

# pH-Wert als Fiebergrad des Bodens

Ende Januar fand in Melle (Niedersachsen, Kreis Osnabrück) eine Veranstaltung der österreichischen Firma Karner Düngeproduktion GmbH statt. Sie produziert und vertreibt unter dem Namen AKRA interessante Produkte für den Ackerbau, die sehr gut in die Systematik der sogenannten Regenerativen Landwirtschaft passen.

Von Dipl.-Ing. agr. (FH) Martin Bensmann



Foto: [www.landpixel.de](http://www.landpixel.de)

Wenn der Boden gekalkt wird, heißt das nicht automatisch, dass der pH-Wert verändert wird. Es werden Säuren neutralisiert. Erst wenn eine bestimmte Menge an Säuren neutralisiert wurde, kann der Boden-pH-Wert verändert werden.

Einer der hochkarätigen Referenten war Dipl.-Ing. Hans Unterfrauner, Geschäftsführer des Technischen Büros Unterfrauner GmbH ([www.bodenoekologie.com](http://www.bodenoekologie.com)). Er referierte über die „Black-Boxen“ pH-Wert und Bodenphosphor. Doch zu Beginn seines Vortrags informierte er, dass es einen invasiven Schadwurm gibt, der inzwischen in Österreich angekommen sei über den Import von Bodensubstraten. Dieser Schadwurm würde die hiesigen Regenwürmer fressen.

Es handele sich dabei um einen Vertreter aus dem Bereich der Strudelwürmer. Sie hätten selbst hier keine Feinde, weil sie mit einem giftigen Schleim überzogen sind. Bodenbewirtschaftler seien aufgefordert, sich zu melden, wenn dieser Schadwurm auftaucht, um erkennen zu können, wie weit er sich schon verbreitet hat.

### **Bodenaktivität ausgedrückt in pH-Wert**

Wenn man sich mit dem Säuresystem im Boden beschäftige, dann werde man mehrere Begriffe vorfinden. Einerseits den Begriff Bodenreaktion, dann den Begriff Bodenaktivität und eben auch den Begriff pH-Wert. „Wie aber hängen diese Begriffe miteinander zusammen?“, fragte Unterfrauner. Die Bodenreaktion sei die Charakterisierung von Böden nach deren Aktivität ausgedrückt in pH-Wert. Der pH-Wert sei somit ein Summenparameter.

„Aber was bedeutet negativer Logarithmus der Ionenaktivität? Der pH-Wert ist gleich minus Logarithmus der  $H^+$ -Ionen-Konzentration. Wenn wir diese Definition als Korrekt annehmen, dann lässt sich eines schon ableiten: Calcium, Kalium, Magnesium und Natrium sind in dieser Definition nicht enthalten. Darum haben diese Elemente auch gar nichts mit dem pH-Wert zu tun“, erklärte der Referent.

Der Boden-pH-Wert sei der, der sich in einer wässrigen Lösung einstellt, die im Boden ins Gleichgewicht gebracht wurde. Boden könne mit destilliertem Wasser ins Gleichgewicht gebracht werden oder auch mit Neutralsalzlösung. Typischerweise würden dazu Calcium- und Kaliumchloridlösungen verwendet. Man könnte die  $H^+$ -Ionen-Konzentration auch als Gleichgewicht im Boden so darstellen: 0,0001 mol pro Liter.

Laut Unterfrauner sind sich aber viele nicht bewusst, dass der Unterschied zwischen einem pH-Wert zum nächsten nicht der Faktor 1 ist, sondern 10. „Eine Lösung von pH 6 ist also zehnmal saurer als eine Lösung von pH 7. Eine Lösung von pH 5 ist 100 mal saurer und eine Lösung von pH 4 ist 1.000 mal saurer als pH 7. Das hat ganz konkrete Auswirkungen für die landwirtschaftliche Praxis“, erläuterte Unterfrauner.

### **Welche Menge neutralisierender Stoffe?**

An einem Beispiel machte er es deutlich: zwei Böden mit unterschiedlichen pH-Werten. Der eine hat pH 6 und der andere bei vergleichbaren Parametern einen pH von 4. Nun stellt sich die Frage, wie groß die Menge an neutralisierenden Stoffen ist, um beide Böden eine pH-Einheit anzuheben. Mit AKRA DCG-Mix benötige man bei pH 6 eine Einheit neutralisierende Stoffe. Für den Boden mit pH 4 seien viel mehr neutralisierende Stoffe notwendig, weil die Einheiten logarithmisch sind. pH 4 braucht somit 100 Einheiten.

