

Bodenanalysen liefern Werte zur Beurteilung der Nährstoff-Gehaltsstufen als Grundlage für eine fachgerechte Rasendüngung

Müller-Beck, K.G.

Einleitung

Das Wachstum der Rasengräser wird maßgeblich vom ausgewogenen Angebot der essenziellen Nährelemente im Boden geprägt. Derzeit werden 17 Elemente als essenziell eingestuft (THIEME-HACK, 2018).



Abb. 1: Minimumgesetz nach Liebig (IVA, 2013).

Jedem Fachmann ist die sogenannte „Minimum-Tonne“ nach Liebig ein Begriff. Dieses Minimumgesetz besagt, dass durch Ressourcen-Limitierung, beispielsweise bei einem essenziellen Nährelement, das gesunde Gräserwachstum gestört wird. Dieser Mangel kann nicht durch andere essenzielle Elemente ausgeglichen werden.

Vor diesem Hintergrund gewinnt die Nährstoffanalyse des Bodens eine besondere Bedeutung, denn nur mit ihr können Defizite aufgedeckt werden. Die angewandten Untersuchungsmethoden sind so konzipiert, dass möglichst die exakten Gehalte an pflanzenverfügbaren Nährstoffen ermittelt werden.

Je nach Bodenbedingungen (Bodenart, pH-Wert, org. Substanz etc.) erzielen die gängigen Analyse-Methoden aufgrund der unterschiedlichen Extraktionsmittel unterschiedliche Werte. In Deutschland ist die CAL-Methode nach VDLUFA etabliert. Die analysierten Werte werden in Versorgungsstufen

(niedrig – mittel – hoch) eingeteilt, so dass entsprechende Düngeempfehlungen für die jeweiligen Kulturen abgeleitet werden können. Die Festlegung und Kalibrierung von Richtwerten erfolgen durch praktische Beobachtungen und geeignete Feldversuche. Diese Daten werden regelmäßig geprüft und den Erfordernissen angepasst.

Eine Alternative zur Standarduntersuchung nach VDLUFA wird seit dem Herbst 2021 von der AGROLAB Agrar und Umwelt GmbH in Sarstedt angeboten. Bei der Ankündigung dieser Nährstoffanalyse für Rasenböden nach der Mehlich-3-Methode erklärt das Labor AGROLAB: „Die Mehlich-3-Methode liefert im Vergleich zur CAL-Extraktion leicht höhere P-Werte, sodass zielgerichteter und sparsamer gedüngt werden kann.“ (WIMMER, 2021).

In diesem Beitrag sollen Grundlagen und Abgrenzungen zu den verschiedenen Analysemethoden des Rasenmarktes aufbereitet und dargestellt werden.

Nährstoffspeicher Boden

Die Ursprünge der Bodenuntersuchungen und die daraus abgeleiteten Erkenntnisse zur Pflanzenernährung wurden für landwirtschaftliche und gärtnerische Kulturen entwickelt. Mit der Einführung von abgemagerten Böden und sandreichen Tragschichtmischungen bei Golf- und Sportplätzen in den 70-er Jahren (DIN und später FLL), wurden neue Richtwerte für die Versorgungsstufen von Rasenflächen erarbeitet, die in die Fachberatung zur Golf- und Sportplatzdüngung Eingang fanden (BISP,1993).

Nährstoffe mg/100 g Boden	Versorgungsstufen		
	niedrig	mittel	hoch
Phosphat (P ₂ O ₅) CAL	< 7	7 – 15	> 15
Kalium (K ₂ O) CAL	< 7	7 – 15	> 15
Magnesium (Mg) CaCl ₂	< 4	4 – 8	> 8

Tab. 1: Versorgungsstufen auf Rasenflächen nach Thieme-Hack (2018).

