

Verbesserung der Eigenschaften von Vegetationstragschichten für Gebrauchsrasen durch Terra Preta

Kramer, J., P.G. Lawson, M. Thieme-Hack und W. Prämaßing

Zusammenfassung

Anhand eines 12,5-wöchigen Freiland-Gefäßversuchs wurde die Wirkung eines Terra Preta-Substrats auf die Morphologie von Gräsern einer Saatgutmischung nach RSM RASEN 2.3 Gebrauchsrasen – Spielrasen untersucht. Es wurden Vegetationstragschichten aus herkömmlichem Oberboden (leh-miger Sand) und unterschiedlich hohen Terra Preta-Substrat-Gehalten hergestellt und mit einer Vergleichsgruppe aus mineralisch gedüngtem Oberboden mit den gleichen Nährstoffgehalten der Terra Preta-Substrat-Varianten sowie einer nicht gedüngten Kontrolle verglichen. Überprüft wurden verschiedene Parameter in Anlehnung an die Richtlinie für die Anbauprüfung auf Rasennutzung des BUNDESSORTENAMTES (2015). Varianten mit Terra Preta-Substrat zeigten stärkere Wuchsleistungen, höhere Narbendichten und höhere Unkrautfreiheiten. Außerdem führte das Terra Preta-Substrat zu einer Steigerung der Wasserinfiltrationsrate. Da sich eine starke Wuchsleistung durch kürzere Mähintervalle negativ auf den Unterhaltungsaufwand von Rasenflächen auswirkt, kann jedoch nicht pauschalisiert zum Einbau von hohem Terra Preta-Gehalten in Vegetationstragschichten von Gebrauchsrasenflächen geraten werden. Eine Zumischung von 15 Vol.-% Terra Preta zeigte ein gutes Gesamtergebnis bei Mehraufwand durch etwas kürzere Mähintervalle.

Summary

Outdoor tests according to RSM Lawn 2.3 utility lawn were made during twelve and a half weeks to determine the effect of a Terra Preta substrate on the morphology of different grasses in a seed mixture. For this purpose the vegetation layers from a conventional topsoil (out of loamy sand) but with different high levels of Terra Petra substrate were compared to a control group fertilised with mineral fertilisers with the same level of nutritive substances as the varieties with the Terra Petra substrate. These groups were then compared to another group without any fertilisers. Later on different parameters were checked in accordance to the directives of the German Federal Office of Plant Varieties regarding the control of cultivation depending on the lawn utilisation. Variants enriched with Terra Preta substrate grow faster, had a higher turf density and less weeds. Furthermore, the Terra Preta substrate revealed a higher level of water infiltration. However, because of the necessity to cut the lawn more often due to its better growth, the expenses for its maintenance increased significantly. It is therefore not advisable to pour more Terra Preta substrate in the vegetation layers of utility lawns. It is possible to obtain a good result when adding 15 Vol.-% of Terra Petra even if it is necessary to reduce the intervals between the cuttings.

Résumé

Au cours d'un test fait en plein champ durant douze semaines et demie on a pu analyser les réactions d'un substrat de Terra Preta sur la morphologie des graminées d'un mélange de semences selon RSM gazon 2.3 pour gazons utilitaires. On a ensuite effectué deux contrôles: tout d'abord les couches arables porteuses de gazons contenant du sable limoneux et du substrat de Terra Preta dosé à différents taux ont été comparées à des couches porteuses de gazon amendées d'un engrais minéral ayant la même teneur en éléments nutritifs que les variantes contenant le substrat. Le deuxième contrôle a été fait sans apport d'engrais. On a par la suite vérifié différents paramètres suivant les directives de l'Office Communautaire des Variétés Agricoles concernant la culture des gazons utilitaires. Les variantes traitées avec le substrat de Terra Preta étaient d'une croissance surprenante, révélaient un gazon d'une densité plus importante et avaient beaucoup moins de mauvaises herbes. Le substrat de Terra Petra a par ailleurs mis à jour des taux d'infiltration d'eau croissants. Il nous est toutefois impossible de conseiller un apport automatique plus élevé de substrat de Terra Petra dans les couches porteuses de gazon car les coûts d'entretien des surfaces gazonnées ont beaucoup augmenté étant donné la croissance accélérée du gazon, ce qui nécessite des fauches plus fréquentes.

Einführung

Das Treibhausgas CO₂ gilt als mitverantwortlich für den herrschenden Klimawandel. Politische Bestrebungen zielen deshalb darauf ab, die globale Erwärmung durch eine Reduktion des Kohlenstoffgehalts der Atmosphäre zu verringern (WWW.BUNDESREGIERUNG.DE). Dies kann zum einen infolge einer Verringerung der Emissionen durch ein verändertes Handeln oder durch Entziehung von Kohlenstoff aus der Atmosphäre (C-Sequestrierung) geschehen. Der im Amazonasbecken verbreitete Terra Preta-Boden besitzt sehr hohe Kohlenstoffgehalte durch eine anthropogene Anreicherung mit Pflanzenkohle und ist sehr fruchtbar – u. a. mit dreimal mehr Phosphor und siebzigmals mehr Kohlenstoff als in umliegenden Böden (GLASER 2006). Durch den hohen Pflanzenkohlegehalt und die damit in Zusammenhang stehenden bestimmten bodenphysikalischen und -chemischen Prozesse – die noch nicht vollends erforscht sind – stellt Terra Preta einen dauerhaften Nährstoffspeicher dar. Bei kommerziell vermarkteten Terra Preta-Substraten handelt es sich im Grunde um pflanzenkohlehaltige Kompost-Substrate, deren Hersteller damit werben, den Konsumenten das Düngen ersparen zu können. Aufgrund hoher Kohlenstoffgehalte, infolge der enthaltenen und durch Verkohlung von Pflanzenteilen entstandenen Pflanzenkohle, bietet sich durch die Verwendung von Terra Preta-Substraten zudem die Möglichkeit der langfristigen C-Sequestrierung in Böden. Die vielen Rasenflächen in privaten und öffentlichen Grünanlagen in Deutschland stellen potenzielle Einsatzorte von Terra Preta-Substraten dar. Somit stellt sich die Frage, ob Terra Preta-Substrate in einem nachhaltigen Rasenmanagement eine Rolle spielen können.