„Der pH-Wert des Bodens kann mit unterschiedlichen wässrigen Lösungen bestimmt werden. In mit Regenwasser gefüllten

Bodenporen kommen auch gelöste Säuren vor. Der Boden hat negativ geladene Tonteilchen, die abgesättigt werden durch positiv geladene Teilchen, die austauschbar angelagert werden – unter anderem auch die Säure. Somit auch  $H^+$ -Ionen (positiv geladen). Wenn wir die Säuresituation im Boden erfassen wollen, dann nehmen wir destilliertes Wasser, schütteln den Boden aus und erfassen die gelösten Säuren, um den pH-Wert der Bodenlösung festzustellen. Wenn wir aber die angelagerte, austauschbare Säure miterfassen wollen, extrahieren wir den Boden in einer Neutralsalzlösung. Das heißt, wir geben dem destillierten Wasser einen Überschuss an Calcium und Kalium hinzu“, führte Unterfrauner aus.

Dieser Überschuss an Kationen bewirke, dass die angelagerten Stoffe von den Tonmineralen verdrängt werden, unter anderem auch die Säure, die hier angelagert ist. Dies könne mit der Elektrode oder einem Indikatorstreifen erfasst werden. Das ist dann der pH-Wert im Neutralsalz, der routinemäßig auf jedem Untersuchungsbogen steht.

### **pH-Wert beeinflusst Aktivität der Mikroben**

Was aber ist nun die Aussagekraft dieser beiden unterschiedlichen Säuresysteme im Boden? Unterfrauner: „Der pH-Wert im Wasser ist optimal im pH-Bereich zwischen 6,5 und 7,5, weil die Mikroorganismen eines Bodens im Bodenwasser leben und nicht in der Bodenluft. Es gibt eine sehr starke Abhängigkeit zwischen der Mikroorganismenaktivität und dem pH-Wert. Beim pH-Wert im Wasser zwischen 6,5 und 7,5 herrscht die höchste Artenvielfalt. Da fühlen sich die meisten Mikroorganismengruppen wohl, die für die Bodenfruchtbarkeit sehr viele positive Effekte haben.“

Wenn der pH-Wert im Wasser sehr stark nach oben oder unten abweicht, können zunehmend nur noch Spezialisten überleben. In vielen Fällen seien Krankheitserreger dabei. Der pH-Wert im Boden habe auch einen Einfluss auf die Nährstoffspezies. Der pH-Wert im Neutralsalz erlaube nur die einzige Aussage, nämlich den Einfluss des Bodens auf das Puffersystem, aber nicht, wo der Boden im Puffersystem angesiedelt ist. Ein Boden versauere nicht linear, sondern erst, wenn ein Puffersystem ausgeschöpft ist.

„Wenn der Boden gekalkt wird, heißt das nicht automatisch, dass der pH-Wert verändert wird. Es werden Säuren neutralisiert. Erst wenn eine bestimmte Menge an Säuren neutralisiert wurde, kann der Boden-pH-Wert verändert werden. Das heißt, dass allein die Messung des pH-Wertes nicht dazu geeignet ist, den Erfolg oder Misserfolg einer Kalkungsmaßnahme zu dokumentieren. Wenn im Neutralsalz ein pH von 6,2 gemessen wird, dann kann ich ableiten, ob das Puffersystem noch stark genug ausgestaltet ist oder ob ich mich bereits im Abkippen in den nächsten Pufferbereich befinde“, setzte der Bodenfachmann weiter fort.

### **Verschiedene Säure-Eintragsquellen**

Wo aber kommt die Säure im Boden her? Lässt sich die Säureentstehung beeinflussen? Einerseits brächten Niederschläge Säuren in den Boden. Je nach Niederschlagsverhältnissen seien es zwischen 1 und 5 Kilogramm Säure pro Hektar und Jahr. Ein weiterer wichtiger Inputfaktor sei die Bodenatmung. Mikroorganismen würden im Boden atmen. Wir wollten ja mikrobio- ►



Hans Unterfrauner sagte: „Allein die Messung des pH-Wertes ist nicht dazu geeignet, den Erfolg oder Misserfolg einer Kalkungsmaßnahme zu dokumentieren.“

logisch aktive Böden haben. Je aktiver ein Boden sei, umso mehr Säure werde in das Bodensystem eingetragen – 5 bis 10 Kilogramm pro Hektar und Jahr.

