

Einfluss unterschiedlicher P-Düngeempfehlungen auf die Nährstoffgehalte im Boden und die Qualität von Golfgrüns am Beispiel des Golfplatzes Dütetal (Osnabrück)

Borchert, A.F., J. Rosenbusch, K.J. Hesselsøe, T.S. Aamlid und W. Prämaßing

Zusammenfassung

Die Düngung mit Phosphor (P) ist eine wichtige Pflegemaßnahme, um die Rasenqualität eines Golfgrüns sicherzustellen. Dabei steht die Erhaltung seiner Funktionalität im Mittelpunkt, um dem Golfer ein optimales Spiel zu ermöglichen. Gleichzeitig soll im Zuge der aktuellen Nachhaltigkeits-Diskussion der Einsatz von Phosphor durch angepasste Düngung reduziert werden. Derzeit existieren für Golfgrüns unterschiedliche P-Düngeempfehlungen, die deutlich in der ausgebrachten jährlichen P-Menge variieren. Welche der Empfehlungen eine hohe Grünqualität und Umweltschutz vereinen kann, untersucht seit 2017 bis 2020 das von STERF finanzierte internationale Forschungsprojekt „Sustainable phosphorus fertilization on golf courses“ (SUSPHOS) auf Golfgrüns in fünf Ländern. In Deutschland wurde dafür ein Versuch auf dem Golfclub Osnabrück-Dütetal e.V. (Niedersachsen) als lateinisches Quadrat mit vier Wiederholungen angelegt. Folgende vier Varianten wurden gedüngt: Kontrolle ohne P-Düngung, nach „Minimum Levels for Sustainable Nutrition“ (MLSN), „Sterf Precision Fertilisation“ (SPF) und „Sufficiency Level of Available Nutrients“ (SLAN). Die dabei insgesamt im Jahr 2019 ausgebrachten P-Düngemengen betragen 0,0 g P/m², 1,0 g P/m², 2,5 g P/m² und 7,8 g P/m². Es wurde der P-Gehalt im Boden nach CAL-Methode, der Anteil *Poa annua* in der Narbe und die Wurzellänge zu mehreren Terminen erfasst. Es zeigte sich, dass eine reduzierte P-Düngung nach MLSN und SPF im Vergleich zur höchsten Düngung nach SLAN die pflanzenverfügbaren Boden-P-Gehalte im Mittel auf 1,5 bzw. 1,8 mg/100 g Boden signifikant reduzieren kann. Der Anteil an *Poa annua* im Golfgrün wurde nicht signifikant beeinflusst, außer zum Termin April 2019. Zu diesem Zeitpunkt lagen die Anteile an *Poa annua* bei reduzierter P-Düngung (MLSN und SPF) signifikant höher als bei der Düngung nach SLAN. Bei Betrachtung der Wurzellänge ließen sich kaum absicherbare Effekte der unterschiedlichen Düngermengen feststellen. Somit lässt sich nach den einjährigen Ergebnissen festhalten, dass eine reduzierte P-Düngung durch die Empfehlungen nach MLSN und SPF zu keinen Nachteilen bei der Grünqualität führte.

Summary

Fertilization with phosphorus (P) is an important maintenance measure to ensure the turf quality of a golf green. However the focus is on maintaining its functionality, so that the players may greatly enjoy their golf. At the same time, taking into account the latest discussion over environmental sustainability, the use of phosphorus fertilizer should be reduced. Nowadays fertilizers with different levels of phosphorus are recommended for the greens on golf courts, of which the quantity of phosphorus varies every year significantly. In order to give the best recommendations on how to combine a good quality green with environmental protection, an international research project investigates from 2017 until 2020 the "Sustainable phosphorus fertilization on golf courses" (SUSPHOS) on golf courts in five countries. In Germany a test was made as "Latin Square" and reproduced four times in the Golfclub Osnabrück-Dütetal e.V. (Lower Saxony). The following four variants were fertilized: first a control without phosphorus fertilizer, second after a "Minimum Level of Available Nutrients" (MLSN), third "Sterf Precision Fertilization" (SPF) and fourth "Sufficiency Level of Available Nutrients" (SLAN). The total quantities of fertilizers with phosphorus applied in 2019 amount to 0,0 g P/m², 1,0 g P/m², 2,5 g P/m² and 7,8 g P/m². On several occasions the level of phosphorus in the soil was determined according to the CAL method, as well as the proportion of *Poa annua* in the sward and the length of the roots. It appeared that a reduced fertilization with phosphorus according to MLSN and SPF, compared to the highest possible fertilization with phosphorus according to SLAN, reduced significantly the level of phosphorus in the soil on average between 1,5 or 1,8 mg/100 g soil. The proportion of *Poa annua* remained approximately the same except for the April 2019 control. At that time the proportion of *Poa annua* fertilized with a reduced quantity of phosphorus (according to MLSN and SPF) was much higher as when fertilized according to SLAN. However, when considering the length of the roots it was impossible to find any provable effects concerning the different quantities of fertilizers. Thus, after the one-year results, it can be concluded that reduced P fertilization through the recommendations according to MLSN and SPF did not lead to any disadvantages in the green quality.