Da wissenschaftliche Erkenntnisse über die Gebrauchsrasenkultur mit Terra Preta-Substraten bisher nicht vorliegen, sollte im Rahmen eines Versuchs geklärt werden, ob Terra Preta-Substrate für den Einsatz in der Gebrauchsrasenkultur geeignet sein könnten. Es werden in diesem Bericht die Ergebnisse eines Freiland-Gefäßversuchs dargestellt.

Die durch ein Terra Preta-Substrat veränderten Bedingungen wurden anhand folgender Parameter ermittelt, welche größtenteils in Anlehnung an die „Prüfung auf Gebrauchsraseneignung“ der „Richtlinie für die Anbauprüfung auf

Rasennutzung“ des BUNDESSORTENAMTES (2015) selektiert wurden: Narbendichte, Wachstumsrate (Längenwachstum, Frischmasse (FM) und Trockenmasse (TM)), Unkrautaufkommen und Wasserinfiltrationsrate (DIN).

Material und Methode

Der Versuch wurde auf dem Gelände der Hochschule Osnabrück (Campus Haste) über einen Zeitraum von 12,5 Wochen vom 14.7.2016-10.10.2016 durchgeführt. Er bestand aus neun Varianten mit je drei Wiederholungen, einfaktoriel als vollständig randomisierte Anlage (Tabelle 1 und Foto 1).

Variante	Faktor
1	100 Vol.-% OB, ungedüngt
2	100 Vol.-% OB, 5 % gedüngt
3	100 Vol.-% OB, 15 % gedüngt
4	100 Vol.-% OB, 25 % gedüngt
5	100 Vol.-% OB, 35 % gedüngt
6	95 Vol.-% OB, 5 Vol.-% TP
7	85 Vol.-% OB, 15 Vol.-% TP
8	75 Vol.-% OB, 25 Vol.-% TP
9	65 Vol.-% OB, 35 Vol.-% TP

Tab. 1: Varianten (OB: Oberboden; TP: Terra Preta-Substrat).



Foto 1: Versuchsanlage Gefäßversuch.

Die Varianten 1-5 besitzen Vegetationstragschichten aus 100 Vol.-% gesiebttem Oberboden (lehmgiger Sand). Variante 1 stellt die ungedüngte Vergleichsgruppe dar, während die Varianten 2-5 identisch zu den Nährstoffgehalten der Varianten 6-9 durch Gaben von Mineraldünger äquivalent zu den Nährstoffgehalten der Terra Preta-Substrat-Varianten aufgedüngt wurden. In den Varianten 6-9 wurde dem Oberboden ein Terra Preta-Substrat in Volumenanteilen von 5-35 % zugeschlagen. Der Volumenanteil des Oberbodens an den Gesamtvolumina der Vegetations-

tragschichten lag bei diesen Varianten dementsprechend bei 65-95 %. Das Vegetationstragschichtgemisch wurde jeweils mittels eines Betonmischers homogenisiert. Der Versuch bestand aus insgesamt 27 Einzelgefäßen (Innenmaße: 37 x 27 x 16,5 cm; Boden gelocht), worin Vegetationstragschichten (Gesamtvolumen: 11 Liter) aus Oberboden (Varianten 1-5) und Oberboden + Terra Preta-Substrat (Varianten 6-9) über einer Drainage-Schicht aus 6 Liter Sand (0/3) eingebaut wurden. Tabelle 2 zeigt die Zusammensetzung des verwendeten Terra Preta-Substrats.

Bestandteil	Menge
Bims-Sand	15 Vol.-%
Lava-Sand	15 Vol.-%
Grünschnittkompost	60 Vol.-%
Pflanzenkohle + Mikroorganismen	10 Vol.-%

Tab. 2: Inhaltsstoffe des verwendeten Terra Preta-Substrates.

Zur Quantifizierung der für die Varianten 6-9 durchzuführenden Düngergaben erfolgte eine labortechnische Ermittlung der Nährstoffgehalte von Oberboden und Terra Preta-Substrat. Zur Berechnung der Düngergaben wurden die Gehalte von Stickstoff (N), Phosphat (P₂O₅), Kalium (K₂O) und Magnesium (Mg) herangezogen. Aus den Differenzen der Nährstoffgehalte ergaben sich zunächst die zu düngenden Rein-Nährstoffmengen pro Liter, welche nötig wären, um den Oberboden zu 100 % mit dem Nährstoffgehalt des Terra Preta-Substrats zu versorgen (Tabelle 3). Diese Größe war jedoch lediglich für die Auswahl geeigneter Düngemittel und nötiger Düngemengen je gedüngter Variante relevant.

Gedüngt wurde schließlich mit einem mineralischen Langzeitdünger mit einem Nährstoffverhältnis von 16+7+15(+2+9), der nach Herstellerangaben eine Wirkdauer bis max. zum Ende des Versuchszeitraums besaß, sowie zusätzlich mit Kaliumsulfat (K₂SO₄) und Magnesiumoxid (MgO) (Tabelle 4).

Je Kiste (~ 0,1 m² Oberfläche) wurden 2,5 g eines RSM 2.3 Gebrauchsrasen – Spielrasen-Saatguts eingesät (Tabelle 5). Eine Beregnung mittels Sprüh-schlauch erfolgte nach Bedarf.

Am 08.08., 07.09. und 10.10. (ca. vierwöchige Intervalle) wurden Bonituren der genannten Parameter durchgeführt, der Rasen auf vier Zentimeter Höhe

	mg N/l	mg P ₂ O ₅ /l	mg K ₂ O/l	mg Mg/l
Terra Preta-Substrat	966	689	4885	362
Oberboden vor Düngung	67	300	222	67
Oberboden nach Gabe von 5,6 g Langzeitdünger 16+7+15(+2+9)	963	692	1062	135
Differenz	3	-3	3823	227
Differenz nach Gabe von 7073 mg K₂SO₄ und 377 mg MgO	3	-3	0	0

Tab. 3: Theoretisch nötige Nährstoffmengen, um 1 L Oberboden mineralisch mit dem gleichen Nährstoffgehalt von 1 L Terra Preta-Substrat zu versorgen.

Variante	Faktor	Langzeitdünger	K ₂ SO ₄	MgO
2	100 Vol.% OB, 5 % gedüngt	3,08 g	3,89 g	0,207 g
3	100 Vol.-% OB, 15 % gedüngt	9,24 g	11,67 g	0,622 g
4	100 Vol.-% OB, 25 % gedüngt	15,40 g	19,45 g	1,037 g
5	100 Vol.-% OB, 35 % gedüngt	21,56 g	27,23 g	1,451 g

Tab. 4: Düngermengen in den Varianten 2-5.