Wenn Stickstoff im Boden eine Umsetzung erfahre – ganz gleich aus welcher Quelle der Stickstoff komme – werde damit eine Säureproduktion einhergehen. Bei der Düngung mit Wirtschaftsdünger sei auf die Säurebildung zu achten. Auch die Düngung mit Gärprodukten führe zu einer Versauerung des Bodens – auch wenn der pH-Wert des Düngeproduktes ein alkalischer ist. In Summe werde pro Hektar und Jahr bis zu 25 Kilogramm Säure in den Boden eingebracht. Man könne gegen die Säureproduktion etwas machen. 100 Kilogramm  $\text{CaCO}_3$  neutralisierten 2 Kilogramm Säure.

„Wenn Sie den aktiven Bodenzustand erhalten wollen, dann sprechen wir von Erhaltungskalkung. Dafür benötigen Sie je nach Zielgröße zwischen 350 und 1.250 Kilogramm  $\text{CaCO}_3$ . Das gilt auch, wenn in der Bodenlösung bereits Aluminium festgestellt worden ist. Aluminium hat eine hohe Affinität, sich mit  $\text{OH}^-$ -Ionen zu umgeben. Die werden ganz brutal dem Wassermolekül entrissen. Damit werden drei Säureatome freigesetzt. Das heißt, Aluminium setzt Säure frei. Noch mehr Säure setzt Aluminium frei. Wir sprechen hier auch von der Spirale der Versauerung, die es zu durchbrechen gilt“, hob Unterfrauner hervor.

### Beispiel Carbonatpuffer

Wie zum Beispiel der Carbonatpuffer funktioniert erklärte er wie folgt: Ein kalkreicher Boden, der aus dem Ausgangsmaterial zur Bodenbildung Kalk mitgebracht hat, wird in unmittelbarer Nähe des Calciumcarbonats ( $\text{CaCO}_3$ ) Säure neutralisieren. Es entsteht Hydrogencarbonat. Dieses ist wasserlöslich und wird mit dem Sickerwasser in tiefere Bodenschichten eingewaschen. Dort, wo der  $\text{CO}_2$ -Partialdruck ansteigt, kann es zu einer Recarbonatisierung kommen. Die finden wir im Boden entweder als Lößkindl vor oder in bestimmten Fällen auch als sogenanntes Pseudomycel.

Das heißt, man kann im Boden an bestimmten Stellen feine Verästelungen feststellen, die aussehen wie Pilzhyphen, die

es aber nicht sind, sondern recarbonatisierte Hydrogencarbonate. Wenn man einen versauerten Boden kalkt, läuft nicht derselbe Prozess ab, als wenn ein kalkhaltiger Boden Säure neutralisiert. Es bildet sich Kohlensäure. Die Kohlensäure dissoziiert zu  $\text{CO}_2$ , das unter anderem zu Photosynthese genutzt werden kann, und Wasser.

Das Wasser bildet sich laut Unterfrauner zwar nur im molekularen Bereich, aber diese Wassermenge kann in extremen Stress-Situationen die Keimung oder das Pflanzenwachstum positiv beeinflussen. Der pH-Wert sagt uns im Grunde nur, ob ein Boden sauer oder alkalisch ist. Der pH-Wert sagt uns nicht, welche Menge an Kalk benötigt wird, um den pH-Wert zu erhöhen. Diese Infos bekommt man nur durch eine Laboranalytik mithilfe der Titration.

### Kalken: Vermahlungsgrad des Produktes beachten

Wie viel Kalk, wie viel neutralisierende Stoffe notwendig sind, lässt sich nur über eine Nanoanalytik feststellen. „Sie bekommen von uns die Therapiemaßnahmen genannt, mit denen Sie den pH-Wert verändern können. Ihre Aufgabe ist es, die Aktivität des Bodenlebens zu managen. Wenn wir zur Therapie übergehen, dann sollten wir zwei wichtige Punkte beachten:

1. Keine Therapie mit einem Einzelprodukt.
2. Auf den Vermahlungsgrad der Produkte achten.

Die Neutralisationsreaktionen geschehen ausschließlich über die Oberfläche. Wenn Sie einen Würfel mit drei Meter Kantenlänge aus Gestein in die Sandfraktion vermahlen, dann bekommen wir eine Gesamtoberfläche von 6.000 Quadratmeter. Wird dieser Steinwürfel aber in kleinere Fraktionen überführt, dann ist die Oberfläche sehr, sehr viel größer. Nehmen Sie darum feinvermahlene Produkte. Dann wissen wir, dass das Produkt in den nächsten fünf bis sechs Monaten umgesetzt wird“, betonte Unterfrauner.

