phosphatgehalte, werden derzeit aber mehr entsorgt, denn als Rohstoff eingesetzt.

Phosphordünger weisen gelegentlich problematisch hohe Belastungen mit Schwermetallen oder auch an Spurenelementen auf. Dies gilt sowohl für Düngemittel, die aus mineralischen Rohphosphaten als auch für solche, die aus Recyclingstoffen hergestellt wurden. Detaillierte Situationsberichte befinden sich in KRATZ und SCHNUG 2005, DITTRICH und KLOSE 2008 sowie KRATZ et al. 2016.

Zur Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben der Düngemittelverordnung überwachen die Düngemittelhersteller den Schwermetallgehalt der Rohphosphate und setzen die einzelnen Partien gezielt als Mischungspartner ein. Zunehmend erfolgt eine spezielle Aufbereitung der Rohstoffe zur Reduzierung der Schwermetallgehalte. Dies verursacht jedoch erhebliche zusätzliche Aufwendungen und Kosten. Ergänzend dazu kann und muss die Reduzierung der Phosphordüngung auf das notwendige Maß einen Beitrag zur Verringerung der Schwermetallbelastung der Umwelt leisten.

Umweltaspekte wie die Problematik von Phosphor in Gewässern oder Schwermetallbelastungen aus Phosphordüngern sind ebenfalls starke Impulse zur Reduzierung des Phosphoreinsatzes im Zierpflanzenbau auf das erforderliche Maß.

Forschungskooperation

Die praxisorientierte Forschung an gartenbaulichen Lehr- und Versuchsanstalten, Forschungsinstituten, Fachhochschulen und Universitäten wird bundesweit im Rahmen der Fachgremien des Verbandes der Landwirtschaftskammern (VdLK) koordiniert. Zu Beginn des Jahres 2013 wurde seitens der Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau Heidelberg angeregt, sich in einer bundesweiten Arbeitsgruppe intensiv mit dem Phosphoreinsatz im Zierpflanzenbau auseinanderzusetzen. Die Koordinierung übernahm das LfULG in Dresden-Pillnitz als zuständige Fachredaktion für die Pflanzenernährung im Zierpflanzenbau. Von 2013 bis 2017 arbeiteten bundesweit 8 Institutionen intensiv in einer temporären Arbeitsgruppe an der Reduzierung/Optimierung des Phosphoreinsatzes im Zierpflanzenbau. Dazu gehörten die LVG Heidelberg, die Staatsschule für Gartenbau Stuttgart-Hohenheim, die Landwirtschaftskammer Niedersachsen mit den LVG Hannover-Ahlem und Bad Zwischenahn, die Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, die Hochschule Geisenheim University, die HTW Dresden und das LfULG in Dresden-Pillnitz. Am LfULG in Dresden-Pillnitz wurden sowohl die Aktivitäten zur Koordinierung als auch eigene Versuche im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsprojektes „Phosphor im Zierpflanzenbau“ realisiert.

Die Zusammenarbeit in der Arbeitsgruppe „Phosphor im Zierpflanzenbau“ ermöglichte es, trotz der großen Breite an Pflanzenarten, Kulturverfahren, Düngemitteln und Düngungsverfahren im Zierpflanzenbau rasch zu belastbaren Ergebnissen und fundierten Praxisempfehlungen zu gelangen.

1.2 Zielstellungen

Aus der Analyse der Ausgangssituation wurden die nachfolgenden Zielstellungen abgeleitet.

Reduzierung des Phosphoreinsatzes

Hauptziel war die Reduzierung des Phosphoreinsatzes auf eine bedarfsorientierte Phosphorernährung. Nach Untersuchungen der bisherigen Praxis und dem damit in der Regel verbundenen Anstieg des Phosphorgehaltes im Substrat sollte eine Reduzierung des Phosphoreinsatzes um mindestens 30 % erreicht werden.

Bei der Festlegung neuer Richtwerte und Empfehlungen für eine reduzierte Phosphordüngung war eine Reihe von Teilzielen zu berücksichtigen:

- Die angestrebte Reduzierung des Phosphoreinsatzes durfte keinesfalls die Kultursicherheit gefährden. Die Pflanzenqualität und die Kulturdauer sollten auch bei einem reduzierten Phosphoreinsatz mindestens denen der bisherigen Praxis entsprechen.
- Störungen der Phosphorverfügbarkeit durch andere Komponenten der Kultursysteme sollten zumindest in den Grenzen normaler Kulturbedingungen nicht zur Induktion von Phosphormangelsymptomen führen. Auch bei extra Kalk- oder Tonzuschlägen zum Substrat, höherer Karbonathärte des Gießwassers oder Maßnahmen zur Eisendüngung muss die reduzierte Phosphordüngung genügend Sicherheit bieten.
- Da Unterschiede im Phosphorbedarf für verschiedene Pflanzenarten und Produktgrößen zu erwarten waren, mussten dazu entsprechende Untersuchungen durchgeführt werden. Es galt zu klären, ob spezifische Richtwerte erforderlich sind oder durch allgemeine Empfehlungen die Reduzierung der Phosphordüngung einfacher in die Praxis eingeführt werden kann.
- Phosphor ist im Substrat relativ wenig beweglich. Der Entwicklung des Wurzelsystems, mit dem sich die Pflanze die Phosphorvorräte im Substrat erschließt, kommt deshalb eine besondere Bedeutung zu. Damit hat die Phosphordüngung einen deutlichen zeitlichen Aspekt. Es war zu klären, welche Grunddüngung den Phosphorbedarf sofort beim Kulturstart hinreichend abdeckt und wie die P-Nachdüngung während der Kultur zu gestalten ist.

Nutzung von Kreislauf-Phosphordüngern

Die Endlichkeit der abbauwürdigen Vorkommen an mineralischen Rohphosphaten bzw. der wachsende Aufwand für deren Abbau und Aufbereitung legen das Ziel einer Nutzung von Kreislaufquellen für Phosphor nahe. Da sich daraus gleichzeitig Chancen für eine Reduzierung unerwünschter Phosphoreinträge in die Umwelt ergeben, erhält diese Zielstellung besonderes Gewicht.

In MUSKOLUS und WILKEN 2016 wird ein Überblick zum aktuellen Stand der Entwicklung von Kreislauf-Phosphordüngern gegeben. Einer raschen Praxiseinführung stehen oftmals erhebliche Aufwendungen bei der Aufbereitung der Rohstoffe zu handhabbaren Düngemitteln, bei der Sicherheit der Nährstoffverfügbarkeit, Belastungen mit unerwünschten anderen Stoffen wie Schwermetallen oder eine unzureichende Verfügbarkeit in gleichbleibender Qualität entgegen. Die besten Chancen werden derzeit der Rückgewinnung von Phosphaten aus Abwässern wie zum Beispiel Struvite eingeräumt. Gärreste aus Biogasanlagen werden inzwischen sinnvollerweise als organische Dünger überwiegend in den landwirtschaftlichen Betrieben eingesetzt, aus denen die Rohstoffe für die Biogasherstellung gekommen sind.

Bei gartenbaulichen Substraten wird die Möglichkeit gesehen, zumindest die Grunddüngung durch einen Anteil von gütegesicherten Komposten abzusichern. Vor dem Hintergrund der derzeitigen öffentlichen Diskussion um eine Reduzierung des Torfeinsatzes in den gartenbaulichen Substraten gewinnt dieser Ansatz zusätzlich an Bedeutung.

Einführung in die Praxis

Ziel der Arbeitsgruppe „Phosphor im Zierpflanzenbau“ und des FuE-Projektes am LfULG war und ist auch der Transfer der Erkenntnisse zu einer möglichen Reduzierung des Phosphoreinsatzes im Zierpflanzenbau in die Gartenbaupraxis.

Zielstellungen waren deshalb auch:

- die Entwicklung in der Praxis handhabbarer Empfehlungen für die verschiedenen Düngungsverfahren,
- eine Einflussnahme auf Regelungen im Düngemittelrecht, die bisher für Mehrnährstoffdünger unnötig hohe Phosphorgehalte fordern,
- die frühzeitige Einbeziehung der Düngemittelindustrie, um eine Verfügbarkeit neuer, phosphorreduzierter Mehrnährstoffdünger zu erreichen,
- die gezielte Information der Anbauberatung und anderer Multiplikatoren,
- die Einflussnahme auf Lehrinhalte an Fach- und Technikerschulen, Hochschulen und Universitäten sowie
- Praxisinformationen über Demonstrationen, Fachveranstaltungen, die Fachpresse und das Internet.

2 Versuchsberichte

Die nachfolgenden Versuchsberichte geben Detailinformationen zu den am LfULG in Dresden-Pillnitz durchgeführten Versuchen zur Reduzierung des Phosphoreinsatzes im Zierpflanzenbau wieder.

2.1 Ringversuch Reduzierung des Phosphoreinsatzes bei Neuguinea-Impatiens

Die Ergebnisse – kurzgefasst

Im Jahr 2014 wurde an 6 Standorten der Einfluss eines abgestuften Phosphorangebots in der Grund- und Nachdüngung auf das Wachstum und die Pflanzenqualität von Neuguinea-Impatiens untersucht. Gegenüber der bisherigen Praxis kann das Phosphorangebot wesentlich verringert werden. Sinnvoll und sicher ist eine Kombination aus

- einer Grunddüngung mit 50 bis 100 mg P_2O_5 /l Substrat (z.B. 1 g/l des neuen PG Mix 15:10:20)
- mit einer Nachdüngung von 25 mg P_2O_5 /l NL bei gleichzeitig 100 mg N/l NL (z.B. 1 g MND/l NL mit N : P (P_2O_5) = 1 : 0,25)

Eine alleinige hohe Grunddüngung zum Beispiel mit 100 mg P_2O_5 /l Substrat war dann nicht ausreichend, wenn sich die anfängliche Phosphorverfügbarkeit während der Kultur durch eine hohe Wasserhärte deutlich verschlechterte.

Versuchsfrage und Versuchshintergrund

Zu Beginn der Zusammenarbeit im bundesweiten Arbeitskreis „Phosphor im Zierpflanzenbau“ sollte durch einen Ringversuch an den sechs beteiligten Standorten eine methodische Abstimmung erfolgen. Daraus ergab sich die Möglichkeit unter Nutzung der verschiedenen Standortbedingungen (z.B. Wasserhärte) und der Kombination eines Kernversuchs mit zusätzlichen Varianten (z.B. Tonzuschläge, extreme P-Überdüngung) in kurzer Zeit ein detailliertes Bild zum Phosphorbedarf von Neuguinea-Impatiens, zum Einfluss von Risikofaktoren bei einer reduzierten P-Düngung sowie zu den Symptomen eines P-Mangels zu erlangen.

Ergebnisse im Detail

Am Kulturende wurden mittels CAL-Extraktion in den Substraten Phosphorgehalte zwischen 6 und 341 mg P_2O_5 je Liter bestimmt. Damit wurden sowohl Phosphorabmagerung als auch -anreicherung bis in extreme Bereiche erreicht. Die Abbildung 3 macht deutlich, dass Minderwuchs bzw. eine wesentliche Reduzierung der Frischmasse erst dann eintrat, wenn durch die Varianten der abgestuften Grund- und Nachdüngung mit Phosphor der Gehalt an pflanzenverfügbarem Phosphor (CAL-Aufschluss) auf unter 20 mg P_2O_5 /l Substrat absank. Dies war immer dann der Fall, wenn die Grunddüngung nur 25 oder 50 mg P_2O_5 /l Substrat betrug und mit der Nachdüngung kein Phosphor zugeführt wurde. Bei einer Grunddüngung von 100 mg P_2O_5 /l Substrat und phosphorfreier Bewässerungsdüngung traten dann Probleme auf, wenn durch extrem hartes Brunnenwasser (> 30°dH KH) die Phosphorverfügbarkeit wesentlich beeinträchtigt war. Gleichzeitig kam es zu einem starken pH-Anstieg.

In den hoch mit Phosphor gedüngten Varianten waren keine Überschusssymptome festzustellen.

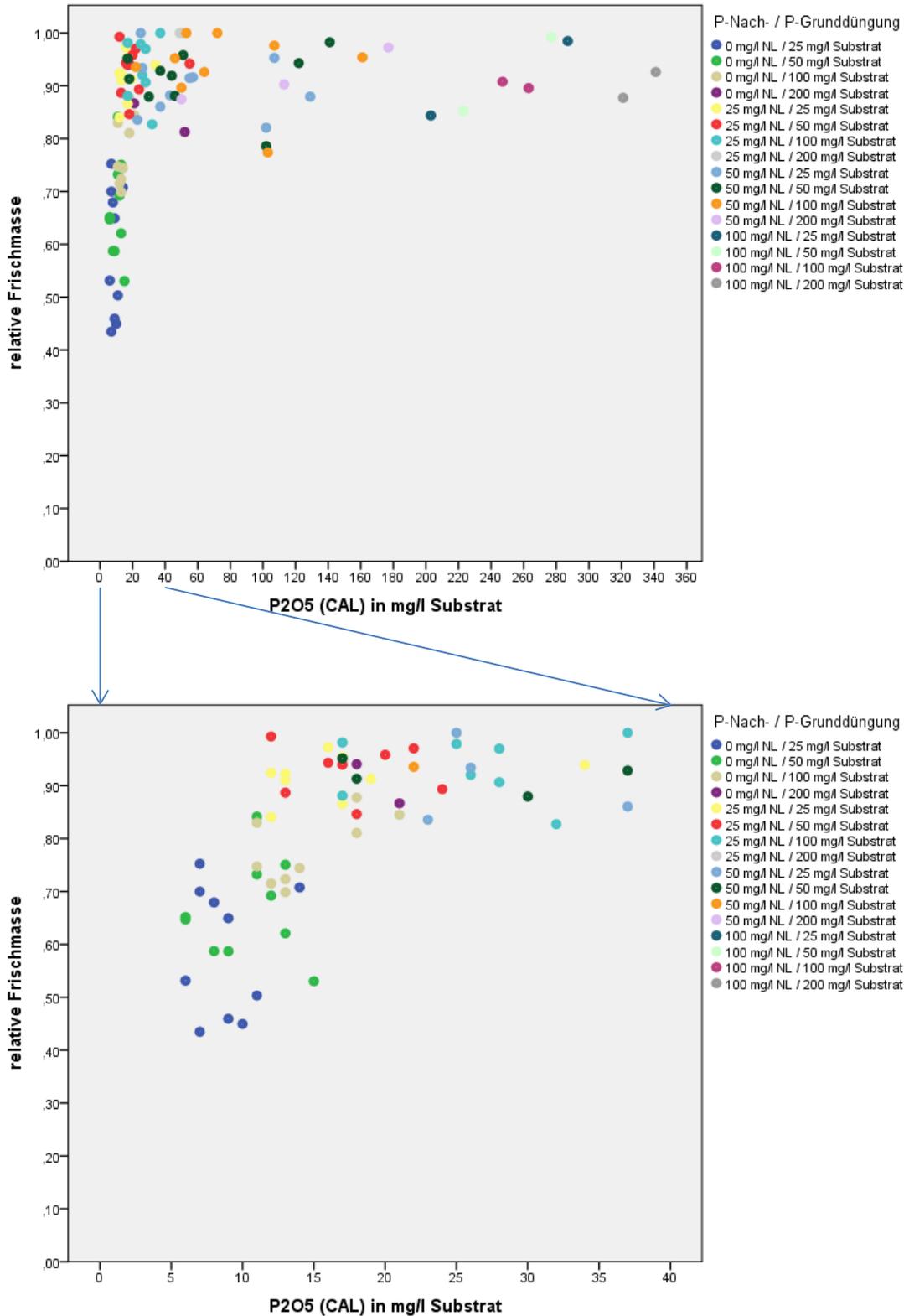


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen dem Phosphorgehalt im Substrat zum Kulturende und der Frischmasse bei Neuguinea-Impatiens (relative Frischmasse vom je Standort höchsten erreichten Wert; AG Phosphor im Zierpflanzenbau 2014)

Als Mangelsymptome wurden Anthocyanverfärbungen der Blätter und Blattspaltennekrosen beobachtet (siehe Abbildung 4). Die Anthocyanverfärbungen traten schon bei Phosphordüngungsstufen oberhalb des Minderwachses

auf, waren aber weitgehend reversibel. Ausschließlich bei phosphorfreier Nachdüngung und einer maximalen Grunddüngung des Substrates von 50 mg P_2O_5 je Liter traten zusätzlich Blattspaltennekrosen auf. Sie unterscheiden sich deutlich von den bei Neuguinea-Impatiens häufig vorkommenden Blattspitzennekrosen. Die größeren Blattspaltennekrosen entstehen von Blattadern ausgehend in relativ kurzer Zeit weiter innen auf der Blattfläche. Anfangs trocknen sie graugrün ein und erinnern an allgemeine Salzschäden. Da es in den Phosphormangelvarianten im Substrat zur Anreicherung von Stickstoff kam, ist auch ein Sekundäreffekt nicht auszuschließen.



Abbildung 4: Anthocyanverfärbungen und Blattspaltennekrosen infolge Phosphormangelernährung bei Neuguinea-Impatiens

Der Tonzuschlag führte durchgängig zu etwas kompakteren Pflanzen, beeinflusste die Phosphorernährung jedoch nur unwesentlich.

Unabhängig von der Grunddüngung reichten in der Nachdüngung bereits 25 mg P_2O_5 /l NL aus, um Minderwuchs sicher zu vermeiden.

Bei dem gleichzeitigen Angebot von 100 mg N/l NL entspricht das einem N : P (P_2O_5) von 1 : 0,25. Wurde bisher ein MND 15-10-15 eingesetzt, betrug das N : P (P_2O_5) 1 : 0,66 bzw. enthielt eine entsprechende Nährlösung 66 mg P_2O_5 /l NL. Eine Reduzierung der P-Nachdüngung um mehr als 50 % ist also problemlos möglich.

Eine alleinige Grunddüngung mit 100 mg P_2O_5 /l Substrat war nicht sicher ausreichend (entspricht 70 mg P_2O_5 / Pfl). Gießwasser mit hoher Karbonathärte verschlechterte die Phosphorverfügbarkeit bis in den kritischen Bereich. Aus Sicherheitsgründen ist deshalb ein vollständiges Aussetzen der P-Nachdüngung nicht zu empfehlen. Wird wie oben angegeben mit einer P-Nachdüngung von 25 mg P_2O_5 /l NL gearbeitet, kann die Grunddüngung auf 50 mg P_2O_5 /l Substrat abgesenkt werden. Auch das entspricht gegenüber der bisherigen Praxis einer Reduzierung um mehr als 50 %.

Ein ausführlicher Bericht steht in MEINKEN et al. 2015.

Kultur- und Versuchshinweise

paralleler Versuch an den Standorten Weihenstephan-Triesdorf, Geisenheim, Hannover-Ahlem, Heidelberg, Stuttgart-Hohenheim und LfULG Dresden-Pillnitz

Versuchsaufbau

A Gießwasser

- A 1 Regenwasser oder entionisiertes Wasser
- A 2 Brunnenwasser (nicht an allen Standorten)

B Basissubstrat

- B 1 Weißtorf ohne Ton
- B 2 Weißtorf mit Ton (nicht an allen Standorten)

C Phosphorgrunddüngung

- C 1 25 mg P_2O_5 /l Substrat
- C 2 50 mg P_2O_5 /l Substrat
- C 3 100 mg P_2O_5 /l Substrat
- C 4 200 mg P_2O_5 /l Substrat (nicht an allen Standorten)

D Phosphornachdüngung (Beginn 3 Wochen nach Topfen)

- D1 0 mg P_2O_5 /l Nährlösung
- D2 25 mg P_2O_5 /l Nährlösung
- D3 50 mg P_2O_5 /l Nährlösung
- D4 100 mg P_2O_5 /l Nährlösung (nicht an allen Standorten)

Sorte: 'Paradise Timor' (Herkunft Kientzler)

Versuchsablauf

Kulturbeginn KW 9 bzw. 10, Topfen in 12 cm-Topf; Startphase bei Heizen Tag/Nacht 18/18 °C und Lüften Tag/Nacht 21/21 °C; Schattieren 25 klx; ab KW 11 bzw. 12 Heizen Tag/Nacht 18/16 °C und Lüften Tag/Nacht 20/19 °C, Schattieren 50 klx; alle Nährlösungen neben dem abgestuften Phosphorgehalt gleich mit 100 mg N/l und 100 mg K_2O /l

2.2 Mengensbilanzierte Phosphor-Düngung bei Poinsettien

Die Ergebnisse – kurzgefasst

Im Herbst 2014 wurde am LfULG in Dresden-Pillnitz bei der Kultur von Poinsettien im 12er Topf eine mengenbilanzierte Düngung mit einheitlich 700 mg N und abgestuft 70, 140 und 280 mg P_2O_5 je Pflanze durchgeführt. Durch den Einsatz von drei Substraten sowie eine entsprechend angepasste Nachdüngung erfolgte die Nährstoffzufuhr zu unterschiedlichen Anteilen über die Grunddüngung des Substrates sowie die Bewässerungsdüngung sofort ab dem Topfen. Unabhängig davon, welche Anteile über die Grund- und Nachdüngung verabreicht wurden, erwiesen sich 140 mg P_2O_5 je Pflanze als vollkommen ausreichend. Im Verhältnis zum Stickstoff entspricht dies 20 %. Dieses Nährstoffverhältnis liegt weit unter dem in der Praxis üblichen, entspricht aber dem, wie es für eine sichere Kultur auch für Nährlösungen empfehlenswert ist.

Versuchsfrage und Versuchshintergrund

Der bundesweite Arbeitskreis „Phosphor im Zierpflanzenbau“ weist mit Versuchen und Demonstration auf die Möglichkeiten und Grenzen einer Reduzierung der Phosphordüngung gegenüber der bisherigen Praxis hin. Unter-

suchungen in Geisenheim (MOLITOR und FISCHER 2014) zeigten, dass bei einer Grunddüngung von 85 mg P_2O_5/l Substrat bereits 25 bis 30 mg P_2O_5/l Nährlösung ausreichend waren. Auch schon ältere Untersuchungen in Hannover-Ahlem (GRANTZAU 1996) legten bei einer Grunddüngung von 50 bis 100 mg pflanzenverfügbarem P_2O_5/l Substrat für die flüssige Nachdüngung ein N : P_2O_5 -Verhältnis in von 1 : 0,1 nahe. In der Praxis wird häufig ein drei- bis fünffach höherer Phosphorgehalt eingesetzt.

Lässt sich die Pflanzenernährung bei Poinsettien mit Phosphor ebenso wie die mit Stickstoff über eine mengenbilanzierten Düngung realisieren? Wie sind die optimalen N zu P Verhältnisse? Welche Anteile der Phosphorversorgung sollten über das Substrat, welche über die Nährlösung zugeführt werden?

Ergebnisse im Detail

Die in den Versuchsvarianten (siehe unten) geplante Phosphorzufuhr konnte mit geringen Abweichungen realisiert werden. Wesentlich war allerdings, dass die mengenbilanzierte P-Zufuhr von nur 70 mg P_2O_5/Pfl beim Substrat Patzer CLT schon mit der Grunddüngung deutlich überschritten wurde. Die reale P-Zufuhr der Varianten ist in der Abbildung 5 wiedergegeben.

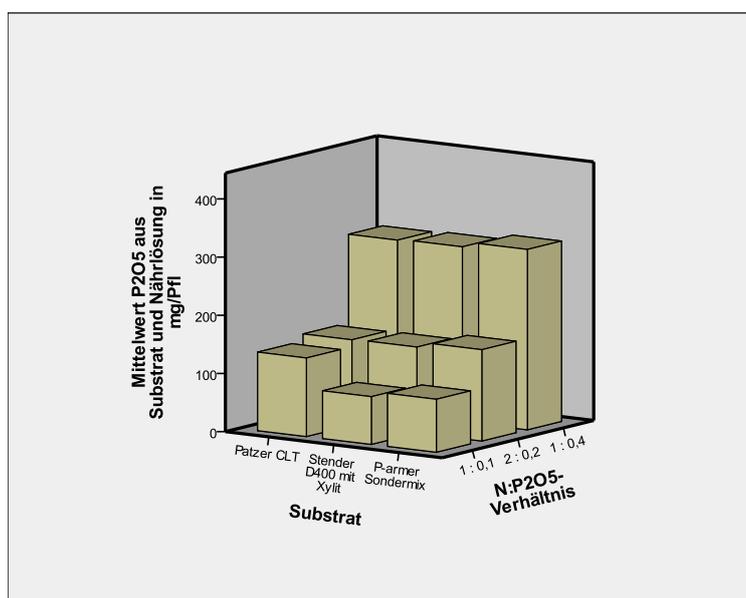


Abbildung 5: Realisierte mengenbilanzierte Phosphorzufuhr in den Versuchsvarianten (LfULG Dresden-Pillnitz 2014)

Der Einfluss der Versuchsvarianten mit abgestufter Phosphorzufuhr auf die Pflanzenhöhe und -breite war relativ schwach (siehe Abb. 6). Bei höherem Phosphorangebot waren die Pflanzen etwas größer, wobei der größte Unterschied zu den Varianten mit nur 70 mg P_2O_5/Pfl zu beobachten war.

Wesentlich stärker war der Einfluss auf die Sprossmasse. In Folge der differenzierten Phosphorzufuhr kam es zu klaren Wachstumsunterschieden (siehe Abb. 7). Die mengenbilanzierte Düngung auf 70 mg P_2O_5/Pfl (Varianten A1B1 und A2B1) führte zu deutlich verminderter Sprossmasse. Alle anderen Varianten mit mindestens 130-140 mg P_2O_5/Pfl wiesen ein höheres, annähernd gleiches Niveau der Sprossmasse auf. Dies war unabhängig davon, ob die Zufuhr nahezu ausschließlich über die Grunddüngung des Substrates (A3B1) oder über Kombinationen der Grund- und Nachdüngung erfolgte (AxB2). Die hohe Zufuhr von bis zu 300 mg P_2O_5/Pfl (AxB3) führte nur noch zu geringfügiger Zunahme der Sprossmasse, die ohne wirtschaftliche Bedeutung ist.

Die deutlichen Unterschiede in der Sprossmasse fanden auch in der Bewertung des Gesamteindruckes ihren Ausdruck (siehe Abb. 7).

Die Anzahl Triebe je Pflanze betrug bei den Varianten mit 70 mg P_2O_5 /Pfl durchschnittlich 3,7. Bei allen anderen lag sie zwischen 4,0 und 4,2.

Die Durchwurzelung war bei allen Varianten mit dem Substrat P-amer Sondermix, also bei niedriger P-Grunddüngung, schlechter als bei den anderen Substraten mit höherer P-Grunddüngung.

Die Brakteengröße (Durchmesser) war weitgehend unbeeinflusst von der Phosphorernährung.

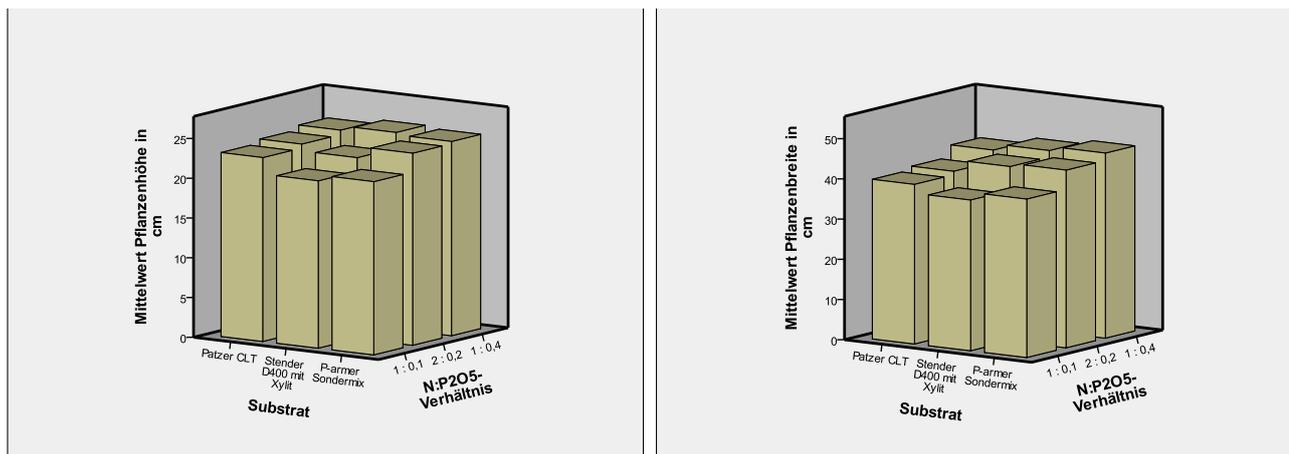


Abbildung 6: Einfluss der Versuchsvarianten auf die Pflanzenhöhe und -breite (LfULG Dresden-Pillnitz 2014)

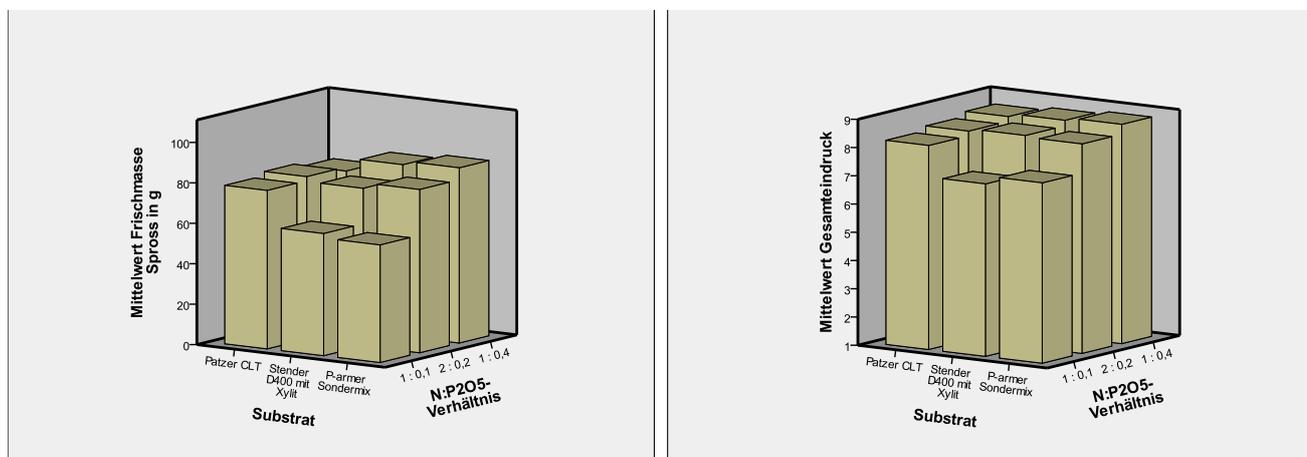


Abbildung 7: Einfluss der Versuchsvarianten auf die Frischmasse des Sprosses und den Gesamteindruck (Gesamteindruck von 1 = sehr schlecht bis 9 = sehr gut, LfULG Dresden-Pillnitz 2014)

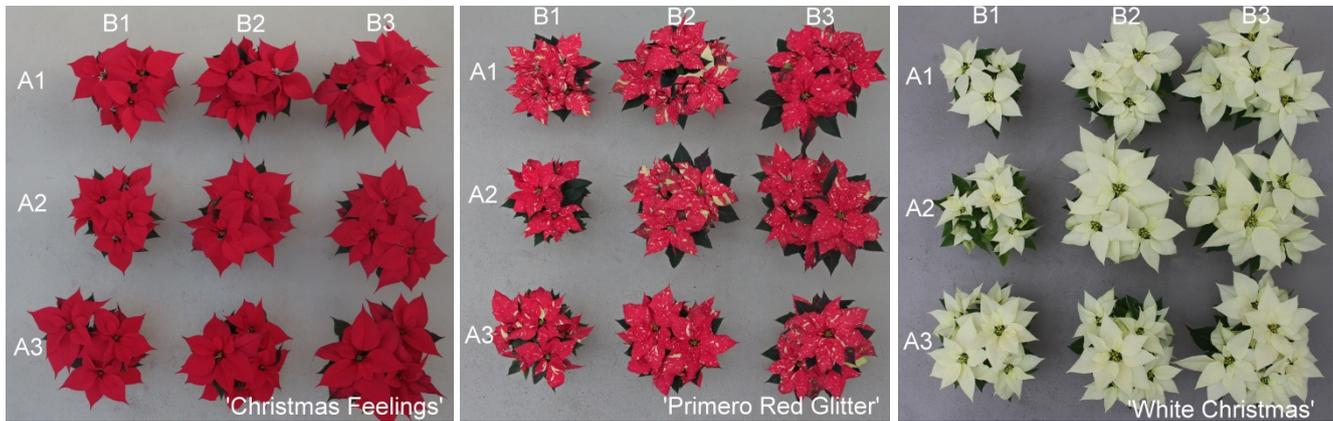


Abbildung 8: Auswirkungen der Versuchsvarianten zur Phosphorernährung auf die Pflanzenqualität: A1B1 und A2B1 mit ca. 70-80 mg P₂O₅/Pfl zeigten deutliche Beeinträchtigungen (LfULG Dresden-Pillnitz 2014)

Kultur- und Versuchshinweise

Tabelle 1: Versuchsvarianten der P-Zufuhr aus Grund- und Nachdüngung (N-Zufuhr bei allen Varianten 700 mg N/Pfl, LfULG Dresden-Pillnitz 2014)

B N:P-Verhältnis	B1: N:P ₂ O ₅ = 1:0,1 70 mg P ₂ O ₅ /Pfl	B2: N:P ₂ O ₅ = 1:0,2 140 mg P ₂ O ₅ /Pfl	B3: N:P ₂ O ₅ = 1:0,4 280 mg P ₂ O ₅ /Pfl
A Substrat			
A1: P-armer Sondermix	Substrat: 3 mg P ₂ O ₅ /Pfl Nährlösung: 67 mg P ₂ O ₅ /Pfl	Substrat: 3 mg P ₂ O ₅ /Pfl Nährlösung: 137 mg P ₂ O ₅ /Pfl	Substrat: 3 mg P ₂ O ₅ /Pfl Nährlösung: 277 mg P ₂ O ₅ /Pfl
A2: Stender D400 mit Xylit	Substrat: 42 mg P ₂ O ₅ /Pfl Nährlösung: 18 mg P ₂ O ₅ /Pfl	Substrat: 42 mg P ₂ O ₅ /Pfl Nährlösung: 98 mg P ₂ O ₅ /Pfl	Substrat: 42 mg P ₂ O ₅ /Pfl Nährlösung: 238 mg P ₂ O ₅ /Pfl
A3: Patzler CLT	Substrat: 133* mg P ₂ O ₅ /Pfl Nährlösung: 0 mg P ₂ O ₅ /Pfl	Substrat: 133 mg P ₂ O ₅ /Pfl Nährlösung: 7 mg P ₂ O ₅ /Pfl	Substrat: 133 mg P ₂ O ₅ /Pfl Nährlösung: 147 mg P ₂ O ₅ /Pfl

* Substratwert überstieg bereits die für diese Variante insgesamt vorgesehenen 70 mg P₂O₅/Pfl!

Sorten:

'Christmas Feelings', 'White Christmas', 'Prima Red', 'Premium White', 'Early Millenium' und 'Primero Red Glitter'

Allgemeiner Kulturablauf:

KW 29 Topfen in 12er Töpfe

KW 32 Stutzen auf 6 Blätter

KW 33 Wachstumsregulierung mit 0,1 % Cycocel 720 + 0,1 % Aminosol; 100 ml Wasser/m²

KW 33 Rücken auf 12 Pfl/m²

KW 34 drop ein

KW 35 Wachstumsregulierung mit 0,15 % Cycocel 720 + 0,1 % Aminosol; 100 ml Wasser/m²

KW 36 Kurztagsbeginn: Verdunklung ab 16:00 Uhr bis 30:00 min vor Sonnenaufgang

KW 39 drop aus, Verdunklung: Zeit/Licht-Steuerung Schaltpunkt 2 klx von 30 min vor Sonnenuntergang bis 60 min nach Sonnenaufgang

KW 45 Merkmalerfassungen und Versuchsende

Klimasteuerung:

Dynamische Außentemperaturkorrektur (dAT) + dynamische Lichtkorrektur (dLK) + Windkorrektur (WK) + Wachstumswertsummenkorrektur (WWSK80)

Basis-Heizungssollwert KW 29-34: 18°C, KW 34-39: 16°C, KW 39-45: 18°C

Sollwert Wachstumswert bzw. Tagesmitteltemperatursollwert: KW 29-34: 0,95 bzw. 20°C, KW 34-45: 0,7 bzw. 18 °C

Mindesttemperatur 6°C

drop: KW 34-39 Heizung: 1 h vor Sonnenaufgang für 4 h auf 8 °C; Lüftung: mit Sonnenaufgang für 2 h auf 10 °C

Schattiersollwert KW 29-30: 25 klx; KW 29-34: 50 klx, KW 34-45: 80 klx

2.3 Mengensbilanzierte Phosphor-Düngung bei Minicyclamen

Die Ergebnisse – kurzgefasst

In den Jahren 2014 und 2015 wurde am LfULG in Dresden-Pillnitz bei der Kultur von Minicyclamen im 9er Topf eine mengenbilanzierte Düngung mit einheitlich 400 mg N und abgestuft 40, 80 und 160 mg P₂O₅ je Pflanze durchgeführt. Durch den Einsatz von drei Substraten sowie eine entsprechend angepasste Nachdüngung (Wochenportionen) erfolgte die Nährstoffzufuhr zu unterschiedlichen Anteilen über die Grunddüngung des Substrates sowie über die Bewässerungsdüngung sofort ab dem Topfen. Die Zufuhr von 80 mg P₂O₅ je Pflanze erwies sich als ausreichend. Im Verhältnis zum Stickstoff entspricht dies N : P₂O₅ = 1 : 0,2. Dieses Nährstoffverhältnis liegt weit unter dem in der Praxis üblichen. Hinsichtlich der Vermeidung von Minderwuchs bei knapper P-Düngung und hinsichtlich der Anzahl Knospen und Blüten je Pflanze war bei gleicher Phosphorgesamtmenge je Pflanze ein höherer Anteil aus der Grunddüngung von Vorteil.

Versuchsfrage und Versuchshintergrund

Der bundesweite Arbeitskreis „Phosphor im Zierpflanzenbau“ weist mit Versuchen und Demonstration auf die Möglichkeiten und Grenzen einer Reduzierung der Phosphordüngung gegenüber der bisherigen Praxis hin. Kann die Phosphornahrung bei Minicyclamen ebenso wie die mit Stickstoff über eine mengenbilanzierte Düngung realisiert werden? Welche Phosphormengen, auch im Verhältnis zum Stickstoff sind erforderlich? Welche Anteile der Phosphorversorgung sollten über das Substrat, welche über die Nährlösung zugeführt werden?

Ergebnisse im Detail

Die durch die Versuchsvarianten der Grund- und Nachdüngung (siehe Tabelle 2) differenzierte Phosphorzufuhr führte zu den in Abbildung 9 und 10 dargestellten Entwicklungen der Phosphorgehalte im Substrat. Zur Erreichung der geplanten Gesamtdüngungsstufen erfolgte ausgehend von den verschiedenen Grunddüngungsstufen die Nachdüngung als Differenzdüngung zum Zielwert. Dennoch blieben die P-Gehalte im Substrat bis zum Kulturende deutlich vom Niveau der P-Grunddüngung beeinflusst (siehe Abb. 9 und 10). Die angestrebte zeitliche Differenzierung des P-Angebotes vom Kulturbeginn bis zum Kulturende bzw. aus der Grund- und Nachdüngung wurde in beiden Versuchsjahren erreicht.

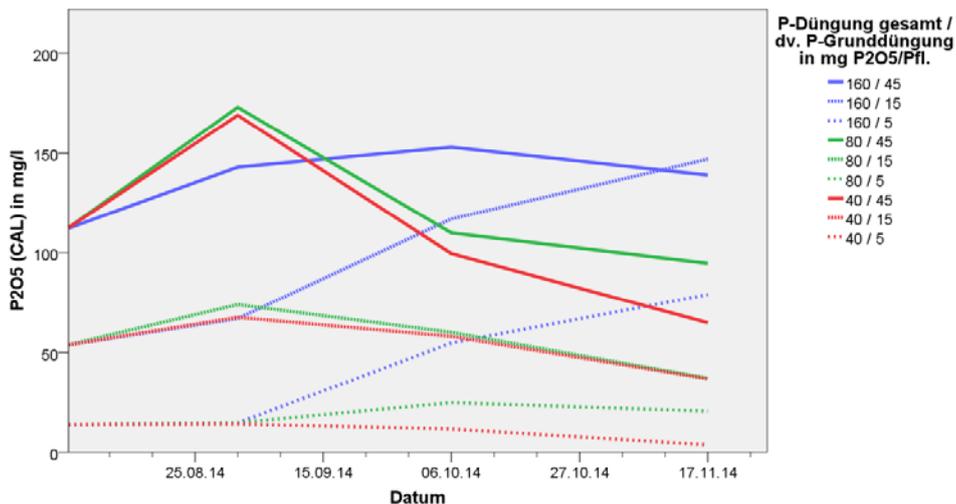


Abbildung 9: Entwicklung der Phosphorgehalte im Substrat (CAL-Aufschluss) der P-Düngungsvarianten bei Minicyclamen im Jahr 2014 (LfULG Dresden-Pillnitz)

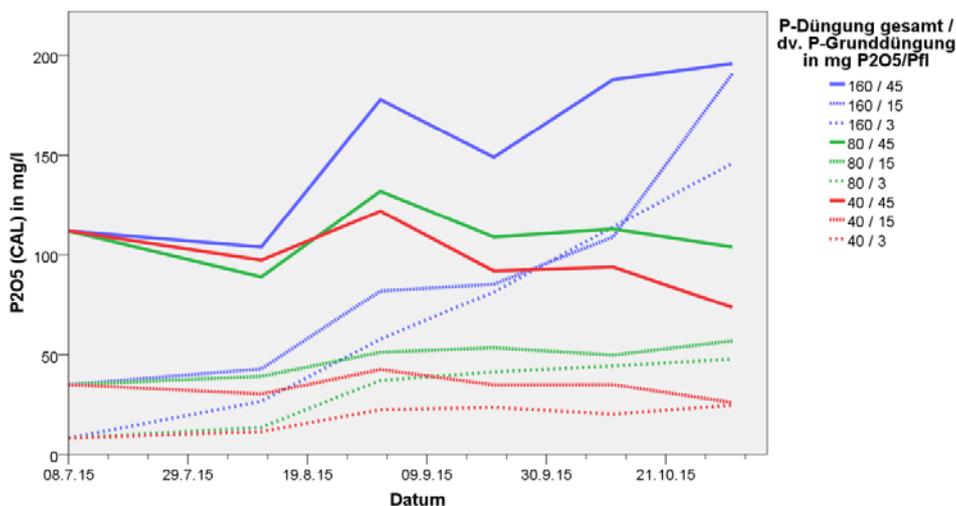


Abbildung 10: Entwicklung der Phosphorgehalte im Substrat (CAL-Aufschluss) der P-Düngungsvarianten bei Minicyclamen im Jahr 2015 (LfULG Dresden-Pillnitz)

Die Auswirkungen der Phosphorvarianten auf das Pflanzenwachstum werden anhand der Sprossmasse dargestellt (siehe Abb. 11). Durch Phosphormangel verursachter Minderwuchs trat nur bei der niedrigsten P-Gesamtdüngung von insgesamt 40 mg P₂O₅/Pfl auf. Die Ausprägung des Minderwuchses hing weiterhin davon ab, ob die P-Zufuhr stärker über die Grunddüngung oder die Nachdüngung erfolgte. Je höher der Düngungsanteil über die Grunddüngung war, desto geringer waren die negativen Auswirkungen eines insgesamt niedrigen P-Angebotes auf das Pflanzenwachstum.