Gew.-%	Gattung	Art	Sorte
25 %	<i>Lolium</i>	<i>perenne</i>	<i>Taya</i>
15 %	<i>Lolium</i>	<i>perenne</i>	<i>Esquire</i>
25 %	<i>Festuca</i>	<i>rubra commutata</i>	<i>Mission</i>
15 %	<i>Festuca</i>	<i>rubra rubra</i>	<i>Camilla</i>
5 %	<i>Festuca</i>	<i>rubra trichophylla</i>	<i>Pinafore</i>
10 %	<i>Poa</i>	<i>pratensis</i>	<i>Miracle</i>
5 %	<i>Poa</i>	<i>pratensis</i>	<i>Panduro</i>

Tab. 5: Zusammensetzung eingesäte Saatgutmischung.

geschnitten und das Schnittgut zur Bestimmung von Frisch- und Trockenmasse aufgenommen. Die Bestimmung der Wuchshöhe erfolgte durch digitale Bildauswertung mit der Software HALCON 12 und die Ermittlung von Narbendichten durch Digitalbildanalyse mittels SigmaScan Pro 5 in Verbindung mit dem Makro ‚Turf Analysis‘.

Die Wasserinfiltrationsraten der Vegetationstragschichten wurden am 05.11.2016 festgestellt und erfolgten in Anlehnung an DIN EN 12616:2013 SPORTBÖDEN - BESTIMMUNG DER WASSER-INFILTRATIONSRATE. Die verwendeten Einringinfiltrometer stellten Abschnitte eines KG-Rohrs DN 160 aus Polyvinylchlorid (PVC) dar.

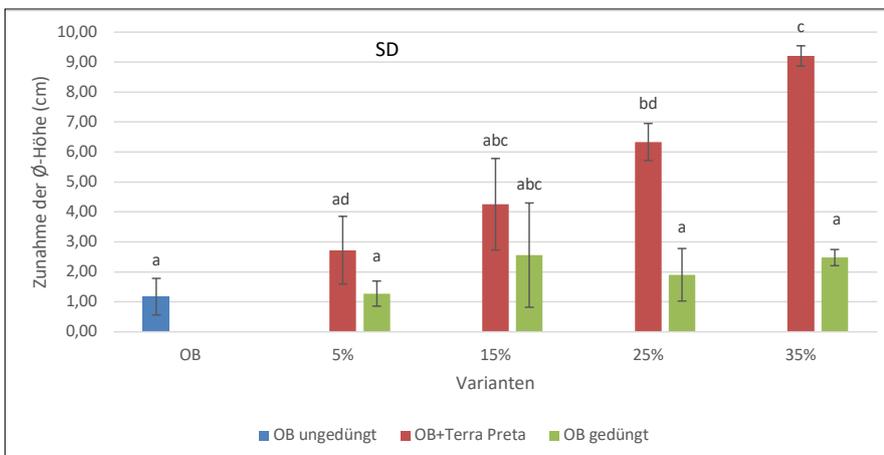


Abb. 1: Durchschnittliche Zunahme der durchschnittlichen Wuchshöhe (cm) zwischen drei Schnitten im 12,5-wöchigen Versuchszeitraum in Abhängigkeit der Zusammensetzung der Vegetationstragschicht. OB = Oberboden (Lehmiger Sand). Varianten beschreiben den Anteil von Terra Preta-Substrat am Gesamtvolumen der Vegetationstragschicht (11 L) in Prozent und die äquivalente prozentuale Aufdüngung des OB. Aussaatmenge 2,5 g/0,1 m² (n = 3; a-d = Signifikanz < 0,05; ANOVA Games-Howell: p = 0,001).

Ergebnisse

Es zeigten sich bei Zuschlag von Terra Preta zur Vegetationstragschicht in Mengenanteilen von 25 und 35 % signifikant größere durchschnittliche Höhenzunahmen der Rasengräser im Vergleich zum ungedüngten Oberboden und allen mineralisch gedüngten Varianten, ausgenommen der 15 % aufgedüngten Variante. Diese und die 15 % Terra Preta-Variante verfügten im Vergleich zu den anderen Varianten über die höchste Standardabweichung bei diesem Parameter (Abbildung 1).

Äquivalent zur Zunahme der durchschnittlichen Höhe zeigte sich, dass die durchschnittliche FM mit zunehmendem prozentualen Anteil von Terra Preta an der Vegetationstragschicht konstant anstieg (von 8,7 g bei der 5 %- bis auf 58,4 g bei der 35 %-Terra Preta-Variante). Der höchste Wert einer mineralisch gedüngten Variante war mit 9,5 g bei der 15 %-Variante feststellbar. Bei der mineralisch gedüngten 5 %-Variante (2,5 g) konnte sogar ein geringerer Wert als beim ungedüngten Oberboden (2,8 g) ermittelt werden (Abbildung 2).

Die Ergebnisse der durchschnittlichen prozentualen Trockenmasse bei den mineralisch gedüngten Varianten waren relativ homogen um 25 % TM. Bei den Terra Preta-Varianten war eine abnehmende Tendenz in Abhängigkeit zum ansteigenden Terra Preta-Gehalt vorhanden. Signifikante Unterschiede bestanden zwischen den Varianten 35 % Terra Preta zu 5 % Terra Preta und 35 % Terra Preta zu 25 % gedüngt (Abbildung 3).

Zur Ermittlung der Unkrautfreiheit wurden die während des Versuchs aufgelaufenen Unkräuter je Variante ins Verhältnis zum Gesamt-Unkrautkommen im Versuchszeitraum gesetzt. Es konnten total 1354 auflaufende Unkräuter nachgewiesen werden. Eine Kiste der Variante OB hatte daran im Mittel einen Anteil von 4,1 %. Dieser Wert wird allein von den 5 und 35 % gedüngten Varianten überstiegen (4,7 und 4,2 %). Als Varianten mit den geringsten Werten wurden jene mit 15 und 35 % Terra Preta-Zuschlag ermittelt (3,0 und 2,0 %). Bis auf die 25 %-Variante besaßen die Varianten mit Beimischung von Terra Preta geringere Unkrautkommen als die jeweilige Variante mit identischem Nährstoffgehalt der mineralisch gedüngten Vergleichsgruppe (Abbildung 4).