Résumé

La fertilisation par phosphore sur les courts de golf est très importante pour leur entretien et permet d'en assurer leur bonne qualité de gazon. Notre priorité est d'en préserver leur fonctionnalité afin que les golfeurs puissent prendre plaisir à leurs parties. Cependant, en tenant compte de l'actuelle discussion sur la durabilité écologique, il serait aussi bon de réduire l'utilisation du phosphore. On ne peut toutefois à l'heure actuelle que recommander pour les courts de golf des fertilisations avec différents taux de phosphore, les quantités de phosphore variant grandement selon les années. Le cadre du projet de recherche international "Sustainable phosphorus fertilization on golf courses" (SUSPHOS) a fait des tests entre 2017 et 2020 sur des courts de golf de cinq pays différents, pour savoir quel engrais concilie le mieux la qualité des courts avec la protection de l'environnement. C'est ainsi qu'on a fait en Allemagne dans le Golfclub Osnabrück-Dütetal e.V. (Basse Saxe) un test consistant en carrés latins renouvelés quatre fois. Les quatre variantes suivantes ont été fertilisées: d'abord un contrôle sans fertilisation au phosphore, puis le test "Minimum Levels of Sustainable Nutrients" (MLSN), ensuite le test "Sterf Precision Fertilisation" (SPF) et enfin le test "Sufficiency Level of Available Nutrients" (SLAN). Les quantités d'engrais au phosphore épanchées à ces occasions durant toute l'année 2019 s'élevèrent à 0,0 g P/m², 1,0 g P/m², 2,5 g P/m² et 7,8 g P/m². On a pu par ailleurs au cours de ces tests à différentes dates déterminer la teneur en phosphore du sol d'après la méthode CAL ainsi que la part de *Poa annua* dans la couche herbeuse et la longueur des racines. On a ainsi constaté qu'une fertilisation au phosphore réduite d'après MLSN et SPF comparée à une fertilisation maximale d'après SLAN diminuait la teneur en phosphore du sol de 1,5 à 1,8 mg/100 g en moyenne, c'est-à-dire non seulement de façon significative mais aussi favorable à la biodiversité du sol. Il n'y a pas eu de grands changements en ce qui concerne la part de *Poa annua* sur les courts de golf sauf en avril 2019. A cette époque la part de *Poa annua* était beaucoup plus élevée lors d'une fertilisation au phosphore réduite (MLSN et SPF) que pendant la fertilisation d'après SLAN. En ce qui concerne les racines, il est pratiquement impossible de prouver quelque différence que ce soit entre les différentes fertilisations. En conclusion, considérant les résultats obtenus après une année de tests, on constate que la qualité des gazons sur les courts n'a pas souffert de la fertilisation au phosphore réduite recommandée par MLSN et SPF.

Einleitung

Golfgrüns zeichnen sich durch eine geringe Narbenhöhe und gleichzeitig hohe Narbendichte aus. Dadurch sollen vor allem ein kalkulierbares Ballrollverhalten für den Golfer gewährleistet sein (MÜLLER-BECK, 2019; TURGEON, 2012). Um dies zu erreichen, führt der Greenkeeper regelmäßig verschiedene Pflegemaßnahmen durch, wie z. B. tiefes Schneiden, Vertikutieren, Aerifizieren, Sanden, Walzen, Beregnen und Düngen. Die Applikation von Nährstoffen, wie z. B. Stickstoff, Phosphor und Kalium, ist dabei für die Belastbarkeit des Grüns, dessen Regenerationsvermögen und Pflanzenvitalität entscheidend (MÜLLER-BECK, 2019). Die sandige Rasentragschicht speichert unter vielen Golfgrüns wenig Nährstoffe, da dies wenig organische Substanz enthält. Sie ist zudem sehr wasserdurchlässig (FLL, 2008).

Eine Düngung mit Phosphor (P) ist für die Entwicklung der Rasengräser wichtig, weil dieser das Wurzelwachstum und die Bestockung fördert (WISSEMEIER und OLFS, 2019). Eine zu hohe P-Versorgung ist jedoch nachteilig, da diese die Ausbreitung des unerwünschten Grases *Poa annua* verstärken soll (THIEME-HACK, 2018). Zudem besteht die Gefahr der Eutrophierung anliegender Gewässer, was zum Schutz der Umwelt zu vermeiden ist (BELL, 2011). Eine angepasste P-Düngung ist daher entscheidend, um eine Über- oder Unterversorgung der Gräser zu verhindern und gleichzeitig die gewünschte Grünqualität sicherzustellen. Weiterhin kann der Greenkeeper so P-Ressourcen und unnötige Düngerkosten einsparen.

Derzeit existieren in Deutschland, den USA und Skandinavien vier P-Düngeempfehlungen für Golfgrüns, die die

Ergebnisse aus Bodenanalysen berücksichtigen oder ausschließlich die Nährstoffverhältnisse in den Pflanzen (Tabelle 1).

In Deutschland ist die CAL-Extraktion nach SCHÜLLER (1969) Standardmethode der Labore vom Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA). Sie simuliert das Ansäuern der Rhizosphäre durch die Pflanze und soll so das pflanzenverfügbare Phosphat extrahieren (VDLUFA, 2012). Die ermittelten P-Gehalte werden anschließend zur Düngeempfehlung in die Gehaltsklassen A bis E eingestuft, die von Feldversuchen auf Acker und Grünland abgeleitet wurden. Die Gehaltsklasse C ist dabei anzustreben. Liegt diese vor, ist nach Pflanzenentzug zu düngen.