Ab der Gesamtzufuhr von 80 mg P₂O₅/Pfl entsprachen die Sprossmasse bzw. die Pflanzengröße der bei 160 mg P₂O₅/Pfl. Tendenziell waren die Varianten mit extrem niedriger Grunddüngung etwas kleiner.

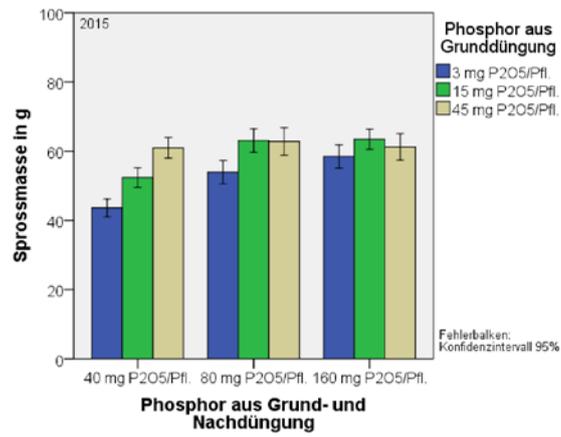
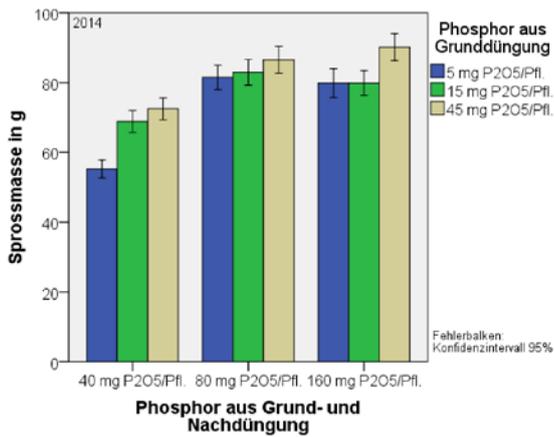


Abbildung 11: Auswirkungen von Varianten der P-Düngung auf die Sprossmasse bei Minicyclamen (LfULG Dresden-Pillnitz 2014 und 1015)

Hinsichtlich der Anzahl über dem Laub sichtbarer Blüten und Knospen je Pflanze (Erfassung zu einem Stichtag) waren die Varianten mit knapper P-Ernährung im Vorteil, die fast ausschließlich über die Grunddüngung verabreicht wurde (siehe Abb. 12). Eine P-Grunddüngung von 45 mg P₂O₅/Pfl in Kombination mit einer P-freien Nachdüngung führte in beiden Versuchsjahren zur höchsten Anzahl Blüten und Knospen je Pflanze. Wurde dagegen ausgehend von derselben Grunddüngung die P-Nachdüngung gesteigert, kam es zu einer Abnahme der Anzahl Blüten und Knospen je Pflanze. Dies bedeutet bei Cyclamen in erster Linie eine Entwicklungsverzögerung.

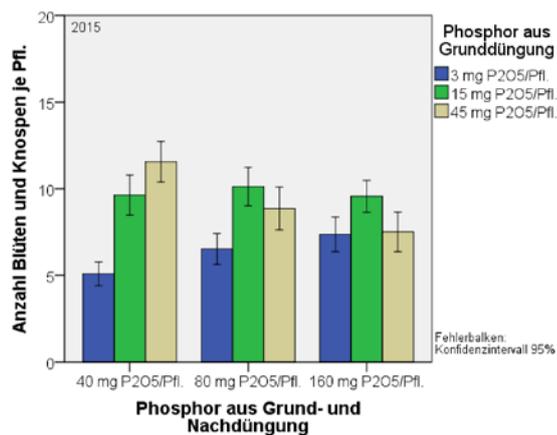
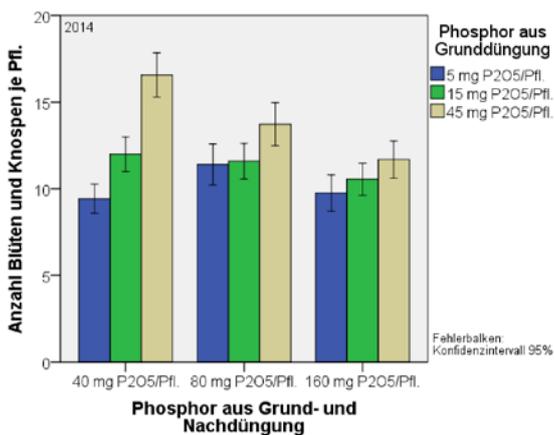


Abbildung 12: Auswirkungen von Varianten der P-Düngung auf die Anzahl Blüten bei Minicyclamen (LfULG Dresden-Pillnitz 2014 und 1015)

Trotz der deutlich reduzierten Sprossmasse erreichten auch die Pflanzen mit der niedrigsten P-Gesamtdüngung (40 mg P₂O₅/Pfl) selbst bei Kulturstart mit nahezu fehlender P-Grunddüngung die Verkaufsfähigkeit. Phosphormangelsymptome wie bei anderen Pflanzenarten (Anthocyanverfärbungen oder Nekrosen) waren nicht festzustellen (siehe Abb. 13).

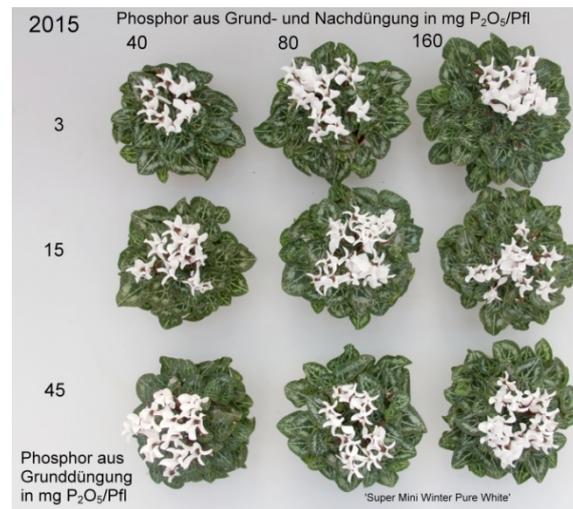
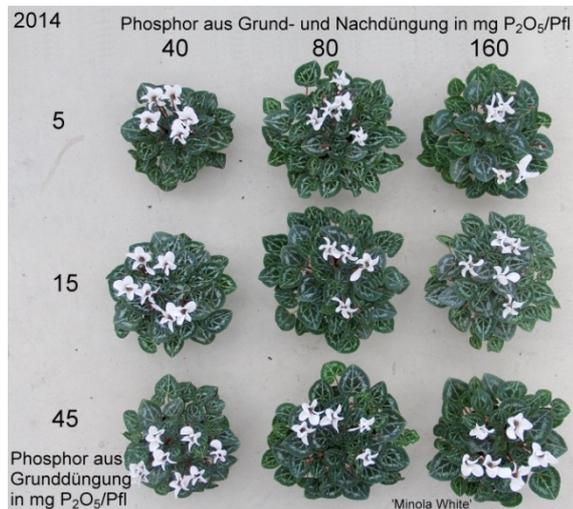
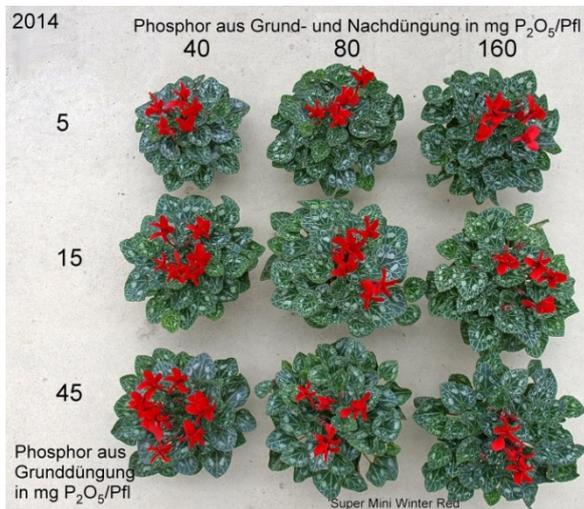


Abbildung 13: Beispiele für die Auswirkungen unterschiedlicher P-Gesamtdüngung bei verschiedenen Anteilen aus der Grunddüngung auf Minicyclamen (LfULG Dresden-Pillnitz 2014 und 2015)

Für Minicyclamen im 9er Topf ist eine Grunddüngung von 40 bis 60 mg P_2O_5 /Pfl (= 120 bis 180 P_2O_5 /l Substrat) zu empfehlen, beispielsweise durch eine Grunddüngung mit 1 g/l PG Mix 12-14-24 oder 14-16-18). Mit der Nachdüngung sollten für eine frühe und reiche Blüte dann nur noch maximal 40 bis 20 mg P_2O_5 /Pfl zugeführt werden. Dies erfordert in der Nährlösung ein Nährstoffverhältnis N : P_2O_5 von 1 : 0,15 bis 1 : 0,08. Ein Mehrnährstoffdünger mit 15 % Stickstoff dürfte dann nur 2,25 bis 1,2 % Phosphor enthalten. Die derzeit verfügbaren Mehrnährstoffdünger enthalten mindestens 5 % Phosphor (als P_2O_5). Eine weitere Reduzierung des P-Angebotes kann durch wochenweisen Wechsel mit phosphorfreiem N-K-Dünger erreicht werden.

Die hier für Minicyclamen festgestellten Nährstoffverhältnisse entsprechen denen durch KOCH und DEGEN 2015 bei Standardcyclamen ermittelten.

Kultur- und Versuchshinweise

Tabelle 2: Versuchsvarianten der P-Zufuhr aus Grund- und Nachdüngung (bei allen Varianten 400 mg N/Pfl, LfULG Dresden-Pillnitz 2014 und 2015)

A: P-Grunddüngung	B: P-Düngung gesamt N:P ₂ O ₅ -Verhältnis		
	B1: 40 mg P ₂ O ₅ /Pfl N : P ₂ O ₅ = 1 : 0,1	B2: 80 mg P ₂ O ₅ /Pfl N : P ₂ O ₅ = 1 : 0,2	B3: 160 mg P ₂ O ₅ /Pfl N : P ₂ O ₅ = 1 : 0,4
A1: 15 bzw. 10 mg P ₂ O ₅ je l Substrat	Substrat: 5 bzw.3 mg P ₂ O ₅ /Pfl Nährlösung: 35 mg P ₂ O ₅ /Pfl	Substrat: 5 bzw.3 mg P ₂ O ₅ /Pfl Nährlösung: 75 mg P ₂ O ₅ /Pfl	Substrat: 5 bzw.3 mg P ₂ O ₅ /Pfl Nährlösung: 155 mg P ₂ O ₅ /Pfl
A2: 45 mg P ₂ O ₅ je l Substrat	Substrat: 15 mg P ₂ O ₅ /Pfl Nährlösung: 25 mg P ₂ O ₅ /Pfl	Substrat: 15 mg P ₂ O ₅ /Pfl Nährlösung: 65 mg P ₂ O ₅ /Pfl	Substrat: 15 mg P ₂ O ₅ /Pfl Nährlösung: 145 mg P ₂ O ₅ /Pfl
A3: 135 mg P ₂ O ₅ je l Substrat	Substrat: 45* mg P ₂ O ₅ /Pfl Nährlösung: 0 mg P ₂ O ₅ /Pfl	Substrat: 45 mg P ₂ O ₅ /Pfl Nährlösung: 35 mg P ₂ O ₅ /Pfl	Substrat: 45 mg P ₂ O ₅ /Pfl Nährlösung: 125 mg P ₂ O ₅ /Pfl

* Substratwert überstieg bereits die für diese Variante insgesamt vorgesehenen 40 mg P₂O₅/Pfl!

Sorten: (eigene Aussaat, außer * = Zulieferung Jungpflanzen)

2014: 'Super Mini Winter Dark Violet'*, 'Super Mini Winter Pure White'*, 'Super Mini Winter Red'*, 'Minola White', 'Minola Scarlet'

2015: 'Goblet Shine Wine Red', 'Picola Shine Red', 'Super Mini Winter Pure White', 'Super Mini Winter Dark Violet', 'Minola Scarlet', 'Minola White', 'Metis Purple Evolution', 'Metis Fantasia Scarlet Salmon'

Allgemeiner Kulturablauf:

Maßnahme	2014	2015
Aussaat	KW 21	KW 16
Hellstellen	KW 24	KW 19
Topfen	KW 33	KW 29
Merkmalerfassungen (je Sorte innerhalb von 1 bis 2 Tagen)	KW 46 bis 51	KW 43 bis 46

Klimasteuerung:

Heizungssollwert Tag/Nacht 16/16 °C, in 2014 ab KW 44 Tag/Nacht 14/14 °C

Lüftungssollwert Tag/Nacht 18/19 °C, in 2014 ab KW 44 Tag/Nacht 16/17 °C

2.4 Reduzierung des Phosphoreinsatzes bei Topfnelken

Die Ergebnisse – kurzgefasst

Im Frühjahr 2015 wurde am LfULG in Dresden-Pillnitz bei der Kultur von Topfnelken eine wesentlich knappere Phosphoreinnahme untersucht, als sie bisher üblich ist. Zehn moderne Sorten Topfnelken, die sich in Habitus, Kulturdauer und Wuchsstärke wesentlich unterschieden, wurden in sechs Varianten mit unterschiedlicher Grund- und Nachdüngung an Phosphor kultiviert. Bei allen Sorten reichten schon 15 mg P₂O₅/l Nährlösung (entsprach Nährstoffverhältnis von N : P₂O₅ = 1 : 0,13) für eine akzeptable Pflanzengröße und -qualität aus. Bei einer phosphorfreen Bewässerungsdüngung kam es zu drastischem Minderwuchs. Unterschiede in der Grunddüngung des

Substrates mit 30, 50 oder 70 mg P₂O₅/l Substrat hatten dagegen nur einen geringen Einfluss. Wegen möglicher Störfaktoren für die Phosphorverfügbarkeit, wie beispielsweise eine höhere Karbonathärte des Wassers, ist in der Praxis ein Verhältnis von N : P₂O₅ = 1 : 0,2 zu empfehlen. Gegenüber den bisher üblichen Düngungsverfahren ist auch bei Topfnelken eine Reduzierung des Phosphoreinsatzes um mindestens die Hälfte möglich.

Versuchsfrage und Versuchshintergrund

Der bundesweite Arbeitskreis „Phosphor im Zierpflanzenbau“ weist mit Versuchen und Demonstration auf die Möglichkeiten und Grenzen einer Reduzierung der Phosphordüngung gegenüber der bisherigen Praxis hin. Der Arbeitskreis „Beet- und Balkonpflanzen“ hat im Jahr 2015 das Sortiment, die Kulturverfahren und die Freilandtauglichkeit moderner Topfnelken im Fokus. Kann die Phosphorernährung bei Topfnelken reduziert werden? Gibt es zwischen den in Habitus und Wuchsstärke recht verschiedenen Sorten Unterschiede in den Phosphoranforderungen bei der Grund- und Nachdüngung?

Ergebnisse im Detail

Das einbezogene Sortiment an Topfnelken war durch große Typ-Unterschiede geprägt. Es waren sowohl Polster- und Federnelken als auch Edernelken vertreten. Die vorab bekannten Unterschiede in der Wuchsstärke wurden durch die Topfgrößen 10 und 12 cm berücksichtigt. Auch in der Kulturdauer und weiteren Pflanzenmerkmalen gab es große Sortenunterschiede (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Kulturdaten und Pflanzenmerkmale der Topfnelken-Sorten im Phosphorversuch (Mittelwerte über alle Phosphorvarianten, LfULG Dresden-Pillnitz 2015)

	Topfgröße	Datum Topfen	Datum Blühen	Kulturdauer in Wochen	Laubhöhe in cm	Pflanzenhöhe in cm	Pflanzenbreite in cm	Anzahl Blüentriebe	Sprossmasse in g	Gesamteindruck*
Angel of Desire	10 cm	17.02.15	03.06.15	15	11	25	24	13	88	8,0
Angel of Peace	10 cm	17.02.15	20.05.15	13	9	24	21	15	61	8,0
Devon Cottage Dark Red	12 cm	09.02.15	11.06.15	17	18	44	30	6	139	7,0
Devon Cottage Devon Wizard	12 cm	09.02.15	18.06.15	18	18	43	35	4	132	7,8
Diantica Raspberry Cream	10 cm	17.02.15	13.05.15	12	2	21	18	20	42	7,6
DSU Pillow Red	10 cm	17.02.15	21.05.15	13	8	17	19	31	55	7,5
Moneybees Pink	10 cm	17.02.15	06.05.15	11	5	13	12	37	27	8,5
Perfume Pinks Candy Floss	12 cm	09.02.15	10.06.15	17	15	27	27	5	106	7,6
Perfume Pinks Passion	12 cm	09.02.15	03.06.15	16	12	31	25	8	100	7,8
Suntory Dianthus Pink	12 cm	27.02.15	21.05.15	11	4	34	25	19	87	7,8
					Versuchsmittel					
					10,2	28,0	23,5	15,9	84	7,8

* Gesamteindruck von 1 = sehr schlecht bis 9 = sehr gut

Die in den Versuchsvarianten (siehe unten) realisierte Phosphordüngung lag sowohl in der Grund- als auch der Nachdüngung wesentlich unter den in der Praxis üblichen Werten. Standardsubstrate mit beispielsweise 1 kg/m³ des bereits phosphorreduzierten Grunddüngers PG-Mix 15-10-20 enthalten 100 mg P₂O₅/l Substrat, während im Versuch nur 30, 50 bzw. 70 mg P₂O₅/l Substrat verabreicht wurden. Auch bei der Nachdüngung lag die mit 30 mg P₂O₅/l Nährlösung höchste Variante deutlich unter den praxisüblichen Werten. Kommt beispielsweise ein Mehrnährstoffdünger 15-10-15 mit einer Konzentration von 0,08 % zur Anwendung, werden über die Nährlösung 80 mg P₂O₅/l verabreicht.

Bei Kontrollanalysen zum Kulturbeginn mit CAL-Aufschluss wurde nur ein Teil des zugegebenen Phosphors als pflanzenverfügbaren Phosphor wiedergefunden (siehe Abb. 3). Ausgehend von den drei Stufen der Grunddüngung verhielt sich die Entwicklung des pflanzenverfügbaren Phosphors in Abhängigkeit von der P-Konzentration in der Nährlösung jeweils sehr ähnlich. Bei P-freier Nachdüngung kam es erwartungsgemäß zur Phosphorabmagerung. Bei 15 mg P₂O₅/l Nährlösung war zunächst ein kleiner Anstieg des P-Gehaltes im Substrat zu beobachten, der bis zum Kulturende jedoch wieder abgebaut wurde, teilweise bis unter das Ausgangsniveau. Die Nachdüngung mit 30 mg P₂O₅/l Nährlösung führte zu einem kräftigen Anstieg des P-Gehaltes im Substrat. Der wurde zwar bis zum Kulturende wieder etwas reduziert, lag jedoch stets über dem Ausgangsniveau.

Nach diesen Analyseergebnissen wurde mit 15 mg P₂O₅/l Nährlösung das Phosphorniveau im Substrat knapp gehalten, während es schon bei 30 mg P₂O₅/l Nährlösung zu unnötiger Anreicherung kam.

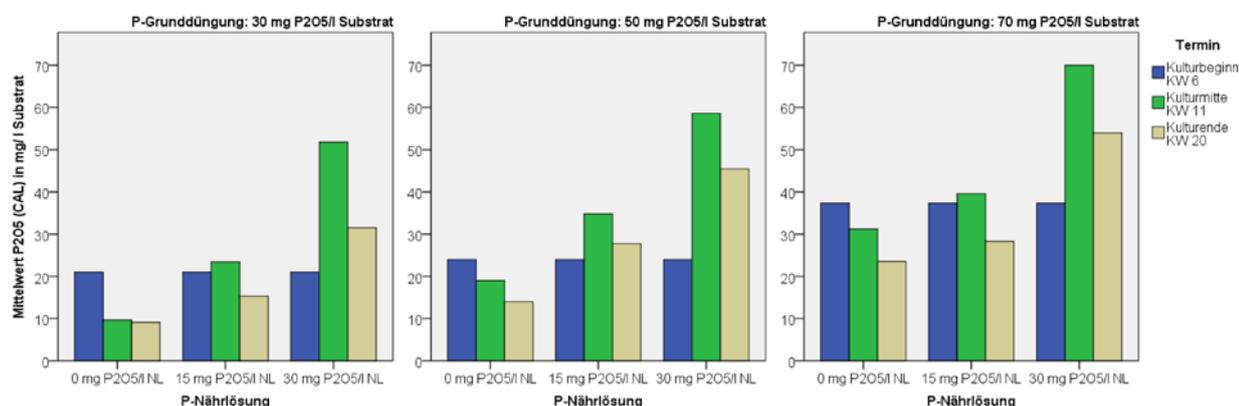


Abbildung 14: Phosphatgehalte im Substrat in Abhängigkeit von der Grund- und Nachdüngung mit Phosphor bei Topfnelken (LfULG Dresden-Pillnitz 2015)

Die Auswirkungen der Varianten mit unterschiedlicher Grund- und Nachdüngung mit Phosphor auf die Sprossmasse sind in Abbildung 15 dargestellt. Die Sorten unterschieden sich zwar wesentlich in der Größenordnung der Sprossmasse, reagierten aber sehr ähnlich auf die P-Varianten.

Die Abmagerung bei phosphorfreier Nachdüngung führte in allen Fällen zu Minderwuchs und stark reduzierten Sprossmassen. Die Unterschiede in der Grunddüngung waren dabei zwar erkennbar, aber auch die höchste Stufe von 70 mg P₂O₅/l Substrat reichte bei P-freier Nachdüngung nicht für eine akzeptable Pflanzengröße aus.

Die flüssige Nachdüngung mit 15 mg P₂O₅/l Nährlösung führte zu normal großen Pflanzen, deren Sprossmasse nur geringfügig unter der bei 30 mg P₂O₅/l Nährlösung lag. Die Unterschiede in der Grunddüngung hatten bei diesen Nachdüngungsniveaus keinen Einfluss auf die Sprossmasse mehr.

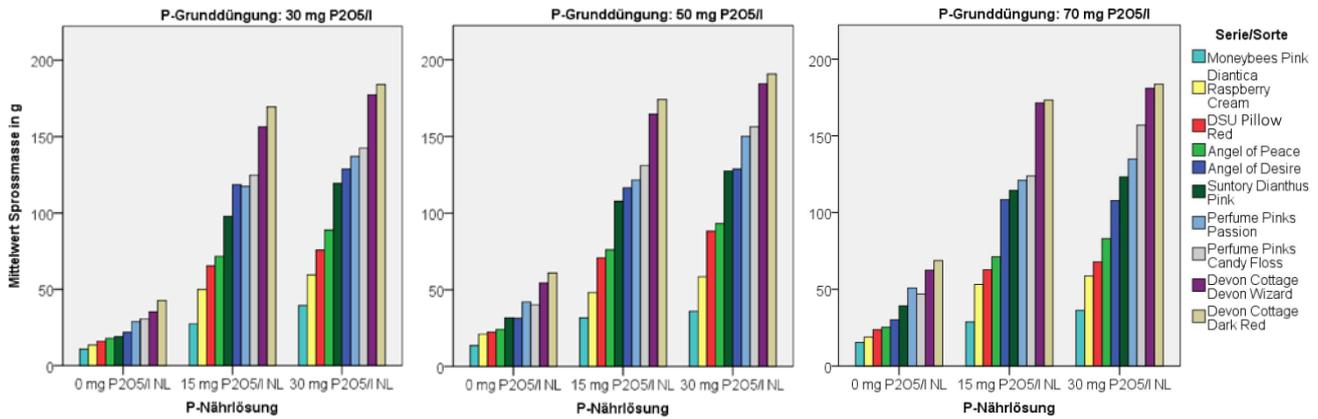


Abbildung 15: Sprossmasse bei Topfnelken in Abhängigkeit von der Grund- und Nachdüngung mit Phosphor sowie der Sorte (LfULG Dresden-Pillnitz 2015)

Dass 15 mg P_2O_5/l Nährlösung bereits ausreichend waren, belegen die Bonituren des Gesamteindruckes (Abbildung 16) sowie zwei Bildbeispiele für das Aussehen der Pflanzen (Abbildungen 17 und 18).

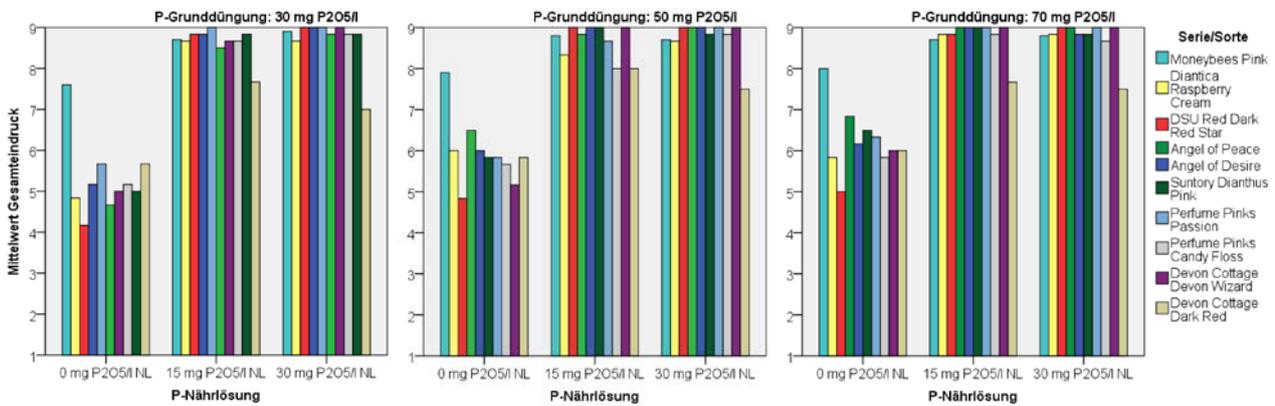


Abbildung 16: Gesamteindruck bei Topfnelken in Abhängigkeit von der Grund- und Nachdüngung mit Phosphor sowie der Sorte (Gesamteindruck von 1 = sehr schlecht bis 9 = sehr gut, LfULG Dresden-Pillnitz 2015)

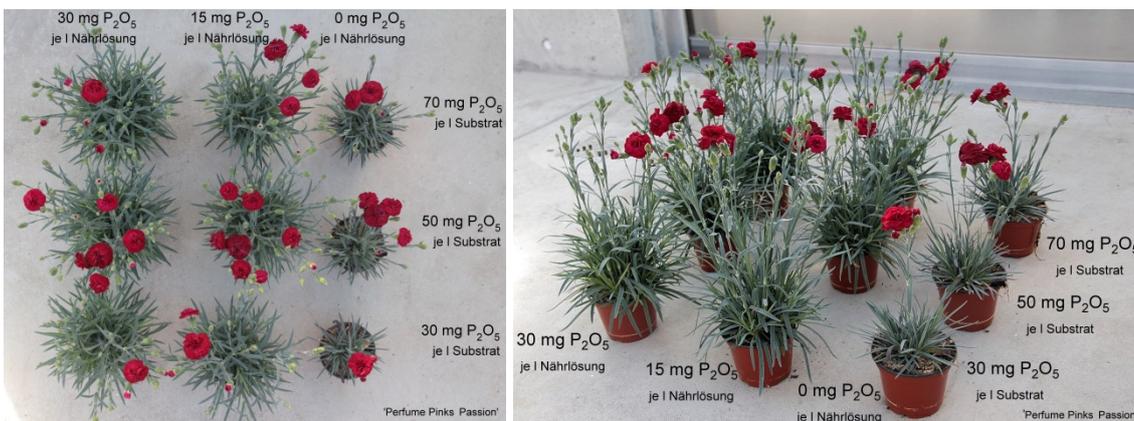


Abbildung 17: Topfnelken der Sorte 'Perfume Pinks Passion' nach Kultur bei verschiedener Grund- und Nachdüngung mit Phosphor (LfULG Dresden-Pillnitz 2015)

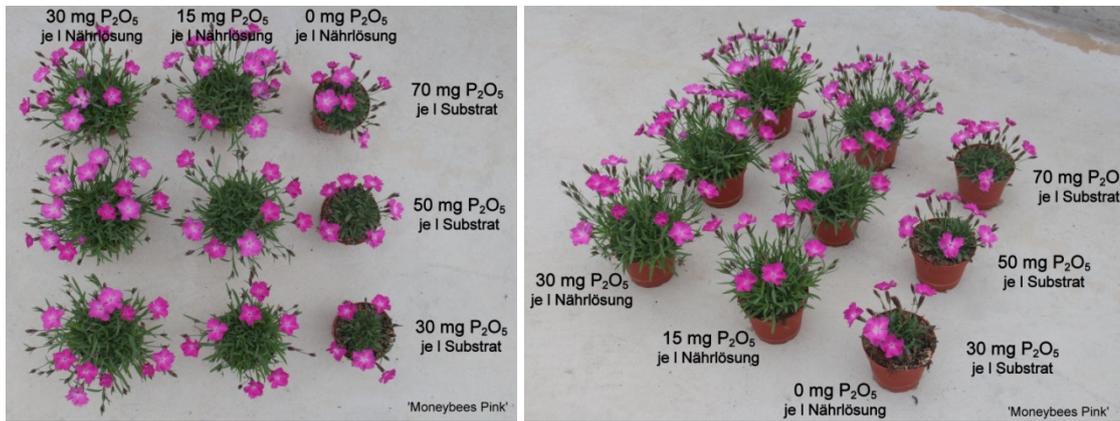


Abbildung 18: Topfnelken der Sorte 'Moneybees Pink' nach Kultur bei verschiedener Grund- und Nachdüngung mit Phosphor (LfULG Dresden-Pillnitz 2015)

Neben Minderwuchs kam es bei den Phosphormangelvarianten zu Anthocyanverfärbungen der Blätter (Abbildung 19).



Abbildung 19: Anthocyanverfärbungen an den Blättern infolge von Phosphormangel bei einer Grunddüngung von 30 mg P₂O₅/l Substrat und P-freier Nachdüngung (LfULG Dresden-Pillnitz 2015)

Der Blühbeginn bzw. die Kulturdauer waren durch die Phosphorvarianten nicht wesentlich beeinflusst. Allerdings wiesen die P-mangelernährten Pflanzen schon durch ihren kleineren Pflanzenaufbau eine geringere Anzahl Blütentriebe auf. Die P-übersorgten Pflanzen der Varianten mit 30 mg P₂O₅/l Nährlösung hatten gegenüber denen aus der knapp ausreichend mit 15 mg P₂O₅/l Nährlösung ernährten Pflanzen hinsichtlich der Blüte keinen Vorteil.

Die Mittelwerte der erfassten Pflanzenmerkmale sind für die Grund- und Nachdüngungsvarianten in der Tabelle 4 wiedergegeben.

Tabelle 4: Einfluss der Grund- und Nachdüngung mit Phosphor auf die Pflanzenmerkmale bei Topfnelken (Mittelwerte der 10 Sorten, LfULG Dresden-Pillnitz 2015)

P-Grunddüngung in mg P ₂ O ₅ /l Substrat	P-Nachdüngung mit 0 mg P ₂ O ₅ /l Nährlösung						P-Nachdüngung mit 15 mg P ₂ O ₅ /l Nährlösung						P-Nachdüngung mit 30 mg P ₂ O ₅ /l Nährlösung					
	Laubhöhe in cm	Pflanzenhöhe in cm	Pflanzenbreite in cm	Anzahl Blütentriebe	Sprossmasse in g	Gesamteindruck*	Laubhöhe in cm	Pflanzenhöhe in cm	Pflanzenbreite in cm	Anzahl Blütentriebe	Sprossmasse in g	Gesamteindruck*	Laubhöhe in cm	Pflanzenhöhe in cm	Pflanzenbreite in cm	Anzahl Blütentriebe	Sprossmasse in g	Gesamteindruck*
30	8	17	17	6	24	5,3	11	31	25	18	100	8,6	11	33	26	22	115	8,7
50	8	19	19	8	34	6,0	11	32	25	20	104	8,7	11	33	27	22	121	8,8
70	9	21	19	9	38	6,2	11	32	26	18	103	8,8	11	33	27	19	113	8,7

* Gesamteindruck von 1 = sehr schlecht bis 9 = sehr gut

Kultur- und Versuchshinweise

Versuchsaufbau

A P-Grunddüngung

A1 30 mg P₂O₅/l Substrat

A2 50 mg P₂O₅/l Substrat

A3 70 mg P₂O₅/l Substrat

B P-Nährlösung

B1 0 mg P₂O₅/l Nährlösung

B2 15 mg P₂O₅/l Nährlösung

B3 30 mg P₂O₅/l Nährlösung

C Sorte

C3 Moneybees Pink

C5 Diantica Raspberry Cream

C6 DSU Pillow Red (vorher: DSU Red Dark Red Star)

C7 Angel of Desire

C8 Perfume Pinks Candy Floss

C9 Perfume Pinks Passion

C10 Devon Cottage Dark Red

C11 Devon Cottage Devon Wizard

C12 Suntory Dianthus Pink

C13 Angel of Peace

Herkunft

Grünewald

Selecta Klemm

Selecta Klemm

Volmary

Elsner pac

Elsner pac

Kientzler

Kientzler

Moerheim

Volmary

Topfgröße

T10

T10

T10

T10

T12

T12

T12

T12

T12

T10

Temperaturführung

Kalender- woche	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Sollwert Heizen in °C	18	14	14	8	8	8	8	8	6	6	6	6	6	6	6	6	6
reale TMT in °C	18,7	17,5	14,5	11,0	11,8	11,8	10,8	12,9	13,0	14,4	13,7	17,4	16,3	16,1	16,0	20,8	15,6

Allgemeiner Kulturablauf

ab KW 7 Topfen in 10er bzw. 12er Töpfe

KW 9 Stutzen der Sorten in 12er Töpfen

KW 10 Stutzen der Sorten in 10er Töpfen

KW 14 Pflanzenschutz mit Dithane NeoTec 2 kg/ha in 1000 l Wasser/ha gegen Blattflecken bzw. Rost

KW 15 Pflanzenschutz mit Dithane NeoTec 2 kg/ha in 1000 l Wasser/ha gegen Blattflecken bzw. Rost

KW 25 Versuchsende

2.5 Screening samenvermehrter Beet- und Balkonpflanzen auf Verträglichkeit niedriger Phosphorangebote 2015

Die Ergebnisse – kurzgefasst

Im Frühjahr 2015 wurden am LfULG in Dresden-Pillnitz die Reaktionen von 33 Arten in insgesamt 92 Sorten samenvermehrter Beet- und Balkonpflanzen auf eine reduzierte Phosphordüngung untersucht. Schon eine Grunddüngung von 50 mg P_2O_5/l Substrat in Kombination mit einer Bewässerungsdüngung von 30 mg P_2O_5/l Nährlösung erwies sich bei allen Arten und Sorten als voll ausreichend. Niedrigere Phosphorangebote führten artspezifisch abgestuft zu Minderwuchs. Sortenunterschiede innerhalb der Arten waren nicht erkennbar.

Versuchsfrage und Versuchshintergrund

Der bundesweite Arbeitskreis „Phosphor im Zierpflanzenbau“ arbeitet an neuen Richtwerten zur Reduzierung der Phosphordüngung gegenüber der bisherigen Praxis. Für wichtige Topfpflanzenarten und stecklingsvermehrte Beet- und Balkonpflanzen wurden entsprechende Informationen erarbeitet. Bei samenvermehrten Beet- und Balkonpflanzen fehlten bisher Versuche zu neuen Richtwerten.

Wie reagieren samenvermehrte Beet- und Balkonpflanzen auf ein reduziertes Phosphorangebot? Gibt es wesentliche Unterschiede zwischen den Arten und Sorten?

Ergebnisse im Detail

Die Größenordnung der praxisüblichen P-Grunddüngung von Substraten liegt bei 100 bis 160 mg P_2O_5/l (z. B. 1 g/l PG Mix 15:10:20 bzw. PG Mix 14:16:18). In der Nachdüngung bei Beet- und Balkonpflanzen werden häufig Mehrnährstoffdünger NPK 15-10-15 eingesetzt. Das Verhältnis N:P:K beträgt hier 1:0,66:1. Bei einer Bewässerungsdüngung mit 0,05 bis 0,1 % des Mehrnährstoffdüngers entspricht dies 50 bis 100 mg P_2O_5/l Nährlösung.

Mit einer P-Grunddüngung von 30, 50 oder 70 mg P_2O_5/l Substrat und einer Nachdüngung mit 0, 15 oder 30 mg P_2O_5/l Nährlösung lagen alle P-Düngungsvarianten des Versuches deutlich unter dem bisher praxisüblichen Niveau.

Bereits eine Grunddüngung von 50 mg P_2O_5/l Substrat in Kombination mit einer Bewässerungsdüngung von 30 mg P_2O_5/l Nährlösung (N:P:K = 1:0,3:1) erwies sich bei allen Arten und Sorten als voll ausreichend. Niedrigere Phosphorangebote führten artspezifisch abgestuft zu Minderwuchs. Die Auswirkungen auf die Sprossmasse sind in

Tabelle 5 wiedergegeben. Als wesentliche Beeinträchtigung wurde angesehen, wenn die Sprossmasse unter 80 % der Maximalvariante sank. Bei einer (nahezu) phosphorfreen Nachdüngung war das bei allen Arten der Fall, unabhängig davon, ob die Grunddüngung 30, 50 oder 70 mg P₂O₅/l Substrat betrug.

Tabelle 5: Auswirkungen von P-Düngungsvarianten auf die Sprossmasse bei samenvermehrten Beet- und Balkonpflanzen (LfULG Dresden-Pillnitz 2015)

P-Grunddüngung in mg P ₂ O ₅ /l Substrat	30	50	70	30	50	70	30	50	70
P-Nachdüngung in mg P ₂ O ₅ /l NL	0	0	0	15	15	15	30	30	30
N : P ₂ O ₅ : K ₂ O in Nachdüngung	1:0,0:1	1:0,0:1	1:0,0:1	1:0,1:1	1:0,1:1	1:0,1:1	1:0,3:1	1:0,3 :1	1:0,3:1
Art (Anzahl Sorten)	Sprossmasse in g/Pfl								
Tagetes patula (5)	10	11	13	15	18	18	15	17	17
Tagetes erecta (2)	22	23	26	43	48	44	45	48	45
Petunia Cv. (3)	51	57	62	72	79	73	70	73	69
Papaver nudicaule (2)	12	12	17	44	49	44	55	50	53
Nemesia Cv. (1)	35	32	34	68	62	62	60	60	60
Mimulus Cv. (1)	10	16	17	28	29	30	25	31	29
Lobularia maritima (1)	7	8	8	10	12	10	10	11	8
Impatiens walleriana (6)	26	26	28	48	53	49	54	60	57
Gazania rigens (6)	33	35	37	80	78	76	82	92	89
Chamaesyce hypericifolia (2)	6	7	7	24	26	25	22	28	26
Amaranthus tricolor (1)	10	14	13	37	42	43	43	45	43
Zinnia angustifolia (7)	20	20	21	46	51	45	46	47	40
Tagetes tenuifolia (1)	34	31	35	59	58	51	49	55	45
Zinnia elegans (2)	17	18	22	33	42	39	33	34	36
Pennisetum glaucum (1)	16	21	19	24	27	26	23	28	23
Impatiens Cv. Neuguinea-Grp. (4)	26	33	40	59	80	83	70	89	87
Begonia semperflorens (6)	21	24	26	79	86	82	93	100	102
Gerbera jamesonii (4)	12	13	11	52	57	41	61	71	54
Catharanthus roseus (3)	6	8	8	14	22	24	15	23	23
Ageratum houstonianum (1)	13	18	19	24	34	35	28	33	36
Phlox drummondii (2)	15	15	13	46	49	44	54	60	56
Melampodium paludosum (2)	6	5	5	19	21	23	24	25	27
Pelargonien Cv. Zonale-Grp. (2)	43	57	60	167	177	194	239	245	230
Lobelia erinus (2)	5	5	6	13	16	13	18	13	17
Lavandula angustifolia (1)	14	13	14	36	44	43	53	57	58
Isotoma axillaris (6)	17	21	21	87	88	90	127	133	119
Calibrachoa Cv. (3)	13	15	17	24	29	29	36	39	31
Nierembergia hippomanica (1)	18	22	20	56	59	57	72	77	59
Celosia argentea (5)	11	14	15	24	29	29	29	34	34
Pentas lanceolata (2)	9	13	13	29	34	44	46	62	58
Begonia boliviensis (3)	5	8	7	31	38	43	79	104	97
Exacum affine (1)	19	25	21	54	72	57	64	104	66
Begonia x tuberhybrida (3)	9	19	16	75	95	113	192	252	185

Varianten mit einer Sprossmasse von weniger als 80 % des Maximalwertes

Bei einer Bewässerungsdüngung mit 15 mg P₂O₅/l Nährlösung zeigte sich ein differenziertes Bild. Für 13 Arten war hier die Kombination mit einer Grunddüngung von 30 mg P₂O₅/l Substrat schon voll ausreichend, 9 Arten benötigten 50 mg P₂O₅/l Substrat und bei 11 Arten kam es auch bei einer Grunddüngung von 70 mg P₂O₅/l Substrat noch

zu Minderwuchs. Als besonders P-bedürftig zeigten sich *Celosia argentea*, *Pentas lanceolata*, *Begonia boliviensis*, *Exacum affine* und *Begonia x tuberhybrida*, die auch bei einer Bewässerungsdüngung mit 30 mg P_2O_5/l Nährlösung und einer Grunddüngung von 30 mg P_2O_5/l Substrat noch Minderwuchs aufwiesen.