In Abbildung 5 sind die Ergebnisse des Parameters Narbendichte „Aufgang“ 3,5 Wochen nach Ansaat zu sehen. Für die mineralisch gedüngten Varianten zeigte sich bei steigendem Nährstoffgehalt der Vegetationstragschicht ein tendenziell steigender Deckungsgrad. Der maximale Deckungsgrad der gedüngten Varianten wurde mit 82,8 % bei 35-prozentiger Aufdüngung erreicht. Bei den Varianten mit Terra Preta-Zuschlag zeigte sich ebenfalls eine Steigerung der Narbendichte mit ansteigender Zuschlagsmenge, jedoch nur bis zur Variante mit einem Gehalt von 25 %. Dort wurde mit einem Deckungsgrad von 83,1 % das Versuchsmaximum erreicht. Mit weiter zunehmendem Terra-Preta-Gehalt nahm der Deckungsgrad ab (82 % Deckungsgrad bei Variante mit 35 % Zuschlag). Die Terra Preta-Varianten mit 15, 25 und 35 %-Gehalten und die Varianten mit 25 und 35 % Aufdüngung waren signifikant unterschiedlich zum ungedüngten OB.

Die Ergebnisse des Parameters Narbendichte „Versuchende“ sind in Abbildung 6 zu sehen. Es zeigten sich tendenziell die höchsten Deckungsgrade für Varianten mit Terra Preta-Substrat. Signifikante Unterschiede bestanden jedoch nur zwischen den mineralisch gedüngten Varianten 5 und 15 % mit der 15 % Terra Preta-Variante. Bei dieser liegt außerdem der maximale mittlere Deckungsgrad von 81,6 % vor. Zudem erreichte die OB-Variante einen höheren mittleren Deckungsgrad als die 5 und 15 % mineralisch gedüngten Varianten.

Die Ergebnisse der Wasserinfiltrationsrate (Abbildung 7) machen einen hohen Einfluss von Terra Preta auf die Wasserdurchlässigkeit der Vegetationstragschicht deutlich. Im Mittel verfügte die Variante mit 25 % Terra Preta-Substrat über die höchste mittlere Wasserinfiltrationsrate des Versuchs mit 30,8 mm/h. Die Infiltrationsrate des verwendeten Oberbodens war mit maximal 2,3 mm/h bei Variante OB sehr gering. Es ist zu bedenken, dass die mineralisch gedüngten Varianten ebenfalls zu 100 % aus Oberboden bestanden. Da die Standardabweichung der Ergebnisse teils extrem war, konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden.

Diskussion

Die Ergebnisse der Terra Preta-Substrathaltigen Varianten sind tendenziell und teilweise signifikant von den Varianten der mineralisch gedüngten Vergleichsgruppe und der ungedüngten

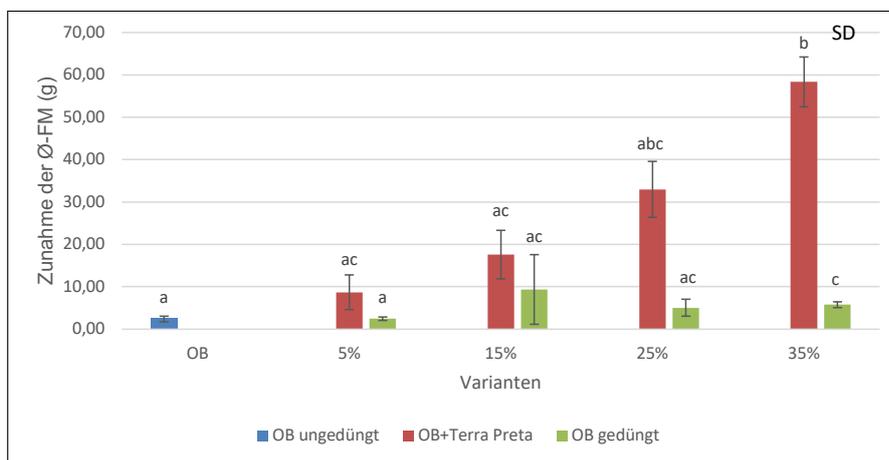


Abb. 2: Durchschnittliche Zunahme der durchschnittlichen Frischmasse (g) zwischen drei Schnitten in einem 12,5-wöchigen Versuchszeitraum in Abhängigkeit der Zusammensetzung der Vegetationstragschicht. OB = Oberboden (Lehmiger Sand). Varianten beschreiben den Anteil von Terra Preta-Substrat am Gesamtvolumen der Vegetationstragschicht (11 L) in Prozent und die äquivalente prozentuale Aufdüngung des OB. Aussaatmenge 2,5 g/0,1 m² (n = 3; a-c = Signifikanz < 0,05; ANOVA Games-Howell: p = 0,001).

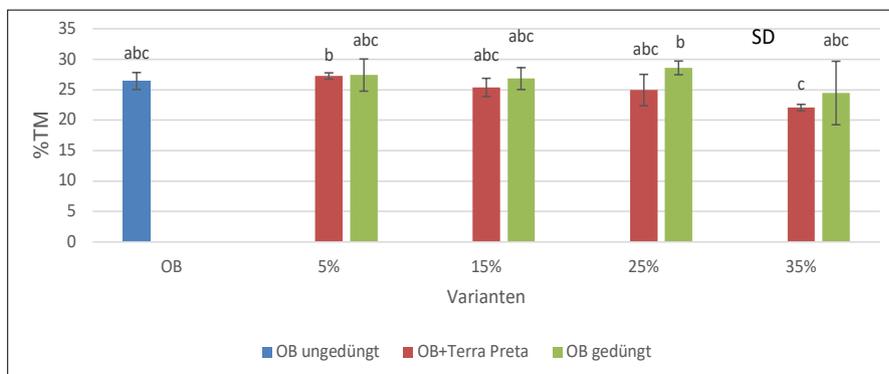


Abb. 3: Durchschnittliche prozentuale Trockenmasse zwischen drei Schnitten in einem 12,5-wöchigen Versuchszeitraum in Abhängigkeit der Zusammensetzung der Vegetationstragschicht. OB = Oberboden (Lehmiger Sand). Varianten beschreiben den Anteil von Terra Preta-Substrat am Gesamtvolumen der Vegetationstragschicht (11 L) in Prozent und die äquivalente prozentuale Aufdüngung des OB. Aussaatmenge 2,5 g/0,1 m² (n = 3; a-c = Signifikanz < 0,05; ANOVA Games-Howell: p = 0,006).