In den USA ist die P-Düngung nach „Sufficiency Level of Available Nutrients“ (SLAN) Standard. Seit einigen Jahren gibt es ein neues Vorgehen nach „Minimum Levels for Sustainable Nutrition“ (MLSN). Bei SLAN wird zur P-Extraktion die Mehlich-3-Extraktion nach MEHLICH (1984) angewendet und bestimmt pflanzenverfügbares Phosphat im Boden. Damit den Rasengräsern hinreichend Phosphor zur Verfügung steht, sollen die P-Bodengehalte bei > 5,4 mg/100 g Boden liegen (CARROW et al., 2004a, 2004b). Dieser Richtwert wurde anhand von landwirtschaftlichen Feldversuchen evaluiert (AAMLID und SANDELL, 2018). Für die MLSN-Empfehlungen wird Phosphat aus den Bodenproben wie bei der SLAN-Empfehlung nach der Mehlich-3-Methode extrahiert. Die gewünschten P-Bodengehalte, um ein normales Graswachstum zu ermöglichen, sollen im Minimum bei 2,1 mg/100 g Boden liegen (WOODS et al., 2014; AAMLID und SANDELL, 2018).

Diese P-Düngeempfehlung beruht auf der Auswertung von 3.683 Bodenproben. Dabei wurde der Grenzwert mittels eines mathematischen Modells ermittelt, welches eine optimale Rasenqualität berücksichtigte (WOODS et al., 2014). Zudem wurde der Wert so gewählt, dass die Wahrscheinlichkeit unter 10 % liegt, eine Probe mit einem geringeren Gehalt als dem Grenzwert auszuwählen.

In Skandinavien empfiehlt die Scandinavian Turfgrass and Environment Research Foundation (STERF) in ihrer Precision Fertilisation-Empfehlung (SPF) eine P-Düngemenge von 12 % der N-Düngemenge unabhängig von der Kultur (ERICSSON et al., 2015). Für Golfgrüns wurde diese Empfehlung adaptiert. Dahinter steckt das Prinzip, dass alle Nährstoffe, darunter auch Phosphor, über die gesamte Düngeperiode relativ zum N-Gehalt der Pflanzen zugeführt werden. Dieses Vorgehen begründet sich darauf, dass alle Nährstoffe in einem gewissen Verhältnis zueinander in den Pflanzen vorkommen. Der P-Gehalt im Boden bleibt bei der Berechnung der Düngeperiode unberücksichtigt.

Material und Methoden

Um den Einfluss unterschiedlicher P-Düngeempfehlungen auf die P-Gehalte im Boden und die Qualität eines Golfgrüns zu ermitteln, wurde im Jahr 2019 ein Feldversuch auf dem Golfplatz des Golfclubs Osnabrück-Dütetal e.V. durchgeführt. Die 18-Loch-Anlage liegt in Lotte-Wersen, ca. 15 km von Osnabrück (Niedersachsen) entfernt. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt auf Grundlage der Daten der Wetterstation in Belm im langjährigen Mittel 9,1 °C und es fallen im Schnitt 830 mm Niederschlag im Jahr (CLIMATE-DATA,

Düngeempfehlung nach	Extraktionsmethode	Richtwerte	Quelle
VDLUFA-Standard	CAL	Gehaltsklasse C: 3,1-6,0 mg P je 100 g Boden (Acker- und Grünland) Versorgung mittel: 3,1-6,6 mg P je 100 g Boden (sandreiche Rasentragschichten)	(WIESLER et al., 2018) (Thieme-Hack, 2018)
SLAN	Mehlich-3	> 5,4 mg P je 100 g Boden	(Carrow et al., 2004a, 2004b)
MLSN	Mehlich-3	2,1 mg P je 100 g Boden	(Woods et al., 2014; Woods et al., 2016)
SPF	-	P-Menge 12 % der gedüngten N-Menge	(Ericsson et al., 2015)

Tab. 1: Zusammenstellung P-Düngeempfehlungen für belastbare Rasenflächen.



Abb. 1: Versuchspartellen auf der Golfanlage.

(Foto: W. Prämaßing)

2020). Als geeignete Versuchsfläche wurde das Grün von Loch 18 gewählt. Der Bodenaufbau basiert auf einer sandigen Rasentragschicht K3 nach der Richtlinie für den Bau von Golfplätzen laut FLL (2008), über der sich ein sandig-humoser Pflegehorizont entwickelt hat. Der pH-Wert lag im Jahr 2018 bei 7,1. Der Grasbestand setzte sich zu Anfang des Versuches aus 45 % Flechtstraußgras (*Agrostis stolonifera*) und 55 % Einjährige Rispe (*Poa annua*) zusammen. Die Narbenhöhe wurde durch praxisübliches Schneiden im Jahr 2019 auf 4-6 mm (Saison bzw. Nachsaison) gehalten.

Als lateinisches Quadrat wurden 16 Partellen von je 3 m² (2 m * 1,5 m) im Jahr 2017 angelegt (Abbildung 1). Der einfaktorielle Feldversuch umfasste dabei folgende vier P-Düngungen mit vierfacher Wiederholung: Kontrolle: keine P-Düngung, MSLN: MSLN-Empfehlung, SPF: SPF-Empfehlung und SLAN: SLAN-Empfehlung.

Die im Detail je Variante und Termin ausgebrachten P-Mengen sind Tabelle 2 zu entnehmen. Als Dünger kam ein Superphosphat mit einem P-Gehalt von 20 % (wasserlöslich) zum Einsatz. Im Anschluss erfolgte eine vierminütige Beregnung, um den Dünger von den Blättern zu waschen. Alle anderen Nährstoffe wurden über den Versuch hinweg gleichmäßig gedüngt. Als wei-

tere, praxisübliche Pflegemaßnahmen erfolgten regelmäßiges Mähen, Aerifizieren, Vertikutieren und Sanden.