Bildbeispiele für Arten mit geringem bzw. hohem P-Bedarf geben die Abbildungen 20 und 21 wieder.



Abbildung 20: Geringe Auswirkungen verschiedener P-Düngungsvarianten auf den Habitus von *Tagetes erecta* 'Taishan Orange Improved' (LfULG Dresden-Pillnitz 2015)



Abbildung 21: Starke Auswirkungen verschiedener P-Düngungsvarianten auf den Habitus von *Begonia x tuberhybrida* 'Tubby F1 White' (LfULG Dresden-Pillnitz 2015)

Einige Arten erreichten bereits bei relativ niedrigem P-Angebot von 15 mg P_2O_5/l Nährlösung in Kombination mit 30 bzw. 50 mg P_2O_5/l Substrat ihre maximale Sprossmasse. Dazu zählten *Nemesia* Cv., *Tagetes tenuifolia* bzw. *Lobularia maritima*, *Petunia* Cv., *Zinnia angustifolia*, *Tagetes patula* und *T. erecta*.

Zinnia angustifolia und *Tagetes tenuifolia* reagierten schon auf das im Versuch höchste P-Angebot von 70 mg P_2O_5/l Substrat in Kombination mit 30 mg P_2O_5/l Nährlösung mit deutlichem Minderwuchs und blieben in der Sprossmasse mehr als 20 % unter ihrem Maximalwert. Ob dieser Effekt ausschließlich auf dem hohen P-Angebot oder der damit verbundenen höheren Salzbelastung beruht, sei dahingestellt.

Innerhalb der Arten gab es zwischen den Sorten teilweise wesentliche Unterschiede in der Wuchsstärke. Die Reaktionen der Sorten auf die P-Düngungsvarianten entsprachen dabei aber weitgehend dem artspezifischen Muster. Beispiele dafür enthalten die Abbildungen 22 und 23. Sortenunterschiede hinsichtlich der P-Bedürftigkeit innerhalb der Arten waren nicht erkennbar.

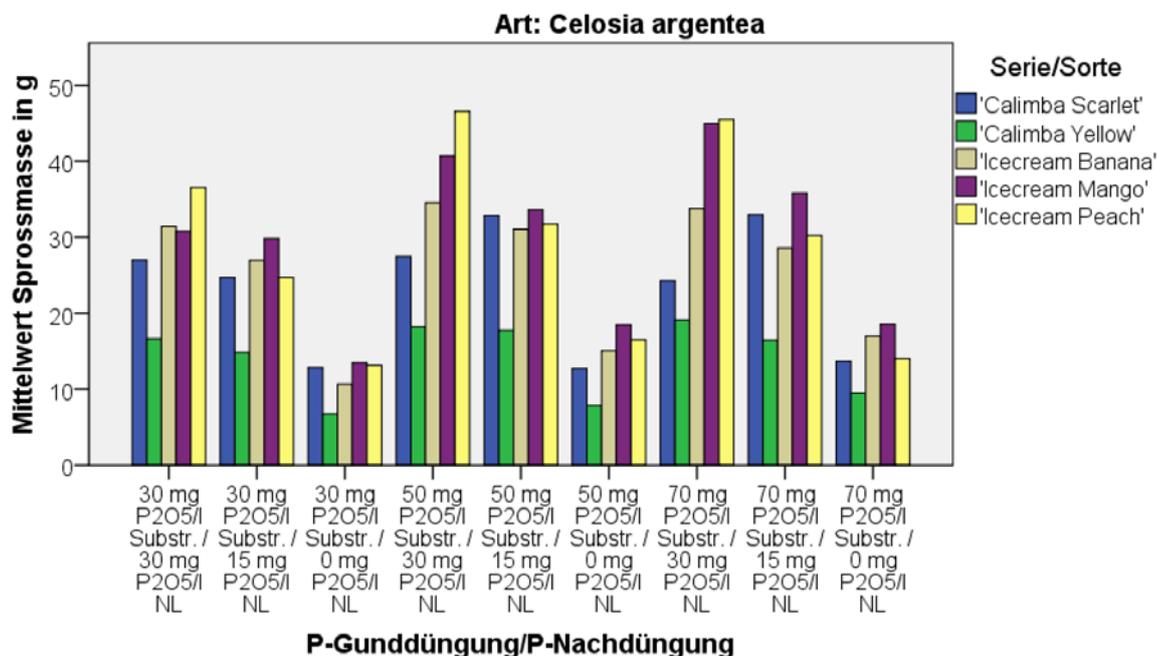


Abbildung 22: Auswirkungen verschiedener P-Düngungsvarianten auf die Sprossmasse bei verschiedenen Sorten von *Celosia argentea* (LfULG Dresden-Pillnitz 2015)

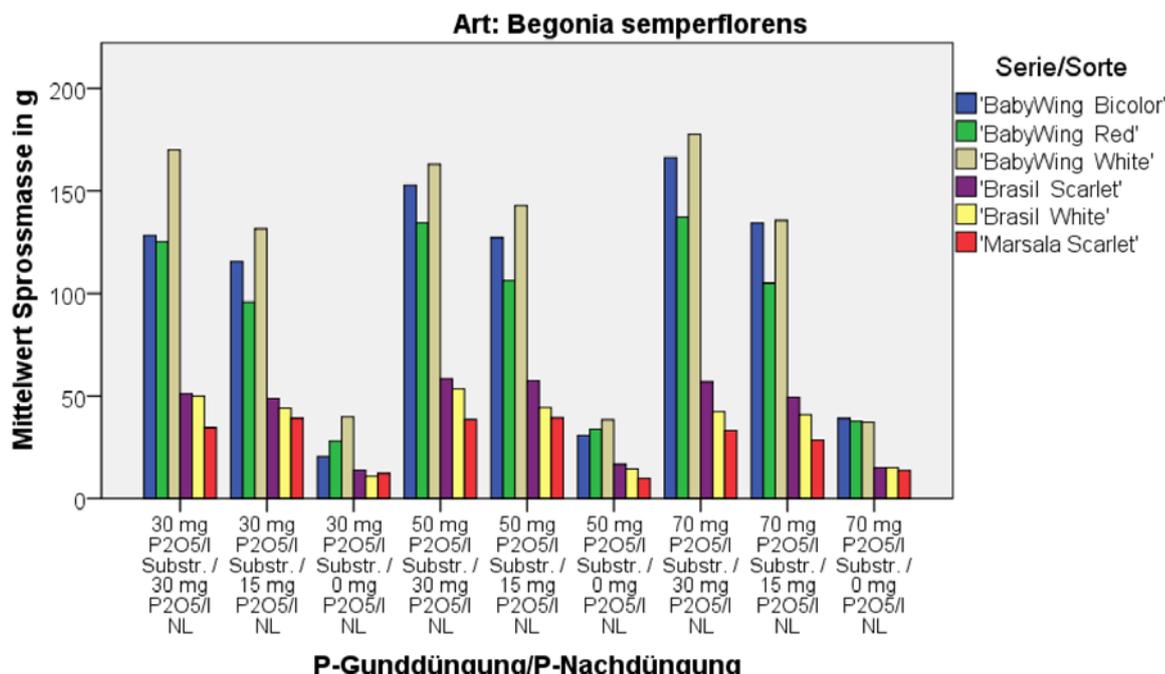


Abbildung 23: Auswirkungen verschiedener P-Düngungsvarianten auf die Sprossmasse bei verschiedenen Sorten von *Begonia semperflorens* (LfULG Dresden-Pillnitz 2015)

Kultur- und Versuchshinweise

artspezifische Aussaat in Kalenderwoche 5 bzw. 10

nach 2 bis 4 Wochen pikieren direkt in den Endtopf (11 cm) in Substrate mit abgestufter P-Grunddüngung; einheitlich ca. 10 mg N/l und ca. 55 mg K₂O/l Substrat

sofort Beginn der Bewässerungsdüngung mit abgestuftem P-Angebot; einheitlich 100 mg N/l und 100 mg K₂O/l Nährlösung

Klimasteuerung dAT+dLK+WK+TSK1000 mit Heizen_{Basis} Tag/Nacht 16/16 °C, Lüften_{Basis} 18/19 °C, drop auf Heizen 8 °C, Lüften 12 °C

Merkmalerfassungen zu einem Stichtag, wenn je Sorte mehr als 50 % der Pflanzen blühend

2.6 Screening samen vermehrter Beet- und Balkonpflanzen auf Verträglichkeit niedriger Phosphorangebote 2016

Die Ergebnisse – kurzgefasst

Im Frühjahr 2016 wurden am LfULG in Dresden-Pillnitz die Reaktionen von 31 Arten in insgesamt 51 Sorten samen vermehrter Beet- und Balkonpflanzen auf eine reduzierte Phosphordüngung untersucht. Wie im Vorjahr erwies sich bei allen Arten und Sorten schon eine Grunddüngung von 50 mg P₂O₅/l Substrat in Kombination mit einer Bewässerungsdüngung von 30 mg P₂O₅/l Nährlösung als voll ausreichend. Das erlaubt eine Reduzierung des Phosphoreinsatzes gegenüber der heute üblichen Praxis um etwa die Hälfte. Bei einer Grunddüngung mit 150 mg P₂O₅/l Substrat reichte bei den meisten Arten bereits eine minimale Nachdüngung mit 10 mg P₂O₅/l Nährlösung aus, um Phosphormangelsymptome zu vermeiden. Niedrigere Phosphorangebote führten artspezifisch abgestuft zu Minderwuchs. Sortenunterschiede innerhalb der Arten waren nicht erkennbar

Versuchsfrage und Versuchshintergrund

Der bundesweite Arbeitskreis „Phosphor im Zierpflanzenbau“ arbeitet an neuen Richtwerten zur Reduzierung der Phosphordüngung gegenüber der bisherigen Praxis. Im Vorjahr ermittelte Grenzwerte für eine Reduzierung der Phosphordüngung bei samen vermehrten Beet- und Balkonpflanzen waren zu überprüfen.

Wie reagieren samen vermehrte Beet- und Balkonpflanzen auf ein reduziertes Phosphorangebot? Gibt es wesentliche Unterschiede zwischen den Arten und Sorten? Welche Grund- und Nachdüngung mit Phosphor ist mindestens erforderlich, um bei allen Arten Qualitätsbeeinträchtigungen durch Minderwuchs und Mangelsymptome sicher zu vermeiden?

Ergebnisse im Detail

Die Größenordnung der praxisüblichen P-Grunddüngung von Substraten liegt bei 100 bis 160 mg P₂O₅/l (z. B. 1 g/l PG Mix 15:10:20 bzw. PG Mix 14:16:18). In der Nachdüngung bei Beet- und Balkonpflanzen werden häufig Mehrnährstoffdünger NPK 15-10-15 eingesetzt. Das Verhältnis N:P:K beträgt hier 1:0,66:1. Bei einer Bewässerungsdüngung mit 0,05 bis 0,1 % des Mehrnährstoffdüngers entspricht dies 50 bis 100 mg P₂O₅/l Nährlösung.

Im Versuchsjahr 2016 wurden Niveaus der P-Grunddüngung von 50 und 150 mg P₂O₅/l Substrat mit einer P-Nachdüngung von 0 sowie 10 und 30 mg P₂O₅/l Nährlösung kombiniert. Die Nährlösungen enthielten alle gleich 100 mg N/l und 100 mg K₂O/l. Die P-Düngungsvarianten des Versuches lagen damit unter dem bisher praxisüblichen Niveau.

Die Auswirkungen auf die Sprossmasse sind in Tabelle 6 wiedergegeben. Als wesentliche Beeinträchtigung wurde angesehen, wenn die Sprossmasse unter 80 % der Maximalvariante sank.

Bei der Grunddüngung mit 50 mg P₂O₅/l Substrat und einer Nachdüngung ohne Phosphor kam es bei fast allen Arten zu deutlichem Minderwuchs und Qualitätsbeeinträchtigungen.

Eine Grunddüngung mit 50 mg P₂O₅/l Substrat in Kombination mit einer minimalen Phosphornachdüngung von 10 mg P₂O₅/l Nährlösung war bei 28 der 31 Arten ausreichend.

Wie im Vorjahr waren durch eine Grunddüngung von nur 50 mg P₂O₅/l Substrat in Kombination mit einer Bewässerungsdüngung mit 30 mg P₂O₅/l Nährlösung (N:P:K = 1:0,3:1) alle Arten und Sorten voll versorgt. Das entspricht gegenüber der bisherigen Praxis der Reduzierung des Phosphoreinsatzes um die Hälfte.

Bei der Grunddüngung mit 150 mg P₂O₅/l Substrat und einer Nachdüngung ohne Phosphor kam es bei etwa einem Drittel der Arten zu deutlichem Minderwuchs und Qualitätsbeeinträchtigungen.

Die Kombinationen der Grunddüngung in Höhe von 150 mg P₂O₅/l Substrat mit einer Nachdüngung mit 10 oder 30 mg P₂O₅/l Nährlösung zeigten keine Mangelerscheinungen. Vier Fünftel der Arten zeigten bei der höchsten P-Düngungsstufe (die immer noch deutlich unter der üblichen Praxis liegt) bereits leichte Minderungen der Sprossmasse gegenüber dem Maximalwert bei einer niedrigeren P-Düngung.

Tabelle 6: Auswirkungen von P-Düngungsvarianten auf die Sprossmasse bei samenvermehrten Beet- und Balkonpflanzen (LfULG Dresden-Pillnitz 2016)

P-Grunddüngung in mg P ₂ O ₅ /l Substrat	50	150	50	150	50	150
P-Nachdüngung in mg P ₂ O ₅ /l NL	0	0	10	10	30	30
N : P ₂ O ₅ : K ₂ O in Nachdüngung	1:0,0:1	1:0,0:1	1:0,1:1	1:0,1:1	1:0,3:1	1:0,3:1
Art (Anzahl Sorten)	Sprossmasse in g					
Lobularia maritima (1)	19	22	23	21	21	21
Tagetes patula (2)	21	25	24	26	25	24
Pennisetum glaucum (1)	36	39	38	44	40	36
Impatiens walleriana (2)	40	49	46	49	48	51
Tagetes tenuifolia (1)	49	64	61	66	67	58
Begonia semperflorens (3)	74	107	109	114	104	106
Mimulus Cv. (1)	40	50	48	50	54	49
Chamaesyce hypericifolia (2)	19	25	27	28	27	26
Exacum affine (1)	33	47	44	54	44	47
Nemesia Cv. (1)	62	78	75	79	91	85
Gazania rigens (2)	61	79	82	92	92	79
Lobelia erinus (2)	31	39	41	43	46	45
Amaranthus tricolor (1)	29	37	40	43	44	44
Begonia x tuberhybrida (2)	81	121	120	143	143	147
Zinnia elegans (1)	36	50	52	57	60	55
Papaver nudicaule (2)	37	48	49	54	49	59
Tagetes erecta (2)	56	78	85	93	95	91
Ageratum houstonianum (1)	45	59	64	70	72	71
Impatiens Cv. Neuguinea-Grp. (2)	64	91	117	122	118	118
Pentas lanceolata (2)	21	28	36	37	38	33
Melampodium paludosum (2)	17	20	26	27	27	28
Celosia argentea (2)	40	53	61	65	67	60
Isotoma axillaris (2)	61	86	111	119	123	118

Nierembergia hippomanica (2)	34	54	69	79	65	73
Phlox drummondii (2)	37	67	75	80	86	85
Zinnia angustifolia (2)	42	57	69	75	79	77
Lavandula angustifolia (1)	28	39	48	51	58	56
Gerbera jamesonii (2)	28	54	61	73	75	66
Calibrachoa Cv. (2)	32	52	53	67	57	66
Begonia boliviensis (1)	42	67	74	99	84	93
Pelargonien Cv. Zonale-Grp. (2)	78	134	172	211	227	230

Varianten mit einer Sprossmasse von weniger als 80 % des Maximalwertes der jeweiligen Art

Trotz der etwas anderen Abstufung der P-Angebote wurden die meisten Artunterschiede des Screenings vom Vorjahr bestätigt. *Begonia boliviensis*, *Calibrachoa* Cv. aber auch *Pelargonium* Cv. Zonale-Grp. zählten zu den Arten mit höherem P-Bedarf. In 2015 als hoch und in 2016 als mittel P-bedürftig wurden eingestuft: *Pentas lanceolata*, *Celosia argentea*, *Isotoma axillaris* sowie *Nierembergia hippomanica*. Die im Vorjahr als wenig P-bedürftig charakterisierte *Zinnia angustifolia* war 2016 abweichend davon in die mittlere Gruppe einzuordnen. Ihre mittlere Einstufung bestätigten *Impatiens* Cv. Neuguinea-Grp., *Melampodium paludosum* und *Phlox paniculata*. Im Versuchsjahr 2016 zeigten *Lobularia maritima*, *Tagetes patula*, *Pennisetum glaucum* und *Impatiens walleriana* die geringste Empfindlichkeit gegenüber niedrigen P-Angeboten und bestätigten damit ihre Einstufung aus dem Vorjahr.

Bildbeispiele für Arten mit geringem bzw. hohem P-Bedarf geben die Abbildungen 24 und 25 wieder.

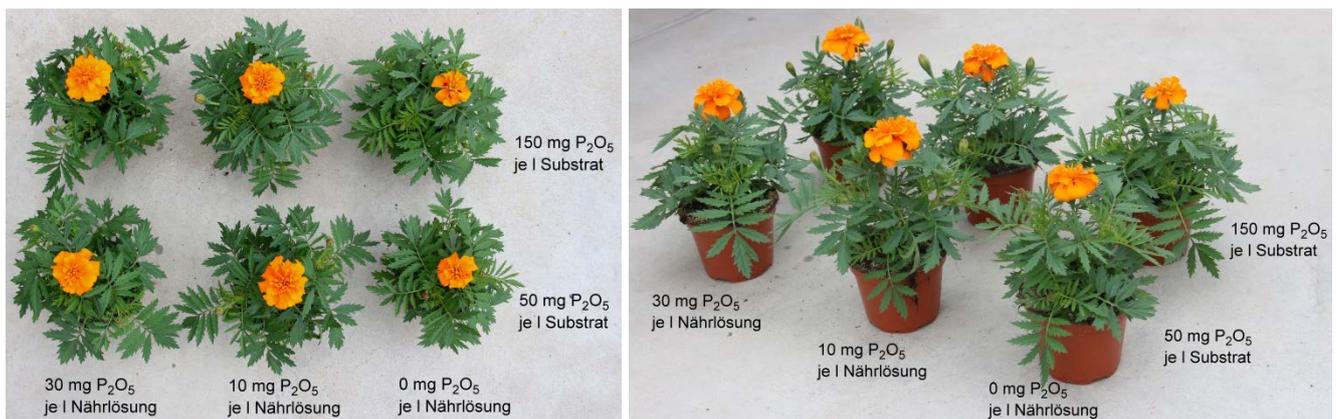


Abbildung 24: Geringe Auswirkungen verschiedener P-Düngungsvarianten auf den Habitus von *Tagetes patula* 'Texana Orange' (LfULG Dresden-Pillnitz 2016)

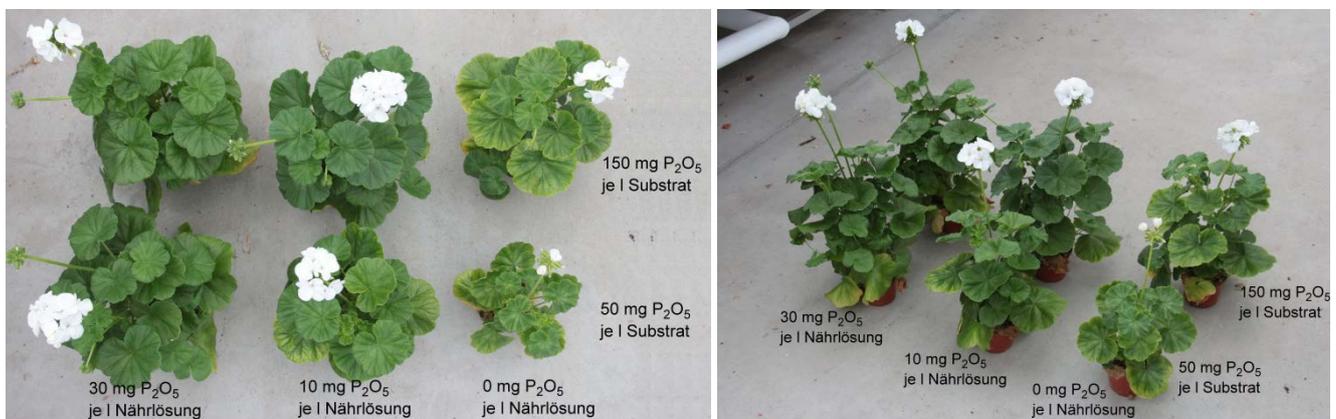


Abbildung 25: Starke Auswirkungen verschiedener P-Düngungsvarianten auf den Habitus von *Pelargonium* Cv. Zonale-Grp. 'Horizon Pure White' (LfULG Dresden-Pillnitz 2016)

Da im Vorjahr keine sortenspezifischen Effekte festzustellen waren, wurde im Jahr 2016 die Anzahl Sorten je Art reduziert. Wo möglich, wurden jedoch zwei Sorten mit deutlich verschiedener Wuchsstärke ausgewählt. Die Reaktionen der Sorten entsprachen dabei wieder weitgehend dem artspezifischen Muster und lassen keine Sorteneffekte hinsichtlich der Reaktion auf niedrige Phosphorangebote erkennen (siehe Abb. 26 und 27).

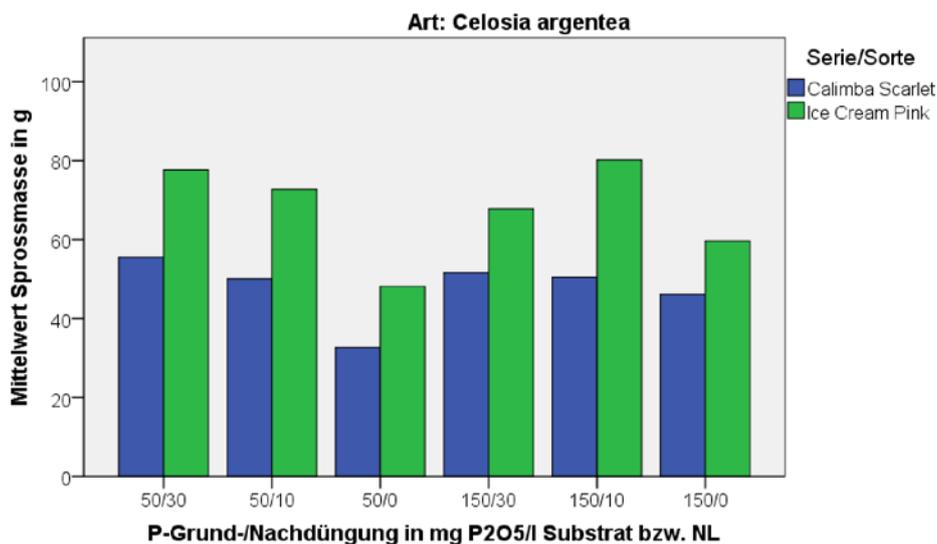


Abbildung 26: Auswirkungen verschiedener P-Düngungsvarianten auf die Sprossmasse bei zwei Sorten von *Celosia argentea* (LfULG Dresden-Pillnitz 2016)

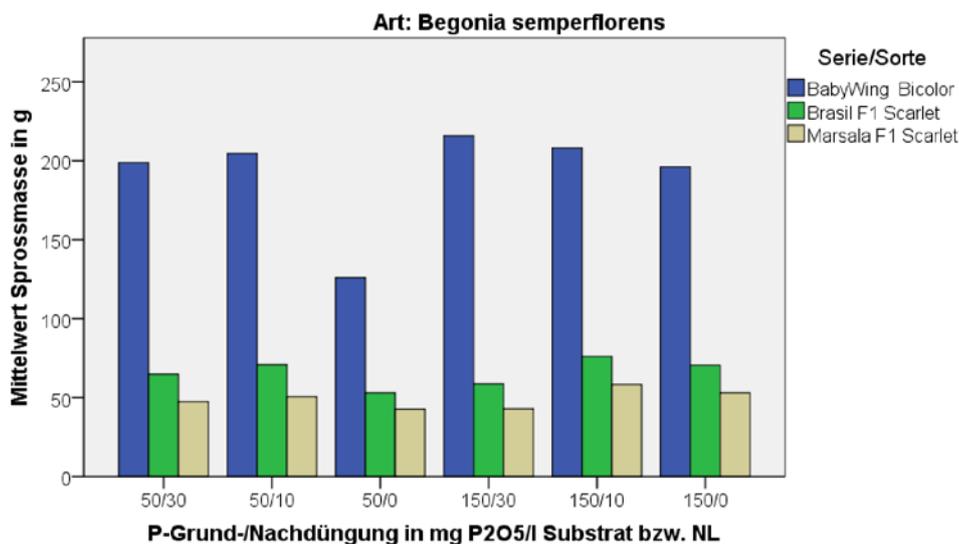


Abbildung 27: Auswirkungen verschiedener P-Düngungsvarianten auf die Sprossmasse bei Sorten von *Begonia semperflorens* mit unterschiedlicher Wuchsstärke (LfULG Dresden-Pillnitz 2016)

Da eine Differenzierung der Grund- und Nachdüngung im breiten Artenspektrum samenvermehrter Beet- und Balkonpflanzen in der gärtnerischen Praxis nicht sinnvoll ist, sollte die Phosphordüngung so erfolgen, dass der Bedarf aller Arten sicher abgedeckt ist. Tabelle 7 enthält dafür einen Empfehlungsrahmen. Diese Empfehlungen reduzieren gegenüber der bisherigen Praxis den Phosphoreinsatz um etwa die Hälfte. Teilweise stehen Mehrnährstoffdünger mit entsprechend niedrigen Phosphorgehalten derzeit nicht zur Verfügung.

Tabelle 7: Empfehlungsrahmen für die Grund- und Nachdüngung mit Phosphor bei samenvermehrten Beet- und Balkonpflanzen

P-Grunddüngung		P-Nachdüngung mg P ₂ O ₅ /l Nähr- lösung	Erforderlicher P ₂ O ₅ -Gehalt im MND in %		
mg P ₂ O ₅ /l Substrat	kg MND/m ³		bei 0,05 % MND in der NL	bei 0,08 % MND in der NL	bei 0,1 % MND in der NL
50	z. B. 0,5 kg 15-10-20	30	6,0	3,8	3,0
100	z.B. 1,0 kg 15-10-20 oder 0,7 kg 14-16-18	25	5,0	3,2	2,5
150	z. B. 1,5 kg 15-10-20 oder 1 kg 14-16-18	20	4,0	2,5	2,0

MND = Mehrnährstoffdünger; NL = Nährlösung

Kultur- und Versuchshinweise

- Artspezifisch zeitlich gestaffelte Aussaat in Kalenderwoche 4 bis 10
- In KW 11 pikieren in den Endtopf (11 cm) in Substrate mit abgestufter P-Grunddüngung; einheitlich ca. 10 mg N/l und ca. 200 mg K₂O/l Substrat
- Sofort Beginn der Bewässerungsdüngung mit abgestuftem P-Angebot; einheitlich 100 mg N/l und 100 mg K₂O/l Nährlösung
- Temperatursteuerung: Heizungssollwert Tag/Nacht 18/18 °C, ab KW 13: Tag/Nacht 14/16 °C; Lüftungssollwert Tag/Nacht 20/21 °C, ab KW 13: 16/19 °C
ab KW 13 cool morning: 45 min vor Sonnenaufgang (SA) Heizungssollwert 8°C, 30 min vor SA Schirm auf, mit SA Lüftungssollwert 12 °C, 30 min nach SA Lüftungssollwert 16 °C, 2 h nach SA Heizungssollwert 14 °C
- Keine chemische Wachstumsregulierung
- Schattierung: 30 klx, ab KW 12 auf 60 klx angehoben
- Energieschirm: Schaltpunkt 4 klx, Schließen ab 1 h vor Sonnenuntergang (SU); Öffnen bis 1,5 h nach SA, ab KW 13 entsprechend cool morning Öffnen immer 30 min vor SA
- Parallele Kultur mit drei Typen Assimilationslampen (Natriumdampf Lampe SON-T Pia Green Power, Keramik-Metallhalogendampf Lampe CDM-T 315 Watt und Keramik-Metallhalogen-dampf Lampe CHD AGRO 400) Belichtungsfreigabe von 2 h nach SA bis 4 h vor SA, Steuerung auf Lichtsummen-Tagessollwert von mindestens 5,76 mol/m² (etwa 90 klxh); Bewertungsgrenzen Minimum 20 µmol/m²s (etwa 1 klx), Maximum 300 µmol/m²s (etwa 17 klx), Abschaltpunkt 10 klx innen;
- Merkmalerfassungen zu einem Stichtag, wenn je Sorte mehr als 50 % der Pflanzen blühend

Kritische Anmerkungen

Das Versuchsdesign erlaubte in beiden Jahren nur qualitative Aussagen. Variiert wurden die P-Grunddüngung und die P-Konzentration in der Nährlösung. Eine art- oder sortenspezifische Bilanzierung und damit die Bestimmung der absoluten Phosphorzufuhr waren nicht möglich.

2.7 Phosphordüngung und pH-Wert bei Angelonien

Die Ergebnisse – kurzgefasst

Am LfULG wurde im Frühsommer 2017 bei Angelonien der Einfluss einer differenzierten Phosphordüngung auf das Pflanzenwachstum bei pH-Werten im Substrat von 4,0 und 6,6 untersucht. Eine abgestufte Phosphor-Grunddüngung mit 25, 50 und 150 mg P₂O₅/l Substrat wurde mit Varianten der Phosphor-Nachdüngung als Bewässerungsdüngung mit 0, 30 und 60 mg P₂O₅/l Nährlösung kombiniert. Außer bei extrem niedriger Phosphor-

Grunddüngung mit nur 25 mg P₂O₅/l Substrat in Kombination mit phosphorfreier Nachdüngung wurden durchweg akzeptable Pflanzenqualitäten erzielt. Dies traf sowohl auf die Kultur bei pH 4,0 als auch bei pH 6,6 zu. In keiner der Varianten waren Eisenmangelchlorosen zu beobachten. Optimal für den Massezuwachs sowie Qualitätsmerkmale wie die Anzahl blühender Haupttriebe je Pflanze war die Kombination einer Phosphor-Grunddüngung von 50 mg P₂O₅/l Substrat mit einer Bewässerungsdüngung von 30 mg P₂O₅/l Nährlösung.

Versuchsfrage und Versuchshintergrund

Welche Phosphordüngung ist bei Angelonien optimal? Wie sollte die Grund- und Nachdüngung mit Phosphor erfolgen? Welchen Einfluss auf die Phosphorverfügbarkeit hat der pH-Wert? Gibt es einen Zusammenhang mit gelegentlich auftretenden Eisenmangelchlorosen? (Versuch im Arbeitskreis Beet- und Balkonpflanzen)

Ergebnisse im Detail

Die unter „Kultur- und Versuchshinweise“ detailliert beschriebenen Versuchsvarianten führten zu stark differenzierten Phosphor-Gehalten im Substrat zum Kulturrende (Abb. 28). Selbst ohne Phosphor-Nachdüngung war demnach der mit der CAL-Methode ermittelte Gehalt an pflanzenverfügbarem Phosphor im Substrat während der Kultur nicht zurückgegangen, teilweise sogar angestiegen. Möglicherweise ist dies auf zu Kulturbeginn nicht pflanzenverfügbare Phosphorreserven im Substrat zurückzuführen. Bereits 30 mg P₂O₅ je Liter Nährlösung führte zum Anstieg des Phosphorgehalts im Substrat, der bei 60 mg P₂O₅/l Nährlösung entsprechend größer ausfiel. Gemessen am Pflanzenbedarf wurde also unnötig viel Phosphor zugeführt, weshalb es zu einer Anreicherung im Substrat kam. Beim niedrigerem pH-Wert im Substrat von pH 4,0 fiel die Zunahme des mit der CAL-Methode ermittelten Phosphorgehalts am höchsten aus und erreichte bis zum Kulturrende knapp 400 mg P₂O₅/l Substrat. Bei pH 6,6 war der Anstieg trotz gleicher Zufuhr mehr als ein Drittel geringer. Das heißt, bei dem höheren pH-Wert wurde ein Teil des zugeführten Phosphors inaktiviert.

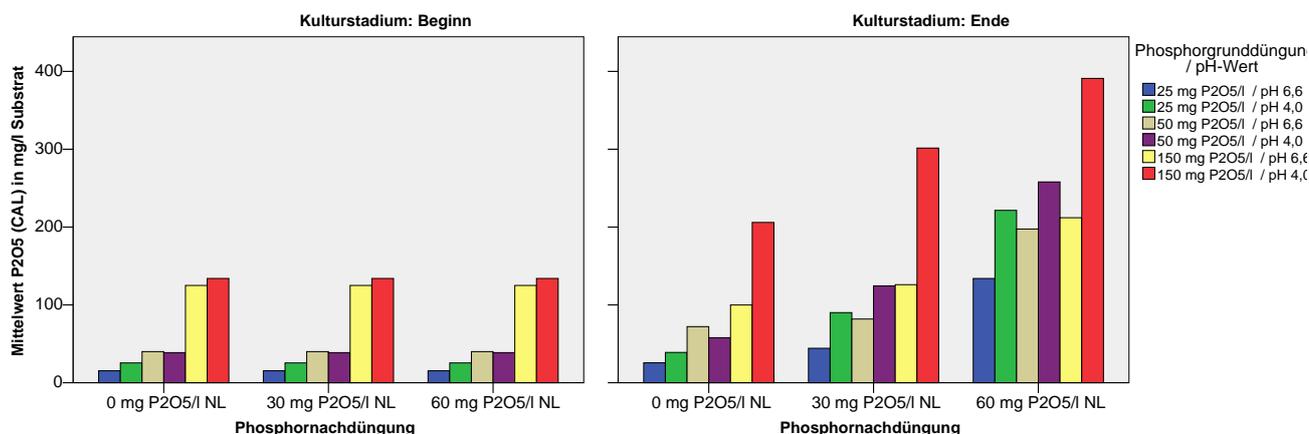


Abbildung 28: Zu Kulturbeginn und -ende mit CAL-Extraktion bestimmter Phosphorgehalt im Substrat bei Angelonien mit differenzierter Grund- und Nachdüngung an Phosphor in Substraten mit pH 4,0 und 6,6 (LfULG Dresden-Pillnitz 2017)

Hinsichtlich des Gesamteindruckes war festzustellen, dass nur eine Phosphor-Grunddüngung von 25 mg P₂O₅/l Substrat in Kombination mit einer Bewässerungsdüngung ohne Phosphor bei einem pH-Wert von 6,6 zu einem deutlich schlechteren Gesamteindruck führte (siehe Abb. 29). Alle anderen Varianten erreichten grundsätzlich Verkaufsqualität. Am besten wurden die Varianten mit einer Grunddüngung von 50 mg P₂O₅/l Substrat in Kombination mit einer Bewässerungsdüngung bewertet, die 30 mg P₂O₅/l Nährlösung enthielt. Höhere Phosphorangebote führten zu einem geringfügig schlechteren Gesamteindruck.

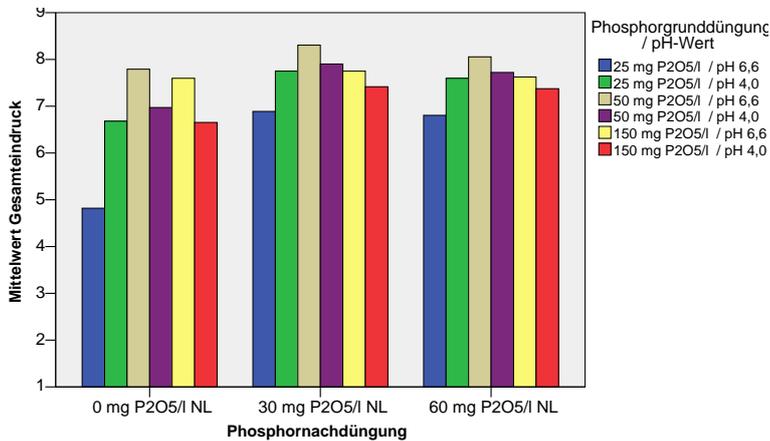


Abbildung 29: Auswirkungen einer differenzierten Grund- und Nachdüngung mit Phosphor auf den Gesamteindruck bei Angelonien in Substraten mit pH 4,0 und 6,6 (1 = sehr schlecht bis 9 = sehr gut; LfULG Dresden-Pillnitz 2017)

Wesentliche Komponenten für die Verkaufsqualität waren die Sprossmasse als Maß für die Wüchsigkeit der Pflanzen und die Anzahl blühender Haupttriebe je Pflanze zum Vermarktungszeitpunkt (siehe Abb. 30).

Bei der Sprossmasse lagen unabhängig von der Phosphor-Nachdüngung immer die Varianten mit einer Phosphor-Grunddüngung von 50 mg P₂O₅/l und pH 6,6 im Substrat an der Spitze (Abb. 30 links). Eine ausbleibende Phosphor-Nachdüngung führte bei jeder Stufe der Phosphor-Grunddüngung zu geringeren Sprossmassen. Die höchsten Sprossmassen waren bei einer Phosphor-Nachdüngung von 30 mg P₂O₅/l Nährlösung festzustellen. Höhere Grund- und Nachdüngungsniveaus an Phosphor verursachten leichten Minderwuchs und eine etwas reduzierte Sprossmasse.

Die Anzahl Haupttriebe war deutlich durch die Phosphor-Grunddüngung beeinflusst. Auf allen Stufen der Phosphor-Nachdüngung führte die niedrigste Phosphor-Grunddüngung zu einer deutlichen Reduzierung der Anzahl blühender Haupttriebe zum Vermarktungstermin (Abb. 30 rechts). Auch bei den blühenden Haupttrieben erreichte eine Grunddüngung mit 50 mg P₂O₅/l Substrat in Kombination mit 30 mg P₂O₅/l Nährlösung die besten Werte. Ein Phosphor-Mehrangebot beeinträchtigte die Anzahl blühender Haupttriebe etwas.

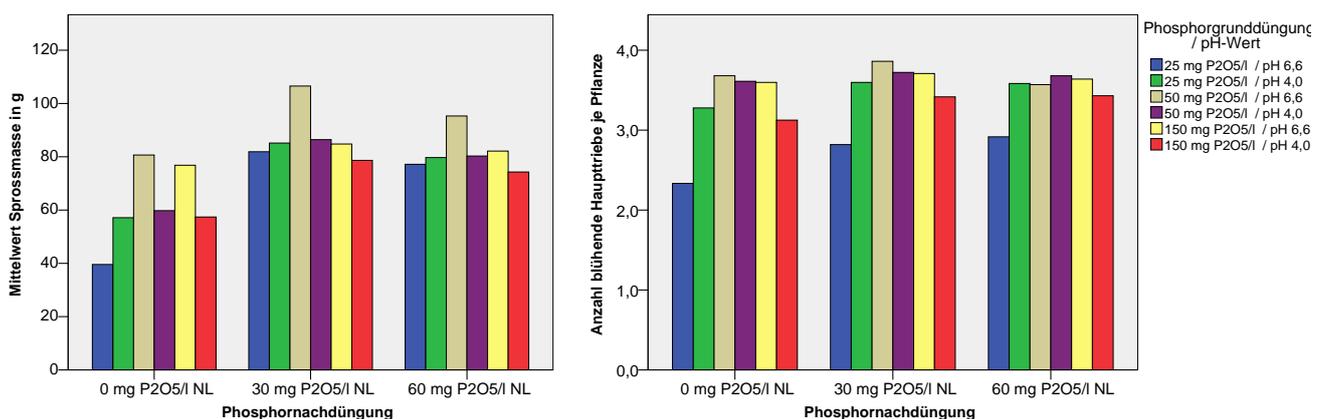


Abbildung 30: Auswirkungen einer differenzierten Grund- und Nachdüngung mit Phosphor auf die Sprossmasse und die Anzahl blühender Haupttriebe bei Angelonien in Substraten mit pH 4,0 und 6,6 (LfULG Dresden-Pillnitz 2017)

Sowohl bei beiden pH-Werten im Substrat als auch in allen Varianten der Grund- und Nachdüngung mit Phosphor waren in diesem Versuch keine Eisenmangelsymptome zu beobachten.

Die Abbildungen 31 und 32 vermitteln einen optischen Eindruck der pH- sowie Phosphordüngungsvarianten bei zwei Sorten und geben die konkreten Auswirkungen auf die Sprossmasse wieder.