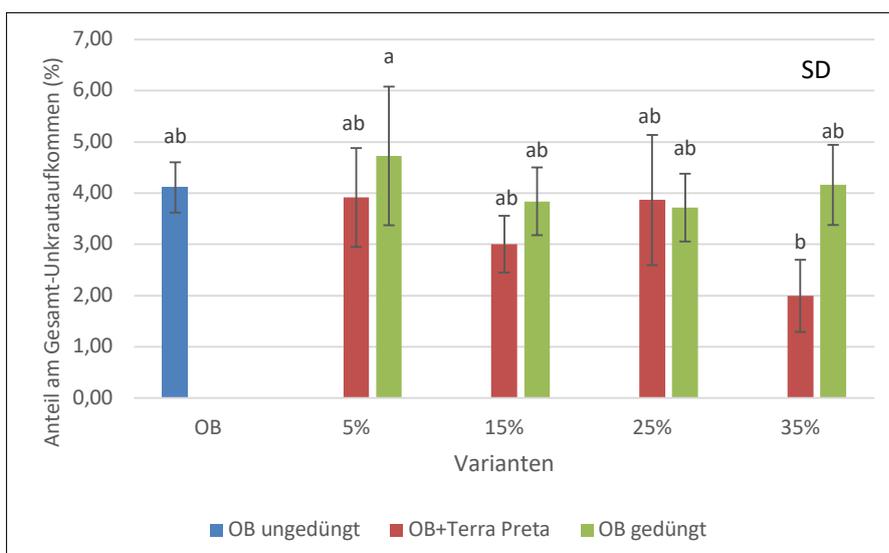


Abb. 4: Durchschnittlicher Anteil je Kiste am Gesamt-Unkrautaufkommen (%) im Versuchszeitraum in Abhängigkeit der Zusammensetzung der Vegetationstragschicht. OB = Oberboden (Lehmiger Sand). Varianten beschreiben den Anteil von Terra Preta-Substrat am Gesamtvolumen der Vegetationstragschicht (11 L) in Prozent und die äquivalente prozentuale Aufdüngung des OB. Versuchszeitraum 12,5 Wochen. Aussaatmenge 2,5 g/0,1 m². (n = 3; a-b = Signifikanz < 0,05; ANOVA Tukey-HSD: p = 0,048).

OB-Variante abzugrenzen. Auf die Anwendungspraxis in der Gebrauchsrasenkultur bezogen, bestehen bei Einsatz von Terra Preta-Substraten sowohl Vor- als auch Nachteile. Ein Anwuchserfolg nach DIN 18915 (mind. 70 % Deckungsgrad) zeigte sich bei den Varianten 15, 25 und 35 % Terra Preta sowie 25 und 35 % gedüngt. Da die Messwerte von 25 und 35 % Terra Preta nahezu identische Ergebnisse darstellten, wird angenommen, dass ab ca. 25 Vol.-% Zumischung keine höhere Narbendichte durch höhere Mengengaben

von Terra Preta erreicht wird. Als beachtlich stellte sich heraus, dass die Niveaus aller mineralisch gedüngten Varianten zum Versuchsende nur das Niveau des ungedüngten Oberbodens erreichten. Da sich die Narbendichte einer Rasenfläche aus dem Maß an Trieben pro bestimmter Flächeneinheit ergibt (TURGEON, 2012), muss eine Erhöhung der selbigen aus einem erhöhten horizontalen Pflanzenwachstum oder einer allgemein höheren Keimrate herrühren. So können in der Folge ein gesteigertes Wurzelwach-

tum und eine erhöhte Keimrate oder das Vorhandensein nur eines der genannten Faktoren aufgrund von Terra Preta angenommen werden. Dieser Einfluss durch Terra Preta sollte in zukünftigen Versuchen weitergehend untersucht werden. Ein Zusammenhang zwischen der Nährstoffverfügbarkeit, der Beanspruchung und der Gräserzusammensetzung einer Rasenfläche ist lange bekannt. Die Gräserzusammensetzung variiert je nach Nährstoff- und Belastungsstadium. Demzufolge hat Terra Preta allein aufgrund ihres hohen Nährstoffgehalts sehr wahrscheinlich einen Einfluss auf die Gräserzusammensetzung der Rasennarbe. Die Artenzusammensetzung war jedoch kein Untersuchungskriterium dieses Versuchs und der gedüngten Vergleichsgruppe standen die gleichen Nährstoffmengen zur Verfügung. Diese Zusammenhänge gilt es in zukünftigen Versuchen durch Reinsaaten zu quantifizieren. Eine Begründung für den konstanten und in Abhängigkeit des prozentualen Mengenzuschlags von Terra Preta intensiver werdenden Wuchs können bessere Pflanzenverfügbarkeiten der im Terra Preta-Substrat enthaltenen Nährstoffe durch den sogenannten „Priming Effekt“ darstellen. Dieser ist gegeben, wenn sich die mikrobielle Aktivität des Bodens bei steigendem pH-Wert infolge einer Erhöhung des selbigen nach Terra Preta-Einmischung (pH-Wert Terra Preta-Substrat = 6,6; pH-Wert Oberboden = 5,4) kontinuierlich verstärkt (HAUBOLD-ROSAR et al. 2016). Außerdem führt die bloße Anwesenheit von Pflanzenkohle bereits zu einer Steigerung der Kationenaustauschkapazität (KAK) (CHENG et al. 2008) und infolge dessen ebenfalls zu einer besseren und längeren Pflanzenverfügbarkeit von Nährstoffen. Demgegenüber lässt das zunächst ähnlich starke aber im weiteren Versuchsverlauf stetig abfallende Wachstum der Varianten der gedüngten Vergleichsgruppe eine schlechtere Pflanzenverfügbarkeit der mineralischen Nährstoffe vermuten. Die Vorhaltezeit des verwendeten mineralischen Langzeitdüngers im Boden betrug nach Herstellerangaben ca. 8-12 Wochen, also einem der Versuchsdauer entsprechenden Zeitraum. Den Düngergaben stand jedoch kein entsprechendes Massenwachstum wie bei den Terra Preta-Varianten gegenüber. Außerdem wurde zum Versuchsende bei allen gedüngten Varianten keine wesentlich höhere durchschnittliche Höhe als bei der ungedüngten Variante erreicht. Dies lässt darauf schließen, dass es entweder zur Festlegung von Nähr-