Die Bodenprobenahme zur Bestimmung des P-Gehaltes wurde mittels Bohrstock am 05.11.2019 in der Tiefe 0-20 cm entnommen. Hierzu wurde aus 20 Einstichen pro Partelle eine repräsentative Mischprobe erstellt. Reste von Gräsern wurden direkt entfernt, Rasenfz verblieb in der Probe. Um den pflanzenverfügbaren P-Gehalt in den 16 Bodenproben zu bestimmen, wurde Phosphor nach der Calcium-Acetat-Lactat-Methode (CAL-Methode) nach SCHÜLLER (1969) extrahiert und die P-Konzentration abschließend spektrophotometrisch im Labor der Hochschule Osnabrück gemessen. Die P-Gehalte werden in mg/100 g Boden dargestellt. Es ist zu beachten, dass die P-Düngerempfehlungen grundsätzlich auf unterschiedlichen Extraktionsmethoden beruhen, deren Ergebnisse sich nicht direkt vergleichen lassen (MÜLLER-BECK und LAWSON, 2017; NEYROUD und LISCHER, 2003; WUENSCHER et al., 2016).

Die Bonituren der Wurzellänge und des *Poa annua*-Anteils im Rasen erfolgten von April bis November einmal im Monat im Jahr 2019. Um die Wurzellänge zu messen, wurden mit einem Stechzylinder je zwei Profile pro Partelle ausgestochen. Der darin intakte, hängen-

de Wurzelzylinder wurde in Zentimeter (cm) gemessen. Der Anteil von *Poa annua* wurde in Prozent (%) des Bedeckungsgrades je Partelle bonitiert.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mittels der Software Microsoft Excel und R. Dabei wurden Lage- und Streuungsparameter berechnet sowie eine schließende Statistik durchgeführt. Für die Auswertung der Messergebnisse der Wurzellänge wurden dafür die zwei Messwiederholungen pro Partelle arithmetisch gemittelt und in den folgenden Berechnungen somit als Mittelwert berücksichtigt. Als Voraussetzung für die Varianzanalyse erfüllten alle Daten die Kriterien der Normalverteilung und Varianzhomogenität (KÖHLER et al., 2002). Für die einfache Varianzanalyse wurde in R die Funktion „aov“ aus dem Package „stats“ als lateinisches Quadrat je nach Fragestellung wie folgt ausgeführt:

aov (para ~ ZEI + SPA + VAR) bzw.

aov (para ~ ZEI + SPA + F1*F2) bzw.

aov (para ~ ZEI + SPA + F1*F2 + Error (ID)) (CHAMBERS et al., 1992).

Um signifikante Unterschiede zwischen den Varianten innerhalb einzelner Termine bzw. zwischen den Terminen darstellen zu können, wurden die Daten mittels Tukey-Test über die Funktion „HSD.test“ im Package „agricolae“ nach HSU (1996) und STEEL et al. (1997) oder über die Funktion „cld/em means“ im Package „multcomp“ nach PIEPHO (2004) ausgewertet.

Ergebnisse

Anhand der erhobenen Daten erfolgte eine Auswertung der P-Gehalte im Boden zu einem Termin sowie zu je 8 Terminen der Anteil an *Poa annua* in der Rasennarbe und die Wurzellänge der Gräser. Der mittlere P-Gehalt im Boden variierte dabei im November 2019 zwischen den vier Varianten (Abbildung 2). Dabei sanken die Gehalte an Phosphor mit abnehmender Gesamt-P-Düngungsmenge von Variante SLAN (7,8 g/m² P) zu Variante Kontrolle (0,0 g/m² P) und lagen bei 2,7 mg/100 g Boden bzw. 0,9 mg/100 g Boden. Signifikant niedrigere P-Gehalte als die Variante SLAN ließen sich im Vergleich zu allen anderen Varianten nachweisen. Die Varianten SPF (2,5 g/m² P) und MSLN (1 g/m² P) unterschieden sich dabei nicht deutlich, im Vergleich mit der Kontrolle lagen die P-Gehalte der Variante SPF jedoch signifikant höher.

Variante	Düngungstermine und ausgebrachte P-Mengen (g/m ²)							P g/m ² Gesamt
	KW15	KW19	KW23	KW27	KW31	KW36	KW40	
Kontrolle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MSLN	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,98
SPF	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	2,52
SLAN	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	7,77

Tab. 2: Düngetermine im Jahr 2019 und ausgebrachte P-Mengen.

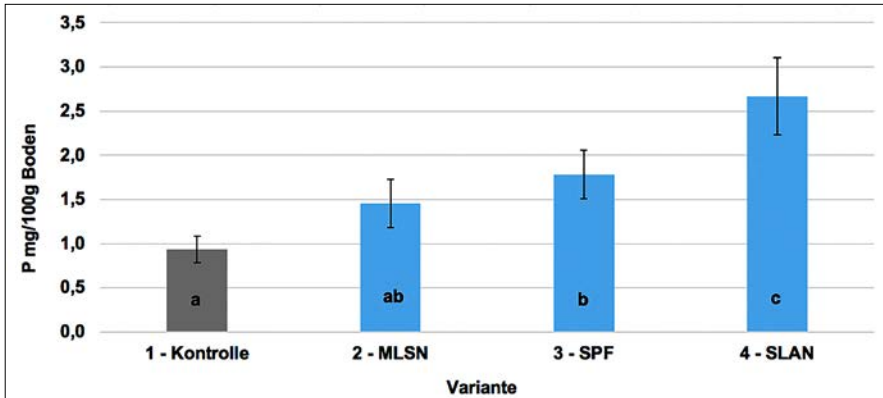


Abb. 2: Arithmetisches Mittel der P-Gehalte im Boden aller vier Varianten (GD (Tukey; $p=0,05$) = 0,6; Fehlerbalken: s).