Die höchste Nährstoffverfügbarkeit und -ausnutzung finde im Bereich von pH-neutral statt. Bei pH 5,5 oder darunter schon nicht mehr. Die Nährstoffausnutzung sinkt dann auf unter 50 Prozent mit gravierenden Auswirkungen auf die Produktqualität, die Erntemenge und benachbarte Ökosysteme. Am Anfang der Therapie stehe also erst einmal die Datenerhebung, um sich ein Bild vom Zustand des Bodens machen zu können.

### Black-Box Phosphor

Nach der Black-Box pH-Wert widmete Unterfrauner sich der Black-Box Phosphor. Er berichtete, dass die Phosphorlagerstätten weltweit begrenzt sind. Förderländer seien nicht unbedingt verlässliche Partner. Die Länder befänden sich in geopolitisch unsicheren Situationen. Er fragte, ob es überhaupt notwendig sei, auf diese Ressource zurückzugreifen. Deutschland habe einen positiven Phosphor-Bilanzüberschuss im Mittel in Höhe von 1,6 Kilogramm (kg) pro Hektar (ha) landwirtschaftlicher Nutzfläche (LF). Er betonte dabei, dass Mittelwerte extrem kritisch hinterfragt werden müssten. So gebe es zum Beispiel im Altenburger Land einen negativen Phosphor-Bilanzüberschuss von minus 3,28 kg/ha LF. Im Kreis Vechta dagegen einen Überschuss von 48,5 kg/ha LF. Vor zehn Jahren seien die Überschüsse dreimal so hoch gewesen. ►



**Standzeit-Garantie:**  
Bis zu **3x länger** pumpen!  
**VERSprochen!**

maximale  
Effizienz

Servicefreundlich  
und wartungsarm

Reduzierte  
Lebenszyklus**Kosten**

### Die revolutionäre, konische Exzentrerschneckenpumpe HiCone®

Vervielfachte Standzeiten und reduzierte Lebenszyklus-Kosten: Dank der konischen Rotor- und Statorgeometrie, der intelligenten Anfahrautomatik sowie eines innovativen Ein- und Nachstellsystems steht die neue HiCone® für maximale Effizienz. Sind die Fördererelemente verschlissen, stellen Sie sie einfach nach, anstatt sie aufwendig zu wechseln. Profitieren Sie von den Vorteilen der HiCone®.

[vogelsang.info/  
de/hicone](http://vogelsang.info/de/hicone)



**VOGELSANG – LEADING IN TECHNOLOGY**

[vogelsang.info](http://vogelsang.info)

**VOGELSANG**



# BayWa

Unsere Portfolio-  
erweiterung im  
Bereich Gasmotorenöle:  
**Jenbacher S Oil 40**

**Macht Energie unabhängig.**

„Während in den Düngere striktionen angenommen wird, dass Stickstoff aus Wirtschaftsdünger zu 50 bis 70 Prozent verwertet werden, so ist es beim Phosphor eine 100-Prozent-Annahme. Das heißt, dass in manchen Regionen die Anwendung von Wirtschaftsdünger durch Phosphor limitiert wird und nicht durch Stickstoff“, machte der Österreicher aufmerksam. Landwirtschaftliche Böden wiesen im Durchschnitt 500 Milligramm (mg) Phosphor (P) pro kg Boden auf. Umgerechnet würden sich daraus rund 3.000 kg P in 30 Zentimeter Oberboden ergeben.

### Mineralischer Phosphor: Ausnutzung unter 10 Prozent

Die Zufuhr von Phosphor erfolge entweder mineralisch oder organisch. Vom mineralisch zugeführten Phosphor werde nur ein Bruchteil genutzt. Das heißt, unter 10 Prozent. Im Gegensatz dazu werde in der Düngegesetzgebung davon ausgegangen, dass P zu 100 Prozent pflanzenverfügbar ist. Hier liege offensichtlich eine Diskrepanz vor.

„Wie kommt es zur Abfuhr von Phosphor? Ein Hauptverlustweg stellt die Oberflächenerosion des Bodens dar. An jedem Teilchen des Bodens ist Phosphor gebunden. Über Drainagen im Boden findet ein weiterer P-Verlust statt. Der P ist an den Schwebeteilchen, die im Drainwasser enthalten sind, gebunden, aber auch in gelöster Form vorhanden sowie in organischer Form. Der Auswaschungsgrad des Sickerwassers in den Grundwasserkörper ist relativ klein. Allerdings steigt das Risiko, wenn die Böden phosphorgesättigt sind“, erläuterte Unterfrauner.