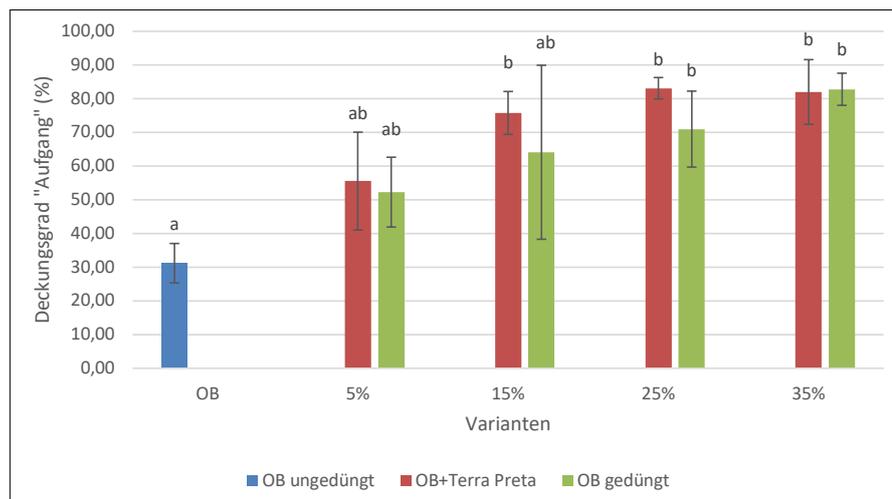


Abb. 5: Narbendichte „Aufgang“ (Deckungsgrad in %) von RSM RASEN 2.3. 3,5 Wochen nach Aussaat in Abhängigkeit der Zusammensetzung der Vegetationstragschicht. OB = Oberboden (Lehmiger Sand). Varianten beschreiben den Anteil von Terra Preta-Substrat am Gesamtvolumen der Vegetationstragschicht (11 L) in Prozent und die äquivalente prozentuale Aufdüngung des OB. Messtermin 08.08.2016; Aussaatmenge 2,5 g/0,1 m² (n = 3; a-b = Signifikanz < 0,05; ANOVA Tukey-HSD: p = 0,001).

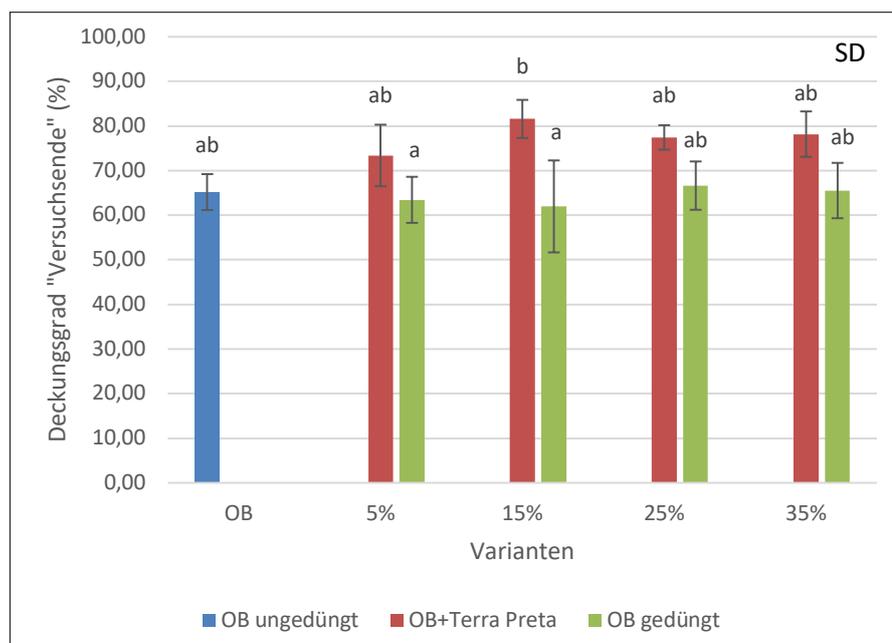


Abb. 6: Narbendichte „Versuchsende“ (Deckungsgrad in %) von RSM RASEN 2.3. 12,5 Wochen nach Aussaat in Abhängigkeit der Zusammensetzung der Vegetationstragschicht. OB = Oberboden (Lehmiger Sand). Varianten beschreiben den Anteil von Terra Preta-Substrat am Gesamtvolumen der Vegetationstragschicht (11 L) in Prozent und die äquivalente prozentuale Aufdüngung des OB. Messtermin 10.10.2016; Aussaatmenge 2,5 g/0,1 m² (n = 3; a-b = Signifikanz < 0,05; ANOVA Tukey-HSD: p = 0,004).

stoffen im Boden und/oder zur Auswaschung nicht pflanzenverfügbarer Nährstoffe infolge der nicht an den tatsächlichen Bedarf angepassten Düngemengen kam und/oder eine Pflanzenverfügbarmachung von Nährstoffen durch mikrobielle Umsetzungsprozesse von organischem Material im Oberboden infolge von Terra Preta-Zugabe die Terra Preta-Varianten gefördert hat. Die Abnahme der gemessenen Werte von Wuchshöhen- und FM-Zunahme bei nahezu allen Varianten zum letzten Mahdtermin lässt sich durch den natürlichen Wachstumsverlauf der Gräser erklären. Nach TURGEON (2012) flacht das Wachstum von Cool-Season-Gräsern nach dem ersten Wachstums-Peak der Vegetationsperiode im April auf ein Zwischentief im Juli ab und bildet einen zweiten Peak im September, woraufhin das Wachstum Ende September/Oktober erneut abflacht. Der Versuchszeitraum vom 14.07.-10.10. war mit dem Zeitfenster des Ablaufs der 2. Wachstumskurve nahezu identisch. Die ermittelten Werte zur prozentualen Trockenmasse deuten im Zeitverlauf auf leichte Unterscheidungen zwischen den pflanzenphysiologischen Prozessen der Terra Preta-Varianten zu denen der gedüngten und ungedüngten Varianten hin. An den gemessenen Werten der prozentualen Trockenmasse im Versuchsverlauf lässt sich erkennen, dass ungedüngte und gering gedüngte Varianten sowie Varianten mit geringen Terra Preta-Anteilen von 5 und 15 % relativ ähnliche %TM-Werte besitzen, wohingegen sich zum Messtermin am 07.09. die Varianten bei höheren Dünge- und Terra Preta-Gaben in der jeweils gegenüberliegenden Extreme verorten lassen. Demzufolge führten hohe Gaben von mineralischem Dünger nach zwei Monaten zu einem höheren Festmasseanteil, während hohe Gaben von Terra Preta dazu führten, dass ein geringer Festmasse-Anteil über den Versuchszeitraum beibehalten wird und dieser zum Versuchsende leicht ansteigt. Da der 07.09. in die Zeit des 2. Wachstums-Peak fällt, lässt sich ohne weitergehende Untersuchungen nicht feststellen, ob ein Zusammenhang der %TM zum zeitlichen Abstand der Aussaat und/oder dem natürlichen Wachstumsverlauf von Gräsern besteht. Die Interpretation der %TM-Ergebnisse in Verbindung mit den Werten von Zunahme der durchschnittlichen Wuchshöhe und FM-Zunahme zeigen jedoch, dass es bei hohen Terra Preta-Gaben zu einem starken Wachstum bei geringer Festmasse-Bildung kommt, wohingegen hohe Gaben von mineralischem Dünger eine hohe Festmasse-