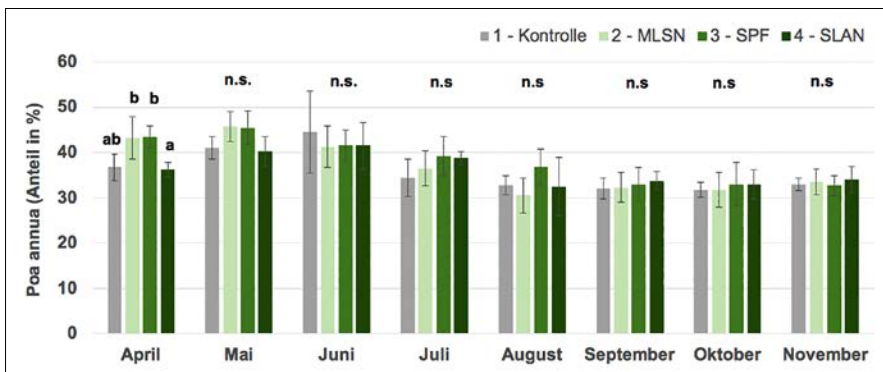


Abb. 3: Mittlerer Anteil an *Poa annua* in der Rasennarbe für alle Varianten und Termine (für April: GD (Tukey; $p=0,05$) = 7; n.s. = nicht signifikant; Fehlerbalken: s).

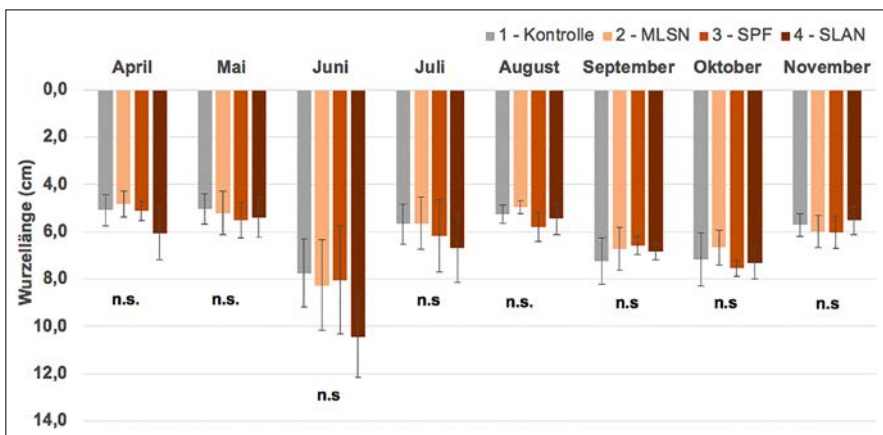


Abb. 4: Mittlere Wurzellänge für alle Varianten und Termine (Fehlerbalken: s; n.s. = nicht signifikant).

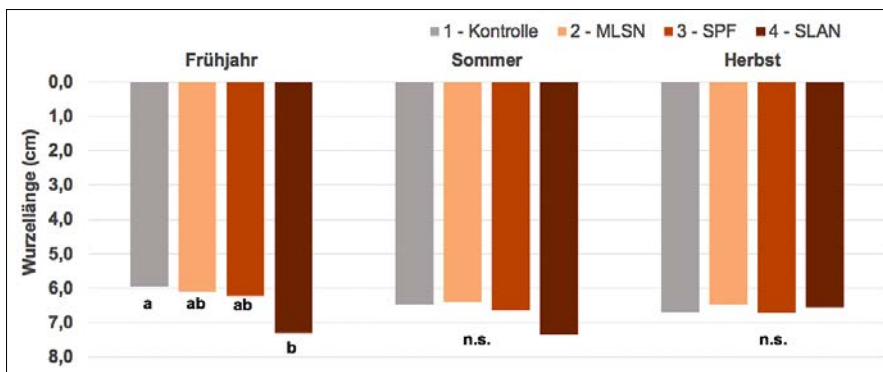


Abb. 5: Mittlere Wurzellänge je Variante gemittelt über die Monate April bis Juni (Frühjahr), Juni bis September (Sommer) und September bis November (Herbst) (Signifikanzen durch Buchstaben markiert; n.s. = nicht signifikant).

Bei Betrachtung der Anteile an *Poa annua* getrennt nach Düngungsvariante und Termin (jeweils einzeln statistisch verrechnet), lassen sich nur im April signifikante Unterschiede zwischen den Varianten feststellen (Abbildung 3). Dabei weisen die Varianten Kontrolle und SLAN mit 37 bzw. 36 % die geringsten Anteile auf, deutlich höhere Anteile haben die Varianten MLSN und SPF (43 bzw. 44 %).

Die unterschiedlichen Düngevarianten konnten die mittlere Wurzellänge zu keinem Termin signifikant beeinflussen (Abbildung 4). Die längsten Wurzeln ließen sich in der Variante SLAN im Juni mit durchschnittlich 10,4 cm messen.