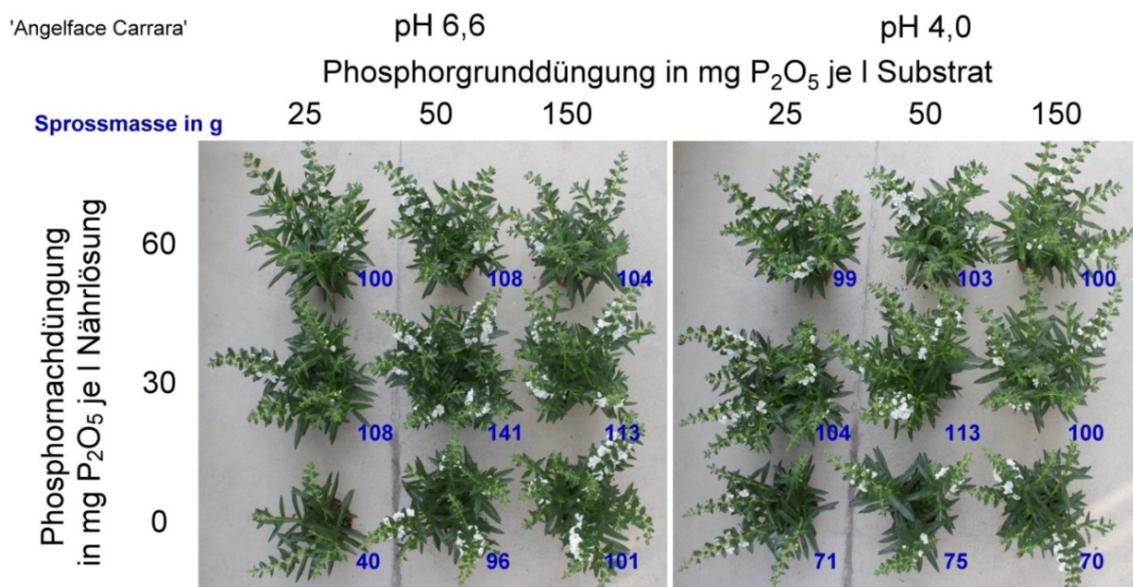


Abbildung 31: Auswirkungen einer differenzierten Grund- und Nachdüngung mit Phosphor bei der stecklingsvermehrten Angelonia 'Angelface Carrara' in Substraten mit pH 6,6 und 4,0 (LfULG Dresden-Pillnitz 2017, Satz KW 14)

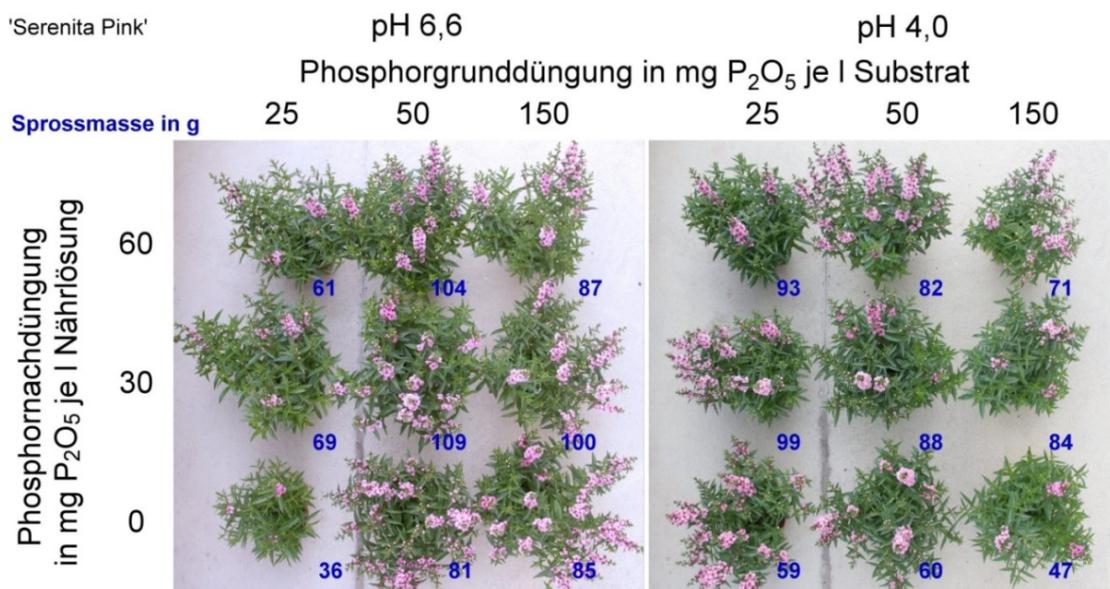


Abbildung 32: Auswirkungen einer differenzierten Grund- und Nachdüngung mit Phosphor bei der samenvermehrten Angelonia 'Serenita Pink' in Substraten mit pH 6,6 und 4,0 (LfULG Dresden-Pillnitz 2017, Satz KW 14)

Fazit:

- Nur eine extreme Phosphorunterversorgung in der Grund- und Nachdüngung führt zu kritischem Minderwuchs.
- Wie bei vielen anderen Pflanzenarten ist eine mäßige Grunddüngung von etwa 50 mg P₂O₅/l Substrat in Verbindung mit einer sicher bedarfsdeckenden Nachdüngung von 20 bis 30 mg P₂O₅/l Nährlösung zu empfehlen. Letzteres entspricht einem Nährstoffverhältnis in der Nachdüngung von N : P₂O₅ : K₂O von 1 : 0,2 : 1. Dafür ist ein entsprechend geeigneter Mehrnährstoffdünger auszuwählen.
- Angelonien lassen sich sowohl bei einem pH-Wert im Substrat von 6,6 als auch von 4,0 in guter Qualität erzeugen.

Kultur- und Versuchshinweise

Varianten:

Substrat:	pH-Wert	/	Phosphor-Grunddüngung
A1	pH 6,6	/	25 mg P ₂ O ₅ /l
A2	pH 6,6	/	50 mg P ₂ O ₅ /l
A3	pH 6,6	/	150 mg P ₂ O ₅ /l
A4	pH 4,0	/	25 mg P ₂ O ₅ /l
A5	pH 4,0	/	50 mg P ₂ O ₅ /l
A6	pH 4,0	/	150 mg P ₂ O ₅ /l

Nachdüngung:	N : P ₂ O ₅ : K ₂ O	/	Phosphor-Nachdüngung
B1	1 : 0,4 : 1,1	/	60 mg P ₂ O ₅ /l Nährlösung
B2	1 : 0,2 : 1,1	/	30 mg P ₂ O ₅ /l Nährlösung
B3	1 : 0,0 : 1,1	/	0 mg P ₂ O ₅ /l Nährlösung

Versuchsablauf:

Topfen: 2 Sätze KW 14 und KW 17, 13-cm-Töpfe, bei 'Serenita Pink' drei Jungpflanzen je Topf, ansonsten je ein Substrat: torfbasierte Eigenmischungen

Sorten: 'Alonia Big Dark Pink', 'Angelface Carrara', 'Angelina Dark Violet', 'Angelos Trailing Pink', 'Archangel Blue Bicolour', 'Serenita Pink'

Stutzen: 2 Wochen nach Topfen, außer 'Angelina Dark Violet' (gestutzt geliefert) und 'Serenita Pink' (Kulturrempfehlung für diese samenvermehrte Sorte)

Temperaturführung: Heizen Tag/Nacht 18/18°C, Lüften Tag/Nacht 21/22°C

Keine chemische Wachstumsregulierung

2.8 Petunien in torf reduzierten Substraten ohne Phosphor-nachdüngung

Die Ergebnisse – kurzgefasst

Am LfULG Dresden-Pillnitz wurde 2016 am Beispiel von Stecklingspetunien untersucht, ob der hohe Phosphatgehalt torf reduzierter Substrate eine wesentliche Reduzierung der Phosphoreinsparung in der Nachdüngung ermöglicht. Obwohl die vier torf reduzierten Substrate deutliche Unterschiede in den Nährstoffgehalten und der Nährstoffdynamik aufwiesen, ließ sich auch bei phosphorfreier Nachdüngung in allen Varianten eine sehr gute Pflanzenqualität erzielen. Unter Berücksichtigung des Gehaltes sowie der Pufferung/Nachlieferung der Nährstoffe kann bei der Kultur in torf reduzierten Substraten die Nachdüngung, insbesondere von Phosphor, drastisch reduziert werden.

Versuchsfrage und Versuchshintergrund

Torfreduzierte Substrate enthalten aus Komposten oft hohe Vorräte an Phosphor. Wie ist bei der Bewässerungsdüngung von Petunien die Nährlösung anzupassen? Kann möglicherweise auf eine Nachdüngung mit Phosphor verzichtet werden?

Ergebnisse im Detail

Vier kompakte Sorten stecklingsvermehrter Petunien wurden in torfreduzierten Substraten kultiviert. Zum Einsatz kamen drei am Markt befindliche Substrate (Floradur Pot Bio, Kleeschulte Topfsubstrat, Patzer SP ED63 T EF grob + Eisen) und eine Versuchsmischung (Vogteier Sondermix). Die Nachdüngung erfolgte mit Nährlösungen, die einheitlich 150 mg N und 120 mg K₂O je Liter enthielten, hinsichtlich des Phosphatgehalts jedoch von 30 über 15 bis auf 0 mg P₂O₅ je Liter abgestuft waren. Das heißt, von einer bei torfbasierten Substraten knappen, aber bedarfsorientierten Phosphornachdüngung wurde bis zur phosphorfreien Nachdüngung abgesenkt.

Durch wiederholte Substratanalysen wurde die Entwicklung der Nährstoffgehalte und des pH-Wertes im Substrat während des Kulturverlaufes verfolgt (siehe Abbildungen 33 bis 38).

Drei der vier torfreduzierten Substrate enthielten zu Kulturbeginn hohe Gehalte an Ammonium-Stickstoff, die über dem empfohlenen Maximalwert von 80 mg NH₄-N/l lagen. Teilweise stiegen diese Gehalte, vermutlich aufgrund von Langzeitdüngern mit Harnstoffderivaten, in den ersten Kulturwochen sogar noch an, ohne dass Pflanzenschäden festzustellen waren. Bis zum Kulturrende erfolgte dann eine deutliche Reduzierung des Ammonium-Stickstoffs (siehe Abb. 33). Umgekehrt lag die Konzentration an Nitratstickstoff zum Kulturbeginn sehr niedrig, stieg dann aber deutlich an (siehe Abb. 34). Dafür dürften neben der N-Zufuhr aus der Nachdüngung auch die Nitrifikation sowie möglicherweise eine Mineralisation aus den Substraten die Ursachen sein.

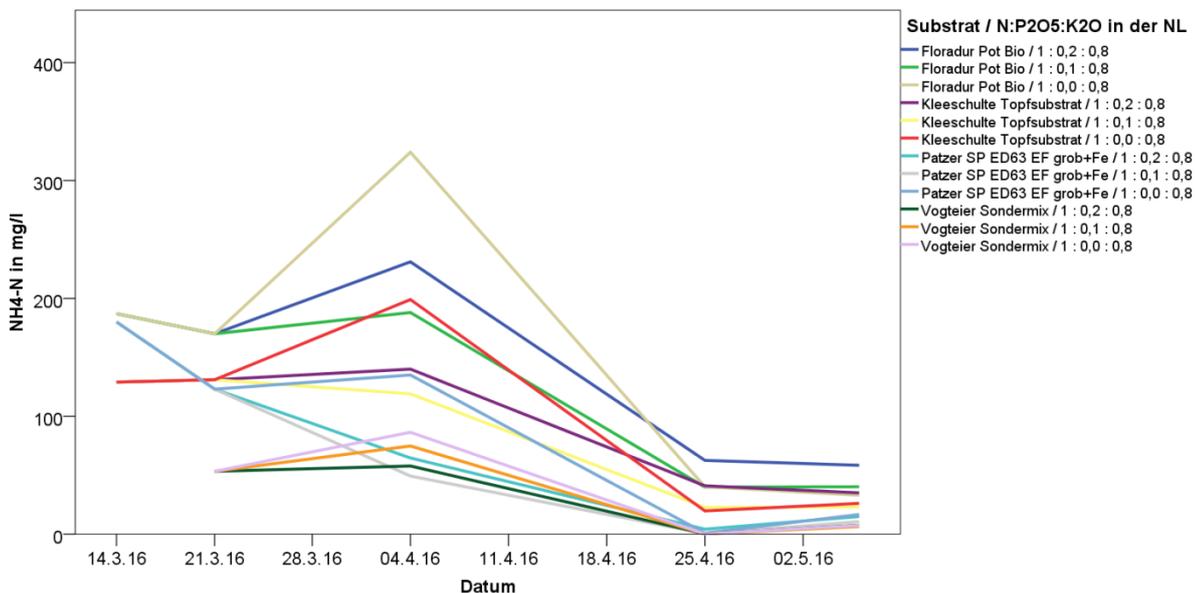


Abbildung 33: Verlauf der NH₄-N-Gehalte im Substrat bei der Kultur von Petunien in torfreduzierten Substraten mit differenzierter Phosphornachdüngung (LfULG Dresden-Pillnitz 2016)

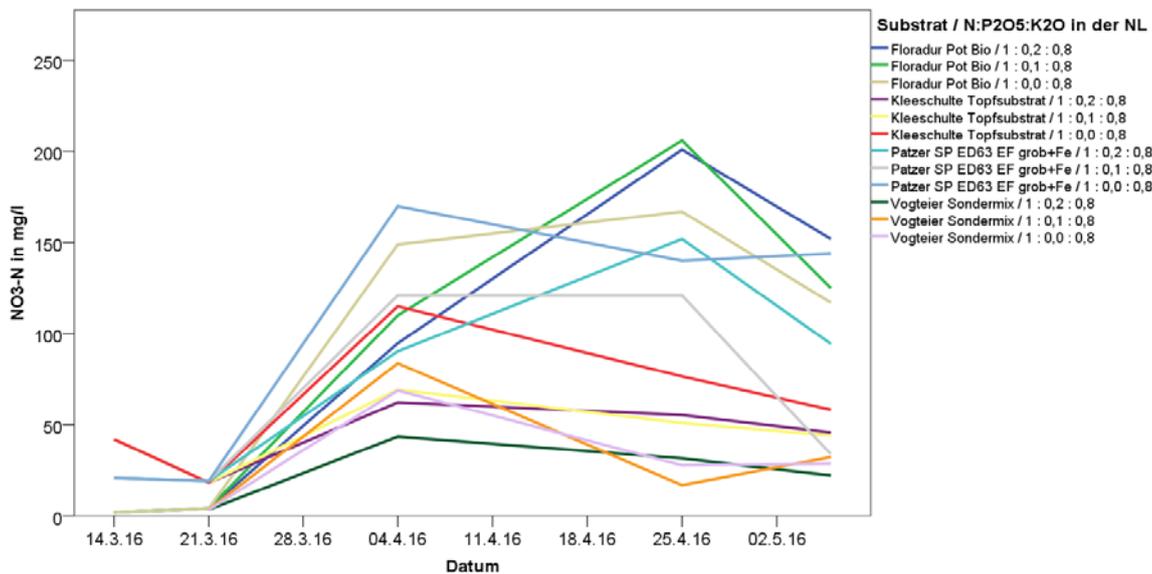


Abbildung 34: Verlauf der NO₃-N-Gehalte im Substrat bei der Kultur von Petunien in torfreduzierten Substraten mit differenzierter Phosphornachdüngung (LfULG Dresden-Pillnitz 2016)

Bis zum Kulturende wurden die unterschiedlichen N_{min}-Ausgangsniveaus der Substrate wieder erreicht (siehe Abb. 35). Die N_{min}-Niveaus der marktgängigen Substrate (Floradur Pot Bio, Kleeschulte Topfsubstrat, Patzer SP ED63 T EF grob + Eisen) lagen mit 150 bis 250 mg/l für Petunien im oberen Bereich des Optimums. Das deutlich niedrigere Niveau der Versuchsmischung (Vogteier Sondermix) wurde aber ebenfalls in etwa gehalten, so dass die N-Nachdüngung als für eine gute Pflanzenentwicklung ausreichend einzuschätzen ist.

Der Verlauf der N_{min}-Gehalte im Substrat war durch eine hohe Dynamik geprägt. In den ersten 14 Tagen kam es zu einem starken Anstieg, der in den Varianten mit höherer Phosphornachdüngung geringer ausfiel als bei P-freier Nährlösung. Bis zum Kulturende glichen sich die N-Gehalte im Substrat wieder an und es war kein wesentlicher Einfluss der Phosphorvarianten mehr zu erkennen (siehe Abb. 35).

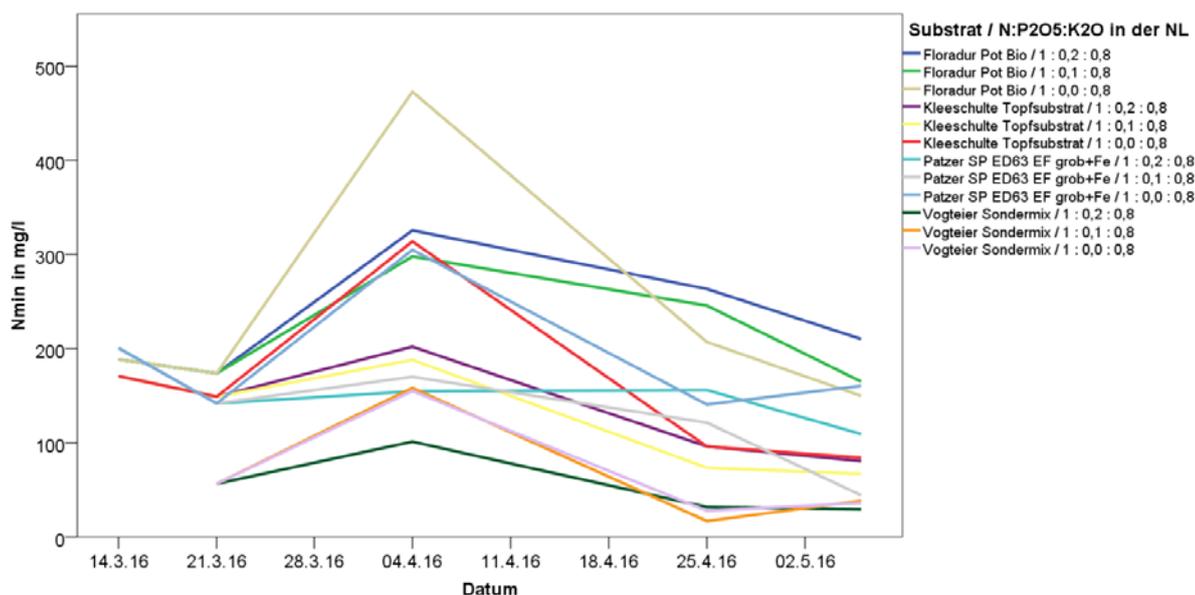


Abbildung 35: Verlauf der N_{min}-Gehalte im Substrat bei der Kultur von Petunien in torfreduzierten Substraten mit differenzierter Phosphornachdüngung (LfULG Dresden-Pillnitz 2016)

Während bei der konkreten Wasser- und Nachdüngungssituation der pH-Wert der Substrate Vogteier Sondermischung und Patzer SP ED63 T EF grob + Eisen annähernd gleich blieb, sank er bei Floradur Pot Bio sowie Kleeschulte Topfsubstrat deutlich ab (siehe Abb. 36). Die Phosphorvarianten hatten keinen wesentlichen Einfluss auf die Entwicklung der pH-Werte in den Substraten. Die zum Kulturende festgestellten pH-Werte zwischen 4,5 und 6,3 hatten keine sichtbaren Auswirkungen auf den Habitus der Pflanzen.

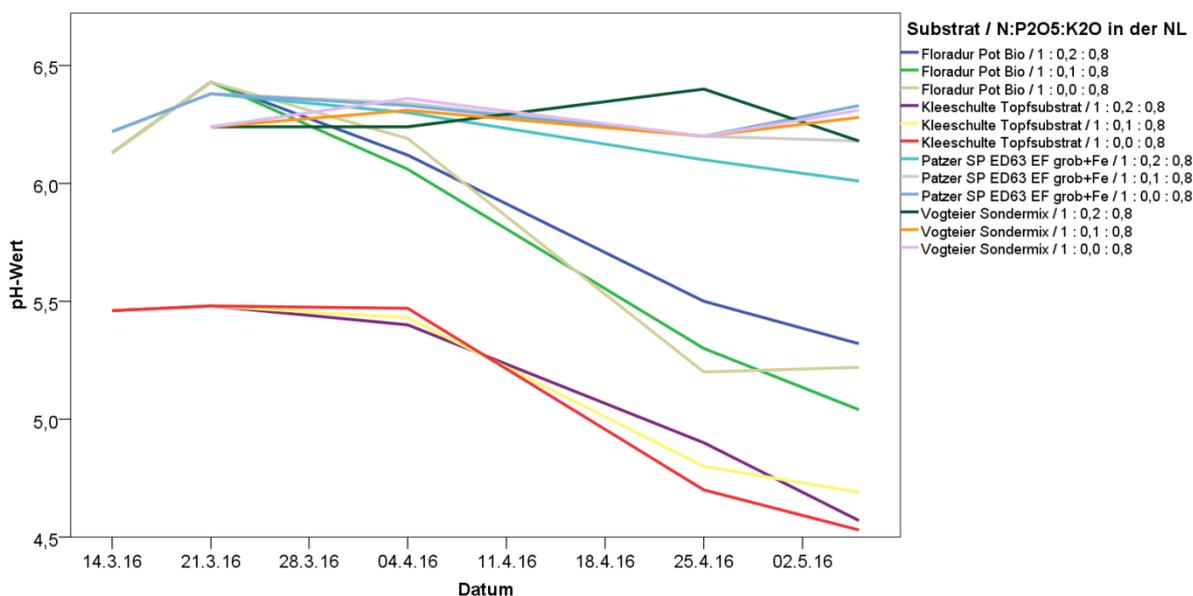


Abbildung 36: Verlauf der pH-Werte im Substrat bei der Kultur von Petunien in torfreduzierten Substraten mit differenzierter Phosphornachdüngung (LfULG Dresden-Pillnitz 2016)

Die vier torfreduzierten Substrate wiesen schon zum Kulturbeginn in KW 12 ganz verschiedene Gehalte an pflanzenverfügbarem Phosphor auf. Der niedrigste Wert von 67 mg P_2O_5/l bei Kleeschulte Topfsubstrat lag im unteren Bereich von dem, was für Torfkultursubstrate empfohlen wird. Mit 139 bzw. 147 mg P_2O_5/l lagen das Patzer SP ED63 T EF grob + Eisen bzw. das Floradur Pot Bio im oberen Bereich der P-Grunddüngung von Torfkultursubstraten. Die Versuchsmischung Vogteier Sondermix wies mit 307 mg P_2O_5/l dagegen eine mehr als doppelt so hohe Phosphatkonzentration auf.

In Abb. 37 ist die Entwicklung der Phosphatgehalte der Substrate bei den verschiedenen Niveaus der Phosphornachdüngung über die Nährlösungen dargestellt. Ähnlich wie bei N_{min} kam es in den ersten 14 Tagen bei den meisten Varianten zu einem Anstieg, der bei Nährlösungen ohne oder mit geringem Phosphorgehalt deutlich größer ausfiel. Bis zum Kulturende glichen sich die Phosphorwerte der Nachdüngungsvarianten wieder an, wobei Unterschiede der Substrate weitgehend erhalten blieben. Insgesamt sank das Niveau bei der Versuchsmischung Vogteier Substratmix, die den höchsten P-Gehalt aufwies etwas ab, die andern blieben weitgehend gleich. Auch die Variante mit dem insgesamt niedrigsten P-Angebot (Kleeschulte Topfsubstrat mit P-freier Nachdüngung) hatte zum Kulturende mit 52 mg P_2O_5/l Substrat einen nur geringfügig niedrigeren Phosphorgehalt gegenüber dem Kulturbeginn. Da gleichzeitig ein normaler Pflanzenzuwachs erzielt wurde, lässt das auf eine Nachlieferung pflanzenverfügbaren Phosphors aus dem torfreduzierten Substrat schließen. Die Nachlieferung ist zumindest anteilig durch den starken pH-Abfall bedingt.

Insgesamt waren eine starke Dynamik, aber auch eine Pufferung des pflanzenverfügbaren Phosphors in den torfreduzierten Substraten festzustellen. In keinem Fall sank der Phosphorgehalt im Substrat bis in den als kritisch zu bewertenden Bereich unterhalb von 30 bis 20 mg P_2O_5/l .

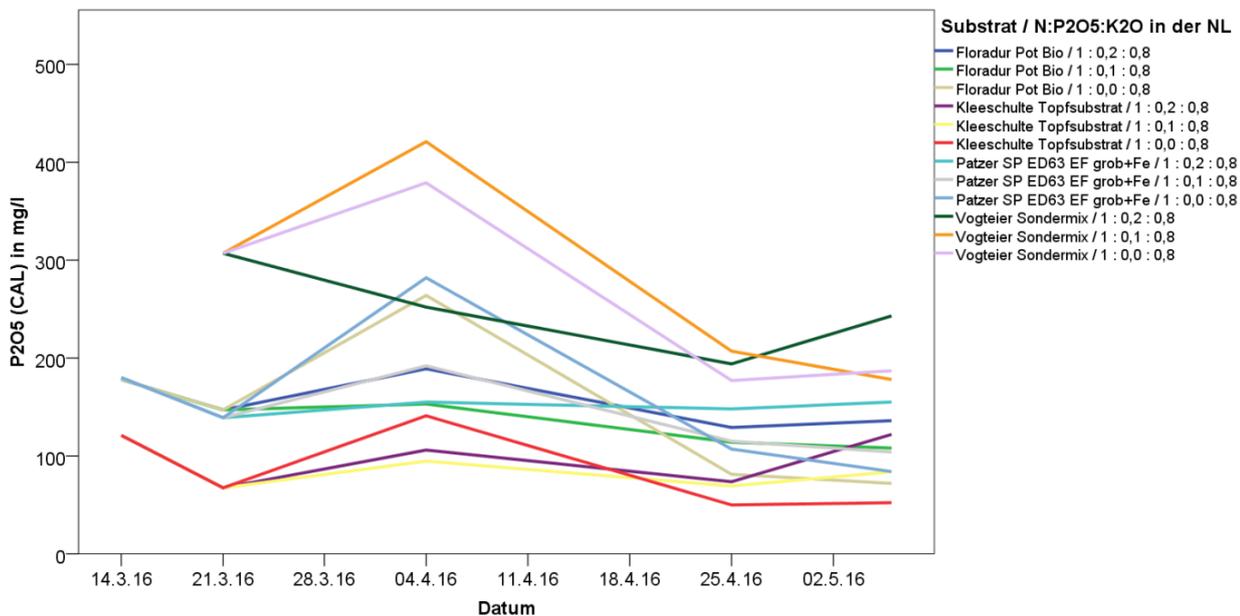


Abbildung 37: Verlauf der Phosphatgehalte im Substrat bei der Kultur von Petunien in torfreduzierten Substraten mit differenzierter Phosphornachdüngung (LfULG Dresden-Pillnitz 2016)

Auch die Kaliumgehalte der Versuchsvarianten wiesen eine ähnliche Dynamik auf (Abbildung 38).

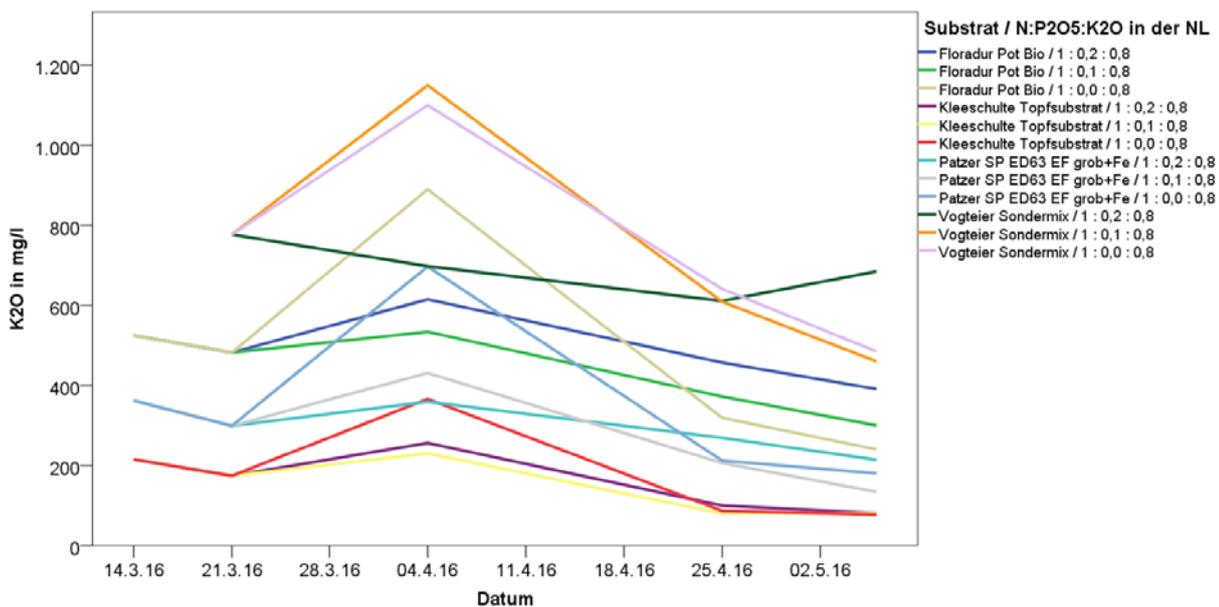


Abbildung 38: Verlauf der Kaliumgehalte im Substrat bei der Kultur von Petunien in torfreduzierten Substraten mit differenzierter Phosphornachdüngung (LfULG Dresden-Pillnitz 2016)

In allen Versuchsvarianten wurden mindestens gute Pflanzenqualitäten mit sehr ähnlichem Habitus erzeugt (siehe Tabelle 8 und Abb. 39). Die teilweise statistisch gesicherten Unterschiede zwischen den Pflanzen sind gering und nicht vermarktungsrelevant. Beispielsweise betrug bei der Pflanzenhöhe der Unterschied zwischen der kleinsten und der größten Variante nur 1,5 cm. Bei der Sprossmasse ist der Einfluss der unterschiedlichen Stickstoffangebote erkennbar. Die drei Substrate mit dem höheren N-Niveau erreichten höhere Sprossmassen, während die Versuchsmischung Vogteier Sondermix, mit dem durchgängig deutlich niedrigeren N-Gehalt im Substrat die niedrigeren Sprossmassen aufwies. Bei der Anzahl offener Blüten ist der Stickstoffeinfluss im umgekehrten Sinne erkennbar.

Hinsichtlich der Phosphornahrung waren kein Einfluss und keine Mangelsymptome zu erkennen. Bei allen untersuchten torfreduzierten Substraten reichte in der Kultur stecklingsvermehrter Petunien die Phosphorversorgung allein aus dem Substrat, ohne jegliche P-Nachdüngung voll aus.

Tabelle 8: Pflanzenmerkmale von Petunien nach Kultur in torfreduzierten Substraten bei differenzierter Phosphornachdüngung (LfULG Dresden-Pillnitz 2016)

N:P ₂ O ₅ :K ₂ O in der Nähr- lösung	Substrat	Pflanzenhöhe in cm	Pflanzenbreite in cm	Anzahl offene Blüten	Blütendurch- messer in cm	Gesamt- eindruck*	Sprossmasse in g
1 : 0,2 : 0,8	Floradur Pot Bio	14,3 ^{ab}	26,4 ^a	3,8 ^{abc}	5,7 ^a	7,4 ^{abc}	57,9 ^{abc}
	Kleeschulte Topfsubstrat	15,0 ^b	25,8 ^a	2,9 ^a	5,6 ^a	7,2 ^a	57,0 ^{abc}
	Patzer SP ED63 T EF grob + Eisen	14,6 ^{ab}	26,4 ^a	5,0 ^{bcd}	6,0 ^a	7,7 ^{abcd}	56,4 ^{abc}
	Vogteier Sondermix	14,3 ^{ab}	25,7 ^a	5,2 ^{bcd}	5,9 ^a	7,9 ^{cd}	52,4 ^a
1 : 0,1 : 0,8	Floradur Pot Bio	14,7 ^{ab}	27,5 ^a	4,9 ^{bcd}	6,5 ^a	7,9 ^{cd}	62,2 ^c
	Kleeschulte Topfsubstrat	15,0 ^b	26,9 ^a	5,0 ^{bcd}	6,2 ^a	7,8 ^{bcd}	62,3 ^c
	Patzer SP ED63 T EF grob + Eisen	14,8 ^{ab}	27,0 ^a	5,9 ^{cd}	6,5 ^a	8,0 ^{cd}	59,2 ^{bc}
	Vogteier Sondermix	14,7 ^{ab}	26,6 ^a	6,0 ^d	6,6 ^a	8,1 ^d	54,3 ^{ab}
1 : 0,0 : 0,8	Floradur Pot Bio	13,5 ^a	25,8 ^a	3,3 ^{ab}	5,9 ^a	7,3 ^{ab}	56,8 ^{abc}
	Kleeschulte Topfsubstrat	14,6 ^{ab}	25,8 ^a	4,8 ^{abcd}	6,3 ^a	7,7 ^{abcd}	53,1 ^{ab}
	Patzer SP ED63 T EF grob + Eisen	14,1 ^{ab}	26,5 ^a	4,7 ^{abcd}	6,4 ^a	7,6 ^{abcd}	53,8 ^{ab}
	Vogteier Sondermix	14,5 ^{ab}	26,4 ^a	5,5 ^{cd}	6,4 ^a	8,0 ^{cd}	52,2 ^a

* Bonitur von 1 = sehr schlecht bis 9 = sehr gut,

^{abcd} Signifikanzgruppen Tukey-Test, $\alpha = 0,05$

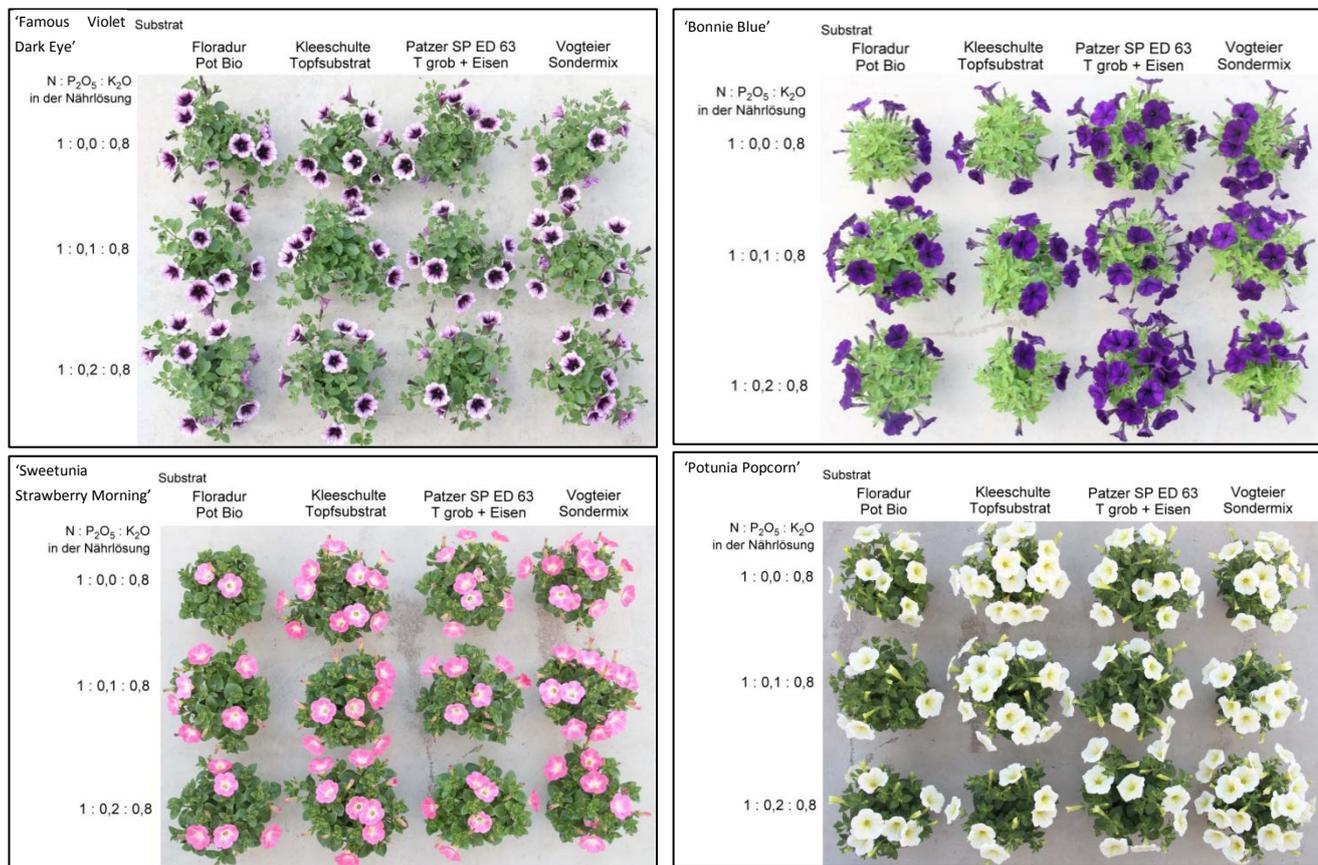


Abbildung 39: Die teilweise deutlich unterschiedlichen Nähstoffangebote verschiedener torfreduzierter Substrate in Kombination mit einem abgestuften Phosphorangebot in der Nährlösung blieben bei Petunien ohne wesentliche Auswirkungen auf die Verkaufsfähigkeit der Pflanzen (LfULG Dresden-Pillnitz 2016)

Kultur- und Versuchshinweise

Topfen 23.03.16 (KW 12), 11 er Töpfe, Anstaubewässerung bei Bedarf

Sorten: 'Potunia Popcorn', 'Sweetunia Strawberry Morning' (Dümmen Orange),
'Bonnie Blue', 'Famous Violet Dark Eye' (Selecta One)

Klimatisierung: dAT+dLK+WK+TSK1000 mit drop (HT 8°C; LT 10°C) bei TMT_{Soll} 17°C, HT_{Basis} 16°C,
LT_{Basis} 19°C, Tiefstgrenze 6°C; Schattiersollwert bis KW 15 bei 35 klx, dann 65 klx

Merkmalerfassungen und Versuchsende 02.+06.05.16 (KW 18)

2.9 Hortensien in torfreduzierten Substraten mit N-Vollbevorratung ohne Nachdüngung in der Freilandphase

Die Ergebnisse – kurzgefasst

Am LfULG in Dresden-Pillnitz fand 2016-2017 ein Versuch mit Hortensien in torfreduzierten Substraten statt. Dabei wurden die Phosphor- und Kaliumvorräte der torfreduzierten Substrate nur durch eine Stickstoffvorratsdüngung zum Kulturstart so ergänzt, dass während der gesamten Vorkultur keine Nachdüngung mehr erforderlich war. Auch wenn hinsichtlich der Höhe der Stickstoffvorratsdüngung sowie der pH-Steuerung noch Optimierungsbedarf besteht, wurde deutlich, dass der Einsatz torfreduzierter Substrate mit einer speziell angepassten Düngung bei Hortensien grundsätzlich möglich ist. Der Verzicht auf eine flüssige Nachdüngung während der Freilandphase hat pflanzenbauliche, arbeitswirtschaftliche und Umweltvorteile.

Versuchsfrage und Versuchshintergrund

Der gesellschaftliche Druck für eine Reduzierung des Torfeinsatzes im Gartenbau wächst. Torf reduzierte Substrate enthalten durch Kompostanteile Phosphor und auch Kalium häufig in Größenordnungen, die für die Deckung des Pflanzenbedarfs ausreichen sollten. Wenn dies durch eine N-Vorratsdüngung zum Kulturstart so ergänzt werden kann, dass der freigesetzte Stickstoff auch im zeitlichen Verlauf dem Pflanzenbedarf entspricht, könnte in der Freilandphase der Hortensienkultur auf eine flüssige Nachdüngung über den Gießwagen vollständig verzichtet werden. Dabei werden kulturtechnische, wirtschaftliche und ökologische Vorteile erwartet.

Wie ist die Düngung bei Hortensien an solche Substrate anzupassen? Ist eine Vollversorgung mit Vorratsdüngern möglich, die ausschließlich Stickstoff enthalten? Ist auf Grund der besonderen pH-Anforderungen eine Kultur von Hortensien in torf reduzierten Substraten möglich?

Ergebnisse im Detail

Die Details der Versuchsvarianten und -durchführung stehen unter „Kultur- und Versuchshinweise“.

Die drei einbezogenen torf reduzierten Substrate unterschieden sich wesentlich in ihrer Zusammensetzung und den Nährstoffgehalten (siehe Tab. 9). Während Floradur Pot Bio und Vogteier Sondermix die erwarteten hohen und sehr hohen Werte bei Phosphor und Kalium aufwiesen, lagen diese beim Kleeschulte Tonsubstrat deutlich niedriger im Bereich der Grunddüngung standardisierter torfbasierter Substrate. Durch die ausschließliche Vorratsdüngung mit Langzeitstickstoffdüngern sowie die Bewässerung während der Freilandphase nur mit Regenwasser und ohne Nachdüngung kam es zu einem Absinken der Gehalte an Phosphor und Kalium. Beim Kleeschulte Tonsubstrat wurde hinsichtlich des pflanzenverfügbaren Phosphors ein Wert erreicht, der im Grenzbereich zum Mangel lag. Pflanzenbaulich waren jedoch keine Nachteile festzustellen. In allen anderen Fällen stand allein aus dem Substrat immer ausreichend Phosphor und Kalium zur Verfügung. Bei dem mit einer NPK-Depotdüngung versorgten torfbasierten Vergleichssubstrat sanken die Nährstoffgehalte bis zum Ende der Vorkultur deutlich weniger ab.

Tabelle 9: Nährstoffgehalte der torf reduzierten Substrate zu Beginn und Ende der Vorkultur von Hortensien mit ausschließlicher N-Vorratsdüngung (LfULG Dresden-Pillnitz 2016-17)

Kulturstadium	vor Topfen			vor Treibbeginn		
	N _{min} mg/l	P ₂ O ₅ (CAL) mg/l	K ₂ O mg/l	N _{min} mg/l	P ₂ O ₅ (CAL) mg/l	K ₂ O mg/l
Floradur Pot Bio	174	147	482	44	41	91
Kleeschulte Tonsubstrat	149	67	174	46	25	87
Vogteier Sondermix	57	307	777	45	161	169
Stender Hortensiensubstrat*	125	93	418	73	95	169

* Vergleichsvariante Torfsubstrat mit NPK-Depotdünger

Torf reduzierte Substrate können einen für die komplette Vorkultur von Hortensien vollkommen ausreichenden Gehalt an Phosphor und Kalium aufweisen. Da sich die einzelnen Produkte jedoch wesentlich unterscheiden, ist eine gezielte Auswahl erforderlich. Für die Bemessung der N-Vorratsdüngung sind Kontrollanalysen vor dem Kulturstart notwendig.

Bis auf das Kleeschulte Tonsubstrat lagen die pH-Werte zum Kulturbeginn, auch beim torfbasierten Vergleichssubstrat, oberhalb von pH 6,0 und damit zu hoch. Infolgedessen traten in der Startphase Eisenmangelchlorosen auf, die durch Gießbehandlung mit Eisenchelaten weitgehend behoben werden konnten. Außer beim Vogteier Sondermix kam es während der Vorkultur zu einem drastischen Absinken des pH-Wertes bis in den kritischen Bereich um und unter pH 4,0 (Abb. 40). Dies trat auch beim torfbasierten Vergleichssubstrat extrem stark auf. Auch später in

der Treibphase blieben die pH-Werte trotz pH-anhebender Maßnahmen über die Nährlösung sehr niedrig, weshalb es teilweise zu Blattschäden kam.

Torfreduzierte Substrate weisen zum Kulturstart hohe pH-Werte auf, die für die Eisenverfügbarkeit bei Hortensien kritisch werden können. Dem kann durch den zusätzlichen Einsatz von Eisenchelaten bei der Substratherstellung entgegengewirkt werden. Durch die N-Vorratsdüngung mit den Harnstoffderivaten und bei ausschließlicher Einsatz von Regenwasser zur Bewässerung tritt ein starkes Absinken des pH-Wertes ein. Bei Hortensien ist dies zunächst positiv zu bewerten. Droht der pH-Wert in kritische Bereiche abzusinken, ist durch den Wechsel zu Brunnenwasser mit höherer Karbonathärte oder Kalkungsmaßnahmen gegenzusteuern.