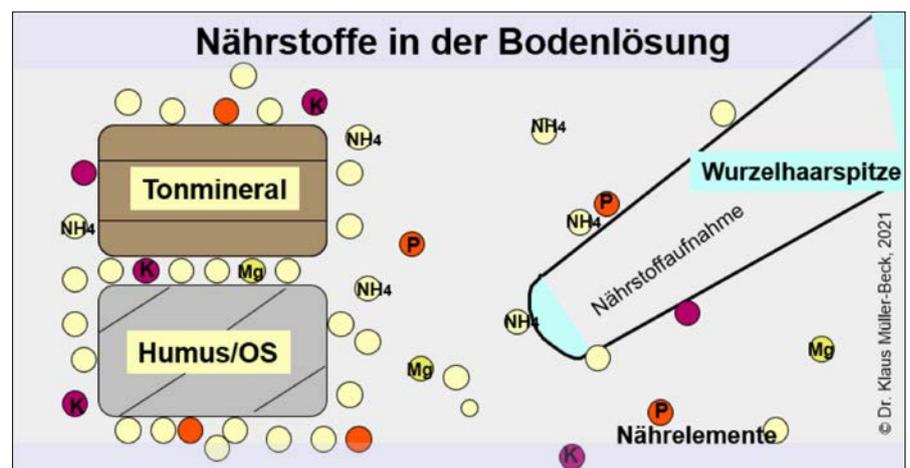


Abb. 2: Schematische Darstellung der Nährstoffnachlieferung aus der Festsubstanz des Bodens (Tonmineral + Humus). Die pflanzenverfügbaren Nährelemente in der Bodenlösung werden von den Wurzeln aufgenommen.

(Quelle: K.G. MÜLLER-BECK, Handout DEULA Rheinland, B-Kurs, 2020)

Die Nährstoffgehalte in der mittleren Versorgungsstufe sichern eine ausreichende Versorgung der Gräser. Bei Einhaltung der mittleren Bodengehalte, kann mit der Stickstoffdüngung das Wachstum des Rasens gezielt gesteuert werden.

Ein Großteil der Nährelemente ist an die Feststoffe der Böden gebunden (Abbildung 2). Eine Mobilisierung wird durch verschiedene Parameter wie Nährstoffkonzentration, pH-Wert, Bodenfeuchte, Temperatur, Mikroorganismenaktivität und das Aufschließungsvermögen durch die Pflanzenwurzeln gesteuert und im günstigen Fall gefördert. Eine große Bedeutung kommt hier dem Aufschließungsvermögen durch die Wurzeln zu. Dies gilt gerade für die hohe Wurzel-dichte bei den Rasengräsern (Wurzellänge in cm pro cm³ Boden). In Verbindung mit den Wurzelausscheidungen und den Mikroorganismen spricht man hier von mikrobiellen Mobilisierungsprozessen in der unmittelbaren Umgebung der Wurzeln, der Rhizosphäre (BLUME et al., 2013).

Eine zielgerichtete Pflege der Gräserwurzeln durch mechanische Maßnahmen oder durch geeignete Biostimulanzien hat somit eine direkte Wirkung auf die Nährstoffverfügbarkeit.

Bodenanalysen erfassen pflanzenverfügbare Nährstoffe

Bei der gleichmäßigen Anlieferung der Nährelemente an die Gräserwurzeln spielt der Boden somit eine ausgleichende Rolle. Je nach Speicherkapazität (Kationenaustauschkapazität KAK) des Substrates sollten entsprechende Mengen der Hauptnährstoffe in pflanzenverfügbarer Form vorliegen. Der Boden wird damit zum Nährstoff-Pool. Die anzustrebenden Gehaltsstufen werden durch geeignete Bodenanalysen ermittelt.

Mit den gängigen Analysemethoden wird der Versuch unternommen, durch die Wahl des Extraktionsmittels eine möglichst praxisnahe Menge der pflanzenverfügbaren Nährelemente zu erfassen. In Deutschland hat sich die CAL-Methode nach VDLUFA über viele Jahre als tragfähig erwiesen.

International werden weitere Methoden zur Nährstoffanalyse eingesetzt und derzeit für die Rasenanwendung diskutiert (Tabelle 2).