Bei Gruppierung der Messergebnisse der Wurzellängen nach Frühjahr (April bis Juni), Sommer (Juni bis September) und Herbst (September bis November) lässt sich im Frühjahr ein Einfluss der Düngesvarianten ermitteln (Abbildung 5). So zeigten sich im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle mit einer durchschnittlichen Wurzellänge von 6,0 cm signifikant längere Wurzeln bei der Variante SLAN mit der höchsten P-Düngung (7,3 cm). Die beiden anderen Varianten unterschieden sich weder von der Kontrolle noch von der Variante SLAN deutlich.

Diskussion

Die Ergebnisse der Bodenanalysen haben gezeigt, dass eine reduzierte P-Düngung nach SPF und MLSN (2,5 bzw. 1,0 g/m²) signifikant geringere P-Gehalte im Boden aufweist als nach der SLAN-Empfehlung mit der höchsten Düngermenge von 7,8 g/m². Eine Düngung nach MLSN senkt dabei die P-Gehalte im Boden auf das gleiche Niveau wie die ungedüngte Kontrolle (1,5 bzw. 0,9 mg/ 100 g Boden) (Abbildung 2). Somit sind die Empfehlungen nach SPF und vor allem MLSN dazu geeignet, Dünger einzusparen und damit nachhaltig die Ressource Phosphor zu schützen. Gleichzeitig sorgen die niedrigeren Bodengehalte dafür, dass weniger Phosphor bei einem Erosionsereignis abgeschwemmt werden kann. Dies ist zum Schutz der Umwelt ein wichtiges Ziel und würde damit die Erwartungen von BELL (2011) unterstützen.

Parallel ist jedoch festzustellen, dass die P-Gehalte im Boden nach WIESLER et al. (2018) als sehr niedrig in Gehaltsklasse A (Kontrolle und MLSN) und niedrig in Gehaltsklasse B (SPF

und SLAN) einzustufen sind. Diese Klassen sind durch P-Gehalte von < 1,5 mg/100 g Boden bzw. 1,5-3,0 beschrieben. Aufgrund dieser Einstufung würde sich eine Steigerung der P-Düngemengen pflanzenbaulich empfehlen, um eine P-Mangelsituation zu vermeiden und optimale Grünqualität sicherzustellen. Da die Einstufung in die Gehaltsklassen A bis E jedoch auf Acker- bzw. Grünlandböden bezieht, ist diese Einstufung nur bedingt zielführend. Denn der Bodenaufbau des Golfgrüns von Loch 18 besteht aus einer sandigen Rasentragschicht und einem Pflegehorizont aus humosem Sand. Solche Böden sorbieren Phosphor nach HOLSTEN et al. (2016) kaum. Doch auch nach THIEME-HACK (2018), der den sandhaltigen Bodenaufbau in seiner Einstufung berücksichtigt, sind die P-Gehalte im Boden aller vier Varianten als „niedrig“ zu bewerten. Eine höhere Düngung wäre somit auch in diesem Fall die Empfehlung, um eine optimale Pflanzenversorgung sicherzustellen, widerspricht jedoch dem Ziel, Dünger einzusparen. Entscheidend dabei ist, ob sich die gewählten Düngempfehlungen nachteilig auf die Grünqualität (Anteil *Poa annua* und Wurzellänge) ausgewirkt haben.

Laut NOLAN (2015) sorgen hohe Anteile an *Poa annua* in Golfgrüns zu weicherem Boden, verstärktem Hoppeln des Balles (TOLER, 2007) und einer geringeren Ballrolldistanz. Ziel des Greenkeepers ist es daher, ihren Anteil gering zu halten. Eine sehr hohe P-Düngung soll nach THIEME-HACK (2018) *Poa annua* im Grün vermehren. Bei zu niedriger Düngung besteht die Gefahr, dass die erwünschten Gräser nicht so vital sind und ihre Regenerationsfähigkeit sich verschlechtert, was ihre Konkurrenzkraft verringert (HÄHNDEL, 2019). Der durchgeführte Versuch konnte jedoch keine der Thesen bestätigen. Unabhängig von denen im Versuch ausgebrachten Düngermengen ließen sich bis auf den Termin im April keine signifikanten Unterschiede in der Ausbreitung von *Poa annua* erkennen (Abbildung 3). Das liegt möglicherweise daran, dass keine der gewählten Düngemengen zu einem Mangel bzw. Überschuss geführt hat. Somit verschlechterte keine der vier Düngempfehlungen das Golfgrün durch Bewuchs mit *Poa annua*, die reduzierten Gaben führten jedoch auch zu keiner Verbesserung. Einen deutlich stärkeren Einfluss auf den Anteil an *Poa annua* scheint die Temperatur im Sommer gehabt zu haben. Dies belegen die signifikant niedrigeren Anteile von ca. 33 %

ab August 2019 gegenüber > 40 % im Frühjahr über alle Varianten hinweg. Wie bereits erwähnt, zeigten die Ergebnisse im April deutliche Unterschiede zwischen den Varianten. Dabei hatte die nach SLAN am höchsten gedüngte Variante den signifikant geringsten Anteil an *Poa annua*. Dies könnte die Erkenntnis von HÄHNDEL (2019) belegen, dass die höhere P-Gabe die Konkurrenzkraft der gewünschten Gräser gefördert hat und so das Ungras stärker unterdrücken konnte. Jedoch ist der Bewuchs mit *Poa annua* bei der Kontrollvariante ohne P-Dünger gleich stark, sodass sich abschließend nicht klären lässt, welcher Effekt die Unterschiede hervorgerufen hat.