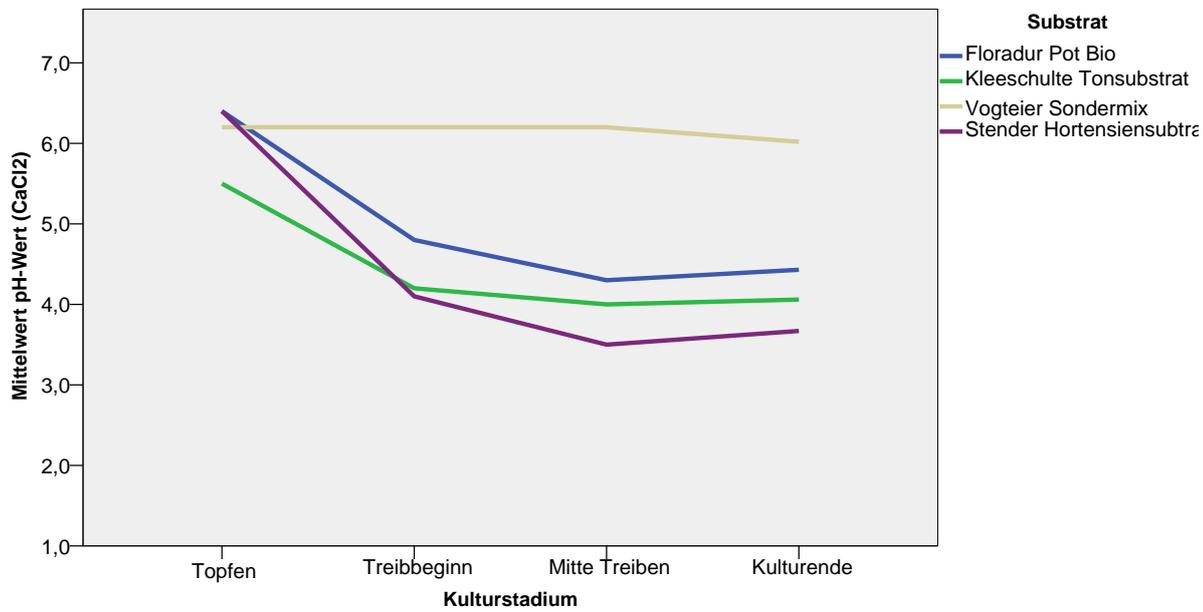


Abbildung 40: Entwicklung der pH-Werte in torfreduzierten Substraten bei Hortensien mit ausschließlicher N-Vorratsdüngung für die Vorkultur (LfULG Dresden-Pillnitz 2016-17)

In einzelnen Substrat/Dünger-Kombinationen traten Ausfälle in der Größenordnung von etwa 10 % auf, was für eine Praxisanwendung nicht akzeptabel ist. Dies betraf die Kombinationen der Substrate Floradur Pot Bio sowie Vogteier Sondermix bei Vollbevorratung mit Floranid N31 sowie Floradur Pot Bio mit Crotodur. Alle übrigen Kombinationen torfreduzierter Substrate mit einer N-Vollbevorratung zum Kulturstart durch Harnstoffderivate oder Hornspäne wiesen keinerlei Ausfälle auf, waren also grundsätzlich pflanzenverträglich.

Während der Freilandphase (KW 23 bis KW 39) waren die Varianten in den torfreduzierten Substraten verglichen mit der Kontrollvariante häufig heller im Laub und blieben in der Entwicklung der Pflanzengröße etwas zurück (siehe Abb. 41 und 42). Dies deutet auf zumindest zeitweisen Stickstoffmangel hin. Bei den Varianten, in denen 40 % der Stickstoffmenge als zweite Düngergabe nach dem Ausräumen (B4 = Floranid N 31, 60/40) bzw. Hornspäne (=B 5, 60 % N-Verfügbarkeit) eingesetzt wurden, war dies weniger stark ausgeprägt. In diesem Versuch wurde beim Depotdünger Osmocote Exact HiEnd 5-6M eine Stickstoffverfügbarkeit von 80 %, bei den Hornspänen von 60 % und für die Harnstoffderivate jedoch von 100 % angenommen. Dieser Wert war für die angestrebten 900 mg pflanzenverfügbares N/Pflanze während der Vorkulturphase offensichtlich zu hoch.

Hinsichtlich der Stickstoffverfügbarkeit der verschiedenen Harnstoffderivate besteht noch Klärungsbedarf, wenn diese zur Vollbevorratung bei Kulturstart eingesetzt werden sollen. Dieser Klärungsbedarf betrifft das Fließverhalten und die Höhe des während der Kulturdauer insgesamt zur Verfügung stehenden Stickstoffs.

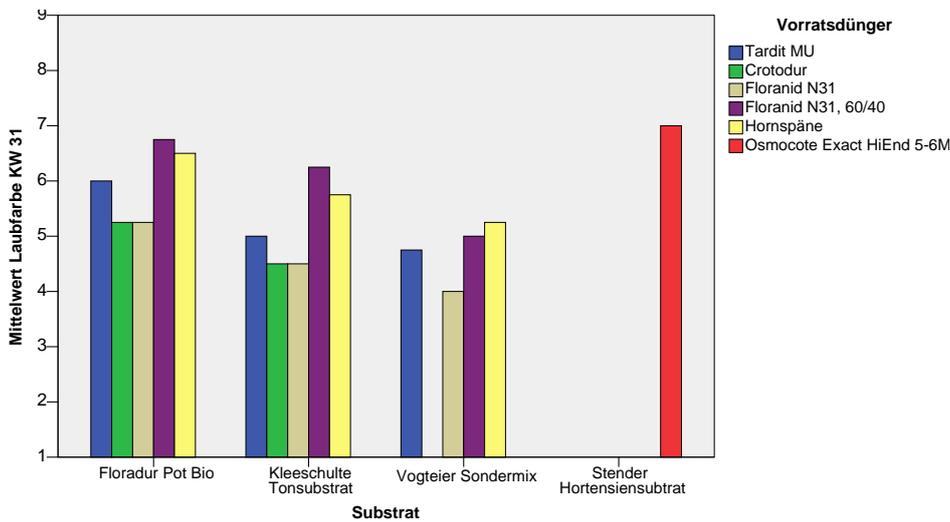


Abbildung 41: Hellere Blätter in der Freilandphase bei Hortensien in torfreduzierten Substraten in Kombination mit einer N-Vollbevorrattung (Boniturnoten von 1 = sehr hell bis 9 = sehr dunkel, LfULG Dresden-Pillnitz 2016)



Abbildung 42: Hortensien der Sorte 'Hot Red' am Ende der Vorkultur in torfreduzierten Substraten mit Stickstoff-Vollbevorrattung (LfULG Dresden-Pillnitz, KW 39-2016)

Nach der Kühlphase und dem Entblättern erfolgte beim Aufstellen zum Treiben im Gewächshaus eine Zählung der Blütenknospen je Pflanze. Sehr viele Varianten der torfreduzierten Substrate mit N-Vollbevorrattung für die Vorkultur erreichten dabei im Knospenansatz das Niveau der Vergleichsvariante in torfbasiertem Substrat in Kombination mit einer NPK-Depotdüngung (siehe Abb. 43). Schlechter waren wieder die Kombinationen einzelner torfreduzierter Substrate mit Stickstoff-Vollbevorrattung, die während der Vorkultur schon durch Ausfälle aufgefallen waren.

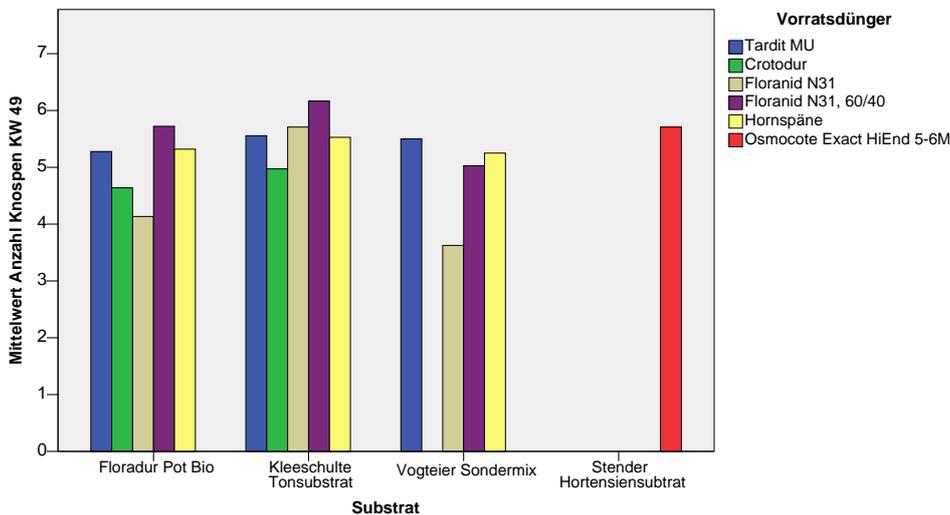


Abbildung 43: Anzahl Blütenknospen je Pflanze bei Hortensien in torfreduzierten Substraten mit ausschließlicher N-Vorratsdüngung für die Vorkultur (LfULG Dresden-Pillnitz 2016-17)

Zum Ende der Treibphase erreichten beim jeweiligen Blühbeginn die meisten Versuchsvarianten etwa die gleiche Anzahl Blütenstände je Pflanze wie die Vergleichsvariante. Auch bei der Anzahl großer Blütenstände, die für die Preisbildung entscheidend ist, entsprachen die meisten Versuchsvarianten dem Standard (siehe Abb. 44). In vielen Varianten der Hortensien in torfreduzierten Substraten mit einer N-Vollbevorratung für die Vorkultur waren insgesamt keine Qualitätsunterschiede zur Vergleichsvariante im torfbasierten Substrat mit NPK-Depotdüngung festzustellen. Insgesamt wurden die Varianten mit dem experimentellen Substrat Vogteier Sondermix etwas schlechter beurteilt. Von den N-Vorratsdüngern war Floranid N31 bei vollständiger Gabe zum Topfen bei den Substraten Floradur Pot Bio und Vogteier Sondermix weniger gut geeignet.

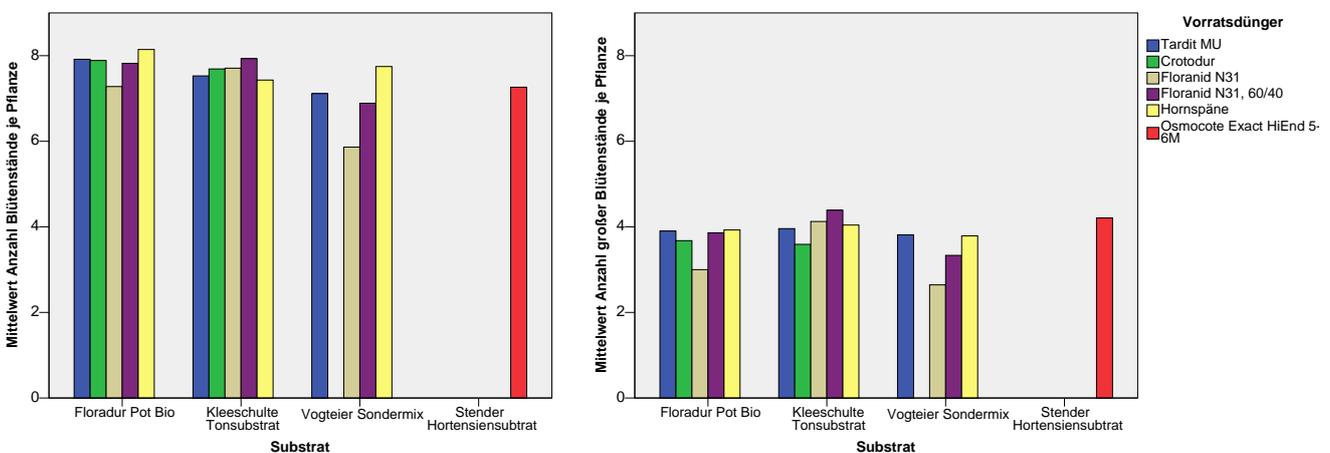


Abbildung 44: Anzahl Blütenstände bzw. großer Blütenstände je Pflanze bei Hortensien in torfreduzierten Substraten mit ausschließlicher N-Vorratsdüngung für die Vorkultur (LfULG Dresden-Pillnitz 2016-17)

Fast alle Varianten in torfreduzierten Substraten mit ausschließlicher N-Vorratsdüngung für die Vorkultur kamen jedoch etwas später in Blüte als die Vergleichsvariante in torfbasiertem Substrat mit NPK-Depotdünger (siehe Abbildungen 45 und 46). Diese Verlängerung der Treibdauer um bis zu einer Woche ist möglicherweise auf geringere Nährstoffvorräte zum Treibbeginn und damit einen etwas verzögerten Start zurückzuführen. Während der Treibphase erhielten alle Varianten dieselbe Bewässerungsdüngung.

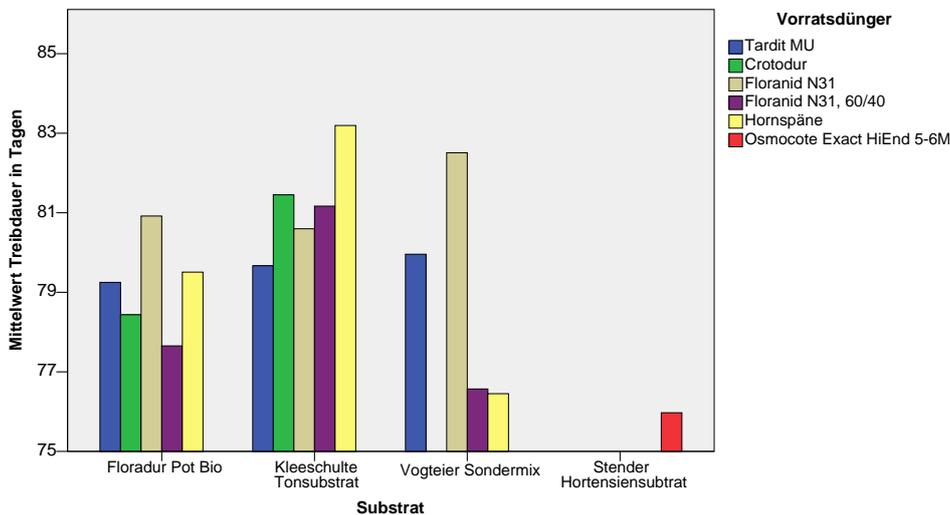


Abbildung 45: Mittlere Treibdauer bei Hortensien in torfreduzierten Substraten mit ausschließlicher Stickstoff-Vorratsdüngung für die Vorkultur (LfULG Dresden-Pillnitz 2016-17)



Abbildung 46: Hortensien der Sorte 'Hot Red' in torfreduzierten Substraten mit ausschließlicher Stickstoff-Vorratsdüngung für die Vorkultur (LfULG Dresden-Pillnitz, KW 08-2017)

Fazit:

- Torfreduzierte Substrate können einen für die komplette Vorkultur von Hortensien bedarfsdeckenden Gehalt an Phosphor und Kalium aufweisen. Da sich die einzelnen Substrate wesentlich unterscheiden, sind jedoch eine gezielte Auswahl und Kontrollanalysen vor dem Kulturstart erforderlich.
- Die Ergänzung der Phosphor- und Kaliumvorräte in den torfreduzierten Substraten mit Stickstoff-Vorratsdüngern ist grundsätzlich in der Größenordnung möglich, dass während der gesamten Vorkultur auf eine Nachdüngung verzichtet werden kann. Insbesondere während der Freilandphase ist dies von Vorteil.
- Es besteht noch Klärungsbedarf für die Nährstoffverfügbarkeit und das Fließverhalten der verschiedenen Harnstoffderivate. Dann können die Produktauswahl und die Höhe der N-Vorratsdüngung besser an das konkrete Substrat angepasst werden.
- Hornspäne funktionieren gut als N-Vorratsdünger für torfreduzierte Substrate und können Imagevorteile bringen. Da sie sich nicht wie die rieselfähigen Harnstoffderivate an der Topfmaschine dosieren lassen, müssen sie ins Substrat eingemischt werden.
- Da torfreduzierte Substrate zu Kulturbeginn oft höhere pH-Werte aufweisen als für Hortensien optimal sind, ist die Eisenversorgung durch Zusatz von Eisenchelaten zum Substrat zu sichern. Während der Freilandphase ist

aller 3 bis 4 Wochen der pH-Wert zu überprüfen, um bei Bedarf gegensteuern zu können. Die mit der N-Freisetzung aus den N-Vorratsdüngern verbundene pH-Absenkung ist gezielt zu managen.

- Eine Teilung der N-Bevorratung in eine Grunddüngung vor dem Topfen und eine einzelpflanzenweise Kopfdüngung nach dem Ausräumen ins Freiland brachte leichte pflanzenbauliche Vorteile, ist aber in der erforderlichen Präzision sehr arbeitsaufwändig und nicht unbedingt erforderlich.

Kultur- und Versuchshinweise

Sorten: 'Clarissa', 'Hot Red' (Herkunft Ullmann, Radebeul)

Tabelle 10: Substrat-/Dünger-Kombinationen mit dem Ziel 900 mg N/Pfl unter Berücksichtigung des zum Kulturstart im Substrat pflanzenverfügbaren N (LfULG Dresden-Pillnitz 2016-2017)

Substrat		A1	A2	A3	A4
		Floradur Pot Bio	Kleeschulte Tonsubstrat	Vogteier Son- dermix	Stender Horten- sien-substrat*
Dünger		g Dünger je Pflanze bzw. je Topf (1,1 l Substrat/Topf)			
B1	Tardit MU 38 % N, 100 % Verfügbarkeit	2,0	1,6	2,0	-
B2	Crotodur 31 % N, 100 % Verfügbarkeit	2,4	0,9	-	-
B3	Floranid N31 31 % N, 100 % Verfügbarkeit	2,4	1,9	2,5	-
B4	Floranid N31, 60/40 31 % N, 100 % Verfügbarkeit	1,5+1,0**	1,2+0,8**	1,5+1,0**	-
B5	Hornspäne 14 % N, 60 % Verfügbarkeit	9,0	7,1	9,1	-
B6	Osmocote Exact HiEnd 5-6M 15-9-12, 80 % Verfügbarkeit	-	-	-	7,1

* Vergleichsvariante Torfsubstrat

** 40 % der N-Menge als einzelpflanzenweise Kopfdüngung nach dem Ausräumen

Kulturablauf:

- KW 14-2016 Topfen im Gewächshaus, 14-cm-Töpfe, Vorratsdünger beim Topfen in den etwa halb gefüllten Topf gegeben
- KW 17-2016 1. Stutzen auf 2 Blattpaare
- KW 23-2016 2. Stutzen auf ein voll entwickeltes Blattpaar je Austrieb; Ausräumen ins Freiland
- KW 24-2016 Nachdüngung Variante B4 Floranid N31, 60/40
- KW 40-2016 Einräumen in Kühlzelle 4 °C, nach 3 Tagen auf 2 °C abgesenkt
- KW 49-2016 Auslagerung aus Kühlzelle, Laub entfernen, Aufstellen im Gewächshaus; Heizen 20 °C, Lüften 22 °C; Bewässerungsdüngung Mischwasser mit 0,7 g/l Kristalon Blau 19-6-20
- KW 51-2016 Beginn Belichtung; Heizen 16 °C, Lüften 19 °C; drop
- KW 02-2017 Heizen T/N 18/17 °C; Lüften T/N 21/20 °C
- KW 04-2017 Heizen T/N 19 °C Lüften T/N 22 °C; Umstellung Bewässerungsdüngung Brunnenwasser mit 0,7 g/l Kristalon Blau 19-6-20 + 1,3 g/l Calcinit (15,5 %N)
- KW 07-2017 Heizen T/N 21/21 °C Lüften T/N 23/23 °C
- KW 08-2017 Umstellung Bewässerungsdüngung auf Brunnenwasser mit 0,4 g/l Kristalon Blau 19-6-20 + 1,0 g/l Calcinit (15,5 % N)
- KW 11-2017 Versuchsende

2.10 Phosphor-Nachdüngung von Cyclamen in torfreduzierten Substraten

Die Ergebnisse – kurzgefasst

Am LfULG in Dresden-Pillnitz erfolgte 2016 die Kultur von Standardcyclamen in drei verschiedenen torfreduzierten Substraten. Durch eine Abstufung der Phosphornachdüngung unterhalb des für torfbasierte Substrate empfohlenen Richtwertes sollte untersucht werden, ob der meist höhere Phosphorgehalt torfreduzierter Substrate besser genutzt werden kann. Die torfreduzierten Substrate selbst verursachten eine hohe Nährstoffdynamik beim pflanzenverfügbaren Phosphor aber auch hinsichtlich des mineralischen Stickstoffs. Obwohl der pflanzenverfügbare Phosphor in den Substraten zu keinem Zeitpunkt kritisch niedrig war, führte die Reduzierung der Phosphornachdüngung zu einer Reduzierung der Sprossmasse. Die Pflanzenqualität wurde dennoch durchgängig als sehr gut beurteilt. Bei der Nachdüngung von Topfcyclamen kann das N : P₂O₅-Verhältnis von 1 : 0,25 für Torfsubstrate bei torfreduzierten Substraten auf 1 : 0,1 weiter reduziert werden. Aus Sicherheitsgründen sollte die Phosphornachdüngung jedoch nicht völlig ausgesetzt werden.

Versuchsfrage und Versuchshintergrund

Torfreduzierte Substrate können aus Komposten oft hohe Vorräte an Phosphor enthalten. Wie ist die Nährlösung zur Bewässerungsdüngung bei Topfcyclamen anzupassen? Kann möglicherweise auf eine Phosphornachdüngung verzichtet werden?

Ergebnisse im Detail

Pflanzen von acht Cyclamensorten wurden in drei torfreduzierten Substraten und mit unterschiedlicher Phosphornachdüngung über die Nährlösung der Bewässerungsdüngung kultiviert. Bei gleich bleibendem Stickstoff- und Kaliumniveau wurde dabei die Phosphornachdüngung ausgehend von dem neuen, niedrigeren Empfehlungswert für torfbasierte Substrate halbiert bzw. ganz ausgesetzt. Die Nährstoffverhältnisse in der Nährlösung lagen so für N : P₂O₅ von 1 : 0,2 über 1 : 0,1 bis zu 1 : 0,0. Details sind in den Kultur- und Versuchshinweisen angegeben.

Substratanalysen zu Kulturbeginn wiesen gegenüber torfbasierten Standardsubstraten keine besonders hohen Gehalte an pflanzenverfügbarem Phosphor (CAL-Aufschluss) auf. Im Verlauf des Versuches waren starke Schwankungen des pflanzenverfügbaren Phosphors im Substrat festzustellen. Die, wenn auch im niedrigen Bereich, differenzierte Phosphornachdüngung hatte darauf keinen wesentlichen Einfluss. Auch in den Varianten ohne Phosphornachdüngung kam es zeitweise zu einem Anstieg des pflanzenverfügbaren Phosphors. Am Kulturrende waren die Unterschiede zwischen den Substraten größer als die der P-Nachdüngungsvarianten (siehe Abb. 47). Offensichtlich unterschieden sich die drei untersuchten Substrate in der Nachlieferung und möglicherweise auch Festlegung von pflanzenverfügbarem Phosphor. Alle drei Substrate wiesen aber eine starke P-Dynamik auf. In keinem Fall und zu keinem Zeitpunkt wurde jedoch der kritische Bereich unterhalb von 30 mg P₂O₅ (CAL) je Liter erreicht. Nach den Analyseergebnissen der Substrate lag in allen Varianten und in allen Kulturabschnitten eine ausreichende Phosphorversorgung vor.

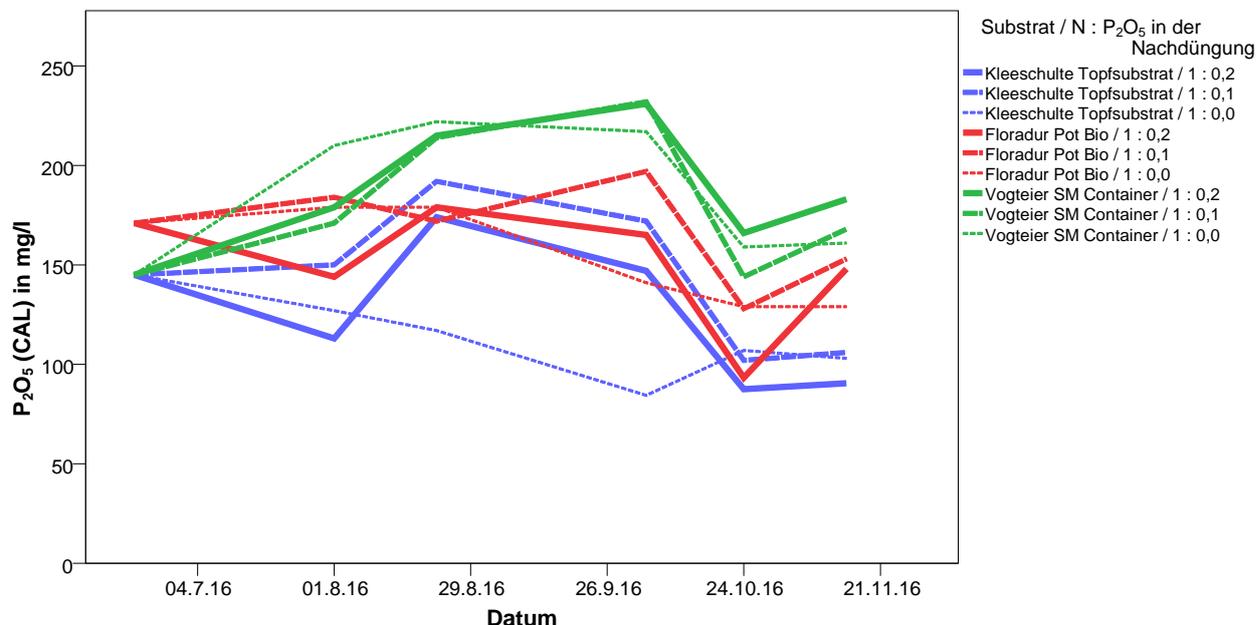


Abbildung 47: Verlauf der Gehalte an pflanzenverfügbarem Phosphor im Substrat bei der Kultur von Standardcyclamen in torfreduzierten Substraten mit abgestufter Phosphornachdüngung (LfULG Dresden-Pillnitz 2016)

Die hohe, aber substratspezifische Nährstoffdynamik wurde auch bei der Nachverfolgung des mineralischen Stickstoffs (N_{min}) während des Kulturverlaufs deutlich. Trotz gleicher Stickstoffzufuhr kam es zu deutlichen Unterschieden beim N_{min} in den Substraten (siehe Abb. 48). Bei „Floradur Pot Bio“ trat zunächst ein drastischer Anstieg ein, was auf eine zusätzliche Stickstoffquelle im Substrat hinweist. Ein deutlicher Abfall des pflanzenverfügbaren Stickstoffs im Substrat war dagegen bei „Vogteier Sondermischung Container“ zu beobachten. Dies ist ein deutliches Signal für eine Stickstofffestlegung oder andere Stickstoffverluste im Substrat. Das „Kleeschulte Topfsubstrat (ohne Ton)“ variierte im mittleren Bereich. Beim diesem, offenbar N-stabilisierten Substrat kam es bei der bedarfsorientierten N-Nachdüngung zu keinen großen Veränderungen des Stickstoffgehaltes im Substrat.

Die Höhe der Phosphornachdüngung hatte Einfluss auf die Entwicklung des N-Niveaus im Substrat. Bei „Kleeschulte Topfsubstrat (ohne Ton)“ und „Floradur Pot Bio“ führte die Reduzierung oder das völlige Aussetzen der Phosphornachdüngung zu einem Anstieg des N_{min} im Substrat. Offensichtlich konnte hier durch das geringere P-Angebot ein Teil des Stickstoffs von der Pflanze nicht aufgenommen werden.

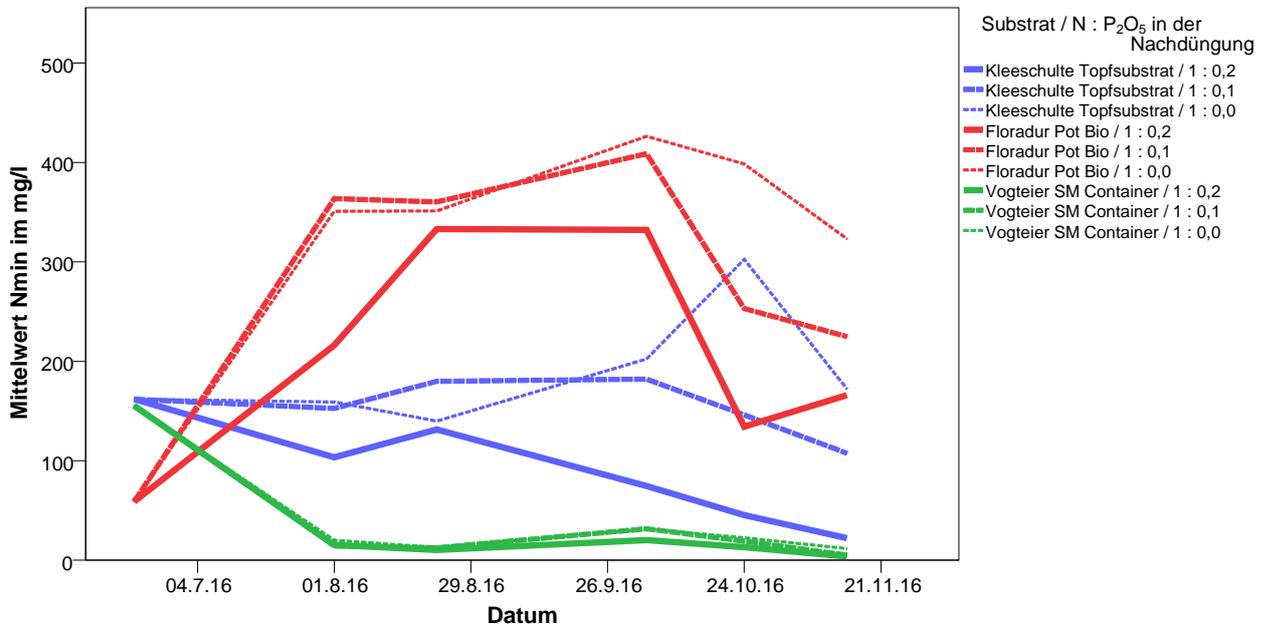


Abbildung 48: Verlauf der Gehalte an mineralischem Stickstoff im Substrat bei der Kultur von Standardcyclamen in torfreduzierten Substraten mit abgestufter Phosphornachdüngung (LfULG Dresden-Pillnitz 2016)

Die wesentlichen Unterschiede in den pflanzenverfügbaren Nährstoffen zwischen den drei torfreduzierten Substraten führten zu deutlichen Unterschieden in der Sprossmasse (Abb. 49). Bei den beiden Substraten mit höherem Stickstoffangebot trat durch die Reduzierung des Phosphors in der Nährlösung für die Bewässerungsdüngung eine deutliche Abnahme der Sprossmasse auf. Das Substrat mit durchgehend niedrigem Nmin wies insgesamt eine niedrigere Sprossmasse auf, die durch die unterschiedliche Phosphornachdüngung praktisch nicht beeinflusst wurde.

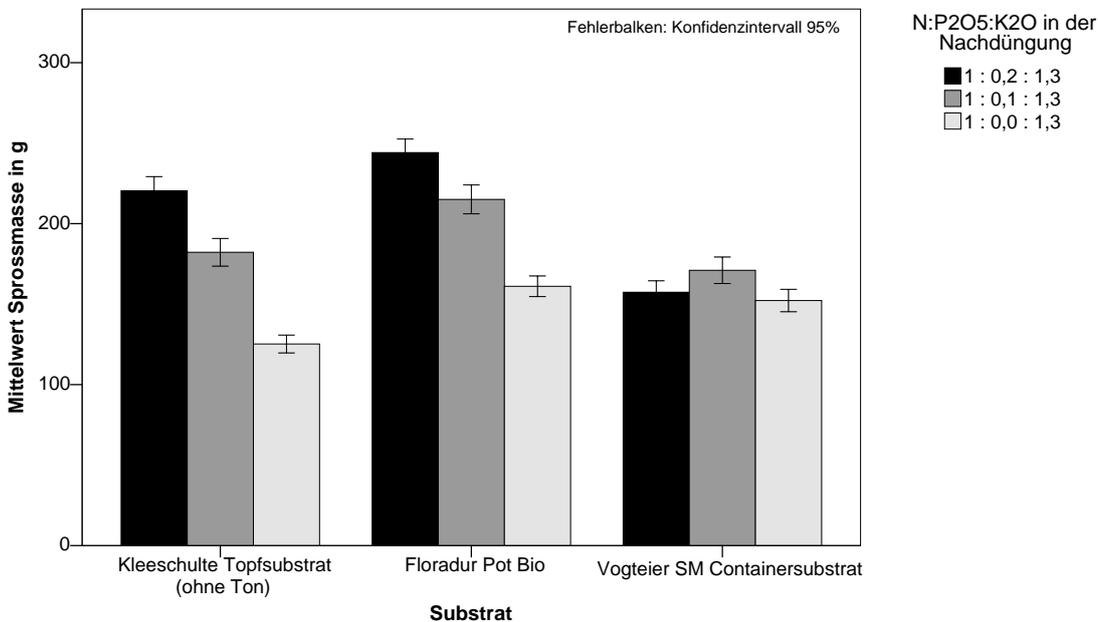


Abbildung 49: Deutliche Unterschiede in der Sprossmasse bei Standardcyclamen im 12er Topf mit torfreduzierten Substraten bei abgestufter Phosphornachdüngung (LfULG Dresden-Pillnitz 2016)

Diese messbaren und deutlichen Unterschiede in der Sprossmasse spielten bei der Bewertung des Gesamteindrucks jedoch keine große Rolle. Die Pflanzen in der durch den N-Entzug gekennzeichneten „Vogteier Sondermischung Container“ wurden insgesamt nur geringfügig schlechter benotet als die in den beiden anderen Substraten. Die durch die unterschiedliche Phosphornachdüngung verursachte Abstufung in der Sprossmasse bei den anderen Substraten führte nur beim „Kleeschulte Topfsubstrat (ohne Ton)“ und völlig ausgesetzter P-Nachdüngung zu einer minimal niedrigeren Boniturnote (siehe Abb. 50). In allen Varianten der Substrate und der Nachdüngung wurden durchweg vermarktungsfähige Pflanzen erzeugt.

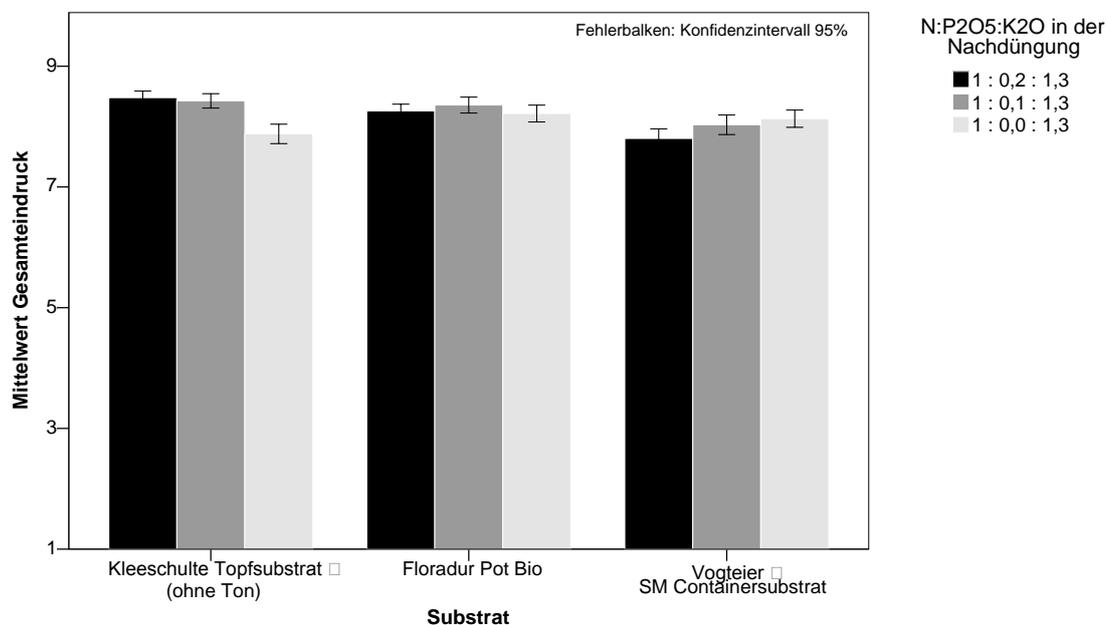


Abbildung 50: Weitgehend gleiche Bewertung des Gesamteindrucks bei Standardcyclamen im 12er Topf mit torf reduzierten Substraten bei abgestufter Phosphornachdüngung (1 = sehr schlecht bis 9 = sehr gut, LfULG Dresden-Pillnitz 2016)

Die Abbildung 51 gibt das Aufblühverhalten der Versuchsvarianten wieder. In der Tendenz blühten die Pflanzen in der „Vogteier Sondermischung Container“ geringfügig später, insbesondere bei der Nachdüngung mit N : P₂O₅ von 1 : 0,2. Wie beim Gesamteindruck sind diese Unterschiede im Aufblühverhalten jedoch als wirtschaftlich unbedeutend einzustufen.

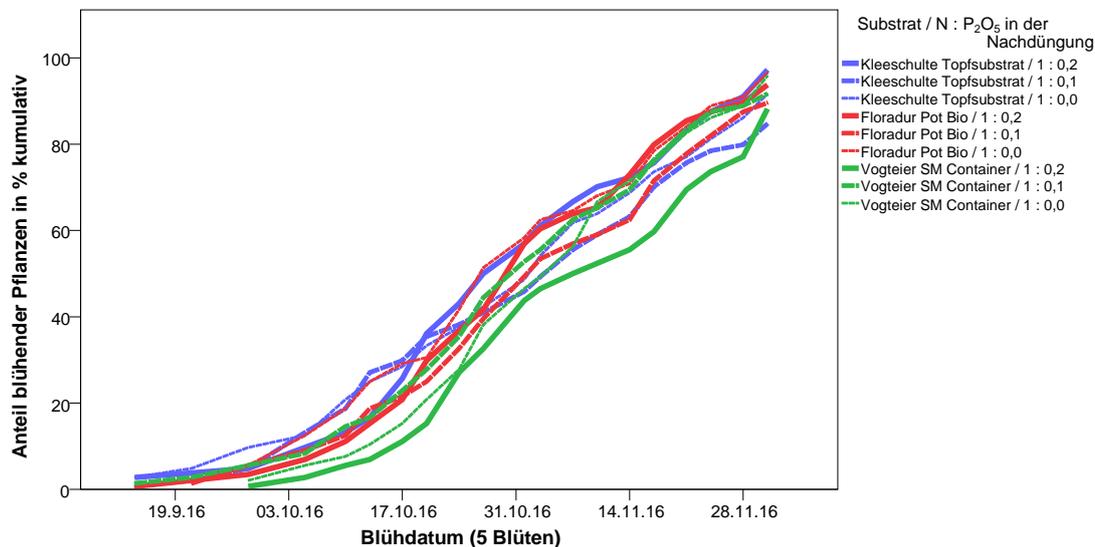


Abbildung 51: Nur geringe Unterschiede im Aufblühverhalten bei Standardcyclamen im 12er Topf mit torf-reduzierten Substraten bei abgestufter Phosphornachdüngung (LfULG Dresden-Pillnitz 2016)

Bei Einsatz von torf-reduzierten Substraten in der Kultur von Topfcyclamen kann das N : P₂O₅-Verhältnis von 1 : 0,25 für Torfsubstrate auf 1 : 0,1 verändert werden. Die torf-reduzierten Substrate unterscheiden sich jedoch in Ihrer Nährstoffdynamik auch für Phosphor wesentlich. Aus Sicherheitsgründen sollte die Phosphornachdüngung deshalb nicht völlig ausgesetzt werden.

N : P₂O₅ : K₂O in der Nachdüngung

1 : 0,2 : 1,3

1 : 0,1 : 1,3

1 : 0,0 : 1,3

'Halios Falbala Rose'

Kleeschulte
Topfsubstrat
(ohne Ton)



Floradur
Pot Bio



Vogteier
Sondermischung
Containersubstrat



Abbildung 52: Torfreduzierte Substrate und eine abgestufte, knappe Phosphornachdüngung führten bei Standardcyclamen im 12er Topf zu Unterschieden in der Sprossmasse aber durchgängig vermarktungsfähiger Qualität (LfULG Dresden-Pillnitz 2016)

Kultur- und Versuchshinweise

Versuchsaufbau

- Faktor A: torfreduziertes Substrat
- A 1 Kleeschulte Topfsubstrat (ohne Ton)
 - A 2 Floradur Pot Bio
 - A 3 Vogteier Sondermischung Containersubstrat

Faktor B: P-Nachdüngung bei ca. 600 mg N/Pfl und 780 mg K₂O/Pfl

B 1 N : P₂O₅ = 1 : 0,2 (120 mg P₂O₅/Topf)

B 2 N : P₂O₅ = 1 : 0,1 (60 mg P₂O₅/Topf)

B 3 N : P₂O₅ = 1 : 0,0 (0 mg P₂O₅/Topf)

Sorten: 'Premium Abanico Magenta', 'Halios Falbala Rose', 'Tianis Rouge écarlate', 'Super Serie Allure Pure White', 'Super Serie Allure Neon Pink', 'Super Serie Allure Red', 'Maxora Fringed White' (7504), 'Maxora Fringed Deep Rose' (7506)

Versuchsablauf

Topfen: KW 25, 12 cm-Plasttopf, Substrate siehe oben

Klimatisierung: Heizen Tag/Nacht 16/16 °C, Lüften Tag/Nacht 18/19 °C; bis KW 38 Befeuchtung Tag/Nacht 40/30 % relative Luftfeuchte; nach Abhärtung Schattiersollwert 50 klx

Bewässerung: Mischwasser mit jeweils 50 % Regen- und Brunnenwasser, Anstau bei Bedarf

Düngung: Varianten siehe oben, Wochenportionen jeweils 1/20 der Gesamtmenge über die Bewässerungsdüngung, eingesetzte Dünger: P- freier Basisdünger 14,7-0-30, Krista MKP 0-42-34 und Yara Calcinit 15,5-0-0

Rücken: KW 30 auf Endstand

Pflanzenschutz: Atheta coriaria, Hypoaspis miles, Amblyseius cucumeris, Orius laevigatus, Chrysoperla carnea, Aphidoletes aphidimyza; KW 34+35 Korrekturspritzungen gegen Raupen des Traubenwicklers mit Conserve

Kulturende: KW 48

2.11 Topfprimeln in torfreduzierten Substraten mit N-Vollbevorratung zum Kulturstart ohne P-Nachdüngung

Die Ergebnisse – kurzgefasst

Am LfULG in Dresden-Pillnitz erfolgte 2016-2017 die Kultur von Topfprimeln in drei torfreduzierten sowie einem torfbasierten Vergleichssubstrat. Während die torfreduzierten Substrate ausschließlich mit verschiedenen N-Vorratsdüngern auf 200, 250 sowie 300 mg N/Pflanze gedüngt wurden, erfolgte dies beim Vergleichssubstrat mit NPK-Depotdüngern. Die Kultur erfolgte ohne jegliche Nachdüngung bei ausschließlicher Anstaubewässerung. Trotz verschiedener Phosphor- und Kaliumgehalte in den torfreduzierten Substraten erwiesen sich diese Nährstoffvorräte als völlig ausreichend. Für die N-Vollbevorratung waren Tardit, Crotodur und Hornspäne sehr gut geeignet. Es ist jedoch darauf zu achten, dass mit der Düngung nicht mehr als 200 mg N/Pflanze verabreicht werden. Bei der Kultur von Topfprimeln kann bei Verwendung torfreduzierter Substrate durch gezielte N-Vollbevorratung auf jegliche Nachdüngung verzichtet und die Nutzung substrateigener Nährstoffreserven verbessert werden.