Die Tabelle 2 bezieht sich auf Erfahrungswerte verschiedener Autoren und

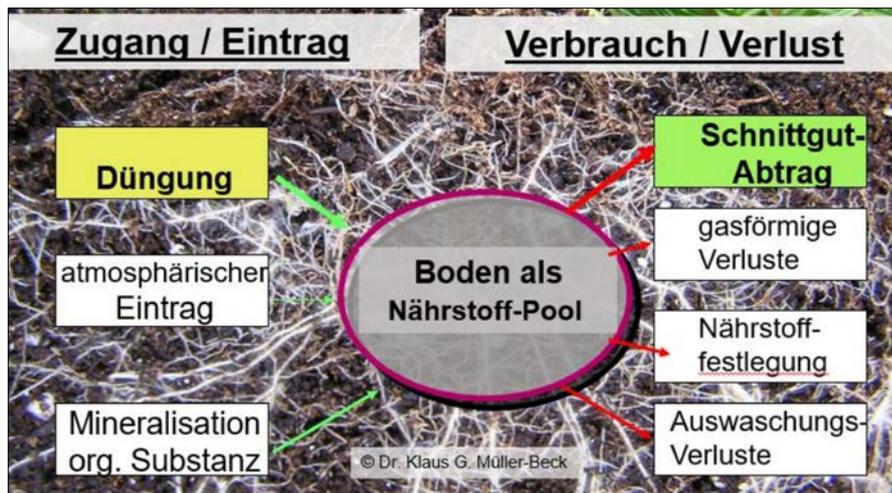


Abb. 3: Verfügbarkeit und Gleichgewicht des Wachstumsfaktors Nährstoffe im Boden, mit Auswirkung auf die Rasenqualität. (Quelle: eigen, MÜLLER-BECK)

Düngeempfehlung nach	Extraktions-Methode	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. 2: Varianten der P-Düngeempfehlungen für belastbare Rasenflächen in Abhängigkeit von der Extraktionsmethode. VDLUFA = Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, SLAN = Sufficiency Level of Available Nutrients, MLSN = Minimum Levels for Sustainable Nutrition, SPF = Scandinavian Precision Fertilisation. (Quelle: BORCHERT et al., 2020)

berücksichtigt die Bedingungen für natürliche Bodenaufbauten sowie die sandreiche Rasentragschicht nach DIN 18035-4 mit einer geringen Sorptionskapazität.

Für alle Verfahren gilt es, die ermittelten Laborwerte mit geeigneten pflanzenbaulichen Vegetationsversuchen zu korrelieren, damit für die Festlegung der Grenzwerte optimale Wachstumsbedingungen erreicht werden.

P-Düngung in der Diskussion

Bei der Einschätzung der P-Düngung verschiedener Kulturen sind der P-Bedarf der Kultur, das Aneignungsvermögen sowie die P-Verfügbarkeit im Boden zu berücksichtigen.

Gerade bei der P-Verfügbarkeit spielen chemische, physikalische und biologische Bodeneigenschaften eine wichti-

P-Extraktion Methode	Repräsentative P-Gehaltsstufen aus verschiedenen Laboruntersuchen in ppm			
	Sehr niedrig	Niedrig	Mittel	Hoch
Bray P1	0 – 4	5 -15	16 -30	>31
Mehlich 3	0 -12	13 -16	27 -54	>55
Olsen	0 - 6	7 -12	13 -28	>29
VDLUFA CAL		22	22 - 40	>44

Tab. 3: Extrahierbarer P in mg/1.000 g Boden = ppm und Einstufung der Gehalte nach unterschiedlichen Methoden (Bray P1, Mehlich-3 und Olsen-Bodentests), die häufig für Rasen verwendet werden. Umrechnung P auf P₂O₅: P-Gehalt x 2,29. (Quelle: CARROW et al., 2001; ergänzt (VDLUFA) nach Handout MÜLLER-BECK, 2020)