Ein weiteres wichtiges Kriterium der Grünqualität ist die Wurzellänge, da sie einen Einfluss auf die Trittfestigkeit und auch laut LYONS et al. (2008) auf die Toleranz des Rasens gegenüber Trockenheit hat. Welchen Einfluss eine P-Düngung auf die Wurzellänge hat, wird kontrovers diskutiert. Grundsätzlich ist Phosphor für das Wurzelwachstum wichtig, was mehrere Quellen, wie z. B. RECHCIGL (1992), beschreiben. Günstig für die Länge der Wurzeln kann es aber auch sein, wenn die Düngermenge reduziert wird oder die -ablage weiter entfernt von der Wurzel erfolgt, um ihr Wachstum anzuregen (LYONS et al., 2008; THIEME-HACK, 2018). Keine der Düngempfehlungen im Versuch konnte jedoch die Wurzellänge signifikant fördern und auch nicht nachteilig verkürzen (Abbildung 4). Dies ist jedoch teilweise auch auf die starke Streuung der Werte zurückzuführen. Ein Vergleich der Empfehlungen über die Frühjahrsmonate April bis Juni ließ jedoch signifikant kürzere Wurzeln von 6,0 cm bei der Kontrolle im Vergleich zur Variante SLAN mit 7,3 cm erkennen (Abbildung 5). Somit ist vor allem im Frühjahr eine zu geringe P-Verfügbarkeit von Nachteil, was die Erkenntnisse von TURGEON (2012) bestätigt. Die niedrigeren P-Gaben bei MLSN und SPF im Vergleich zu SLAN führten zwar ebenfalls zu kürzeren Wurzeln, jedoch ohne signifikanten Unterschied. Denkbar ist, dass durch die Düngung aus den Vorjahren ein Teil des P-Düngers an organische Substanz sorbiert hat und somit den Pflanzen zusätzlich im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle zur Verfügung steht (MENGEL und KIRKBY, 2001). Im Sommer und Herbst konnten keine deutlichen Unterschiede festgestellt werden. Es könnte daher von Interesse sein, die P-Düngermenge nach Jahreszeit angepasst auszubringen und frühjahrsbetont auszuliegen.

Insgesamt ist die Anwendung der P-Düngerempfehlungen nach MLSN und SPF auf dem Golfplatz Dütetal e.V. geeignet, um P-Dünger einzusparen und die P-Gehalte im Boden zu reduzieren, ohne die Grünqualität zu gefährden. Den Anteil an *Poa annua* durch reduzierte P-Gaben zu verringern, konnte nicht bestätigt werden. Um die Wurzellänge der Gräser im Frühjahr zu fördern, könnte sich eine höhere P-Gabe positiv auswirken. Auch der Einsatz sauer-wirkender N-Dünger könnte von Vorteil sein, um die P-Verfügbarkeit im Boden zu erhöhen. Diese Aussagen sind jedoch unter der Einschränkung zu betrachten, dass es sich um einjährige Versuchsergebnisse handelt, die durch die folgenden Versuchsjahre und die vier weiteren Standorte zu festigen sind. Mit den abschließenden Ergebnissen ist ab dem Jahr 2021 zu rechnen.

Literatur

- AAMLID, T.S. and B. SANDELL, 2018: MLSN-gjødsling av golfgress. Gressforum 3, 15-17.
- BELL, G.E., 2011: Turfgrass physiology and ecology – Advanced management principles. Wallingford, Oxfordshire: CABI.
- CARROW, R.N., L. STOWELL, W. GELERNTER, S. DAVIS, R.R. DUNCAN and J. SKORULSKI, 2004a: Clarifying soil testing: II. Choosing SLAN extractants for macronutrients. Golf Course Management 72, 189-193.
- CARROW, R.N., L. STOWELL, W. GELERNTER, S. DAVIS, R.R. DUNCAN and J. SKORULSKI, 2004b: Clarifying soil testing: III. SLAN sufficiency ranges and recommendations. Golf Course Management 72, 194-198.
- CHAMBERS, J.M., A. FRENEY and R.M. HEIBERGER, 1992: Statistical Models in S. Pacific Grove, Ca, USA: Wadsworth & Brooks/Cole.
- CLIMATE-DATA, 2020: Klima Osnabrück. <https://de.climate-data.org/europa/deutschland/niedersachsen/osnabrueck-2121/#climate-table>.
- ERICSSON, T., K. BLOMBÄCK and A. KVALBEIN, 2015: Precision fertilisation – from theory to practice. <http://www.sterf.org/Media/Get/1228/precision-fertilisation-from-theory-to-practice.pdf>.
- FLL, 2008: Richtlinie für den Bau von Golfplätzen – Golfplatzbaurichtlinie. Bonn: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL).
- HÄHNDEL, R., 2019: Rasen. In: Wissemeyer, A., Olf, H. W. (Hrsg.) „Diagnose des Ernährungszustands von Kulturpflanzen“. Clenze: ERLING Verlag, 180-189.
- HOLSTEN, B., M. PFANNERSTILL und M. TREPPEL 2016: Phosphor in der Landschaft – Management eines begrenzt verfügbaren Nährstoffes. Kiel: Institut für Ökosystemforschung, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