Versuchsfrage und Versuchshintergrund

Torfreduzierte Substrate können aus Komposten hohe Nährstoffvorräte enthalten. Decken bei Topfprimeln die Phosphor- und Kaliumvorräte der torfreduzierten Substrate den Pflanzenbedarf vollständig ab? Ist eine Ergänzung dieser Nährstoffvorräte durch eine N-Vollbevorratung beim Kulturstart so möglich, dass auf jegliche Nachdüngung verzichtet werden kann? Welche Stickstoff-Langzeitdünger (verschiedene Harnstoffderivate, Hornspäne) sind dafür geeignet?

Ergebnisse im Detail

Pflanzen von drei Primelsorten wurden in drei torf reduzierten bzw. einem torfbasierten Vergleichssubstrat kultiviert. Beim Kulturstart erfolgte bei den torf reduzierten Substraten eine Stickstoff-Vollbevorratung mit drei verschiedenen Harnstoffderivaten bzw. Hornspänen. Unter Annahme einer Stickstoffverfügbarkeit von 90 % bei den Harnstoffderivaten und 60 % bei den Hornspänen wurde jeweils auf eine Zufuhr von 200, 250 und 300 mg N je Pflanze gedüngt. Der im Substrat bereits vorhandene Stickstoff fand dabei keine Berücksichtigung. Phosphor oder Kalium wurden nicht zugegeben. Ein torfbasiertes Vergleichssubstrat erhielt eine Vorratsdüngung mit drei NPK-Depotdüngern, die sich im Nährstoffverhältnis und in der deklarierten Laufzeit unterschieden. Die weitere Kulturführung erfolgte ohne jegliche Nachdüngung. Bewässert wurde ausschließlich durch Anstauen mit Wasser. Details zum Versuchsaufbau und zur Durchführung sind in den Kultur- und Versuchshinweisen wiedergegeben.

Durch Substratanalysen vor Kulturbeginn und zum Kulturende wurde die Nährstoffentwicklung im Substrat grob untersucht.

Die Entwicklung beim mineralischen Stickstoff (N_{min}) ist in der Abbildung 53 wiedergegeben. Außer beim Tardit blieb bei allen Substrat+Dünger-Kombinationen der N_{min} -Gehalt im Substrat gleich bzw. stieg an. Die Vorratsdüngung auf 200 mg N/Pfl war stets völlig ausreichend, 300 mg N/Pfl führten zu einem weiteren unnötigen Anstieg. Dies traf für die Harnstoffderivate Crotonid und Floranid, die Hornspäne wie auch die Osmocote-Depotdünger in den Vergleichsvarianten zu. Beim Tardit kam es vermutlich durch ein anderes Fließverhalten zum Absinken des N_{min} in den Substraten, ohne dass wirklich kritische Bereiche erreicht wurden.

Die Abbildung 54 zeigt die Entwicklung des pflanzenverfügbaren Phosphors (CAL-Aufschluss) in den Versuchsvarianten. Im torfbasierten Vergleichssubstrat lag dieser Wert zum Kulturstart recht niedrig und stieg in Abhängigkeit vom Phosphorgehalt des jeweiligen Depotdüngers und der Düngungsstufe deutlich an. Die Ausgangswerte der torf reduzierten Substrate waren im Vergleich zum torfbasierten Standardsubstrat etwa dreimal so hoch. Da bei den torf reduzierten Substraten kein Phosphor nachgedüngt wurde, kam es bis zum Kulturende zu einer deutlichen Abnahme bis auf etwa 1/3 des Startwertes. Die Substrate unterschieden sich dabei darin, ob und wie stark es bei den verschiedenen Varianten der N-Vorratsdüngung zu Unterschieden in der Abnahme des Phosphorgehaltes kam. In keinem Fall wurde jedoch der als kritisch zu bewertende Bereich unterhalb von 30 mg P_2O_5 (CAL)/l Substrat erreicht.

Wie aus der Abbildung 55 zu entnehmen ist, waren zum Kulturbeginn auch die Unterschiede im Kaliumgehalt zwischen dem Standardsubstrat und den torf reduzierten Substraten erheblich. Während das Standardsubstrat bei 150 mg K_2O/l lag, wiesen die torf reduzierten Substrate 300, 400 und 700 mg K_2O/l auf. Beim torfbasierten Vergleichssubstrat kam es in Abhängigkeit vom eingesetzten Depotdünger zu einer Ab- oder Zunahme des Kaliums im Substrat. Osmocote Exact 3-4M High K (11-11-18-02) führte aufgrund seines höheren Kaliumgehaltes und seiner kürzeren Fließdauer zum Anstieg. Die anderen Depotdünger führten zum Absinken des Kaliumgehaltes, der jedoch 40 mg K_2O/l nicht unterschritt. Bei den torf reduzierten Substraten sanken erwartungsgemäß die anfänglich hohen Kaliumwerte in niedrigere Bereiche ab, im Extremfall bis auf etwa 10 mg K_2O/l . Durch die ausschließliche Anstau-bewässerung kann eine Auswaschung ausgeschlossen werden. Die hohen Kaliummengen wurden also durch die Pflanzen aufgenommen oder im Substrat biologisch verbaut.

Die Substratanalysen verdeutlichten auch die wesentlichen Unterschiede zwischen verschiedenen torf reduzierten Substraten. Teilweise lagen die Gehalte an pflanzenverfügbaren Nährstoffen nahe bei den Standardwerten torfbasierter Substrate, teilweise waren wesentlich größere Nährstoffvorräte feststellbar. Bewusst wurden die Substrate nur als jeweilige Gesamtheit untersucht und bewertet, ohne auf unterschiedliche Bestandteile und Rezepturen

einzuweisen. Die Analysen nur zu Kulturstart und Kulturende ermöglichten keine Aussagen zu den Nährstoffdynamiken während des Kulturverlaufs.

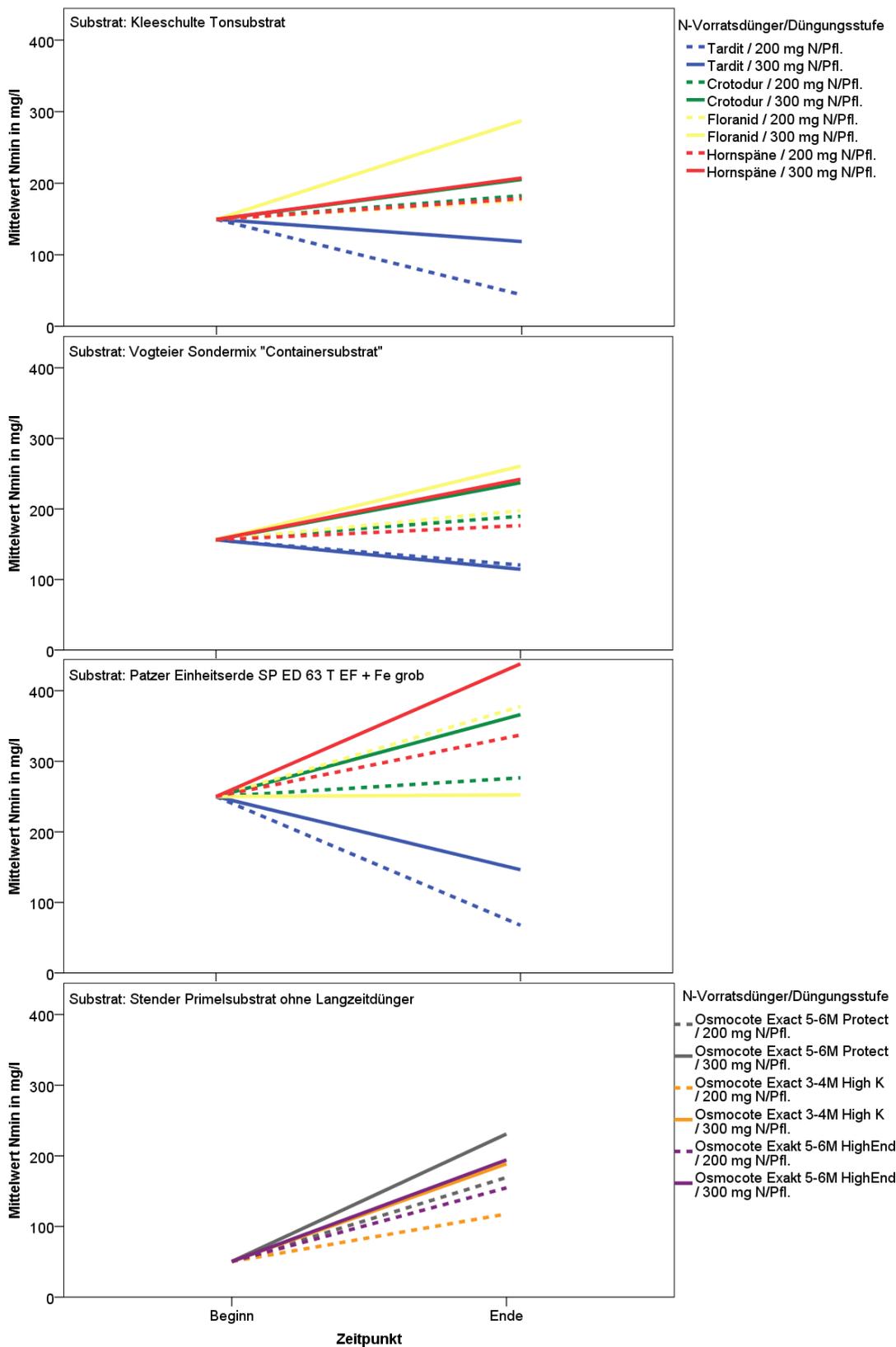


Abbildung 53: Entwicklung des Stickstoffs im Substrat (Topfprimeln, LfULG Dresden-Pillnitz 2017)

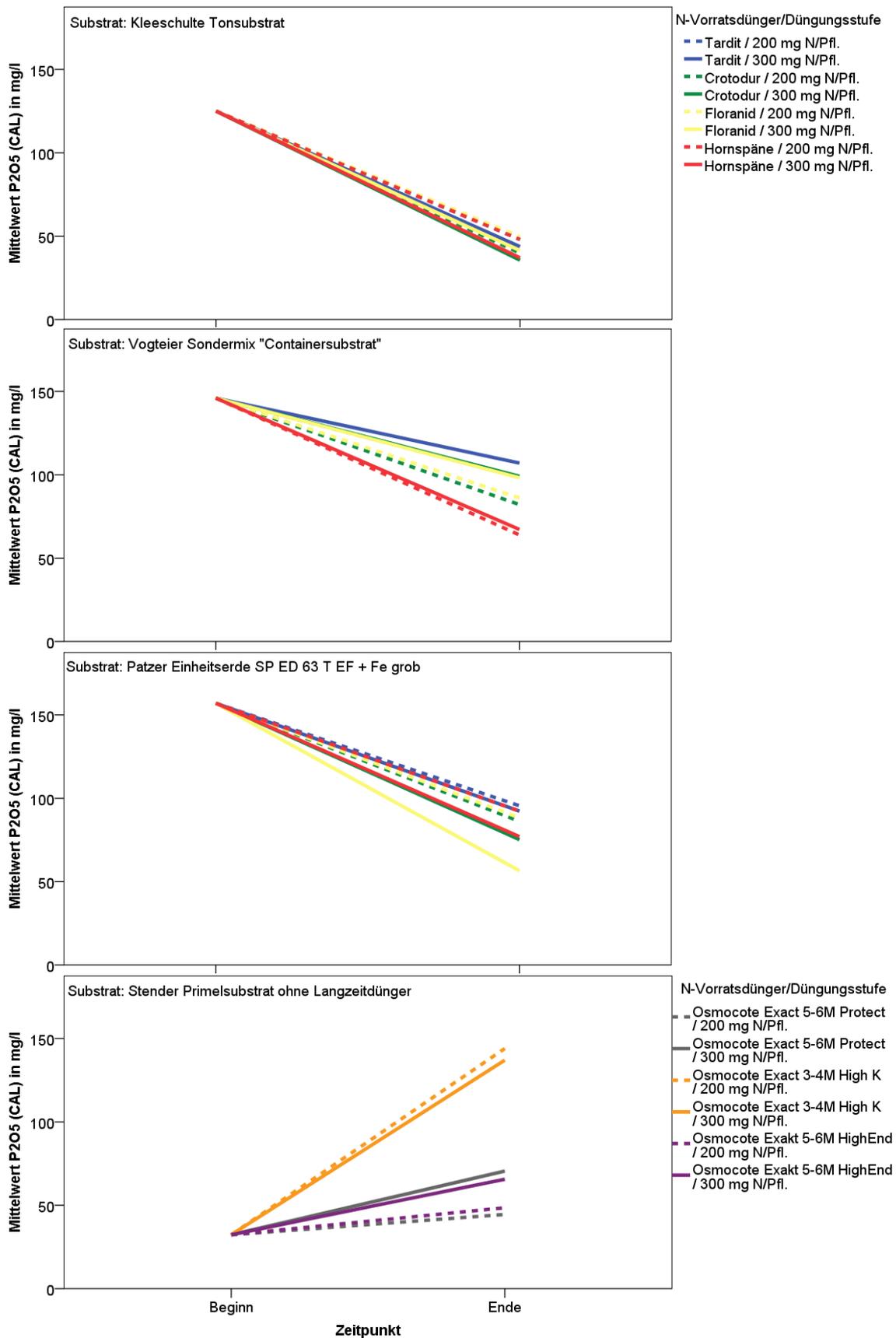


Abbildung 54: Entwicklung des Phosphors im Substrat (Topfprimeln, LfULG Dresden-Pillnitz 2017)

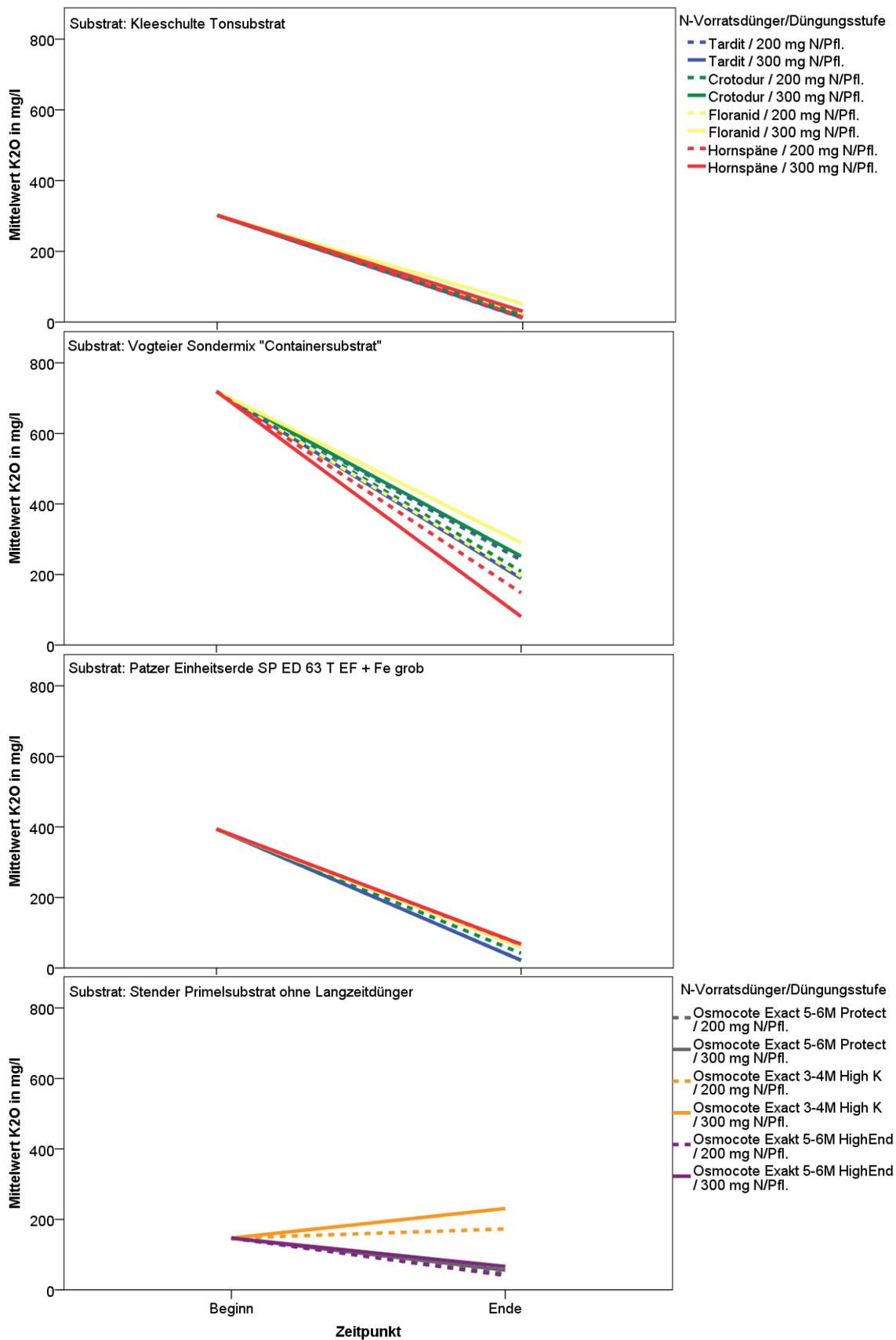


Abbildung 55: Entwicklung des Kaliums im Substrat (Topfprimeln, LfULG Dresden-Pillnitz 2017)

Die erheblichen Unterschiede in den Veränderungen der Nährstoffgehalte in den Substraten verursachten vergleichsweise geringe Unterschiede in der Entwicklung und dem Habitus der Pflanzen zum Blühbeginn.

Während der Kultur waren in einigen Varianten Blattchlorosen (Blattaufhellungen bei dunkelgrünen Blattadern) und Ausfälle durch Botrytis zu beobachten. Beide Probleme traten mit zunehmender N-Düngung je Pflanze stärker auf und bestimmten wesentlich den Anteil marktfähiger Pflanzen (siehe Tabelle 11). Da das weitgehend unabhängig vom konkreten Substrat und dem speziellen Stickstoff-Vorratsdünger war, ist die Ursache allgemein in der zu hohen Stickstoffzufuhr bei mehr als 200 mg N/Pflanze. zu sehen. In der praktischen Anwendung der N-Vollbevorratung ist die Düngung also generell auf 200 mg N/Pflanze zu begrenzen. Inwieweit niedrigere Werte sinnvoll sind, wurde hier nicht untersucht.

Alle nachfolgenden Aussagen beziehen sich deshalb auf das N-Düngungsniveau von 200 mg N/Pflanze.

Vergleicht auf diesem N-Düngungsniveau die Varianten, so sind nur geringe Unterschiede zwischen den verschiedenen torfreduzierten Substraten und auch im Vergleich zum torfbasierten Standard festzustellen. Das trifft sowohl für die Kulturprobleme und den Anteil marktfähiger Pflanzen (Tabelle 11) als auch für die Pflanzenmerkmale zum Kulturende zu. Bei der Pflanzenhöhe, dem Pflanzendurchmesser und der Durchwurzelung waren zwischen allen Versuchsvarianten keine wesentlichen Unterschiede festzustellen. Bei der Sprossmasse, der Anzahl Blüten und dem Gesamteindruck waren tendenzielle Unterschiede sichtbar (Abbildungen 56 bis 58).

Tabelle 11: Blattaufhellungen, Botrytisbefall und Anteil marktfähiger Pflanzen bei Topfprimeln in torfreduzierten Substraten mit abgestufter N-Vollbevorratung (LfULG Dresden-Pillnitz 2016-2017)

Substrat	N-Vorratsdünger	Blatt-aufhellungen*			Anteil Botrytis-pflanzen in %			Anteil markt-fähiger Pflanzen in %		
		Düngungsstufe mg N/Pfl.			Düngungsstufe mg N/Pfl.			Düngungsstufe mg N/Pfl.		
		200	250	300	200	250	300	200	250	300
Kleeschulte Tonsubstrat	Tardit	3	2	4	8	10	8	97	94	96
	Crotodur	2	2	2	10	20	19	93	87	88
	Floranid N31	3	2	3	13	15	11	94	87	92
	Hornspäne	2	3	2	16	4	13	91	96	94
Vogteier Sondermix "Containersubstrat"	Tardit	4	2	2	6	4	8	95	93	89
	Crotodur	2	2	3	3	12	12	97	93	86
	Floranid N31	3	2	5	6	10	35	87	83	63
	Hornspäne	2	3	3	2	4	3	95	93	94
Patzer Einheitserde SP ED 63 T EF + Fe grob	Tardit	2	3	2	7	10	2	93	92	99
	Crotodur	1	2	2	1	4	6	91	94	94
	Floranid N31	2	1	2	14	7	13	92	94	85
	Hornspäne	1	1	2	10	6	19	95	93	85
Stender Primel-substrat ohne LZD	Osmocote Exact 5-6M Protect 14-8-11	2	2	3	9	3	2	93	99	98
	Osmocote Exact 3-4M High K 11-11-18	1	3	3	2	4	5	97	99	94
	Osmocote Exakt 5-6M HighEnd 15-9-12	2	2	2	3	6	4	99	96	98
Mittel N-Vorratsdünger										
	Tardit	3,0	2,3	2,7	7,0	8,0	6,0	95,0	93,0	94,7
	Crotodur	1,7	2,0	2,3	4,7	12,0	12,3	93,7	91,3	89,3
	Floranid N31	2,7	1,7	3,3	11,0	10,7	19,7	91,0	88,0	80,0
	Hornspäne	1,7	2,3	2,3	9,3	4,7	11,7	93,7	94,0	91,0
	O. Exact 5-6M Protect	2,0	2,0	3,0	9,0	3,0	2,0	93,0	99,0	98,0
	O. Exact 3-4M High K	1,0	3,0	3,0	2,0	4,0	5,0	97,0	99,0	94,0
	O. Exakt 5-6M HighEnd	2,0	2,0	2,0	3,0	6,0	4,0	99,0	96,0	98,0
Mittel Substrate										
	Kleeschulte Tonsubstrat	2,5	2,3	2,8	11,8	12,3	12,8	93,8	91,0	92,5
	Vogteier Sondermix "Containersubstrat"	2,8	2,3	3,3	4,3	7,5	14,5	93,5	90,5	83,0
	Patzer Einheitserde SP ED 63 T EF + Fe grob	1,5	1,8	2,0	8,0	6,8	10,0	92,8	93,3	90,8
	Stender Primelsubstrat ohne LZD	1,7	2,3	2,7	4,7	4,3	3,7	96,3	98,0	96,7
	Gesamtmittel	2,1	2,1	2,7	7,3	7,9	10,7	93,9	92,9	90,3

*Bonitur Blattaufhellungen von 1 = keine bis 9 = sehr stark
 Rot markiert = Anteil marktfähiger Pflanzen kleiner als 90 %

Bei der Kombination Vogteier Sondermix „Containersubstrat“ mit Floranid N31 kam es zu nennenswerten Ausfällen und Qualitätseinbußen. Im Vergleich der N-Vorratsdünger schnitt Floranid N31 generell etwas schlechter ab und ist deshalb für den speziellen Fall der N-Vorratsdüngung bei Topfprimeln weniger gut geeignet als Tardit, Crotodur und Hornspäne. Trotz offensichtlicher Unterschiede in den Mineralisierungsraten erwiesen sich Tardit, Crotodur und Hornspäne als sehr gut geeignet für eine Kultur von Topfprimeln in torfreduzierten Substraten mit N-Vollbevorratung.

Zwischen den torfreduzierten Substraten waren deutliche Unterschiede in den Nährstoffgehalten und der Nährstoffdynamik festzustellen. Dennoch war sowohl mit Kleeschulte Tonsubstrat, mit Patzer Einheitserde SP ED 63 T EF + Fe grob sowie mit Vogteier Sondermix „Containersubstrat“ die Kultur von Topfprimeln mit ausschließlicher Stickstoffvorratsdüngung zum Kulturstart möglich. Die Nutzung substrateigener Nährstoffreserven kann so wesentlich verbessert und auf eine Nachdüngung vollständig verzichtet werden. Das Verfahren schont die Ressourcen Torf, Dünger und Arbeitskraft.

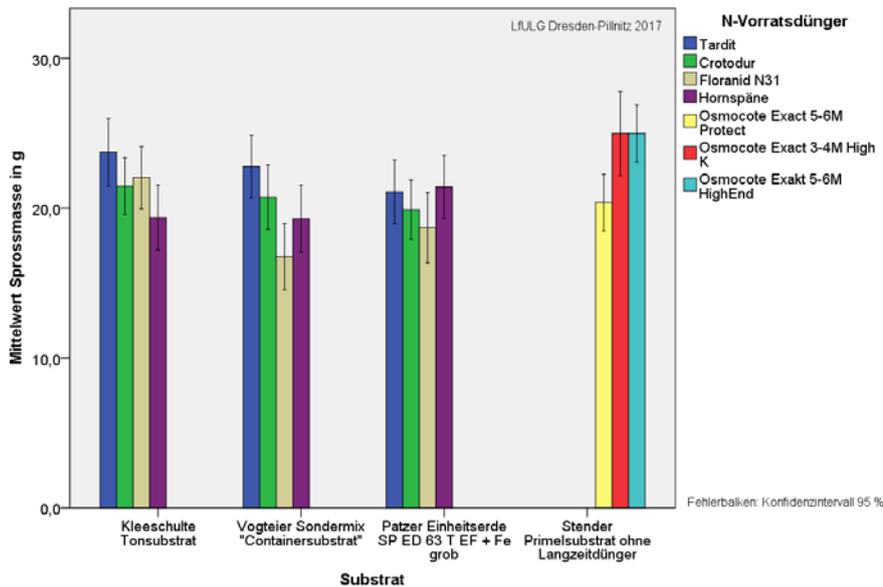


Abbildung 56: Einfluss des Substrates und der N-Vorratsdüngung mit 200 mg N/Pfl auf die Sprossmasse bei Topfprimeln (LfULG Dresden-Pillnitz 2017)

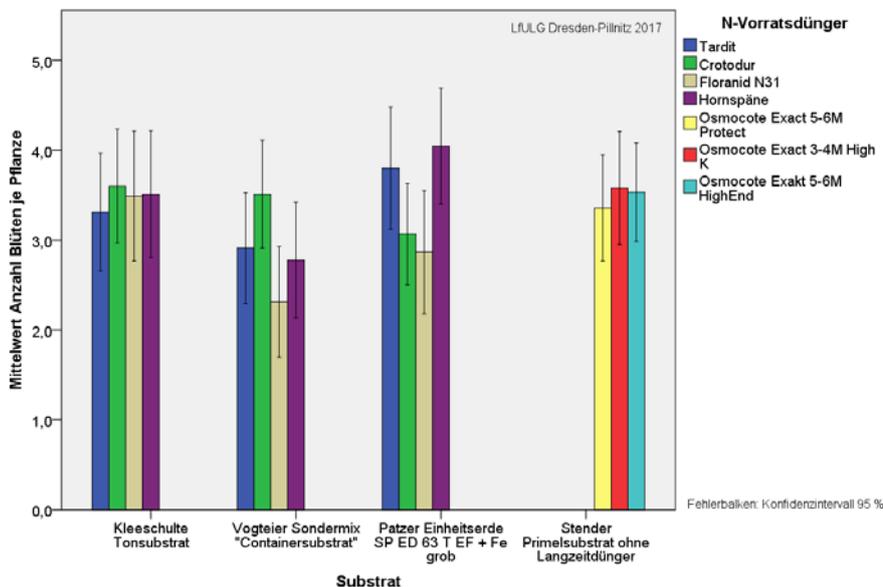


Abbildung 57: Einfluss des Substrates und der N-Vorratsdüngung mit 200 mg N/Pfl auf die Blütenanzahl bei Topfprimeln (LfULG Dresden-Pillnitz 2017)

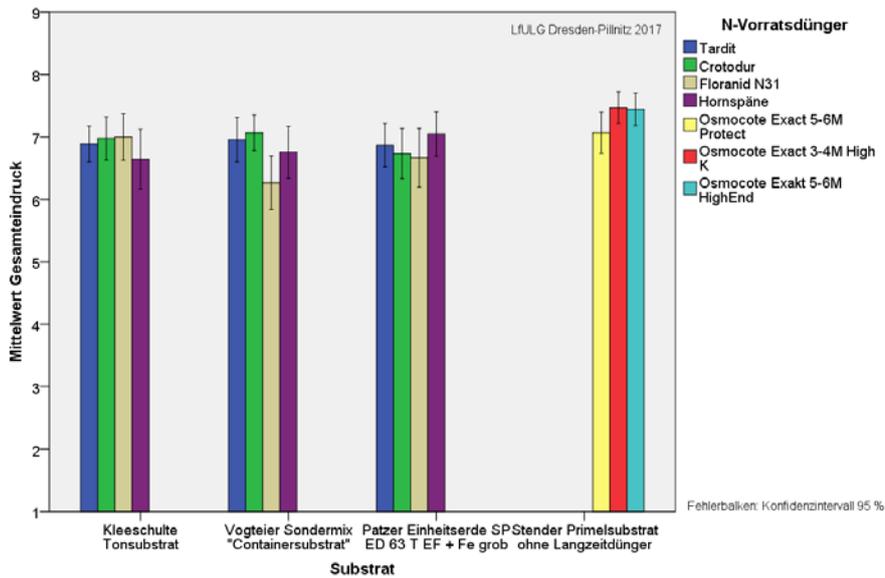


Abbildung 58: Einfluss des Substrates und der N-Vorratsdüngung mit 200 mg N/Pfl auf den Gesamteindruck bei Topfprimeln (Boniturnoten von 1 = sehr schlecht bis 9 = sehr gut; LfULG Dresden-Pillnitz 2017)

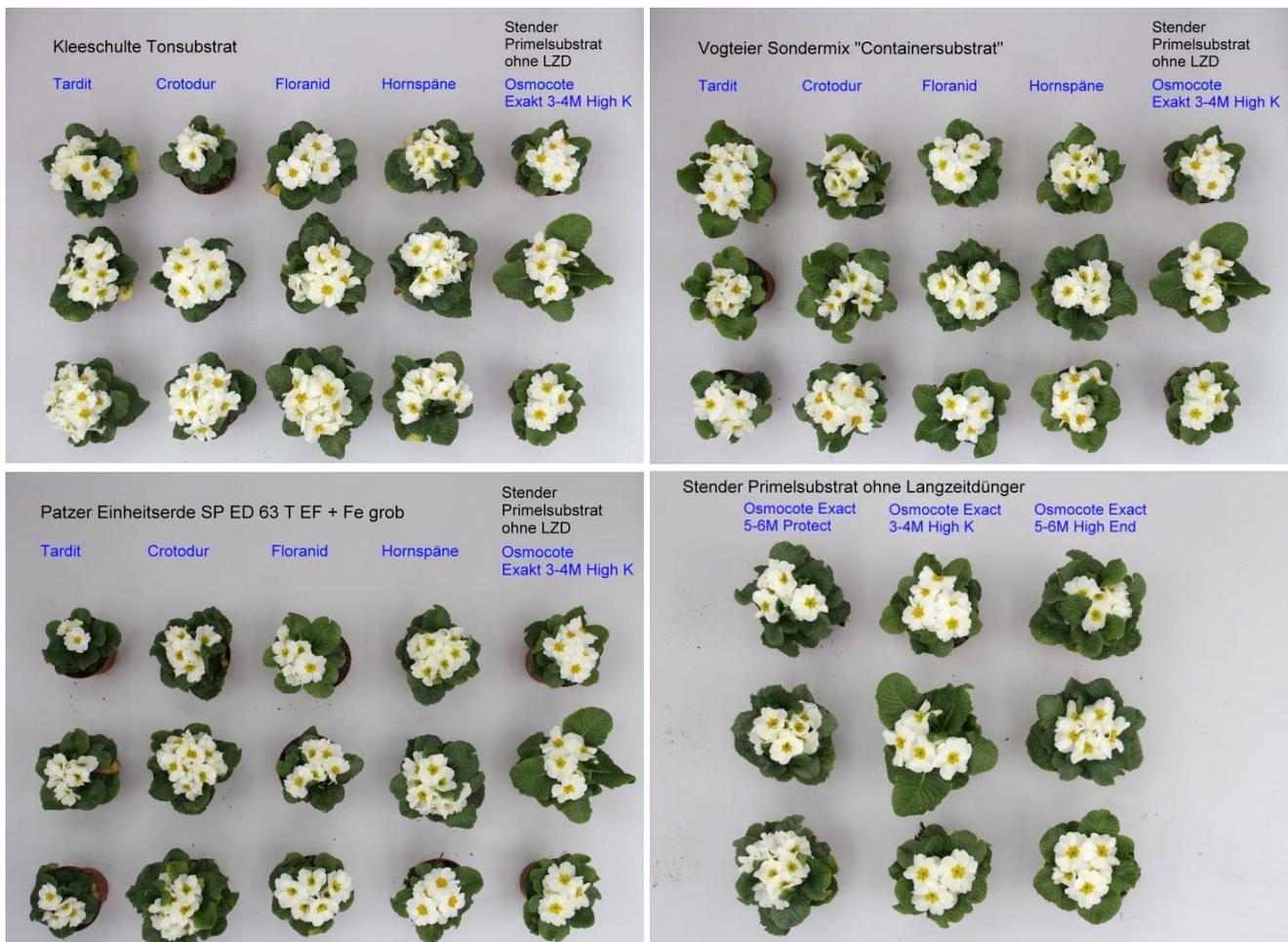


Abbildung 59: Die Kultur von Topfprimeln in torfreduzierten Substraten mit N-Vollbevorratung lieferte eine ähnlich gute Pflanzenqualität wie die in torfbasiertem Standardsubstrat mit NPK-Depotdüngern (Sorte 'Cairo Weiß'; 200 mg N/Pfl; Fotos: Karl Kühne; LfULG Dresden-Pillnitz 2017)

Kultur- und Versuchshinweise

Versuchsaufbau

A Substrat

- A1 Kleeschulte Tonsubstrat
- A2 Vogteier Sondermix "Containersubstrat"
- A3 Patzer Einheitserde SP ED 63 T EF + Fe grob
- A4 Stender Primelsubstrat ohne Langzeitdünger

Vergleichsvariante, nur mit B5 bis B7!

B Stickstoff-Vorratsdünger

- B1 Tardit (38 % MU, 90 % Verfügbarkeit)
- B2 Crotodur (31 % N, 90 % Verfügbarkeit)
- B3 Floranid N31 (31 % N, 90 % Verfügbarkeit)
- B4 Hornspäne (9 % N, 60 % Verfügbarkeit)
- B5 Osmocote Exact 5-6M Protect (14-8-11; 80 % Verfügbarkeit)
- B6 Osmocote Exact 3-4M High K (11-11-18-02; 100 % Verfügbarkeit)
- B7 Osmocote Exact 5-6M High End (15-09-12-2; 80 % Verfügbarkeit)

} nur bei A 4!

C Düngungsstufe (in mg N/Topf)

- C1 200
- C2 250
- C3 300

Sorten: 'Cairo Cremegelb', 'Cairo Weiß', 'Cairo Rot'

Versuchsablauf

Topfen: KW 37/38-2016, 10 cm-Plasttopf, Substrate siehe oben, Düngereinmischung kurz vor dem Topfen

Klimatisierung: Heizen 2 °C, Lüften 4 °C; ab KW 04: Heizen 10 °C, Lüften 12 °C; ungeschattiert

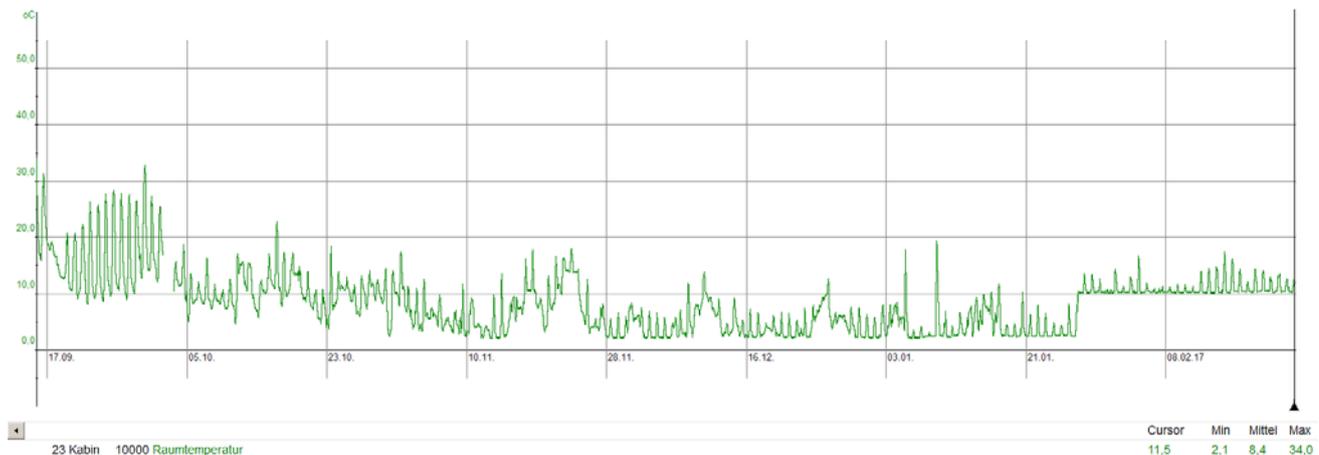


Abbildung 60: Realer Temperaturverlauf (Topfprimeln, LfULG Dresden-Pillnitz 2016-2017)

Wachstumsregulierung: KW 41: 0,25 % Regalis Plus; KW 42: 0,25 % Regalis Plus; KW 44: 0,3 % Dazide Enhance; KW 01: 0,07 % Carax

Anstaubewässerung: Mischwasser mit jeweils 50 % Regen- und Brunnenwasser

Pflanzenschutz: KW 41: 75 ml/ha Karate Zeon; KW 43: 1 g/m² Prestop; KW 49: 0,7 kg/ha Rovral

Datenerfassungen und Kulturende: KW 08-2017

2.12 Zusammenstellung der Einzelempfehlungen

Die Bestimmung von Empfehlungen für die einzelnen Arten und Produktformen erfolgte in der Regel durch Versuche, in denen das Phosphorangebot mehr oder weniger fein abgestuft wurde. Bewusst wurden dabei die Bereiche untersucht, in denen der Übergang zum Mangel oder auch zum Überschuss zu erwarten war. Teilweise durch Interpolation wurden dann Empfehlungen für die Grunddüngung, für die Bewässerungsdüngung oder auch die Verhältnisse verschiedenen Nährstoffe zueinander ausgesprochen. Beim Phosphor ist das das Verhältnis zum Leitnährstoff Stickstoff, ausgedrückt als N : P₂O₅.

Die folgende Tabelle 12 gibt einen detaillierten Überblick zu den auf diese Art und Weise in den letzten Jahren erarbeiteten Empfehlungen. Neben den Ergebnissen aus eigenen Versuchen wurden die aus dem Arbeitskreis „Phosphor im Zierpflanzenbau“ sowie aus internationalen Veröffentlichungen aufgenommen.