Gehaltsklasse	Alte Richtwerte		Neue Richtwerte	
	mgP/100g	mgP2O5/100g	mgP/100g	mgP2O5/100g
A	< 2	< 5	< 1,5	< 3,4
B	2,1 – 4,4	6 – 9	1,5 – 3,0	3,4 – 6,9
C	4,5 – 9,0	10 – 20	3,1 – 6,0	7,0 – 13,8
D	9,1 – 15,0	21 – 34	6,1 – 12,0	13,9 – 27,5
E	> 15,1	> 35	> 12,0	> 27,5

* Die Richtwerte gelten für alle Standorte mit einer Niederschlagsmenge von > ~550 mm/Jahr. In Trockengebieten (< ~550 mm) betragen die Richtwerte in GK A < 2,5, in GK B 2,5 – 5,0 und in Gehaltsklasse C 5,1 – 7,5, in GK D 7,6 – 12,0 und in GK E > 12 mg CAL-P (100 g)⁻¹ Boden.

Tab. 4: Richtwerte nach VDLUFA für die Gehaltsklassen (GK) A bis E für Acker- und Grünlandstandorte (WIESLER, 2018).

ge Rolle. Unter Berücksichtigung dieser Faktoren haben sich international bei der Bodenanalyse für die P-Gehalte unterschiedliche Extraktionsmethoden etabliert.

Aufgrund von zahlreichen Düngungsversuchen wurden auch in Vergangenheit immer wieder Anpassungen bei den Richtwerten vorgenommen. Aktuell spielt derzeit die Diskussion zur Erreichung von Umweltzielen in der Landwirtschaft eine starke Rolle, sodass VDLUFA in 2018 bei einer erneuten Anpassung eine Senkung der Richtwerte vorgenommen hat.

Die neuen Richtwerte des VDLUFA für die Einteilung der P-Gehaltsklassen sind das Ergebnis eines langen Diskussionsprozesses unter Beteiligung der Wissenschaftler mit den neuesten Ergebnissen zu Düngungsmethoden.

Bei den Düngungsempfehlungen für Rasenflächen wird eine mittlere Versorgungsstufe angestrebt. Die in Tabelle 5 aufgeführten Orientierungswerte für sandreiche Rasentragschichten zeigen, dass für die mittlere Versorgungsstufe Werte von 22 – 40 mg P/1.000 g (= ppm) angestrebt werden.

• Situation Deutschland

In Deutschland kommt überwiegend die CAL-Methode (Calcium-Acetat-Lactat-Lösung) nach VDLUFA zur Anwendung. International werden weitere Methoden mit verschiedenen Extraktionslösungen angewandt. Eine direkte Vergleichbarkeit ist kaum möglich, da die jeweiligen Lösungen unterschiedliche P-Mengen freisetzen. Eine kleine Übersicht der Methoden, mit differenzierten Analysewerten für die Einteilung der Gehaltsstufen bei der Rasendüngung, liefert Tabelle 2.

• Situation Skandinavien

Auch in Skandinavien beschäftigt man sich mit den unterschiedlichen Methoden zur Bestimmung der Nährstoffgehalte in Rasenböden. Im NIBIO-Rasenforschungszentrum in Landvik wird schon seit vielen Jahren die Düngung nach der SPF-Methode (Scandinavian Precision Fertilisation), Präzisionsdüngung' durchgeführt, und die Erfahrungen damit werden als gut beschrieben. Hier prüft man derzeit die Frage, inwieweit sich diese umweltfreundliche und wirtschaftliche Düngeempfehlung weiter optimieren lässt (AAMLID and HESSELSØE, 2020).