- HSU, J., 1996: Multiple Comparisons – Theory and Methods. Boca Raton, FL, USA: Chapman and Hall/CRC.
- KÖHLER, W., G. SCHACHTEL und P. VOLESKE, 2002: Biostatistik – Eine Einführung für Biologen und Agrarwissenschaftler. Berlin, Heidelberg: Springer.
- LYONS, E.M., R.H. SNYDER and J.P. LYNCH, 2008: Regulation of root distribution and depth by phosphorus localization in *Agrostis stolonifera*. HortScience 43, 2203-2209.
- MEHLICH, A., 1984: Mehlich-3 soil test extractant: A modification of Mehlich-2 extractant. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 15, 1409-1416.
- MENGEL, K. and E.A. KIRKBY, 2001: Principles of Plant Nutrition. Dordrecht, Niederlande: Kluwer Academic Publishers.
- MÜLLER-BECK, K., 2019: Grünsqualität – Smoothness, Trueness, Firmness. www.rasengesellschaft.de/files/downloads/rasenthema/2019/Vortrags-Handout%20K.%20M%C3%BCller-Beck_08_2019.pdf.
- MÜLLER-BECK, K. und P. LAWSON, 2017: Bodenanalysen bilden Grundlage für Düngelpläne in der Golf- und Sportplatzpflege. <https://www.rasengesellschaft.de/rasenthema-detailansicht/rasenthema-november-2017.html>.
- NEYROUD, J.-A und P. LISCHER, 2003: Do different methods used to estimate soil phosphorus availability across Europe give comparable results? J. Plant Nutr. Soil Sci. 166, 422-431.
- NOLAN, C., 2015: Greens playing quality. Sterf Seminar Copenhagen and Hoor. <http://www.sterf.org/Media/Get/2179/nolan-greens-playing-quality.pdf>.
- PIEPHO, H.-P., 2004: An algorithm for allLetter-based representation of all-pairwise comparisons. J. Comput. Graph. Statist. 13, 456-466.
- RECHCIGL, J.E., 1992: Response of ryegrass to limestone and phosphorus. jpa 5, 602.
- SCHÜLLER, H., 1969: Die CAL-Methode, eine neue Methode zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphates in Böden. Z. Pflanzenernaehr. Bodenk. 123, 48-63.
- STEEL, R.G.D., J.H. TORRIE and D.A. DICKEY, 1997: Principles and Procedures of Statistics – A biometrical approach. New York, NY, USA: McGraw-Hill.
- THIEME-HACK, M., 2018: Handbuch Rasen. Stuttgart (Hohenheim): Ulmer.
- TOLER, J.E., 2007: Postemergent annual bluegrass control in dormant non-overseeded bermudagrass turf. HortScience 42, 670-672.
- TURGEON, A.J., 2012: Turfgrass Management. Boston, MA, USA: Prentice Hall.
- VDLUFA 2012: Methodenbuch I – Bestimmung von Phosphor und Kalium im Calcium-Acetat-Lactat-Auszug A 6.2.1.1. Darmstadt: VDLUFA-Verlag.
- WIESLER, F., T. APPEL, K. DITTELT, T. EBERTSEDER, T. MÜLLER, L. NÄTSCHER, H.-W. OLFS, M. REX, K. SCHWEITZER, D. STEFFENS, F. TAUBE und W. ZORN, 2018: Standpunkt: Phosphordüngung nach Bodenuntersuchung und Pflanzenbedarf. Speyer: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten e.V. (VDLUFA).
- WISSEMEIER, A. und H.-W. OLFS, 2019: Diagnose des Ernährungszustands von Kulturpflanzen. Clenze: ERLING Verlag.
- WOODS, M.S., L.J. STOWELL and W.D. GELERNTER, 2014: Just what the grass requires. Using minimum levels for sustainable nutrition. Golf Course Management 82, 132-136, 138.
- WOODS, M.S., L.J. STOWELL and W.D. GELERNTER, 2016: Minimum soil nutrient guidelines for turfgrass developed from Mehlich 3 soil test results. <https://peerj.com/preprints/2144v1/>.
- WUENSCHER, R., H. UNTERFRAUNER, R. PETICZKA and F. ZEHETNER, 2016: A comparison of 14 soil phosphorus extraction methods applied to 50 agricultural soils from Central Europe. Plant Soil Environ. 61, 86-96.

Autoren:

Dipl.-Ing. (FH) Anne Borchert
Hochschule Osnabrück
AuL, Fachgebiet Pflanzenernährung
und Düngung
Am Krümpel 31
D-49090 Osnabrück
Germany
a.borchert@hs-osnabrueck.de

Karin Juul Hesselsoe
Norwegian Institute of Bioeconomy
Researcher Turfgrass
NIBIO Landvik
Reddalsveien 215
NO-4886 Grimstad
Norway
karin.hesselsoe@nibio.no

Research Prof. Trygve S. Aamlid
Norwegian Institute of Bioeconomy
Researcher Turfgrass
NIBIO Landvik
Reddalsveien 215
NO-4886 Grimstad
Norway
trygve.aamlid@nibio.no

Jan Rosenbusch, M.Eng.
Prof. Dr. Wolfgang Prämaßing
Hochschule Osnabrück
Fakultät AuL, Fachgebiet
Nachhaltiges Rasenmanagement
Am Krümpel 31
D-49090 Osnabrück
Germany
ing.rosenbusch@gmail.com
w.praemassing@hs-osnabrueck.de