Das übliche Verfahren, um den Phosphor im Boden zu bestimmen, erfolge über den Calcium-Azetat-Lactat-Auszug (CAL). Die Methode diene aber nicht dazu, die Verfügbarkeit des Phosphors im Boden zu analysieren, sondern die Löslichkeit von P-Düngern. „Die Phosphorgehalte in Pflanzen stehen in keiner Beziehung zu den Gehaltsklassen oder Bilanzüberschüssen. Dies ist bekannt seit 1944“, hob Unterfrauner hervor. Der Phosphor im Boden könne vielfältige Speziesformen annehmen. Deswegen sei es so schwer, Phosphor zu fassen. Deswegen müssten bei der Analytik ganz klar definierte Methoden angewandt werden, um die Poolabgrenzungen beschreiben zu können. Es reiche längst nicht aus, einen diffusen Pool zu erfassen, der nicht interpretiert werden kann. Phosphor komme auf das Element bezogen zwischen 0,2 und 0,8 mg pro Liter Boden vor. Das sei der Optimalbereich der Pflanzenernährung. P komme im Boden und in der Bodenlösung ausschließlich als Orthophosphat vor.

### Neutraler pH-Bereich fördert Aufnahme negativ einwertiger Phosphate

Laut Unterfrauner kommen je nach pH-Wert in der Bodenlösung unterschiedliche Spezies an Phosphat – ein-, zwei- oder dreiwertig negativ geladen – im Boden vor. Im pH-Bereich zwischen 6,5 und 7,5 werden bevorzugt die einwertig negativ geladenen Spezies von den Pflanzen aufgenommen, weil die Pflanzen dafür wenig Energie benötigen. Beträgt der Abstand von der Wurzeloberfläche mehr als ein Millimeter zur Bodenlösung, kann der Phosphor nicht mehr aufgenommen werden. Das heißt, dass Phosphor und Wurzeln unmittelbaren Kontakt zueinander benötigen. Schlussfolgerung: Entweder Pflanzenwurzeln zum Phosphor oder Phosphor zur Wurzel bringen. „Es ist aber keine gute Idee, Diammonphosphat unterfuß zu

düngen. Damit wird die Pflanze verhätschelt und das Wurzelwachstum beeinträchtigt. Es ist vom Ansatz her viel zielführender, das Wurzelwachstum anzuregen, zum Beispiel durch AKRA-Saatpower, damit die Wurzeln zum Phosphor wachsen“, empfahl der Bodenexperte.

Einen wichtigen Pool im Boden stellt der organische Phosphor im Humus dar. Darin seien bis zu 2.500 kg P gespeichert. In den Laibern der Mikroorganismen befinden sich – wenn der Boden ein belebter ist – bis zu 120 kg P. Der organisch gebundene Phosphor ist überwiegend als Phytin vorhanden, sagte Unterfrauner. Phytin ist nicht säurelöslich. Es braucht somit die Mikrobiologie, um den organischen Pool pflanzenverfügbar zu machen.

### Apatite – Phosphorquelle im Urgestein im Untergrund

Das Produkt AKRA Stroh R.+P+K biete mit dem Bakterium *Bacillus Megaterium Phosphaticum* – je nach verfügbarer organischer Masse – bis zu 30 kg P/ha an Mobilisierungspotenzial. Nach Unterfrauners Darstellung kann Phosphor auch im Ausgangsgestein oder -sediment der Bodenbildung vorhanden sein. Alle diejenigen haben ihm zufolge einen Vorteil, bei denen Urgestein im Untergrund liegt. Denn dort kommen Apatite (phosphorhaltige Mineralien) vor, aus denen laufend Phosphor in die Bodenlösung eingespeist wird.

P als geladenes Molekül als Phosphat kann auch austauschbar im Boden bevorratet sein und am Anionenaustauscher anlagern. Dieses Phosphat lässt sich durch die Zufuhr von Konkurrenzionen mobil machen. So ein Konkurrenzion wäre zum Beispiel Kieselsäure. Dieses freigeordnete Phosphat kann von den Pflanzen unmittelbar aufgenommen werden. Mit dem Produkt AKRA-Kombi kann SiO<sub>2</sub> (Kieselsäure) appliziert werden.