P2O5-Werte mg /100g	Beurteilung Versorgung	P-Werte mg/1000 g = ppm
< 5	niedrig	< 22
5 -9	mittel	22 -40
10 – 15	hoch	44 – 66
> 15	sehr hoch	> 66

Tab. 5: Bodenanalysewerte für die P-Versorgungsstufen bei sandreichen Rasentragschichten. Werte nach HVA Freising, Greenkeeper-Fortbildung DEULA Rheinland. (Quelle: Handout MÜLLER-BECK, 2020)

Nährstoff	SLAN-Methode ppm	MLSN-Methode ppm
P	55	21
K	117	37
Mg	121	47

Tab. 6: Empfohlene Richtwerte in den USA für die Grundversorgung von Rasen in mg/kg Boden = ppm in Abhängigkeit von der Bewertungsmethode alt SLAN und neu MLSN. (Quelle: AAMLID and HESSELSØE, 2020)

• Situation USA

Die traditionellen amerikanischen Standards für die Rasendüngung werden als SLAN-Methode „Sufficiency Level of Available Nutrients“ beschrieben. Die ermittelten pflanzenverfügbaren Nährstoffe basieren auf der Mehlich-3-Extraktion (Tabelle 6). Dies ist eine leistungsfähige Extraktionsmethode, die in der Regel höhere Werte für P, K und Mg als die AL-Extraktion (Ammoniumlactat), die in Norwegen und Schweden verwendet wird, liefert (AAMLID and HESSELSØE, 2020).

Die Interpretation der Ergebnisse nach Mehlich-3 erfolgt auf der Grundlage der MLSN-Methode, die von M. WOODS und L. STOWELL (2013) entwickelt wurde. Nach WOODS (2018) lautete die Definition: „MLSN ist die Abkürzung für „Minimum Levels for Sustainable Nutrition“, wobei M für das Mindestniveau für eine nachhaltige Pflanzenernährung bei der Rasendüngung steht.

Greenkeeper sollten sich für ein Verfahren entscheiden und die Entwicklung auf der Anlage über einen längeren Zeitraum bei gleichbleibender Methodik dokumentieren, damit entsprechende Schlussfolgerungen für das Düngungskonzept abgeleitet werden können.

- Die **LUFA-Methode** stuft aufgrund der Bedeutung und der Mobilität der Elemente, die Nährstoffgehalte in die Gehaltsklassen „niedrig“, „mittel“ und „hoch“ ein.
 - Die mittlere Gehaltsklasse gilt als Zielvorgabe für eine sachgerechte Düngeplanung.
- Die Methode **MLSN** (Minimum Level for Sustainable Nutrition) orientiert sich an den untersten Werten, bei denen ein normales Gräserwachstum möglich ist.
- Die Methode **SLAN** (Sufficiency Levels of Available Nutrients) berücksichtigt die hinlänglich verfügbaren Nährstoffe.
- Die Methode **BCSR**-Verfahren (Base Cation Saturation Ratio) strebt ein bestimmtes Verhältnis der jeweiligen Kationen im Boden an.
 - Voraussetzung ist hierbei die Ermittlung der Kationenaustauschkapazität (KAK).
- Die Methode **SPF** (Scandinavian Precision Fertilisation) wird als „Präzisionsdüngung“ eingestuft. STERF empfiehlt eine P-Düngung 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 Düngemenge unberücksichtigt (BORCHERT et al., 2020).

Übersicht der unterschiedlichen Methoden und Bewertungssysteme bei der Bewertung und Festlegung von Grenzwerten für die Versorgungsstufen von Rasenflächen.

Bodenanalysen für die praktische Rasendüngung

Zur Erstellung von Düngeplänen gilt generell die Festlegung eines Zielwertes für den N-Bedarf. Dieser orientiert sich an den Grasarten und den Anforderungen für die Platzqualität. Mit dem Zielwert für N lassen sich aufgrund des Nährstoffverhältnisses auch die Zielwerte für P_2O_5 , K_2O und MgO berechnen.

Mit der Bodenanalyse lassen sich die Versorgungsstufen hoch, mittel und niedrig zuordnen. Bei einer niedrigen Versorgungsstufe muss neben der notwendigen „Pflanzen-Bedarfsdüngung“ ein zusätzlicher Anteil für die „Boden-Ausgleichsdüngung“ verabreicht werden. Dies erreicht man, wenn der Zielerreichungswert (Plan) größer ist als der vorgegebene Zielwert für die Gräser.