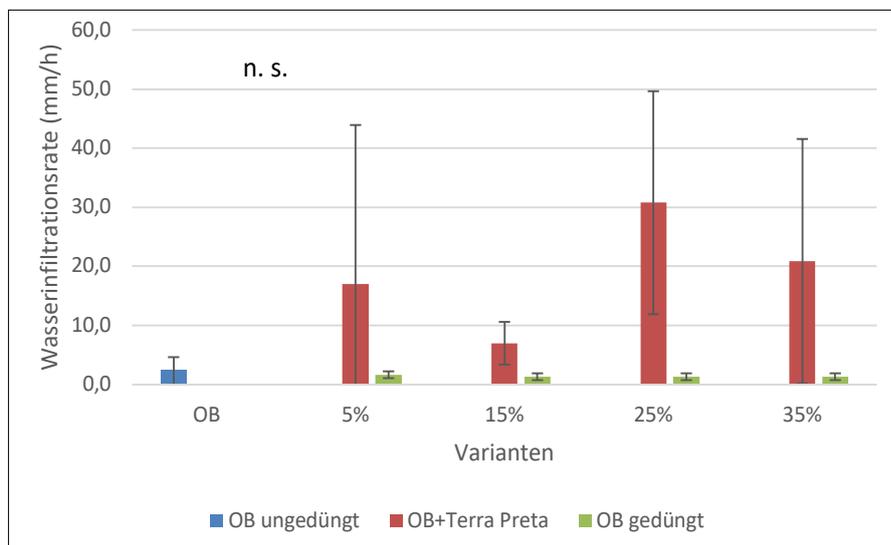


Abb. 7: Wasserinfiltrationsrate (mm/Stunde) von unterschiedlich zusammengesetzten Vegetationstragschichten. OB = Oberboden (Lehmiger Sand). Varianten beschreiben den Anteil von Terra Preta-Substrat am Gesamtvolumen der Vegetationstragschicht (11 L) in Prozent und die äquivalente prozentuale Aufdüngung des OB (n = 3; keine Signifikanz < 0,05; ANOVA Games-Howell: p = 0,089).

Bildung bei mittlerem bis geringem Wuchs bewirken. Geringe Festmasse-Anteile haben in der Regel instabilere Pflanzen zur Folge. Eine Begründung könnte in der besseren Kalium-Aufnahme der Gräser mit Terra Preta-haltiger Vegetationstragschicht liegen, da Kalium zu Verstärkung des Turgors und in der Folge zu Zellstreckung und Blattflächenwachstum führt (FUCHS 2005). Der hohe Kaliumgehalt der Terra Preta wurde den äquivalent mineralisch gedüngten Varianten als Kaliumsulfat in Pulverform verabreicht, welches möglicherweise nicht dauerhaft pflanzenverfügbar war und/oder ausgewaschen wurde. Ein weiterer Erklärungsansatz liegt in der bereits oben erwähnten wahrscheinlich veränderten Artenzusammensetzung bei hohen Terra-Preta-Gehalten, durch die sich auch artenabhängige Frischmassezunahmen begründen ließen. Auf den Anwendungsbereich Gebrauchsrasenfläche bezogen stellt sich das extreme Wachstum der Terra Preta-Varianten aufgrund eines allgemein höheren Pflegeaufwandes als negativ dar. Zur Freizeitgestaltung genutzte Rasenflächen müssen regelmäßig gemäht werden. Nach DIN sind die maximalen Mahd-Intervalle durch Vorgabe von Schnitthöhenbereichen und dem Gebot der Einhaltung der Drittel-Regel gegeben. Höheres und schnelleres Wachstum führt zwangsweise zu engeren Intervallen und einem erhöhten Mähbedarf, was bei Ausführung im privaten wie kommunalen Bereich Zeit und Ressourcen bindet sowie Kosten verursacht. Innerhalb des gewählten Versuchszeitraums führte die Zumischung von Terra Preta

– abgesehen von einer enormen Wuchsleistung – zu tendenziell besseren, d. h. aus anwendungsbezogener Sicht positiven, Ergebnissen. Für die mineralische Düngung sprechen gute Narbendichten wenige Wochen nach Aussaat bei positiv zu bewertendem geringen Höhenwuchs und geringer FM-Zunahme im weiteren Kulturverlauf. Demgegenüber hat Terra Preta mit der tendenziellen Verbesserung der Wasserinfiltrationsrate von lehmigem Sand einen Vorteil. Insgesamt zeigte sich, dass Terra Preta eine Alternative für mineralische Düngung in der Gebrauchsrasenkultur darstellen kann, unter der Voraussetzung, dass durch ein angepasstes Pflegekonzept die zusätzliche Biomassebildung im Zaum gehalten wird. Dafür ist es in erster Linie nötig, eine sinnvolle Zuschlagsmenge zu wählen, bei der die Vorteile der Terra Preta zum Tragen kommen, aber der zusätzliche Pflegeaufwand möglichst gering gehalten wird. Bei näherer Betrachtung der Ergebnisse der 15 % Terra Preta-Variante, welche der vom Hersteller empfohlenen Aufwandmenge von 12-15 L/m² entspricht, ergibt sich ein ausgewogenes Bild. So erreichte diese Variante das beste Ergebnis des Parameters Narbendichte „Versuchsende“ und eine Narbendichte „Aufgang“, welche in der mineralisch gedüngten Vergleichsgruppe nur von der 35 %-Variante übertroffen wurde. Die Wasserinfiltrationsrate war bei der 15 % Terra Preta-Variante dreimal so hoch wie bei der besten reinen Oberboden-Variante, während das durchschnittliche Höhenwachstum dem 1,66-fachen des Wertes der gedüngten