### Phosphor mobilisieren, Menge in deutschen Böden reicht für sehr lange Zeit

„Woher kommen die 2.500 kg/ha organisch gebundener Phosphor in 30 Zentimeter Oberboden? Nun, den Phosphor haben Sie ausgebracht. Denn jedes einzelne dieser Phosphormoleküle war irgendwann mal in der Bodenlösung und hat seinen Pfad genommen über die Zufuhr von Mineraldünger – einer hochverfügbaren Form von Phosphor, der im Boden einer raschen Umbildung unterliegt. Diese Umwandlung bedeutet eine zu-

### BOR KURZ UND KNAPP

- Bor ist ein wichtiger Nährstoff für die RNA-Bildung.
- Wichtig für die Bildung von echtem Protein.
- Blattspritzung geht, dann aber nur im Spross wirksam, weil es nicht über das Phloem zu den Wurzeln kommt.
- Bor-Bodendüngung ist von Vorteil, weil es über das Xylem in Wurzeln und Spross verteilt wird.
- Bor wird ausgewaschen wie Nitrat. Es ist so mobilisierbar, weil es nicht am Austauscher festliegt.
- Bei Trockenheit wird Bor festgelegt und ist nicht pflanzenverfügbar.

nehmende Festlegung und das innerhalb weniger Wochen“, skizzierte Unterfrauner.

Um die Phosphordynamik im Boden zu beschreiben, reichten nicht diffuse Extrakte. In Deutschlands Böden sei genug Phosphor für die nächsten 80 bis 650 Jahre. Landwirte sollten kein schlechtes Gewissen haben, wenn sie in den nächsten Jahrzehnten eine Abreicherung vornehmen würden. Bei einer Abreicherung würden auch andere Nährstoffe wieder ins Gleichgewicht gebracht. Natürlich gebe es Standorte und Pflanzen, die Phosphormangel zeigen würden, aber der Mangel liege nicht im Boden, sondern sei die mangelnde Mobilisierung.

### Photosynthese und Düngung

Dr. Michael Dreyer von der Agrar-Beratung Dreyer in Sachsen-Anhalt referierte zum Thema „Physiologie der Ertrags- und Qualitätsbildung“. Die Photosynthese hänge von der Witterung ab, aber auch von der Strahlungsintensität. Des Weiteren vom CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Luft und vom Verhältnis zwischen Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid – nicht zuletzt von der Wasserversorgung. Die Photosynthese hänge direkt an allen essentiellen Pflanzennährstoffen. Positiv sei, dass die Nährstoffversorgung von Pflanzen recht kurzfristig optimiert werden kann. Rückblickend sei das Jahr 2024 mit regionaler Differenzierung von den Erträgen und Qualitäten kein so gutes Jahr gewesen. Oft werde hier begründet, dass die Düngeverordnung mit der Stickstoffreglementierung wesentlich dafür verantwortlich ist.

„Aber ist Stickstoff (N) wirklich der limitierende Nährstoff im System oder ist es ein ganz anderer Nährstoff? Bodenanalysen sind eine sehr gute Basis, um Nährstoffdefizite im Boden sichtbar zu machen. Ich beobachte im Rahmen meiner Tätigkeit, dass es sehr große Diskrepanzen zwischen der Nährstoffversorgung der Pflanzen und des Bodens gibt. Das heißt, im Boden finde ich mitunter recht große Nährstoffmengen wieder, aber in parallelen Pflanzenanalysen sind Nährstoffdefizite feststellbar“, ließ Dr. Dreyer einblicken.

Darum seien Bodenwerte als relative Werte aufzufassen. Beispielhaft zeigte er eine Bodennährstoffanalyse von einer Versuchsfläche mit Winterweizen. Eine Fragestellung war, wie sich die Bodennährstoffgehalte auf die Nährstoffversorgung der wachsenden Winterweizenpflanzen auswirkt. Phosphor, Kali und Magnesium ließen sich in die Versorgungsstufen C und D einsortieren und als optimal versorgt charakterisieren.