Bei der Auswahl geeigneter Düngemittel gibt die FLL-Düngemitteldatenbank eine gute Hilfestellung (<https://duengemittel.fll.de/>).

Bedarfsermittlung für die Sportplatz-Düngung

Neben dem artenspezifischen Anspruch leitet sich die erforderliche Nährstoffmenge aus der Nutzungsintensität einer Rasenfläche ab. Dabei gelten nach den Angaben des Bundesinstituts für Sportwissenschaft folgende Werte als Orientierungshilfe (BISP, 1993):

- Belastung gering (bis 15 Std./Woche) => **15 g N/m²**
- Belastung mittel (15 - 20 Std./Woche) => **20 g N/m²**
- Belastung hoch (> 20 Std./Woche) => **25 g N/m²**

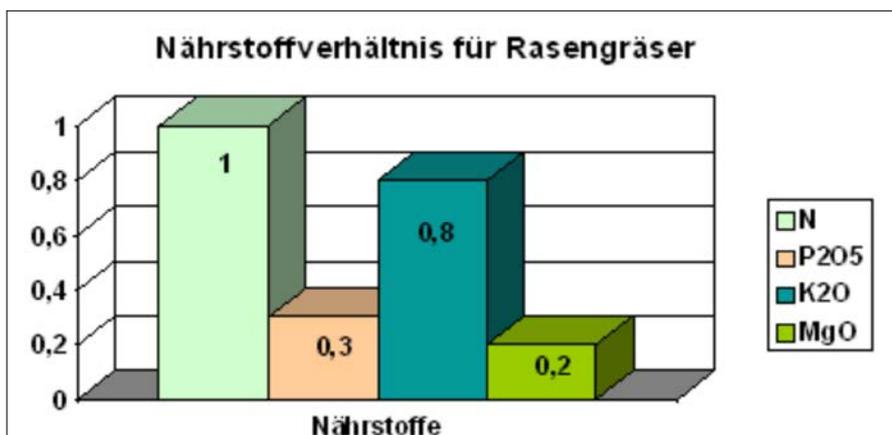


Abb. 4: Schematische Darstellung des Nährstoffverhältnis für Rasengräser, abgeleitet vom Stickstoffgehalt in der Trockensubstanz von Rasenschnittgut. (Quelle: K.G. MÜLLER-BECK, 2020)

Ihre Vorgaben:					
Fläche m ²	Bodenart	Pflegeziel	Probleme	Düngeart	Qualität
1000	15-20 neutral (sandig)	Bestandsdüngung	keine	mineralisch	sehr hoch / hoch

Zeitraum	Artikel-Nr.	Dünger/Hinweis	Nährstoffgehalt in %					Nährstoffe in g/m ²				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	LZ*	Menge g/m ²	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
März/April	1231256	Olympia Plus 30-5-9-2 +P56 (25 kg)	30	5	9	2	60 %	20	6,0	1,0	1,8	0,4
Mai/Juni	1231256	Olympia Plus 30-5-9-2 +P56 (25 kg)	30	5	9	2	60 %	20	6,0	1,0	1,8	0,4
August	1231256	Olympia Plus 30-5-9-2 +P56 (25 kg)	30	5	9	2	60 %	20	6,0	1,0	1,8	0,4
Oktober	1230326	Eurosport NK+UH 17-0-22-3 +P56 (25 kg)	17		22	3	60 %	20	3,4		4,4	0,6
Hinweis: Falls Mähroboter im Einsatz und/oder Schnittgut liegenbleibt: Reduktion um ca. 10 % möglich												
									21,4	3,0	9,8	1,8

* % Lanzeitstickstoff

Tab. 7: Beispiel für einen Düngeplan eines Rasensportplatzes. Erstellung mit EUROGREEN-Rasenkongfigurator. (<https://www.eurogreen.de/Rasenkongfigurator-74400.html>)

Im Bedarfsfall sind Zuschläge für eine Regenerationsmaßnahme, eine Herbstdüngung oder bei Krankheitsbefall der Gräser möglich.