Tabelle 12: Versuchsergebnisse zur optimalen Grund- und Nachdüngung mit Phosphor sowie zum optimalen Verhältnis N : P₂O₅

Art	Grunddüngung in mg P ₂ O ₅ /l Substrat	Nachdüngung in mg P ₂ O ₅ /l NL	Gesamt in mg P ₂ O ₅ /Pfl	N : P ₂ O ₅	Quelle
<i>Ageratum houstonianum</i> (s)	50	15		1 : 0,1	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Ageratum houstonianum</i> (s)	150	0			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Amaranthus tricolor</i> (s)	30	15		1 : 0,1	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Amaranthus tricolor</i> (s)	150	0			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Angelonia angustifolia</i>	50	20 -30		1 : 0,2	WARTENBERG 2017 bzw. Abschnitt 2.7
<i>Begonia boliviensis</i> (s)	50	30		1 : 0,3	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Begonia boliviensis</i> (s)	150	10			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Begonia</i> Cv. <i>Elatior</i> -Grp	75	20		1 : 0,33	EMMEL 2005
<i>Begonia</i> Cv. <i>Elatior</i> -Grp.	(CAT) > 30	20		1 : 0,25 bis 1 : 0,3	GRANTZAU und EMMEL 2004
<i>Begonia</i> Cv. <i>Semper- florens</i> -Grp. (s)	50	15		1 : 0,1	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Begonia</i> Cv. <i>Semper- florens</i> -Grp. (s)	150	0			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Begonia</i> Cv. <i>Tuberhy- brida</i> -Grp. (s)	50	30		1 : 0,3	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Begonia</i> Cv. <i>Tuberhy- brida</i> -Grp. (s)	150	0			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6

Art	Grunddüngung in mg P ₂ O ₅ /l Substrat	Nachdüngung in mg P ₂ O ₅ /l NL	Gesamt in mg P ₂ O ₅ /Pfl	N : P ₂ O ₅	Quelle
<i>Calibrachoa</i> Cv. (s)	30	30		1 : 0,3	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Calibrachoa</i> Cv. (s)	150	10			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Calluna vulgaris</i>	55	35		1 : 0,25	UEBER 2017
<i>Catharanthus roseus</i> (s)	50	15		1 : 0,1	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Celosia argentea</i> (s)	50	30		1 : 0,3	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Celosia argentea</i> (s)	50	10			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Chamaesyce hypericifolia</i> (s)	30	15		1 : 0,1	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Chamaesyce hypericifolia</i> (s)	150	0			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Cyclamen persicum</i> (s) Standard	25-50	25		1 : 0,25	DEGEN und KOCH 2015
<i>Cyclamen persicum</i> (s) Standard	25-50	25		1 : 0,25	KOCH und DEGEN 2015
<i>Cyclamen persicum</i> (s)		35			MIDDELBURG 2006
<i>Cyclamen persicum</i> (s)		35			VARINOVA 2006
<i>Cyclamen persicum</i> (s) Standard, torfreduziertes Substrat	150	0		1 : 0,1	WARTENBERG 2017a, WAR- TENBERG 2017b bzw. Abschnitt 2.10
<i>Cyclamen persicum</i> (s) Mini	45		80	1 : 0,2	WARTENBERG und DALLMANN 2016, WARTENBERG 2017b bzw. Abschnitt 2.3
<i>Cyclamen persicum</i> (s) torfreduzierte Substrate	125	0			HAAS et al. 2017
<i>Dianthus</i> Cv.	30-50	15		1 : 0,2	WARTENBERG 2015a bzw. Abschnitt 2.4
<i>Euphorbia pulcherrima</i> Torf-Ton-Mischung Torfsubstrate	200 50 bis 100				GRANTZAU 1996
<i>Euphorbia pulcherrima</i>	> 30	20		1 : 0,25 bis 1 : 0,3	GRANTZAU und EMMEL 2004
<i>Euphorbia pulcherrima</i>	85	15-30		1 : 0,2	MOLITOR und FISCHER 2014
<i>Euphorbia pulcherrima</i>	50	25		1 : 0,2	MOLITOR und FISCHER 2015

Art	Grunddüngung in mg P ₂ O ₅ /l Substrat	Nachdüngung in mg P ₂ O ₅ /l NL	Gesamt in mg P ₂ O ₅ /Pfl	N : P ₂ O ₅	Quelle
<i>Euphorbia pulcherrima</i>			140	1 : 0,2	WARTENBERG 2014 bzw. Abschnitt 2.2
<i>Euphorbia pulcherrima</i>			140	1 : 0,2	WARTENBERG 2015b bzw. Abschnitt 2.2
<i>Exacum affine</i> (s)	50	30		1 : 0,3	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Exacum affine</i> (s)	150	0			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Gazania rigens</i> (s)	30	15		1 : 0,1	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Gazania rigens</i> (s)	150	0			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Gerbera jamesonii</i> (s)	50	15		1 : 0,1	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Gerbera jamesonii</i> (s)	50	10			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Hydrangea macrophylla</i> Vorkultur, torfreduziertes Substrat	70	0			WARTENBERG und DALLMANN 2017 bzw. Abschnitt 2.9
<i>Impatiens</i> Cv. <i>Neuguinea</i> -Grp.	50	25		1 : 0,25	MEINKEN et al. 2015 bzw. Abschnitt 2.1
<i>Impatiens</i> Cv. <i>Neuguinea</i> -Grp. (s)	50	15		1 : 0,1	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Impatiens</i> Cv. <i>Neuguinea</i> -Grp. (s)	50	10			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Impatiens</i> Cv. <i>walleriana</i> -Grp. (s)	30	15		1 : 0,1	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Impatiens</i> Cv. <i>walleriana</i> -Grp. (s)	50	0			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Isotoma axillaris</i> (s)	30	30		1 : 0,3	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Isotoma axillaris</i> (s)	50	10			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Lavandula angustifolia</i> (s)	30	30		1 : 0,3	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Lavandula angustifolia</i> (s)	50	10			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Lobelia erinus</i> (s)	30	30		1 : 0,3	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Lobularia maritima</i> (s)	30	15		1 : 0,1	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Lobularia maritima</i> (s)	50	0			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6

Art	Grunddüngung in mg P ₂ O ₅ /l Substrat	Nachdüngung in mg P ₂ O ₅ /l NL	Gesamt in mg P ₂ O ₅ /Pfl	N : P ₂ O ₅	Quelle
<i>Melampodium paludosum</i> (s)	70	15		1 : 0,1	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Melampodium paludosum</i> (s)	50	10			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Mimulus</i> Cv. (s)	30	15		1 : 0,1	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Mimulus</i> Cv. (s)	150	0			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Nemesia</i> Cv. (s)	30	15		1 : 0,1	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Nemesia</i> Cv. (s)	150	0			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Nierembergia hippomanica</i> (s)	30	30		1 : 0,3	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Nierembergia hippomanica</i> (s)	50	10			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Papaver nudicaule</i> (s)	30	15		1 : 0,1	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Papaver nudicaule</i> (s)	150	0			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Pelargonium</i> Cv.	> 30	20		1 : 0,25 bis 1 : 0,3	GRANTZAU und EMMEL 2005
<i>Pelargonium</i> Cv. Zonale-Grp. (s)	30	30		1 : 0,3	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Pelargonium</i> Cv. Zonale-Grp. (s)	150	10			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Pennisetum glaucum</i> (s)	50	15		1 : 0,1	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Pennisetum glaucum</i> (s)	50	0			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Pentas lanceolata</i> (s)	50	30		1 : 0,3	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Pentas lanceolata</i> (s)	50	10			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Petunia</i> Cv. (s)	30	15		1 : 0,1	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Petunia</i> Cv. Torfreduzierte Substrate	125	0			WARTENBERG und DALLMANN 2016a bzw. Abschnitt 2.8
<i>Phlox drummondii</i> (s)	50	15		1 : 0,1	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Phlox drummondii</i> (s)	50	10			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6

Art	Grunddüngung in mg P ₂ O ₅ /l Substrat	Nachdüngung in mg P ₂ O ₅ /l NL	Gesamt in mg P ₂ O ₅ /Pfl	N : P ₂ O ₅	Quelle
<i>Primula vulgaris</i> (s) torfreduziertes Substrat	125	0			WARTENBERG und KÜHNE 2017 bzw. Abschnitt 2.11
<i>Scaevola aemula</i>		max. 30		1 : 0,15	ZHANG et al. 2004
<i>Tagetes erecta</i> (s)	30	15		1 : 0,1	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Tagetes erecta</i> (s)	150	0			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Tagetes patula</i> (s)	30	15		1 : 0,1	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Tagetes patula</i> (s)	50	0			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Tagetes tenuifolia</i> (s)	30	15		1 : 0,1	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Tagetes tenuifolia</i> (s)	150	0			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Viola x wittrockiana</i> (s)	25-50	25-(50)		1 : 0,25 bis 1 : 0,5	DEGEN und KOCH 2017
<i>Viola x wittrockiana</i> (s)	25-50	25-(50)		1 : 0,25 bis 1 : 0,5	KOCH und DEGEN 2017
<i>Zinnia angustifolia</i> (s)	50	10			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6
<i>Zinnia elegans</i> (s)	50	15		1 : 0,1	WARTENBERG 2015 bzw. Abschnitt 2.5
<i>Zinnia elegans</i> (s)	150	0			WARTENBERG und DALLMANN 2016b bzw. Abschnitt 2.6

(s) = samenvermehrt, alle anderen stecklingsvermehrt

3 Kreislaufquellen

Klassische Kreislaufquellen für Phosphor sind Phosphordünger tierischen Ursprungs wie Knochenmehl, Knochen-grieß oder Blutmehl. Diese stehen nur in sehr begrenzten Mengen zur Verfügung und stellen keine Alternative zu mineralischen Phosphordüngung dar. Auch sind deren Preise vergleichsweise hoch. Gleichzeitig werden die zur Verfügung stehenden Mengen im Bio-Anbau benötigt und eingesetzt. Das trifft auch für organische Dünger pflanzlichen Ursprungs wie Phytogrieß zu.

Phosphor-Recyclingdünger aus Abwässern, Klärschlamm, Aschen usw. sind in Entwicklung, haben derzeit aber noch eine Reihe ungeklärter Probleme (MUSKOLUS und WILKEN 2016). Neben hohen Aufwendungen für die Gewinnung in standardisierten Qualitäten sind dies beispielsweise eine unzureichende Phosphorverfügbarkeit, Belastungen mit Schwermetallen, Pharmakarückständen oder anderen störenden Verbindungen. Ein Einsatz dieser Recyclingdünger im Zierpflanzenbau ist derzeit nicht relevant.

Die größten Chancen hat die Nutzung von Kreislauf-Phosphor aus Betriebs-, Grünut- oder Biokomposten. Durch den anhaltenden gesellschaftlichen Druck für eine Reduzierung des Torfeinsatzes im Gartenbau gewinnen Komposte wieder größere Bedeutung als Substratbestandteile. Dabei ist deutlich geworden, dass Komposte nicht zuletzt durch ihre hohen Nährstoff- bzw. Salzgehalte nur begrenzt als Torfersatzstoffe einsetzbar sind. Je nach dem Nährstoffgehalt des eingesetzten Komposts sind in der Regel nur Anteile von weniger als 20 % an der Substratmischung sinnvoll. Detaillierte Informationen dazu finden sich in MEINKEN 2016.

Stehen Grünkomposte in definierten Qualitäten und größeren, homogenen Mengen zur Verfügung, lassen diese sich gezielt als Substratbestandteile einsetzen, mit denen die Grunddüngung zumindest an Phosphor und Kalium abgesichert werden kann. Eine zusätzliche mineralische Grunddüngung ist dann nicht erforderlich und sinnvoll, auch die Nachdüngung muss angepasst werden. Zu den Möglichkeiten und Grenzen dieses Weges der Substitution mineralischer Phosphate bei Substratkulturen bestand Klärungsbedarf und wurden Kulturversuche durchgeführt.

Die Abschnitte 2.8 bis 2.11 enthalten Berichte zu entsprechenden Versuchen am LfULG mit Cyclamen, Petunien, Hortensien und Topfprimeln. Danach kann bei torfreduzierten Substraten, mit naturgemäß hohen Ausgangsgehalten an pflanzenverfügbarem Phosphor auf eine mineralische P-Grunddüngung vollständig verzichtet werden. Erprobt wurden dabei industriemäßig hergestellte torfreduzierte Substrate, die derzeit am Markt verfügbar sind bzw. kurz vor der Einführung stehen. Hinsichtlich der Nachdüngung ergab sich je nach Pflanzenart und konkretem torfreduzierten Substrat ein unterschiedliches Bild. Auch bei hohen Ausgangswerten für den pflanzenverfügbaren Phosphor, die theoretisch für eine Vollversorgung ausreichen, kann nicht pauschal empfohlen werden, auf jegliche Phosphornachdüngung zu verzichten. Mögliche Ursachen dafür werden im nachfolgenden Abschnitt zu den Risiken einer knappen Phosphordüngung diskutiert.

Problematisch bleibt bei der Nutzung von Komposten zur Deckung der Grunddüngung in torfreduzierten Substraten der hohe Aufwand zur Herstellung/Charakterisierung ausreichend großer Partien an Komposten mit genau definierten Qualitätseigenschaften, wie sie für eine gezielte Mischung zur Substratherstellung benötigt werden. Ausgehend von den etablierten torfbasierten Substraten sind die Anforderungen an die Qualitätsstandards und stets gleich bleibende Eigenschaften bei Kultursubstraten sehr hoch.

4 Risiken

Eine objektive Beurteilung der Pflanzenverfügbarkeit des Phosphors anhand von Substratanalysen bleibt nach wie vor schwierig. Direkt von der Pflanze aufgenommen wird nur das Phosphat-Ion. Einerseits kann dieses Ion von vielen Substratbestandteilen durch Sorption oder chemisch mehr oder weniger stark gebunden werden. Andererseits ist die Pflanze in der Lage durch Wurzelausscheidungen solche Bindungen zu lösen, das Phosphat zu mobilisieren und für die Wurzel aufnehmbar zu machen. Diese in der unmittelbaren Wurzelumgebung stattfindenden Prozesse sind räumlich derzeit nicht aufzulösen und können durch Substratanalysen nur grob erfasst werden.

Bei der Analyse von Substraten wird die Pflanzenverfügbarkeit des Phosphors simuliert, indem bei der Probenaufbereitung bzw. für den -aufschluss unterschiedliche Lösungen Anwendung finden. Durch den Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten e.V. wurden entsprechende Verfahren standardisiert und sind im Methodenbuch beschrieben (VDLUFA 2018).

Die beiden Hauptmethoden des CAT- bzw. CAL-Aufschlusses führen zu unterschiedlichen Ergebnissen, deren Korrelation recht eng ist, wenn bei einem einheitlichen Basissubstrat nur die P-Düngung abgestuft wurde. Dies war

im Ringversuch des Arbeitskreises mit Neuguinea-Impatiens (siehe Abschnitt 2.1) der Fall. Dort galt mit einem hohen Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,968$:

$$P_2O_5 \text{ (CAL) [mg/l Substrat]} = 1,425 * P_2O_5 \text{ (CAT) [mg/l Substrat]}.$$

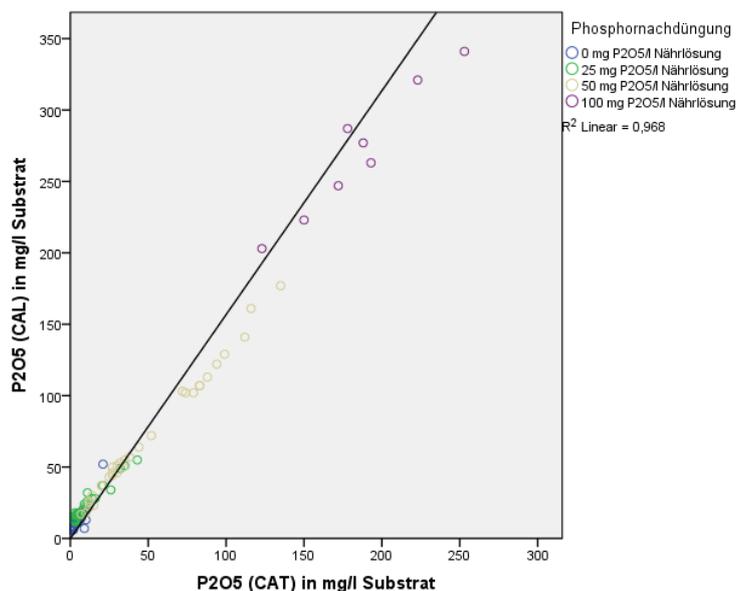


Abbildung 61: Korrelation der Phosphatgehalte nach CAT- bzw. CAL-Aufschluss am Kulturende des Ringversuches zur Phosphordüngung bei Neuguinea-Impatiens (siehe Abschnitt 2.1)

Werden die Analysewerte nach CAL- und CAT-Aufschluss von deutlich verschiedenen Substraten, möglicherweise mit unterschiedlichen Ton- oder Kompostanteilen, verglichen, sind die Korrelationen zwischen beiden Werten weniger eng. In der Regel liegt der Wert für den pflanzenverfügbaren Phosphor nach CAT-Aufschluss um ein Viertel bis die Hälfte niedriger als nach CAL-Aufschluss.

Da die Pflanzenverfügbarkeit des Phosphors von einer Reihe Faktoren beeinflusst wird, war für die angestrebte Reduzierung des Einsatzes mineralischer Phosphate die Kultursicherheit bei einer reduzierten P-Düngung anhand von Kulturversuchen zu untersuchen und zu bewerten.

Als Kulturfaktoren, die die Phosphorverfügbarkeit beeinflussen bzw. beeinträchtigen können, werden angesehen:

- mangelnde Durchwurzelung
- Tonzuschläge zum Substrat
- extra Eisendüngung zum Substrat oder während der Kultur
- extra Kalkzuschläge zum Substrat
- hohe Wasserhärte
- Anstieg des pH-Wertes
- Genotyp (Arten- oder Sortenspezifisch)
- hohe biologische Aktivität des Substrates

Durchwurzelung

Die Pflanzenverfügbarkeit des Phosphors im Substrat kann durch eine unzureichende Durchwurzelung begrenzt sein. Dies ist in der Startphase von Kulturen kurz nach dem Topfen bzw. Pikieren der Fall. An diesem Punkt setzt der Gedanke der zusätzlichen P-Startdüngung an. In der Regel bringen allerdings die Jungpflanzen für die Startphase ausreichend Phosphor mit. Außerdem sichert die normale P-Grunddüngung in der Größenordnung von mindestens 50 mg P_2O_5/l Substrat auch bei anfänglich schwacher Durchwurzelung offensichtlich eine ausreichende Phosphorversorgung ab. In mehreren Versuchen konnten unter dieser Voraussetzung keine positiven Effekte einer zusätzlichen P-Startdüngung festgestellt werden (FELDMANN 2015a, FELDMANN 2015b). Die Schlussfolgerungen daraus sind, dass erstens die P-Grunddüngung für die Startphase wichtig ist und in der genannten Größenordnung von mindestens 50 mg P_2O_5/l Substrat erfolgen sollte und zweitens eine extra P-Startdüngung dann keinen Effekt hat und entbehrlich ist.

Auch Versuche zur mengenbilanzierten Phosphordüngung bei Cyclamen und Poinsettien unterstrichen die Bedeutung einer angemessenen P-Grunddüngung im Substrat (siehe Abschnitte 2.2 und 2.3). Bei einer gleichen Gesamtzufuhr an P_2O_5/Pfl auf insgesamt sehr niedrigem Niveau waren stets die Varianten deutlich stärker beeinträchtigt, bei denen fast kein Phosphor über die Grunddüngung verabreicht wurde. Abbildung 62 zeigt ein Beispiel dafür bei Poinsettien.

Verschiedene Pflanzenarten und gelegentlich verschiedene Sorten innerhalb einer Art weisen große Unterschiede in der Durchwurzelung der Substrate auf. Daraus resultieren Unterschiede in der Fähigkeit der Pflanzen, sich niedrigere Phosphorgehalte im Substrat mehr oder weniger gut zu erschließen (KHANDAN-MIRKOHL and SCHENK 2009). Dies wurde bei den Versuchen zur Nutzbarkeit der Phosphoreserven torfreduzierter Substrate deutlich. Hortensien, Petunien und Topfprimeln mit ihren fein verzweigten Wurzelsystemen kamen ohne P-Nachdüngung aus (siehe Abschnitte 2.9, 2.8 und 2.11). Cyclamen und insbesondere Poinsettien mit ihren weniger verzweigten Wurzeln benötigten trotz nennenswerter P-Reserven im Substrat eine, wenn auch geringe Phosphornachdüngung (siehe Abschnitte 2.10 und 2.2).

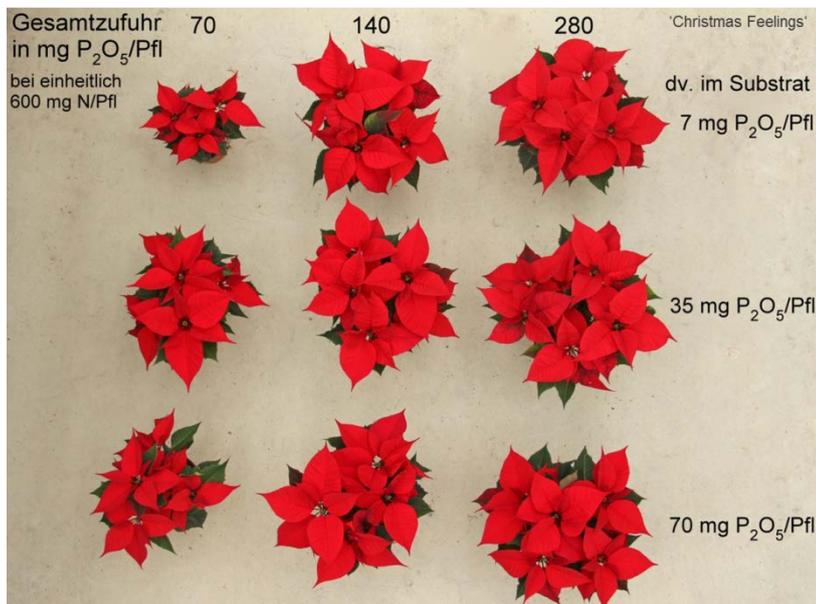


Abbildung 62: Auswirkungen unterschiedlicher Anteile der P-Zufuhr über die Grund- bzw. Nachdüngung bei der mengenbilanzierten P-Düngung von Poinsettien (LfULG Dresden-Pillnitz 2015)

Tonzuschläge

Ton steht in dem Verdacht neben anderen Nährstoffen auch Phosphat zu binden. Eine Gesamtbeurteilung möglicher Auswirkungen ist hier auf Grund großer Unterschiede sowohl in der Tonqualität als auch durch die Möglichkeit der Freisetzung zwischenzeitlich an den Ton gebundener Phosphate schwierig. Alle bekannten Versuchsergebnisse dazu lassen jedoch keine Gefahr des Auslösens von Phosphormangel durch Tonzuschläge bei einer reduzierten, aber bedarfsdeckenden Phosphordüngung erkennen.

Tonzuschläge zum Substrat bewirkten bei Neuguinea-Impatiens (Ringversuch siehe Abschnitt 2.1) generell eine Verminderung der Sprossmasse, die umso höher ausfiel je mehr Phosphor im Überschuss gedüngt wurde (siehe Abbildung 63). Das heißt, eine Reduzierung der Phosphordüngung verminderte tendenziell sogar den wachstumshemmenden Einfluss des Tonzuschlages.

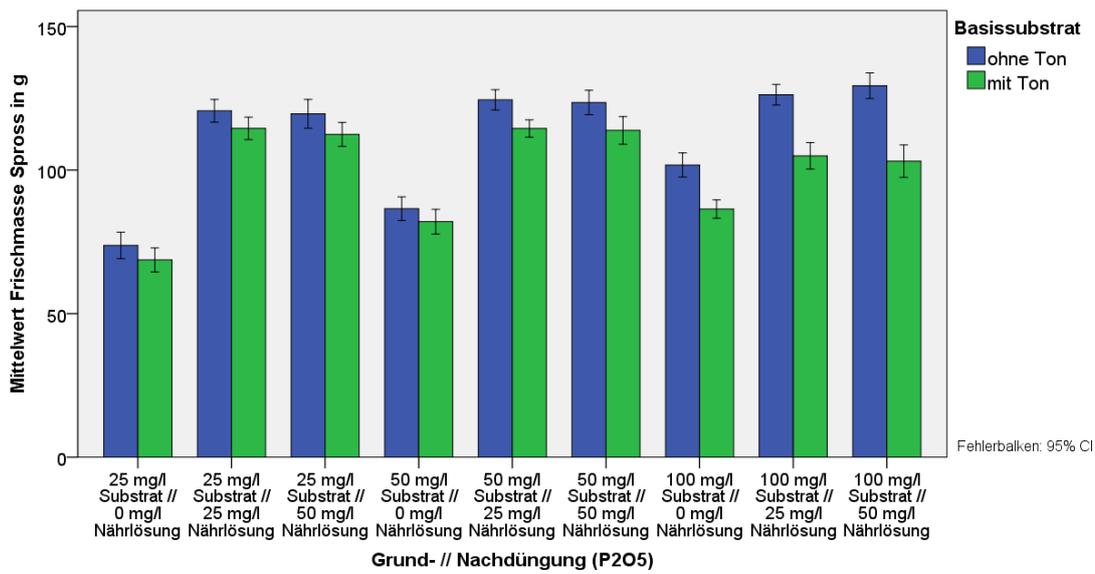


Abbildung 63: Auswirkung von Tonzuschlägen zum Substrat auf die Sprossmasse bei Neuguinea-Impatiens mit abgestufter P-Düngung (Ringversuch 2014 siehe Abschnitt 2.1; nur Standorte Geisenheim, Hannover-Ahlem, Dresden-Pillnitz sowie nur Regenwasser/entionisiertes Wasser)

Auch in Provokationsversuchen bei Minicyclamen war bei knapp ausreichender P-Ernährung sowie bei leichtem P-Mangel keine verstärkte Wachstumsreduzierung durch einen Tonzuschlag zum Substrat (50 g/l gemahlener Ton Schmidt 01S) feststellbar (WARTENBERG 2016).

Ein erhöhtes Risiko von Wachstumsmininderungen bei einer Reduzierung des Phosphorangebotes infolge von Tonzuschlägen besteht also offensichtlich nicht.

Eisendüngung

Eisenphosphate sind wasserunlöslich und für die Pflanzen praktisch nicht verfügbar. Durch zusätzliche Eisendüngungen in der üblichen Größenordnung können jedoch schon theoretisch nur vergleichsweise geringe Phosphatmengen gebunden werden. Die meisten Eisendünger enthalten 5 bis 13 % Fe. Wird beispielsweise ein Eisendünger (9 % Fe) mit 0,05 g/l zur Fe-Düngung eines Substrates eingesetzt, ist das eine Zufuhr von 4,5 mg Fe/l Substrat. Bei einer Umsetzung zu Eisen-(II)-Phosphat könnten dadurch nur maximal 5,3 mg P_2O_5 /l Substrat festgelegt werden, bei der Umsetzung zu Eisen-(III)-Phosphat nur maximal 7,1 mg P_2O_5 /l Substrat. Da eine vollständige Umsetzung nicht zu erwarten ist, liegt die reale P-Festlegung durch die beschriebene Eisendüngung noch deutlich darunter. Eine P-Festlegung in dieser Größenordnung ist pflanzenbaulich nicht relevant.

In Provokationsversuchen bei Minicyclamen blieben bei knapp ausreichender P-Ernährung sowie bei leichter P-Unterversorgung extra Eisendüngungen mit 0,05 bzw. 0,1 g Fe-Chelat/l Substrat (Eisen-HEEDTA: Fertyl 7) ohne wesentliche Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum (WARTENBERG 2016).

Umgekehrt beeinträchtigt ein hohes Phosphorangebot die Eisenverfügbarkeit. In einem Versuch mit Calibrachoa wurde durch die Reduzierung der Phosphordüngung die Ausprägung von Eisenmangelsymptomen deutlich reduziert (siehe Abbildung 64). Dies trat ein, obwohl durch die Reduzierung der P-Düngung der pH-Wert auf pH 6,7 bis 7,0 anstieg und damit sich die Eisenverfügbarkeit eher verschlechtern sollte (WARTENBERG 2016).

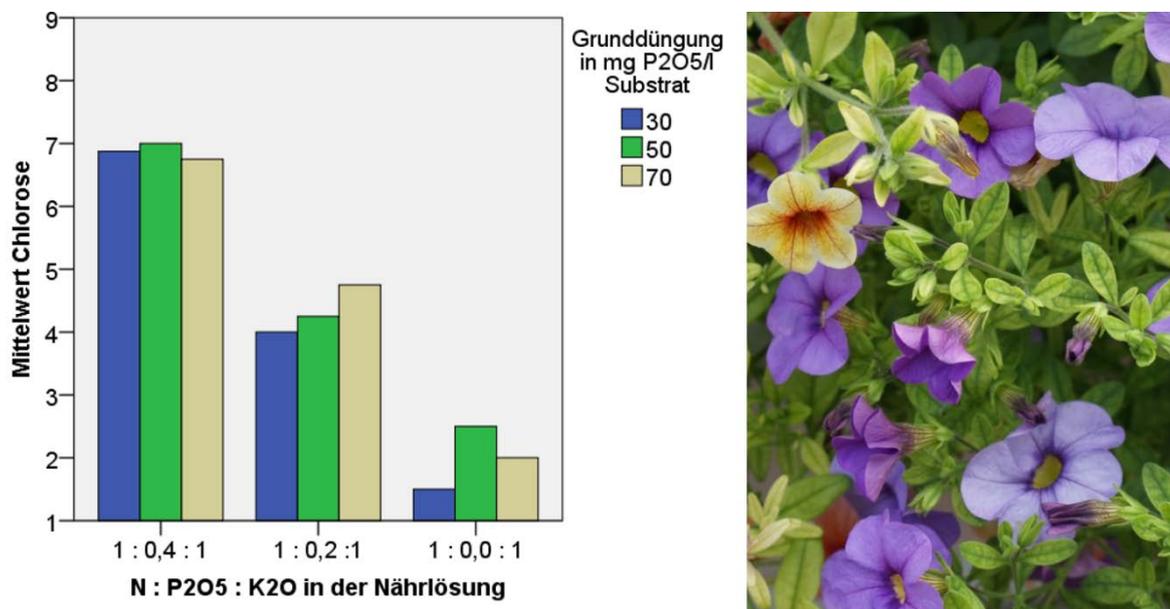


Abbildung 64: Einfluss der Phosphordüngung auf die Ausprägung von Eisenmangelchlorosen bei Calibrachoa (Bonitur Eisenmangelchlorosen von 1 = sehr schwach bis 9 = sehr stark)

Negative Auswirkungen bisher üblicher Phosphorangebote auf die Eisenverfügbarkeit sind für eine Reihe von Zierpflanzen bekannt (ZHANG et al. 2004, EMMEL 2010, RICHTER 2011, MOLITOR und STRECKE-EHLERS 2016).

Bei zusätzlicher Eisendüngung in pflanzenbaulich sinnvollem Ausmaß sind auch bei einem reduzierten Phosphorangebot keine negativen Auswirkungen zu erwarten. Bei einigen Pflanzenarten wird durch eine Vermeidung von Phosphorüberschuss das Risiko für Minderwuchs und Schäden durch induzierten Mangel an Mikronährstoffen deutlich reduziert.

Kalkzuschläge, Gießwasser, pH-Wert

Die Auswirkungen von extra Kalkzuschlägen zum Substrat, der Karbonathärte des Gießwasser sowie anderer, den pH-Wert des Substrates beeinflussender Faktoren wie beispielsweise die Stickstoffform der Nachdüngung sind im Zusammenhang zu sehen. Abbildung 65 gibt schematisch den Zusammenhang zwischen den pH-Wert, sowie den Lösungsgleichgewichten für Calciumphosphate sowie Aluminium-/Eisenphosphate in Böden wieder.

Torfbasierte Substrate enthalten in der Regel keine beziehungsweise wenig Aluminium- oder Eisen-Ionen und für ihre Herstellung wird kohlensaurer Kalk eingesetzt, dessen pH-anhebende Wirkung bei etwa pH 7,6 endet. Die Phosphorfestlegung in Aluminium- oder Eisen-Phosphaten spielt deshalb bei diesen Substraten keine wesentliche Rolle.

Kalkzuschläge zum Substrat dienen der Einstellung und Stabilisierung des pH-Wertes. Dabei spielt neben der Art des Kalkes dessen Vermahlungsgrad eine entscheidende Rolle. Fein gemahlener Kalk mit Korngrößen unter 0,2 mm wirkt schneller aber weniger nachhaltig für eine Anhebung des pH-Wertes. Gröber gemahlene Kalke mit Korngrößen zwischen 0,2 und 2 mm tragen dagegen besser zur Stabilisierung des pH-Wertes über die gesamte Kulturdauer bei. Die Wirkung einer Kalkzufuhr auf die Phosphorverfügbarkeit ist eine doppelte: einerseits kommt es zur Anhebung des pH-Wertes, andererseits wird durch die Zuführung von Ca^{2+} ein höherer Anteil freier Phosphationen direkt gebunden. Durch den Kalkzuschlag zum Substrat kommt es so zu einer Festlegung eines Teils der Phosphorgrunddüngung. Deshalb wird auch nur ein Teil der Phosphorgrunddüngung bei Kontrollanalysen des Substrates auf pflanzenverfügbaren Phosphor wiedergefunden (siehe Abschnitt 2.4). Das sich einstellende Lösungsgleichgewicht wird während der laufenden Kultur durch die Entwicklung des pH-Wertes insbesondere in der unmittelbaren Wurzelumgebung beeinflusst.

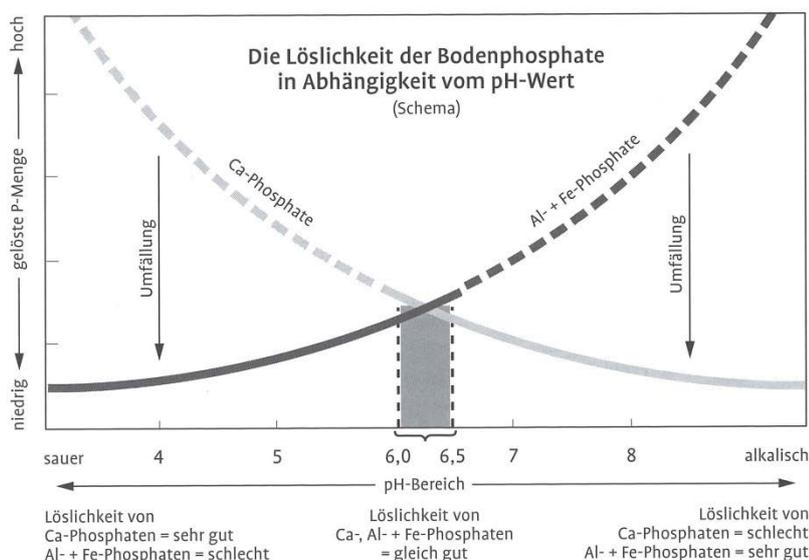


Abbildung 65: Löslichkeit der Phosphate in Abhängigkeit vom pH-Wert des Bodens (SCHALLER 2008 aus RÖBER und SCHACHT 2008)

Hinsichtlich Phosphorverfügbarkeit kommt der Härte des Gießwassers, insbesondere der Karbonathärte, große Bedeutung zu. Die Karbonathärte ist ein Maß für die Konzentration der Hydrogenkarbonationen im Wasser, die größtenteils mit Calcium oder Magnesium gebildet werden. Als hartes Gießwasser wird Wasser eingestuft, dessen Karbonathärte 14 °dH KH (entspricht einer Säurekapazität von 4,998 mmol/l) übersteigt. Wird für die Bewässerung ein Wasser mit hoher Karbonathärte eingesetzt, bedeutet dies eine ständige Zufuhr von Calcium-Ionen. Diese entziehen teilweise noch in der Dünger- bzw. Nährlösung durch die Bildung von Calciumphosphaten pflanzenverfügbaren Phosphor. Durch die pH-anhebende Wirkung werden auch im Substrat Phosphate festgelegt. Im Grenzbereich der Phosphorerneuerung werden so Mangelercheinungen verstärkt.

Der Einfluss der Wasserhärte auf die Phosphorverfügbarkeit wurde beispielsweise im Ringversuch Reduzierung des Phosphoreinsatzes bei Neuguinea-Impatiens deutlich (siehe Abschnitt 2.1). Am Standort Weihestephan kam neben entionisiertem Wasser ein Brunnenwasser mit extrem hoher Karbonathärte von 30 °dH KH zum Einsatz. Das verschlechterte im Übergangsbereich zum Mangel die Phosphorverfügbarkeit deutlich (siehe Abb. 66).

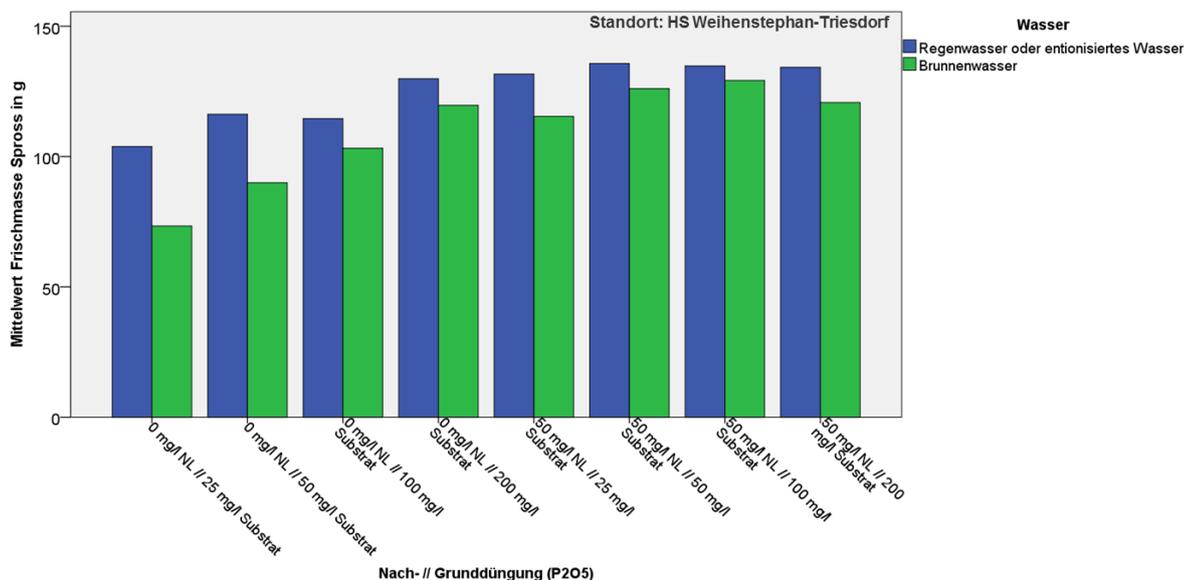


Abbildung 66: Verstärkung des Minderwuchses durch P-Unterernährung bei Einsatz von Brunnenwasser mit 30°dH KH gegenüber entionisiertem Wasser (Ringversuch Neuguinea-Impatiens 2014 siehe Abschnitt 2.1, nur Standort Weihenstephan)

In einem Provokationsversuch mit verschiedenen potenziellen Faktoren zur Phosphorfestlegung kam allein der Wasserhärte ein wesentlicher Einfluss auf die Phosphorverfügbarkeit und daraus resultierenden Mangelerscheinungen zu (siehe Abbildung 67). Allerdings waren diese Effekte nur bei einem Nährstoffverhältnis in der Nährlösung von $N : P_2O_5 : K_2O = 1 : 0,1 : 1,5$ festzustellen. In dieser Nährlösung betrug das Phosphorangebot weniger als die Hälfte des Empfehlungswertes für ein bedarfsorientierte Phosphordüngung.

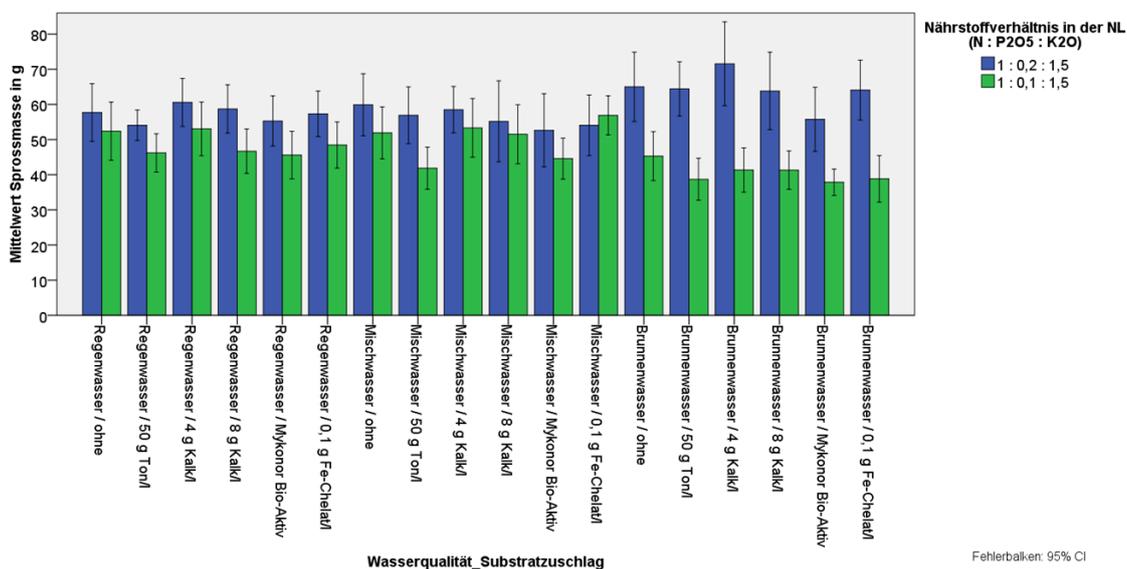


Abbildung 67: Verstärkung des Minderwuchses infolge P-Unterernährung durch Verwendung von Brunnenwasser mit 11°dH KH bei Minicyclamen (Provokationsversuch LfULG Dresden-Pillnitz 2015)

Der Komplex Kalkzuschlag/Gießwasser Härte/pH-Wert im Substrat beeinflusst die Phosphorverfügbarkeit wesentlich und stellt bei Reduzierung der Phosphordüngung bis auf den eigentlichen Pflanzenbedarf ein Risiko dar.

Aus Sicherheitsgründen sollte auch bei entsprechend hohen Phosphorgehalten im Substrat deshalb nie die Nachdüngung vollständig ausgesetzt werden. Bei torfreduzierten Substraten ist jedoch eine weitere Reduzierung über die neuen Richtwerte für torfbasierte Substrate hinaus möglich und sinnvoll. Unabhängig davon kommt einer guten Aussteuerung der pH-Entwicklung im Substrat eine große Bedeutung für die Sicherung der Phosphorverfügbarkeit zu.

Genotyp

Nach WARTENBERG 2015 sowie WARTENBERG und DALLMANN 2016b waren zumindest bei samenvermehrten Beet- und Balkonpflanzen deutliche Unterschiede in den Ansprüchen an die Phosphordüngung zwischen den Pflanzenarten erkennbar. Zwischen den Sorten einer Art waren in diesen Versuchen keine wesentlichen Unterschiede im Phosphorbedarf festzustellen.

Bei Poinsettien wurden die Reaktionen auf abgestuft reduzierte Phosphorangebote sortenspezifisch untersucht. Trotz unterschiedlicher Wuchsstärke der Sorten waren nur minimale Unterschiede zu beobachten. Sortenspezifischen Richtwerte für die Phosphor-Grund- und -nachdüngung sind deshalb weder erforderlich noch sinnvoll (MOLITOR und FISCHER 2014, MOLITOR und FISCHER 2015).

In einem Versuch mit Topfnelken wurden Sorten mit sehr großen Unterschieden in der Wuchsstärke und im Wuchscharakter einbezogen. Dennoch reagierten diese Sorten sehr ähnlich auf verschiedene Varianten der P-Grund- und -Nachdüngung (siehe Abschnitt 2.4).