### Zink-Festlegung durch überhöhte Phosphatgehalte

Die Mikronährstoffe Bor, Kupfer, Mangan und Zink bewegten sich durchweg in der Luxusversorgungsklasse E. Dr. Dreyers Schlussfolgerung lautete: „Die Pflanzen sind durchgehend wenigstens ausreichend bis luxuriös mit Nährstoffen versorgt. Bor in Stufe E ist nachvollziehbar an dem Standort, weil er bei zunehmender Trockenheit festgelegt wird. Beim Zink ist das schon differenzierter zu sehen. Die Zinkaufnahme geht bekanntermaßen zurück, wenn andere Kationen im Überschuss vorhanden sind. So kann durch überhöhte Phosphatwerte Zink festgelegt werden, was ein bekanntes Phänomen ist.“

Stickstoffmangel könne auch an einem Mangel an Schwefel, Kupfer, Zink, Kali und Mangan liegen. In einer beispielhaften Bodenanalyse führten diese Nährstoffe die Defizitliste an. Stickstoff lag erst auf dem achten Platz der Mangelnährstoffe. Das



Dr. Michael Dreyer: „Ammoniumstickstoff und auch Harnstoff können Nährstoffe, wie zum Beispiel Mangan, aus dem Bodenvorrat mobilisieren.“

heißt, dass die ersten vier Mangelnährstoffe zugeführt werden müssen, bevor Stickstoff gedüngt wird.

### Gründe für Nährstoffe im Mangel in 2024:

- Viele Böden waren wochen- beziehungsweise monatelang wassergesättigt oder überflutet im Winter 2023/24.
- Wo kein Sauerstoff im Boden ist, da wächst auch keine Pflanzenwurzel hin.
- Wenn das Tiefenwurzelwachstum massiv limitiert ist, dann können vorhandene Nährstoffe in tieferen Bodenschichten nicht erschlossen werden.
- Wenig Wurzelbiomasse gleich wenig oberirdische Pflanzenbiomasse gleich wenig Ertrag.
- Erschwerend kommt hinzu, dass mobile Nährstoffe wie Stickstoff oder Schwefel und Bor in leichten Böden – gegebenenfalls auch Magnesium und Kali – aus dem Wurzelraum ausgewaschen wurden.
- Sauerstoffmangel vermindert die Wurzelatmung. Ohne Wurzelatmung ist die Nährstoffaufnahme reduziert. Dann findet auch keine Wasseraufnahme statt.

„Die Wurzel macht den Ertrag“, sagte Dr. Dreyer und ergänzte, „die Pflanzen nehmen Wasser und Nährstoffe auf. Sie versorgen damit den oberirdischen Pflanzenteil. Der Spross versorgt aber auch energetisch die Wurzel. Eine geringe Photosyntheseleistung im Spross senkt den Stoffwechsel herab. Wenn zum Beispiel im Getreide das Korn:Stroh-Verhältnis etwa 1:1 ist, dann ist für einen hohen Kornertrag auch eine große Sprossbiomasse notwendig.“

Nur 25 Prozent des Stickstoffs, den wir zu Ernte im Korn fänden, werde unmittelbar während der Kornfüllungsphase aus dem Boden aufgenommen. 75 Prozent des Stickstoffs kommen seinen Worten zufolge aus Umlagerungsprozessen während der Kornfüllung aus dem Spross. Stehe also wenig Spross- und Blattmasse zur Verfügung, dann bestehe kaum noch eine Chance, vernünftige Kornerträge und -qualitäten zu realisieren. ►





In Deutschlands Böden ist aufgrund jahrzehntelanger mineralischer Düngung genug Phosphor für die nächsten 80 bis 650 Jahre. Mit einer Abreicherung des Bodenvorrats zu beginnen, ist kein Problem. Dadurch werden auch andere Nährstoffe ins Gleichgewicht gebracht.

### Magnesiumdüngung wirkt schnell

Magnesium, so erläuterte Dr. Dreyer, ist als Zentralatom des Chlorophylls unmittelbar an der Photosynthese und somit an der Assimilatbildung beteiligt. Magnesium spiele aber auch eine zentrale Rolle beim Abtransport der Assimilate zur Pflanzenzwurzel. Versuche der Uni Kiel hätten gezeigt, dass Maispflanzen, kultiviert in einer Nährlösung, unmittelbar Chlorophyll bilden würden, wenn Magnesium über die Nährlösung oder das Blatt appliziert wird. Also beginnt die Pflanze sofort, den Photosyntheseapparat aufzubauen.

In der Folge nähmen die Pflanzen mehr CO<sub>2</sub> auf und bildeten mehr Biomasse. Ist die Photosyntheseleistung eingeschränkt, reiche sich Zucker im Blatt an, weil er nicht in die Wurzeln abtransportiert werde. Ist die Zuckerkonzentration im Blatt erhöht, steige die Attraktivität für saugende Insekten, die entsprechende Schäden verursachen. „Wer auf die Nährstoffversorgung der Pflanzen achtet, der betreibt auch ein Stück weit Gesundheitsmanagement für die Pflanzen“, sagte Dr. Dreyer.