Bei der Festlegung der Nährstoffmengen für den Düngeplan, werden in der Regel die Ergebnisse aus der Bodenuntersuchung sowie die Standortbedingungen berücksichtigt.

- Höherer Bedarf an Kali und Magnesium ist auf besonders durchlässigen Böden und bei hohen Niederschlagsmengen vorzumerken.
- Niedrigerer Bedarf an Nährstoffen ergibt sich auf Standorten mit hoher Nachlieferung, z. B. bei Böden mit hohem Anteil an organischer Substanz oder bei ständiger Rückführung des Mähgutes beim Einsatz von Mährobotern auf der Fläche.

Da der Stickstoff als Leitelement für die Rasenentwicklung gilt, werden die übrigen Nährstoffe in einem ausgewogenen Verhältnis zum Stickstoff berücksichtigt. Aus zahlreichen Blattanalysen lassen sich folgende Richtwerte für ein ausgewogenes Nährstoffverhältnis ableiten: $N : P_2O_5 : K_2O : MgO = 1 : 0,2 - 0,4 : 0,5 - 0,8 : 0,1 - 0,2$.

Aufbau des Düngeplans

Auf der Grundlage der verschiedenen Anbieter für Rasendünger lassen sich vielfältige Jahres-Düngepläne entwickeln. Eine praktische Hilfestellung bietet der Internet-Konfigurator von EURO-GREEN, bei dem mit entsprechenden Voreinstellungen sehr übersichtliche Düngepläne erstellt werden können. Die Stickstoffmenge wird über Bodenart, Pflegeziel und Qualität im Programm definiert und berücksichtigt (s. Tabelle 7).

Im Düngeplan werden zunächst die vorgesehenen Applikationstermine eingetragen. Mit der Produktwahl folgt dann die Nährstoffformel und die Düngermenge in g/m^2 . Aus diesen Daten werden dann die Rein-Nährstoffmengen in g/m^2 berechnet und im Plan eingetragen.

Fazit

Gerade für die Düngung von Golfgrüns existieren in Deutschland unterschiedliche P-Düngeempfehlungen, die deutlich in der ausgebrachten jährlichen P-Menge variieren. Mit dem internationalen Projekt „SUSPHOS – Sustainable

phosphorus fertilization for Golf“, bei dem es um die Reduzierung des Einsatzes von Phosphor in der Rasendüngung geht, wird derzeit die Endauswertung der umfangreichen Daten vorgenommen. Im Rahmen dieses STERF-Projektes SUSPHOS wird der P-Einsatz bei sandbasierten Grüns auf Basis der Empfehlungen SLAN-, MLSN- und SPF-Methode in den Niederlanden, Deutschland, China, Schweden und Norwegen untersucht und verglichen. Die Hochschule Osnabrück ist mit dem Fachbereich „Nachhaltiges Rasenmanagement“ an diesem Projekt beteiligt. Erste Ergebnisse wurden bereits in der Zeitschrift Rasen-Turf-Gazon veröffentlicht (BORCHERT et al., 2020).

Bei der Rasendüngung gilt weiterhin der Grundsatz: „Messen – Bewerten – Beobachten und eine exakte Dosierung der Nährstoffe bilden die Basis für die Entwicklung einer gesunden und nachhaltigen Rasennarbe.“

Für den Rasenfachmann kommt es darauf an, vitale Gräser zu kultivieren, damit die Anforderungen an die Rasennarbe durch den Spielbetrieb (Golf und Fußball) erfüllt werden können. Dabei geht es um Narbendichte, nicht um Massenwuchs!