Unterschiede im Phosphorbedarf durch Unterschiede in der Wuchsstärke verschiedener Arten und Sorten brauchen nicht extra berücksichtigt werden, wenn die Phosphordüngung im Verhältnis zum Stickstoffangebot bemessen wird. Die Düngung des Leitnährstoffs Stickstoff wird in der Praxis recht gut an die Pflanzenart und -größe angepasst. Bei einem sinnvollen und festen N : P₂O₅-Verhältnis erfolgt dann automatisch eine gute Anpassung der Phosphorversorgung an den Pflanzenbedarf.

Biologische Festlegung

In belebten Substraten findet eine starke Dynamik der pflanzenverfügbaren Nährstoffe statt, von der auch der Phosphor betroffen ist. Dies wurde bei Versuchen mit torfreduzierten Substraten deutlich (siehe Abschnitte 2.8-2.11). Offensichtlich wird pflanzenverfügbare Phosphor sowohl freigesetzt als auch festgelegt. Auch wenn torfreduzierte Substrate zu Kulturbeginn hohe Gehalte an pflanzenverfügbarem Phosphor aufweisen, die den Gesamtbedarf über die gesamte Kultur abdecken sollten, kann deshalb die Phosphornachdüngung nicht vollständig ausgesetzt werden.

5 Neue Richtwerte

5.1 Allgemeine Handlungsempfehlungen

Erklärtes Ziel bei der Erarbeitung neuer Richtwerte für eine bedarfsorientierte Phosphordüngung war die Entwicklung praxistauglicher Empfehlungen. Diese sollten nur so weit wie notwendig diversifiziert, sicher und für die verschiedenen Düngungsverfahren anwendbar sein. Auch wenn die einzelnen Pflanzenarten sich teilweise in ihrem Phosphorbedarf unterscheiden, erlaubt die nach wie vor bestehende Toleranz gegenüber einem moderaten Phos-

phorüberangebot allgemeine, artenübergreifende Empfehlungen für die Phosphordüngung, die sich an den Arten mit dem höchsten Bedarf orientieren.

Sieht man sich die Zusammenstellung der Phosphorsteigerungsversuche und die daraus abgeleiteten Einzelempfehlungen an (siehe Abschnitt 2.12), zeichnet sich eine allgemeine Lösung ab, wenn man die jeweiligen Empfehlung für die Phosphordüngung ins Verhältnis zum gleichzeitig gedüngten Stickstoff setzt. Die N : P₂O₅-Verhältnisse variieren in einem relativ engen Bereich zwischen 1 : 0,1 bis 1 : 0,3. Die Anbindung des Phosphorangebotes an das Stickstoffangebot ist nicht nur pflanzenbaulich sinnvoll. Die Düngung des Leitnährstoffs Stickstoff wird in vielen Gartenbaubetrieben präzise gemanagt. Die Orientierung auf neue N : P₂O₅-Verhältnisse vereinfacht die Handhabbarkeit einer modernen, reduzierten Phosphordüngung wesentlich. Da in der Regel sowohl für die Grund- als auch für die Nachdüngung im Zierpflanzenbau Mehrnährstoffdünger eingesetzt werden, braucht nur auf andere Dünger mit deutlich niedrigeren Phosphorgehalten umgestellt zu werden.

Eine andere Methode als Phosphorsteigerungsversuche zur Ermittlung des Nährstoffbedarfs sind Analysen der Pflanzensubstanz. Dabei werden gut aussehende, offensichtlich optimal ernährte Pflanzen analysiert. Aus derartigen Trockensubstanzanalysen lassen sich ebenfalls optimale Verhältnisse der Nährstoffe untereinander ableiten, die Orientierung für die Pflanzenernährung bzw. für die Düngung geben. Für Zierpflanzen sind in der Literatur und in Versuchsberichten für den Phosphor Werte von 0,57 bis 0,80 % P₂O₅ in der Trockensubstanz (TrS) zu finden (BARKER and PILBEAM, D. 2008, MOLITOR und FISCHER 2014, KOCH und DEGEN 2015). Der Stickstoffgehalt wird dagegen auf 3,0 bis 4,0 % der TrS beziffert. Daraus ergibt sich ein Verhältnis für N : P₂O₅ in der Trockensubstanz von 1 : 0,15 bis 1 : 0,25. Diese Verhältnisse stimmen sehr gut mit den in den Phosphorsteigerungsversuchen ermittelten überein.

Nach der neuen allgemeinen Empfehlung für das N : P₂O₅-Verhältnis von 1 : 0,2 bis 1 : 0,3 wird gegenüber der bisherigen Praxis mit N : P₂O₅ von 1 : 0,5 bis 1 : 0,7 deutlich weniger Phosphor eingesetzt. Eine Reduzierung des Phosphoreinsatzes um die Hälfte bis zwei Drittel ist problemlos möglich.

5.2 Phosphorgrunddüngung

Nach den im Abschnitt 2.12 zusammengefassten Versuchsergebnissen liegen die Empfehlungen für die Grunddüngung im Bereich von 25-150 mg P₂O₅/l Substrat. Bei den hohen Werten zum Kulturstart von mehr als 125 mg P₂O₅/l Substrat wird dabei davon ausgegangen, dass die Nachdüngung mit Phosphor vollständig ausbleiben bzw. auf nur 10 mg P₂O₅/Liter Nährlösung reduziert werden kann. Werden dagegen niedrige Empfehlungen für die Grunddüngung von 30-50 mg P₂O₅/l Substrat gegeben, ist dies immer mit einer Empfehlung zur Nachdüngung mit 15-30 mg P₂O₅/Liter Nährlösung verknüpft.

Das bedeutet keine wesentliche Reduzierung der Phosphorgrunddüngung gegenüber der bisherigen Praxis. Aufgrund der unzureichenden Durchwurzelung zum Kulturstart sind auch aus Sicherheitsgründen 50 mg P₂O₅/l Substrat sinnvoll.

Wie bisher ist bei torfbasierten Substraten ohne wesentlichen Nährstoffeintrag aus den Substratbestandteilen eine Grunddüngung mit 0,5 bis maximal 2 g/l eines Mehrnährstoffdüngers mit sofort pflanzenverfügbaren Nährstoffen vorzunehmen. Meist kommen dabei Mehrnährstoffdünger 14+16+18, 12+14+24 oder 15+10+20 zum Einsatz. Das heißt, das N : P₂O₅ liegt anfangs bei 1 : 0,6 bis 1 : 1,2 und bietet damit eine sehr hohe Sicherheit für den Kulturstart und die Grundversorgung. Bei einer niedrigen Grunddüngung ist ein Mehrnährstoffdünger mit höherem Phosphoranteil zu wählen. Schon bei 1 g/l werden mit einem MND 15+10+20 jedoch 100 mg P₂O₅/l Substrat gedüngt, was

auch nach der teilweisen anfänglichen Phosphorfestlegung die mindestens 50 mg P_2O_5 (CAL)/ l bzw. 30 mg P_2O_5 (CAT)/ l im Substrat sicherstellt.

Bei torfreduzierten Substraten kann in der Regel auf eine Phosphorgrunddüngung verzichtet werden, da die verwendeten Rohstoffe (Komposte) das Minimum von 50 mg P_2O_5 (CAL)/ l bzw. 30 mg P_2O_5 (CAT)/ l im Substrat absichern oder weit übertreffen.

5.3 Phosphornachdüngung

Nach den im Abschnitt 2.12 zusammengefassten Versuchsergebnissen liegen die Empfehlungen für die Nachdüngung im Bereich von 0 bis 30 mg P_2O_5 /l Nährlösung.

Die Empfehlung für eine phosphorfreie Nachdüngung wurde immer dann ausgesprochen, wenn eine hohe Grunddüngung von 125-150 mg P_2O_5 /l Substrat vorlag bzw. durch Kompostanteile in torfreduzierten Substraten dieser Bereich deutlich überschritten war. Dabei spielte auch die Pflanzenart und deren Durchwurzelungsvermögen eine wesentliche Rolle. Vor dem Hintergrund, dass sich beispielsweise durch die Verwendung eines Gießwassers mit hoher Karbonathärte die Phosphorverfügbarkeit während der Kultur deutlich verschlechtern kann (siehe Abschnitt 4), ist jedoch ein vollständiges Aussetzen der Phosphornachdüngung aus Sicherheitsgründen nicht empfehlenswert.

Die Empfehlung für die Phosphornachdüngung lautet deshalb einen Mehrnährstoffdünger mit relativ niedrigen P-Gehalt einzusetzen. Das Verhältnis N : P_2O_5 sollte 1 : 0,2 bis 1 : 0,3 betragen. Da die Mehrnährstoffdünger in der Bewässerungsdüngung in der Regel mit 0,3 bis 1,0 g je Liter Nährlösung eingesetzt werden, bedeutet das eine Phosphorkonzentration in der Nährlösung von 15 bis 50 mg P_2O_5 /l. Die gleichen Mehrnährstoffdünger können auch bei einer diskontinuierlichen Nachdüngung eingesetzt werden. In der Regel liegt die Konzentration dann bei 0,5 bis 2,0 g je Liter Düngerlösung. Daraus ergeben sich Phosphorkonzentrationen in der Düngerlösung im Bereich von 25 bis 100 mg P_2O_5 /l.

Bisher stehen kaum Mehrnährstoffdünger mit einem N : P_2O_5 von 1 : 0,2 am Markt zur Verfügung. Eine deutliche Reduzierung des Phosphoreinsatzes in der Nachdüngung durch Einsatz von Mehrnährstoffdünger mit relativ niedrigem Phosphorgehalt ist jedoch schon jetzt möglich. Die Tabelle 13 enthält eine Auswahl dafür geeigneter Mehrnährstoffdünger.

Tabelle 13: Mehrenährstoffdünger mit relativ niedrigem P-Gehalt

Firma	Dünger	N+P ₂ O ₅ +K ₂ O	N : P ₂ O ₅
Planta http://www.plantafert.de/	Ferty 2 Blau	15+5+25	1 : 0,33
	Ferty MEGA 1	24+6+12	1 : 0,25
	EcoPhos 1	23+4+11	1 : 0,17
	EcoPhos 2	16+4+25	1 : 0,25
	EcoPhos 3	18+6+18	1 : 0,33
	EcoPhos 4	10+5+30	1 : 0,33
YARA www.yara.de	Kristalon azur	20+5+10	1 : 0,25
	Kristalon Weißmarke	15+5+30	1 : 0,33
ICL https://icl-sf.com/de-de/	Universol Grün	23+6+10	1 : 0,26
	Universol Orange	16+5+25	1 : 0,31
	Peters Professional Grow-Mix	21+7+10	1 : 0,33
	Peters Excel CalMag Grower	15+5+15	1 : 0,33
MANNA www.manna.de/profi	Manna LIN K spezial	19+5+25	1 : 0,26
	Manna LIN A spezial	24+5+11	1 : 0,21
	Manna LIN K weiß	15+5+25	1 : 0,33
	Manna LIN A grün	20+5+10	1 : 0,25
Gabi www.omya.com	Gabi Plus 5	13+3+7	1 : 0,23
COMPO www.compo-expert.de	Hakaphos Grün	20+5+10	1 : 0,25
	Hakaphos Soft Elite	24+6+12	1 : 0,25
	Hakaphos Soft GT	15+5+30	1 : 0,33
	Novatec Solub N-Max	19+5+5	1 : 0,26
Zusammenstellung ohne Anspruch auf Vollständigkeit!			

5.4 Mengensbilanzierte Phosphordüngung

Für viele Zierpflanzen ist der Stickstoffbedarf je Pflanze bzw. je Topf bekannt und wird zunehmend als Richtwert für die Düngungsbemessung verwendet (DALLMANN 2012). Eine detaillierte Übersicht zum N-Bedarf der verschiedenen Arten und Produktformen steht in RÖBER und SCHACHT 2008, Seite 412.

Das optimale N : P₂O₅-Verhältnis von 1 : 0,2 bis 1 : 0,3 kann auch hier zur Ermittlung der über die Düngung zuzuführende Phosphormenge verwendet werden. Werden beispielsweise bei Poinsettien für einen mittelgroßen Mehrtrieber 600 bis 700 mg N gedüngt, so sind gleichzeitig 120 bis 180 mg P₂O₅ zu verabreichen.

Hinsichtlich der Aufteilung der Gesamtmenge auf die Grund- und Nachdüngung sollte die Empfehlung von mindestens 50 (CAL) bzw. 30 (CAT) mg P₂O₅/l Substrat zum Kulturstart eingehalten werden. Ebenso ist zur Risikominimierung, auch bei sehr hohen Anfangsgehalten im Substrat, die den P-Bedarf theoretisch allein abdecken könnten, die Nachdüngung nicht vollständig auszusetzen.

5.5 Bewertung von Substratanalysen

Substratanalysen aller drei bis vier Kulturwochen sind ein bewährtes Mittel, Fehlentwicklungen im Nährstoffangebot entgegenzuwirken. Dies gilt auch für die Aussteuerung der Phosphordüngung. Zur Bewertung der Analyseergebnisse gelten folgende Richtwerte bzw. Regeln:

- zu Kulturbeginn 50 bis max. 200 (CAL) bzw. 30 bis max.150 (CAT) mg P₂O₅/l Substrat
- während der Kultur Abnahme möglich, jedoch nie unter 30 (CAL) bzw. 20 (CAT) mg P₂O₅/l Substrat
- Zunahme gegenüber dem Wert zum Kulturstart nicht sinnvoll

Übersteigt der Phosphatgehalt im Substrat zum Kulturbeginn den oben angegebenen Richtwert oder kommt es bei laufender Kultur zu einer deutlichen Zunahme des Phosphatgehaltes im Substrat, ist das Phosphorangebot zu reduzieren. Soweit nicht schon erfolgt, ist zu einem Mehrnährstoffdünger mit relativ niedrigem P-Gehalt zu wechseln. Ein weiterer Schritt kann der zeitweise Wechsel zu einem phosphorfreien NK- Dünger sein.

Droht der Phosphatgehalt im Substrat den unteren Grenzwert von 30 (CAL) bzw. 20 (CAT) mg P₂O₅/l zu erreichen, ist auf einen Mehrnährstoffdünger mit entsprechend höherem Phosphoranteil zu wechseln.

6 Einführung in die Praxis

Die Ergebnisse der zahlreichen Einzelversuche zur Optimierung der Phosphordüngung im Rahmen der Arbeitsgruppe „Phosphor im Zierpflanzenbau“ wurden laufend in den Versuchsberichten Zierpflanzenbau auf <https://www.hortigate.de> sowie in Fachzeitschriften veröffentlicht. Diese Ergebnisse sind in die Zusammenstellung der Einzelempfehlungen eingeflossen (Abschnitt 2.12) bzw. im Literaturverzeichnis aufgeführt.

Zusätzlich gab es in der Fachpresse fünf zusammenfassende Berichte über die Ziele und Ergebnisse der Arbeitsgruppe „Phosphor im Zierpflanzenbau“ sowie die Möglichkeiten und Grenzen der Reduzierung des Phosphoreinsatzes (WARTENBERG 2014a, DRESSLER 2015, WARTENBERG 2017c, WARTENBERG 2018, WARTENBERG 2018a).

Mit folgenden Vorträgen und Versuchsführungen wurde das Thema der Reduzierung des Phosphoreinsatzes mit Multiplikatoren und Entscheidern im Zierpflanzenbau kommuniziert:

Datum	Veranstaltung	Veranstalter	Thema
23.10.14	Fachtagung Cyclamen	LfULG, Ref. 82	Versuchsführung Phosphorreduzierung bei Cyclamen und Poinsettien
10.02.15	Koordinierungstagung Zierpflanzenbauversuche	VdLK	Bericht aus der Arbeitsgruppe Phosphorernährung: Gemeinschaftsversuch 2014: Ermittlung des Phosphorbedarfs von Neuguinea-Impatiens
10.11.15	Fachtagung Poinsettien	LfULG, Ref. 82	Versuchsführung Reduzierung des Phosphoreinsatzes bei Poinsettien und Cyclame
10.05.16	Bundesweite Beratertagung Zierpflanzenbau 2016	ZVG, VdLK	Reduzierung des Phosphoreinsatzes im Zierpflanzenbau - Ergebnisse einer bundesweiten Arbeitsgruppe

19.10.16	Fachtagung Cyclamen	LfULG, Ref. 82	Durch verbesserte Phosphordüngung zu früherer Blüte
09./10.11.16	Fachtagung: Phosphor im Zierpflanzenbau am 9./10.11.2016	LfULG, Ref. 82; AG „Phosphor im Zierpflanzenbau“	div. Themen, siehe https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/42772.htm
14.11.17	Fachtagung Poinsettien	LfULG, Ref. 82	Neue Richtwerte zur Phosphordüngung bei Poinsettien und anderen Kulturen

Herausragende Bedeutung kommt der Fachtagung „Phosphor im Zierpflanzenbau“ am 9./10. November 2016 in Dresden-Pillnitz zu. Die Vorträge der Mitglieder der Arbeitsgruppe „Phosphor im Zierpflanzenbau“, unterstützt durch weitere Experten aus der Forschung und Verwaltung boten einen guten Überblick zum Stand des Wissens sowie der rechtlichen Situation. Durch die Beteiligung von Gärtnern, Beratern, Hoch- und Fachschullehrern sowie Vertretern der Düngemittel- und Substratindustrie wurden der Sachstand und die Vorschläge für neue Richtwerte fachkundig diskutiert. Die Veranstaltungsnachlese einschließlich der Vortragsfolien zur dieser Fachtagung steht unter <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/42772.htm> (vom 22.12.2017).

Zusammenfassendes Ergebnis der Arbeitsgruppe „Phosphor im Zierpflanzenbau“ war die im April 2017 herausgegebene Praxisempfehlung „Neue Richtwerte für den Phosphoreinsatz im Zierpflanzenbau“ mit abgestimmten einheitlichen Empfehlungen für die Praxis (siehe Anlage).

Durch die ständige Kommunikation der Problematik mit der Düngemittelindustrie wurden phosphorreduzierte Mehrnährstoffdünger entwickelt und an den Markt gebracht. Dies erhöht die Chancen der Einführung der neuen Richtwerte für einen reduzierten und pflanzenbaulich optimierten Phosphoreinsatz im Zierpflanzenbau wesentlich. Dass die neuen phosphorreduzierten Mehrnährstoffdünger gleichzeitig kostengünstig sind, beschleunigt deren Einführung zusätzlich.

7 Fazit

Zu den im Abschnitt 1.2 formulierten Zielstellungen ist zusammenfassend festzustellen:

Reduzierung des Phosphoreinsatzes

Die neuen Empfehlungen für eine bedarfsorientierte Phosphordüngung ermöglichen die Reduzierung des Phosphoreinsatzes gegenüber der bisherigen Praxis auf die Hälfte bis ein Drittel. Damit wurde die Zielstellung einer Reduzierung des Phosphoreinsatzes um mindestens 30 % erreicht bzw. übertroffen.

Die in zahlreichen Kulturversuchen ermittelten und bestätigten neuen Empfehlungen für die reduzierte Phosphordüngung bieten Sicherheit. Sowohl die Kulturdauer als auch die Pflanzenqualität werden nicht beeinträchtigt.

Die neuen Empfehlungen bieten auch eine ausreichende Sicherheit gegenüber Störungen der Phosphorverfügbarkeit wie sie durch andere Komponenten der Kultursysteme auftreten können. Dies trifft sowohl für extra Kalk- oder Tonzuschläge zum Substrat, eine höhere Karbonathärte des Gießwassers oder Maßnahmen zur Eisendüngung zu.

Durch die Festlegung des Richtwertes für die Phosphordüngung als Verhältnis zu den andern Hauptnährstoffen, insbesondere zum Leitnährstoff Stickstoff wurde eine allgemeine Lösung erarbeitet, die universell anwendbar ist: universell anwendbar im Sinne der Gültigkeit für ein breites Spektrum an Pflanzenarten, für alle Produktgrößen;

universell anwendbar aber auch im Sinne einer einfachen Handhabung in der Praxis durch Auswahl von Mehrnährstoffdüngern mit entsprechend niedrigem Phosphorgehalt.

Die differenziert Empfehlung für die Grund- und Nachdüngung berücksichtigt die Bedeutung des Wurzelsystems bei der Erschließung der Phosphorvorräte im Substrat und damit auch die zeitliche Komponente des Phosphorbedarfs.

Nutzung von Kreislauf-Phosphordüngern

Eine breite Palette an Kreislauf-Phosphordüngern befindet sich derzeit noch in der Forschung und Entwicklung. Bisher stehen keine standardisierten Produkte in entsprechend größeren Mengen für eine gartenbauliche Anwendung zur Verfügung.

Im Zierpflanzenbau bieten torf reduzierte Substrate durch Kompostanteile gute Möglichkeiten zur Nutzung von Recycling-Nährstoffen aus Komposten. Erste Produkte sind in kleineren Mengen am Markt und grundsätzlich geeignet. In den Versuchen im Rahmen dieses Projektes wurden entsprechende Ergebnisse erzielt, aber auch weiterer Handlungsbedarf sichtbar. Die hohe biologische Aktivität und die damit verbundene Dynamik der Pflanzenverfügbarkeit des Phosphors verursachen Unsicherheiten und erfordern hohe Sicherheitszuschläge bei der P-Nachdüngung. Es besteht weiterer Forschungsbedarf, dem beispielsweise an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, der LVG Hannover-Ahlem und auch in der Substratindustrie nachgegangen wird.

Hauptproblem für eine breite Einführung torf reduzierter oder torffreier Substrate ist nach wie vor das Fehlen eines kostengünstigen Torfersatzstoffes mit entsprechenden Eigenschaften in großen, homogenen Mengen.

Einführung in die Praxis

Im Rahmen der Zusammenarbeit in der Arbeitsgruppe „Phosphor im Zierpflanzenbau“ und dieses Projektes wurde eine bereits Reihe an Maßnahmen zum Ergebnistransfer realisiert (siehe Abschnitt 6). Die Einführung in die gärtnerische Praxis bleibt für die nächsten Jahre eine Aufgabe für Versuche und Demonstrationen, bei der Überarbeitung von Lehrmaterial für alle beruflichen Bildungsstufen, für die Düngemittelindustrie bei der Entwicklung und Markteinführung neuer P-reduzierter Dünger, für die Kulturberatung in den Gartenbaubetrieben... Unterstützung wird dabei der weitere Anstieg der Preise für mineralische Phosphordünger leisten.

Literaturverzeichnis

- AMBERGER-OCHSENBAUER, SUSANNE (2016): Aktuelle Versuchsergebnisse zum Phosphatbedarf von Phalaenopsis. Vortrag zur Fachtagung "Phosphor im Zierpflanzenbau" Dresden 9./10. November 2016, (https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/02P_Phalaenopsis_Amberger.pdfvom22.12.2017)
- AMBERGER-OCHSENBAUER, SUSANNE; HEIDRICH, ENRICO; ROTH, NADINE und MEINKEN, ELKE (2006): Kaum Einfluss von Phosphat auf Blütenbildung und Wachstum von *Impatiens walleriana*. In Versuche im deutschen Gartenbau - Zierpflanzenbau 2006 (<https://www.hortigate.de/bericht?nr=30982> vom 22.12.2017)
- ANONYM (2003): Verordnung (EG) Nr. 2003/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über Düngemittel. ABl. L 304 vom 21.11.2003, S. 1
- ANONYM (2009): DüngG - Düngegesetz vom 9. Januar 2009 (BGBl. I S. 54, 136), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1068)
- ANONYM (2012): DüMV - Düngemittelverordnung vom 5. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2482), zuletzt geändert durch Artikel 3 der Verordnung vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305)
- ANONYM (2017): DüV - Düngeverordnung vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305)"
- BARKER, A. V.; PILBEAM, D. J (2008): Handbook of Plant Nutrition. CRC Press 2008, pages 63-67
- DALLMANN, MARGRET (2012): Mengenkonzentration Düngung Zierpflanzenbau, Schriftenreihe des LfULG, Heft 15/2012
- DEGEN, BARBARA; KOCH, ROBERT (2015): Phosphorangebot kann auch bei Cyclamen reduziert werden. In Versuche im deutschen Gartenbau Zierpflanzenbau 2015
- DEGEN, BARBARA; KOCH, ROBERT (2017): Phosphorangebot kann auch bei *Viola wittrockiana* reduziert werden. In Versuche im deutschen Gartenbau Zierpflanzenbau 2017
- DITTRICH, BARBARA; KLOSE, RALF (2008): Bestimmung und Bewertung von Schwermetallen in Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen und Kultursubstraten. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 3/2008
- DRESSLER, HEINRICH (2015): Phosphor-Düngung: Weniger ist mehr. In TASPO Nr. 46/2015 vom 13.11.2015 S. 13
- EMMEL, MICHAEL (2005): Bewässerungsdüngung mit 0,8 % eines phosphatreduzierten Düngers führte zu optimal ernährten Elatior-Begonien. In Versuche im deutschen Gartenbau Zierpflanzenbau 2005
- EMMEL, MICHAEL (2010): Phosphatdüngung bei Helleborus – weniger ist mehr. In TASPO Nr. 25/2010
- FELDMANN, RUDOLF (2015a): P-Startdüngung bei Poinsettien. In Gärtnerbörse 5/2015, S. 46-50
- FELDMANN, RUDOLF (2015b): P-Starter: Vorteile nur bei sehr niedriger Grunddüngung. In Gärtnerbörse 11/2015, S. 50-53
- GILLESPIE, JOHN B.; THOMAS, MICHAEL B. (1983): Influence of Nitrogen, Phosphorus, Potassium and Lime on Growth and Flowering of potted Cyclamen. In Combined proceedings - International Plant Propagators' Society 1983, p. 383-389
- GRANTZAU, ERICH (1996): Poinsettien mögen Phosphat. in DeGa 32/1996, S. 1752-1754
- GRANTZAU, ERICH; EMMEL, MICHAEL (2004): Der Phosphatgehalt in der Nährlösung kann bei Begonien, Poinsettien und Pelargonien deutlich reduziert werden. In Versuche im deutschen Gartenbau Zierpflanzenbau 2004, Nummer 002

- HAAS, HANS PETER; KOHLRAUSCH, FRANZISKA und HAUSER, BERNHARD (2017): Biologische Düngung bei Cyclamen. In Versuche im deutschen Gartenbau Zierpflanzenbau 2007
- HENDRIKS, LUDGER; SCHARPF HANS CHRISTOPH (1990): Ernährungs-Paß für Zierpflanzen. in Deutscher Gartenbau 48/1990, Seite 3052-3056
- KHANDAN-MIRKOHL, AZIZOLLAH; SCHENK, MANFRED K. (2009): Phosphorus efficiency of ornamental plants in peat substrates. In J. Plant Nutr. Soil Sci 2009, 172, p. 369-377
- KOCH, ROBERT; DEGEN, BARBARA (2015): Phosphoreinsatz lässt sich auch bei Cyclamen verringern. In Gärtnerbörse November 2015, Seite 42-44
- KOCH, ROBERT; DEGEN, BARBARA (2017): Die Phosphordüngung lässt sich auch bei Violen reduzieren. In Gärtnerbörse Juli 2017, Seite 52-54
- KRATZ, SYLVIA; SCHICK, JUDITH; SCHNUG, EWALD (2016): Trace elements in rock phosphates and P containing mineral and organo-mineral fertilizers sold in Germany. In Science of The Total Environment, Vol. 542, Part B, 15 January 2016, pages 1013-1019
- KRATZ, SYLVIA; SCHNUG, EWALD (2005): Schwermetalle in P-Düngern. In HANEKLAUS, S.; RIETZ, R.-M.; ROGASIK, J; SCHROETTER, S. (Hrsg.): Recent advances in agricultural chemistry. Landbauforschung Völkenrode, Special Issue 286, 2005, S. 37-46
- MEINKEN, ELKE (2016): Organische Phosphorquellen bei Topfkulturen. Vortrag zur Tagung „Phosphor im Zierpflanzenbau am 10. November 2016 in Dresden-Pillnitz (https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/13_organische_Phosphorquellen_Meinken.pdf download vom 22.12.2017)
- MEINKEN, ELKE; AMBERGER-OCHSENBAUER, SUSANNE; MOLITOR, HEINZ-DIETER; EMMEL, MICHAEL; DEGEN, BARBARA; KOCH, ROBERT; FELDMANN, RUDOLF; WARTENBERG, STEPHAN (2015): Im Fokus: reduzierter Phosphoreinsatz bei Impatiens Neu-Guinea. in Gärtnerbörse 11/2015, S. 54-56
- MIDDELBURG, ARIE-FRANS (2006): Minder fosfaat nodig in cycloam. in Vakblad voor de Bloemisterij 20 (2006), p. 51
- MOLITOR, HEINZ-DIETER; FISCHER, MANFRED (2014): Düngung von Poinsettien – Wie viel Phosphor muss sein? In Gärtnerbörse 8/2014, S. 50-52
- MOLITOR, HEINZ-DIETER; FISCHER, MANFRED (2015): Düngung von Poinsettien: Weniger Phosphor ist möglich. In Gärtnerbörse November 2015, S. 45-49
- MOLITOR, HEINZ-DIETER; STRECKE-EHLERS, DÖRTE (2016): Induzierter Eisenmangel bei Citrus durch P-Überschuss. Vortrag zur Fachtagung "Phosphor im Zierpflanzenbau" Dresden 9./10. November 2016, (https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/08P_Citrus_Molitor.pdf vom 22.12.2017)
- MUSKOLUS, ANDREAS; WILKEN, VERENA (2016): Recyclingdünger und deren Phosphorverfügbarkeiten. Vortrag zur Tagung „Phosphor im Zierpflanzenbau am 10. November 2016 in Dresden-Pillnitz (https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/12_Recyclingduenger_Muskolus.pdf download vom 22.12.2017)
- RICHTER, MARKUS (2011): Phosphat-Düngung und Blattflecken bei Helleborus niger L.. Vortrag auf der 47. Gartenbauwissenschaftlichen Jahrestagung am 23.02 bis 26.02.2011 in Hannover. BGHL-Schriftenreihe, Band 28, BHGL, Berlin, S.16
- RÖBER, ROLF; SCHACHT, HENNING (Hrsg.) (2008): Pflanzenernährung im Gartenbau. Ulmer Verlag Stuttgart 2008
- SCHALLER, KLAUS (2008): Der Boden als Standort der Pflanzen. In RÖBER und SCHACHT 2008 S. 15-58

- UEBER, ELKE (2017): Reduzierte Phosphat-Düngung bei Callunen geprüft. In Gärtnerbörse September 2017, Seite 68-70
- VARINOVA BB (2006): In cooperation with Scotts, Tref Ego and BLGG, DLV Potplants has started up a trial to observe the effect of Phosphate to the growth, development and flowering of Cyclamen.
<http://varinova.com/engels/fosfaat%20proef%20verlagen/Eindrapport%20fosfaatproef%20mbt%20GLAMI%20norm%2020%20mrt%202006.pdf>
- VDLUFA (2018): Das VDLUFA-Methodenbuch. <http://www.vdlufa.de/Methodenbuch/index.php?lang=de> download vom 19.03.2018
- WARTENBERG, STEPHAN (2014): Mengenzbilanzierte Düngung bei Poinsettien auch für Phosphor möglich. In Versuche im deutschen Gartenbau Zierpflanzenbau 2014
- WARTENBERG, STEPHAN (2014a): Phosphor im Zierpflanzenbau steht jetzt auf dem Prüfstand. In Gärtnerbörse August 2014, S. 48-49
- WARTENBERG, STEPHAN (2015): Screening samenvermehrte Beet- und Balkonpflanzen auf Verträglichkeit von niedrigen Phosphorangeboten. In Versuche im deutschen Gartenbau Zierpflanzenbau 2015
- WARTENBERG, STEPHAN (2015a): Reduzierung des Phosphoreinsatzes bei Topfnelken möglich. In Versuche im deutschen Gartenbau Zierpflanzenbau 2015
- WARTENBERG, STEPHAN (2015b): Mengenzbilanzierte Phosphor-Düngung von Poinsettien. In Gärtnerbörse Mai 2015, Seite 51-53
- WARTENBERG, STEPHAN (2016): Risiken und Nebenwirkungen bei einer Reduzierung der Phosphordüngung. Vortrag zur Tagung „Phosphor im Zierpflanzenbau“ am 09.11.2016 in Dresden-Pillnitz;
https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/09PhosphorRisiken_StW.pdf download vom 22.12.2017
- WARTENBERG, STEPHAN (2017): Phosphordüngung und pH-Wert bei Angelonien. In Versuche im deutschen Gartenbau Zierpflanzenbau 2017
- WARTENBERG, STEPHAN (2017a): Bei der Nachdüngung von Cyclamen in torf reduzierten Substraten ist ein reduziertes Phosphorangebot sinnvoll. In Versuche im deutschen Gartenbau Zierpflanzenbau 2017
- WARTENBERG, STEPHAN (2017b): Cyclamen und Phosphor. In Gärtnerbörse Dezember 2017, S. 61-67
- WARTENBERG, STEPHAN (2017c): Reduzierung des Phosphoreinsatzes im Zierpflanzenbau möglich. In der gartenbau. Das Schweizer Fachmagazin. 1/2017, S. 30-32
- WARTENBERG, STEPHAN (2018): Poinsettien und andere Kulturen – Neue Richtwerte zur Phosphordüngung. In gartenbauprofi – Monatsschrift für Obst, Gemüse und Zierpflanzen 1/2018, S. 50-51
- WARTENBERG, STEPHAN (2018a): Arbeitsgruppe Phosphor: Bedarfsorientierte P-Düngung. In Gärtnerbörse März 2018, S. 66-69
- WARTENBERG, STEPHAN; DALLMANN, MARGRET (2016): Mengenzbilanzierte Düngung für Phosphor bei Minicyclamen möglich. In Versuche im deutschen Gartenbau Zierpflanzenbau 2016
- WARTENBERG, STEPHAN; DALLMANN, MARGRET (2016a): In torf reduzierten Substraten sind Petunien auch ohne Phosphornachdüngung sehr gut kultivierbar. In Versuche im deutschen Gartenbau Zierpflanzenbau 2016
- WARTENBERG, STEPHAN; DALLMANN, MARGRET (2016b): Screening samenvermehrte Beet- und Balkonpflanzen auf Verträglichkeit von niedrigen Phosphorangeboten. In Versuche im deutschen Gartenbau Zierpflanzenbau 2016

- WARTENBERG, STEPHAN; DALLMANN, MARGRET (2017): Bei Hortensien in torfreduzierten Substraten mit N-Vollbevorratung zum Kulturstart ist keine Nachdüngung während der Freilandphase erforderlich. In Versuche im deutschen Gartenbau Zierpflanzenbau 2017
- WARTENBERG, STEPHAN; KÜHNE, KARL (2017): N-Vollbevorratung bei Topfprimeln in torfreduzierten Substraten möglich. In Versuche im deutschen Gartenbau, Zierpflanzenbau 2017
- ZHANG, DONGLIN; MORAN, RENAE E.; STACK, LOIS B. (2004): Effect of Phosphorus Fertilization on Growth and Flowering of *Scaevola aemula* R. Br. 'New Wonder'. in HortScience 39 (7) 2004, p. 1728-1731
- ZORN, WILFRIED; MARKS, GERHARD; HEß, HUBERT und BERGMANN, WERNER (2016): Handbuch zur visuellen Diagnose von Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. 3. Ausgabe, Springer Spektrum 2016, S. 47

Praxisempfehlung

Neue Richtwerte für den Phosphoreinsatz im Zierpflanzenbau

Seit 2013 arbeitet ein bundesweiter Arbeitskreis an der Aktualisierung der Richtwerte für die Phosphordüngung im Zierpflanzenbau. Anlässe dafür waren die wachsenden Aufwendungen und damit auch Kosten für hochwertige Phosphordünger, Umweltaspekte aber auch der traditionell hohe Phosphoreinsatz im Zierpflanzenbau. Oft führten die bisherigen Düngungsverfahren den Zierpflanzen Stickstoff und Phosphor (als P_2O_5) im Verhältnis von 1 : 0,5 bis 1 : 0,7 zu. In der Trockensubstanz gut ernährter Pflanzen liegt das Verhältnis von N : P_2O_5 jedoch meist bei nur 1 : 0,15 bis 1 : 0,25. Durch gemeinsame Versuchsreihen und viele Einzelversuche der beteiligten Einrichtungen konnte gezeigt werden, dass eine deutliche Reduzierung des Phosphoreinsatzes risikolos möglich ist.

Die nachfolgenden neuen Richtwerte für die Grund-, Vorrats- und Nachdüngung berücksichtigen die im Rahmen normaler Kulturbedingungen möglichen Beeinträchtigungen der Pflanzenverfügbarkeit des Phosphors durch spezielle Substratbestandteile, andere Kulturmaßnahmen oder die Wasserhärte. Im Verhältnis der P-Grund- und -Nachdüngung wird die zu Kulturanfang noch eingeschränkte Erreichbarkeit des Phosphors im Substrat berücksichtigt.

Die Anbindung des Phosphorangebotes an das Stickstoffangebot ist nicht nur pflanzenbaulich sinnvoll. Die Düngung des Leitnährstoffs Stickstoff wird in vielen Gartenbaubetrieben präzise gemanagt. Die Orientierung auf neue N : P_2O_5 -Verhältnisse vereinfacht die Handhabbarkeit einer modernen, reduzierten Phosphordüngung wesentlich. Generell ist ein N : P_2O_5 -Verhältnis von 1 : 0,2 bis 1 : 0,3 anzustreben. Was das für die verschiedenen Düngungsverfahren bedeutet, ist umseitig dargestellt.

 	Stephan Wartenberg stephan.wartenberg@smul.sachsen.de
	Prof. Dr. Elke Meinken elke.meinken@hswt.de Dr. Susanne Amberger-Ochsenbauer susanne.amberger@hswt.de
	Dr. Heinz-Dieter Molitor heinz-dieter.molitor@hs-gm.de
	Barbara Degen barbara.degen@lv.g.bwl.de Robert Koch robert.koch@lv.g.bwl.de
	Michael Emmel michael.emmel@lwk-niedersachsen.de Dr. Elke Ueber elke.ueber@LWK-Niedersachsen.de
 Staatsschule für Gartenbau Stuttgart-Hohenheim	Rudolf Feldmann rudolf.feldmann@sfg.bwl.de
	Prof. Dr. Eva Rietze rietze@htw-dresden.de

Düngungsrichtwerte

Grunddüngung des Substrates (sofort pflanzenverfügbare Nährstoffe)		
N : P ₂ O ₅ 1 : 0,6 bis 1 : 1,2	50 bis 200 mg P ₂ O ₅ /l Substrat	weiter wie bisher 0,5 bis 1 g/l eines Mehrnährstoffdüngers z. B. 15+10+20, 12+14+24 oder 14+16+18 Nährstoffe aus Substratbestandteilen sind zu berücksichtigen!
Langzeitdüngung, Depotdüngung (Nährstofffreisetzung während der Kultur)		
N : P ₂ O ₅ 1 : 0,2 bis 1 : 0,3		derzeit keine entsprechenden umhüllten Depotdünger, nur Langzeitdünger wie Osmoform NXT 22+5+11 u. ä.
Nachdüngung, Bewässerungsdüngung		
N : P ₂ O ₅ 1 : 0,2 bis 1 : 0,3	15 bis 50 mg P ₂ O ₅ /l Düngerlösung	Nutzung eines Mehrnährstoffdüngers mit relativ niedrigem P-Gehalt (z. B. siehe Tabelle unten) mit 0,3 bis 1,0 g/l Düngerlösung
Nachdüngung, diskontinuierlich		
N : P ₂ O ₅ 1 : 0,2 bis 1 : 0,3	25 bis 100 mg P ₂ O ₅ /l Düngerlösung	Nutzung eines Mehrnährstoffdüngers mit relativ niedrigem P-Gehalt (z. B. siehe Tabelle unten) mit 0,5 bis 2,0 g/l Düngerlösung im Wechsel mit Bewässerung ohne Düngung

Mehrnährstoffdünger mit relativ niedrigem P-Gehalt

Firma	Dünger	N+P ₂ O ₅ +K ₂ O	N : P ₂ O ₅
Planta www.plantafert.de	Ferty 2 Blau	15+5+25	1 : 0,33
	Ferty MEGA 1	24+6+12	1 : 0,25
	EcoPhos 1	23+4+11	1 : 0,17
	EcoPhos 2	16+4+25	1 : 0,25
	EcoPhos 3	18+6+18	1 : 0,33
	EcoPhos 4	10+5+30	1 : 0,33
YARA www.yara.de	Kristalon azur	20+5+10	1 : 0,25
	Kristalon Weißmarke	15+5+30	1 : 0,33
ICL www.icl-sf.com/de	Universol Grün	23+6+10	1 : 0,26
	Universol Orange	16+5+25	1 : 0,31
	Peters Professional Grow-Mix	21+7+10	1 : 0,33
	Peters Excel CalMag Grower	15+5+15	1 : 0,33
MANNA www.manna.de/profi	Manna LIN K spezial	19+5+25	1 : 0,26
	Manna LIN A spezial	24+5+11	1 : 0,21
	Manna LIN K weiß	15+5+25	1 : 0,33
	Manna LIN A grün	20+5+10	1 : 0,25
Gabi www.omya.com	Gabi Plus 5	13+3+7	1 : 0,23
COMPO www.compo-expert.de	Hakaphos Grün	20+5+10	1 : 0,25
	Hakaphos Soft Elite	24+6+12	1 : 0,25
	Hakaphos Soft GT	15+5+30	1 : 0,33
	Novatec Solub N-Max	19+5+5	1 : 0,26
Zusammenstellung ohne Anspruch auf Vollständigkeit!			

Bewertung von Substratanalysen

- anzustreben zu Kulturbeginn: 50 bis 200 (CAL) bzw. 30 bis 150 (CAT) mg P₂O₅/l Substrat
- während der Kultur Abnahme möglich, jedoch nie unter 30 (CAL) bzw. 20 (CAT) mg P₂O₅/l Substrat
- Zunahme gegenüber dem Wert zum Kulturstart nicht sinnvoll

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: + 49 351 2612-0
Telefax: + 49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de/lfulg

Autor:

Stephan Wartenberg
Abteilung Gartenbau / Referat Zierpflanzenbau
Lohmener Str. 10, 01326 Dresden
Telefon: + 49 351 2612-8200
Telefax: + 49 351 2612-8099
E-Mail: stephan.wartenberg@smul.sachsen.de

Redaktion:

Stephan Wartenberg
Abteilung Gartenbau / Referat Zierpflanzenbau
Lohmener Straße 10, 01326 Dresden
Telefon: + 49 351 2612-8200
Telefax: + 49 351 2612-8099
E-Mail: stephan.wartenberg@smul.sachsen.de

Fotos:

Margret Dallmann, LfULG; Karl Kühne

Redaktionsschluss:

30.03.2018

ISSN:

1867-2868

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/30594> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.