Vergleichsvariante entsprach und damit das geringste Verhältnis zwischen allen Varianten der unterschiedlichen Vergleichsgruppen darstellte (im Vergleich: 35 % Terra Preta besaß das 3,71-fache durchschnittliche Höhenwachstum der Variante 35 % gedüngt). Das Verhältnis der durchschnittlichen FM-Zunahme stellte bei der 15 % Terra Preta-Variante mit der 1,88-fachen Zunahme gegenüber der gedüngten Vergleichsvariante ebenfalls das kleinste Verhältnis aller Variantenpaare des Versuchs dar.

Es ist durch weitere, über längere Zeiträume anzusetzende, Versuche zu klären, ob bei Zugabe von Terra Preta-Substraten der Nährstoffgehalt der Vegetationstragschicht von Gebrauchsrasenflächen tatsächlich wie propagiert nicht abnimmt. Terra Preta im Amazonasbecken reichert sich vermutlich durch die Speicherung von Nährstoffen aus biologischen Abbauprozessen in den obersten Bodenschichten an. Auf Gebrauchsrasenflächen mit Terra Preta-Substrat könnte deshalb ein Bedarf für regelmäßige organische Düngungen bestehen. Ob dies durch Belassen des Schnittguts auf der Rasenfläche praktiziert werden kann und ob dies ausreichend ist, ist in weiteren Versuchen zu klären. Eine nicht notwendige weitere Nährstoffzufuhr nach Zuschlag von Terra Preta müsste außerdem in die Kostenkalkulation eines erhöhten Pflegeaufwands (z. B. in der kommunalen Grünflächenpflege) durch öfter nötig werdende Mähgänge einfließen. Eine Aussage dazu, ob durch Terra Preta-Substrate generell eine Verbesserung der Vegetationstragschichten für Gebrauchsrasen erreicht wird, wäre auf Grundlage der durchgeführten Erhebung zu pauschal. Dafür sollte zunächst eine breitere Datengrundlage aus zu erarbeitenden Ergebnissen der Terra Preta-Forschung und erweiterten Kenntnissen über die Wechselwirkun-

gen von Terra Preta und Gräsern und Rasenflächen vorliegen (z. B. auch zur Belastbarkeit, Scherfestigkeit und Korngrößenverteilung). Die genauen pflanzenphysiologischen Prozesse durch Terra Preta sind noch nicht vollständig erforscht. Es bedarf zunächst einer fortschreitenden Grundlagenforschung, insbesondere dazu, wie lange Terra Preta Nährstoffe speichern kann und wovon dies beeinflusst wird, bevor tatsächlich davon ausgegangen werden kann, ob Terra Preta-Substrate als langfristige Düngersubstitute gelten können. Bis dahin steht jedoch nichts im Wege, die Wirkung von Terra Preta-Substraten auf Gräser und Rasen in längerfristigeren Versuchen zu dokumentieren und Schlüsse daraus in einem breit aufgestellten nachhaltigen Rasenmanagement zu integrieren.

Literatur

- BUNDESSORTENAMT (2015): Richtlinie für die Anbauprüfung auf Rasennutzung. – Eigenverlag, Hannover.
- CHENG, C. H., J. LEHMANN & M. ENGELHARD, (2008): Natural oxidation of black carbon in soils: Changes in molecular form and surface charge along a climosequence. – *Geochimica et Cosmochimica Acta* 72 (6): 1598–1610.
- DIN 18915:2002-08: DIN Deutsches Institut für Normung e.V. DIN 18915 Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Bodenarbeiten. – Beuth Verlag, Berlin.
- DIN EN 12616:2013-12: DIN Deutsches Institut für Normung e.V. DIN EN 12616 Sportböden – Bestimmung der Wasserinfiltrationsrate. – Beuth Verlag, Berlin.
- FUCHS, I. (2005): Die Rolle von Kaliumkanälen der AKT1-Unterfamilie für Kaliumaufnahme und gerichtetes Wachstum. Dissertation Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg.
- GLASER, B. (2006): Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. Online-Veröffentlichung vom 20.12.2006: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2311424/>

HAUBOLD-ROSAR, M., T. HEINKELE, A. RADEMACHER, J. KERN, C. DICKE, A. FUNKE, S. GERMER, Y. KARA-GÖZ, G. LANZANA, J. LIBRA, A. MEYER-AURICH, J. MUMME, A. THEOBALD, J. REINHOLD, Y. NEUBAUER, J. MEDICK & I. TEICHMANN, (2016): Chancen und Risiken des Einsatzes von Biokohle und anderer „veränderter“ Biomasse als Bodenhilfe oder für die C-Sequestrierung in Böden. – Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

RSM RASEN (2016): Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (FLL). Regel-Saatgut-Mischungen Rasen – RSM RASEN 2016. – Eigenverlag, Bonn.

TURGEON, A. J. (2012): Turfgrass Management. – Prentice Hall, Upper Saddle River, USA.

WWW.BUNDESREGIERUNG.DE: Die Bundesregierung. Weltklimabericht. Klimaschutz: Deutschland spielt zentrale Rolle. – URL: <https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2014/11/2014-11-03-weltklimarat.html>.

Autoren:

Cand. M. Eng., Jan Kramer,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
„Nachhaltiges Rasenmanagement“
E-Mail: Jan.Kramer@hs-osnabrueck.de

Dr. Patrick G. Lawson
ehemals Mitarbeiter Forschung
& Entwicklung,
jetzt K+S KALI GmbH, Kassel

Prof. Martin Thieme-Hack
Baubetrieb im Landschaftsbau

Prof. Dr. Wolfgang Prämaßing
Nachhaltiges Rasenmanagement –
Sustainable Turfgrass Management

Hochschule Osnabrück
Fakultät Agrarwissenschaften und
Landschaftsarchitektur
Oldenburger Landstr. 24
49090 Osnabrück