Bei einer zunehmenden Anzahl von Düngungsversuchen mit geeigneten Ergebnissen für den Rasenbereich, lassen sich stetige Anpassungen bei den Düngeempfehlungen vornehmen. So konnten nach BORCHERT et al. (2020) auf der Grundlage der P-Düngeempfehlungen nach MLSN und SPF auf dem Golfplatz Dütetal e.V. P-Dünger eingespart werden und die P-Gehalte im Boden reduziert werden, ohne die Grünqualität zu gefährden.

Literatur

- AAMLID, T.S. and K.J. HESSELSØE, 2020: MLSN fertilization on golf courses. NIBIO. www.sterf.org/Media/Get/3440/mlsn-fertilization-english.pdf
- BISP, 1993: Grundsätze zur funktions- und umweltgerechten Pflege von Rasensportflächen. Teil I: Nährstoffversorgung durch Düngung. Bundesinstitut für Sportwissenschaft.
- BLUME, H.P., G.W. BRÜMMER, R. HORN, E. KANDELER, I. KÖGEL-KNABNER, R. KRETSCHMAR, K.STAHR UND B.-M. WILKE, 2013: Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde. Spektrum Akademischer Verlag, 16. Auflage Nachdruck 2013, 569 S.
- BORCHERT, A.F., ROSEBUSCH, J., HESSELSØE, K. J., AAMLID, T.S. und W. PRÄ-MASSING, 2020: Einfluss unterschiedlicher P-Düngeempfehlungen auf die Nährstoff-

gehalte im Boden und die Qualität von Golfgrüns am Beispiel des Golfplatzes Dütetal (Osnabrück). Z. Rasen-Turf-Gazon, 51, S. 61-66.

- 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 Manage 72, 194-198.
- CARROW, R.N., D.V. WADDINGTON and P.E. RIEKE, 2001: Turfgrass Soil Fertility and Chemical Problems: Assessment and Management. Ann Arbor Press, Chelsea Michigan, 400 S.
- ERICSSON, T., K. BLOMBÄCK and A. KVALBEIN, 2015: Precision fertilisation – from theory to practice. www.sterf.org/Media/Get/1228/precision-fertilisation-from-theory-to-practice.pdf
- IVA, 2013: Informationsserie Pflanzenernährung: Ernährung – Wachstum – Ernte. https://www.iva.de/sites/default/files/benutzer/uid/publikationen/textheft_final_farbig_klein.pdf
- MÜLLER-BECK, K.G., 2020: Erstellung von Düngeplänen für Sport- und Golfrasen. Handout Greenkeeper-Fortbildung, DEULA Rheinland.
- SCHEFFER, F. und P. SCHACHTSCHABEL, 2013: Lehrbuch der Bodenkunde. Spektrum Akademischer Verlag, 16. Auflage Nachdruck 2013, 569 S.
- STOWELL L. and M. WOODS, 2013: Applied Turfgrass ATS Proceeding: Constructed Rootzone 2012. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/ATS-2013-0008BC>
- THIEME-HACK, M., 2018 (Hrsg.): Handbuch Rasen. Stuttgart (Hohenheim): Ulmer Verlag.
- WIMMER, D., 2021: Schriftl. Mitteilung. Agrolab Agrar und Umwelt GmbH, Sarstedt.
- WIESLER, F., 2018: Neue Empfehlungen des VDLUFA für die P-Düngung. VDLUFA Mitteilungen 02-2018. https://www.vdlufa.de/Dokumente/WirUeberUns/Mitteilungen/Mitteilungen_02_18.pdf
- WOODS, M.S. and L.J. STOWELL, 2013: Minimum Levels for Sustainable Nutrition (MLSN). <https://doi.org/10.2134/ATS-2013-0008BC>
- 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/>
- WOODS, M., 2018: MLSN Cheat Sheet. http://files.asianturfgrass.com/mlsn_cheat_sheet.pdf

Autor:

Dr. Klaus G. Müller-Beck,
Ehrenmitglied Deutsche
Rasengesellschaft e.V.
48291 Telgte
klaus.mueller-beck@t-online.de