### Ammoniumbetonte Düngung bietet Vorteile

Für das Wurzelwachstum und die Wurzelgesundheit sei auch die Stickstoff-Form relevant. Sowohl Nitrat- als auch Ammoniumstickstoff würden von den Pflanzenwurzeln aufgenommen. Ammonium sei positiv geladen und werde somit am Tonmineral gebunden. Es finde sich davon wenig in der Bodenlösung wieder. Die Pflanzen würden mehr oder weniger genötigt, durch aktives Wurzelwachstum zum Ammonium am Austausch zu kommen.

Ammoniumstickstoff fördere das Wurzelwachstum stärker als Nitrat. Grund: Nitrat ist ein negativ geladenes Anion, das nicht am Tonmineral fixiert wird. Es befindet sich in der Bodenlösung und ist damit für die Wurzeln gut erreichbar. Die Wurzeln werden verwöhnt, sie müssen nicht aktiv zum Nitrat wachsen. Ammoniumstickstoff und auch Harnstoff können Nährstoffe, wie zum Beispiel Mangan, aus dem Bodenvorrat mobilisieren. Mangan ist wichtig für die Pflanze, weil es am ersten Schritt der Photosynthese – der Spaltung des Wassers – beteiligt ist. Fehlt es an Mangan, ist die Photosynthese limitiert.

Dr. Dreyer sagte, dass ein Pflanzenbestand 500 Gramm Mangan pro Hektar braucht. Pro Hektar sind ihm zufolge 500 bis 1.000 kg/ha Mangan im Boden vorhanden. Ein Vorrat, der für rund 1.000 Jahre reicht. Aber trotzdem zeigen Pflanzenbestände

einen Manganmangel. Das liege daran, dass Mangan häufig in der falschen Form vorliegt. Von der Pflanze aufnehmbar sei nur wasserlösliches, zweiwertiges Mangan. Um Mangandioxid (Braunstein) aus den Böden pflanzenverfügbar zu machen, brauche es einen Elektronenlieferanten/Energielieferanten. Das seien in der Regel leicht oxidierbare organische Substanzen im Boden. Und für die Umsetzung würde kurzfristig Säure benötigt. Diese Säure könne zum Beispiel aus Harnstoff kommen. Oder Ammonium werde direkt von den Wurzeln aufgenommen, was in unmittelbarer Nähe zur Versauerung führt.

### Frostgeschädigte Pflanzen mit Ammonium helfen

Nehmen die Pflanzen Nitratstickstoff auf, dann müssten sie das Nitrat erst aufwändig in Ammonium-N mithilfe der Photosynthese umwandeln. Erst aus dem Ammonium-N könnten die Pflanzen wichtige Aminosäuren aufbauen. Es sei zum Beispiel keine gute Idee zu versuchen, eine frostgeschädigte Pflanze mit Nitrat-N aufzupäppeln, weil die Pflanze mit zu viel Nitrat nichts anfangen kann. Photosynthese geschädigten Pflanzen helfe man im Frühjahr am besten mit Ammonium- oder Harnstoff-N.

Das N:S-Verhältnis in den Pflanzen müsse 10:1 betragen. Ohne Schwefel könnten die Pflanzen mit dem aufgenommenen Stickstoff nichts anfangen. Bereits beim ersten Assimilationsschritt, wenn Stickstoff in Nitratform aufgenommen wird, spiele Schwefel eine Rolle, weil die elektronenübertragenden Enzymsysteme – Enzyme seien nichts anderes als Proteinverbindungen – Schwefel enthalten. Bei Schwefelmangel werde die Stickstoff-Assimilation bereits im ersten Schritt limitiert. Schwefel sei wichtig für den Aufbau von Aminosäuren. Fehle es an Schwefel, gingen alle nachgelagerten Stoffwechselprozesse eingeschränkt vonstatten. Das Groß an Schwefel müsse zu Vegetationsbeginn in pflanzenaufnehmbarer Form gedüngt werden – und das sei wasserlöslicher Sulfat-Schwefel. ●

### AUTOR

**Dipl.-Ing. agr. (FH) Martin Bensmann**

Redakteur Biogas Journal

Fachverband Biogas e.V.

☎ 0 54 09/90 69 426

✉ martin.bensmann@biogas.org

🌐 www.biogas.org