

Etablierte Methoden liefern Grundlage für hohe Nährstoffeffizienz

## Bodenanalyse und Düngeempfehlung differenziert betrachten

Unter den zukünftigen Rahmenbedingungen einer verschärften Düngerverordnung werden auch die Anforderungen an die Anbausysteme auf Marktfrucht- und Futterbaubetrieben zum Teil erheblich steigen. Grundsätzlich wird es darum gehen, die Nährstoffeffizienz sowie die Bodenfruchtbarkeit im System Boden-Pflanze unter den neuen Rahmenbedingungen weiter zu steigern. Grundlage hierfür liefern etablierte Analysemethoden.

In Schleswig-Holstein sind die Anbausysteme in den vergangenen Jahren durch eine Konzentration auf wenige Kulturen gemäß ihrer relativen Vorzüglichkeit und der arbeitswirtschaftlichen Optimierung der Feldarbeiten gekennzeichnet. Dabei hat die Praxis zunehmend zu spüren bekommen, dass die bisherigen Anbausysteme ihre Grenzen erreicht und in Teilen an Ertrags- sowie ökonomischer Kalkulationsstabilität verloren haben.

Probleme ließen sich in der Vergangenheit wirksam über den Pflanzenschutzmitteleinsatz und



Kenntnisse über die Bodeneigenschaften und Bodennährstoffversorgung werden mit dem Erhalt und Ausbau der Bodenfruchtbarkeit durch den Anbau von Zwischenfrüchten künftig noch entscheidender werden. Foto: Dr. Lars Biernat

die Nutzung von „Reparaturstickstoff“ korrigieren. Künftige Zielvorgaben sind allerdings nur unter optimalen produktionstechnischen Bedingungen zu realisieren. Dazu müssen ackerbauliche Grundsätze wieder verstärkt in den Fokus rü-

cken, worunter insbesondere auch die Bodenanalyse, die Interpretation der Analyseergebnisse sowie die dazugehörige Düngefachempfehlung zu zählen sind. Denn die Grundlage für sichere Erträge und eine hohe Nährstoffverfügbarkeit

bilden ein aktives Bodenleben, ein optimaler Boden-pH-Wert sowie die Versorgung mit essenziellen Pflanzennährstoffen. Dabei führen die steigenden Herausforderungen für die landwirtschaftliche Praxis zu einer deutlich kritischeren Betrachtungsweise der durch die Officialberatung empfohlenen Bodenuntersuchungsmethoden als Grundlage regionstypischer Düngeempfehlungen. Grundsätzlich steht der Düngebedarf unterschiedlicher Kulturen in Abhängigkeit vom Nährstoffbedarf und dem Nährstoffanreicherungsvermögen der angebauten Früchte, den jeweiligen Ertrags- und Qualitätserwartungen sowie dem Nährstoffangebot des Bodens unter Berücksichtigung der vorherrschenden Klimabedingungen.

### Untersuchungsmethoden unterscheiden sich

Weltweit wurden in diesem Zusammenhang viele verschiedene Methoden erforscht und entwickelt, um die Zusammensetzung und Verfügbarkeit von Nährstoff-

### Stand der Kulturen

## Rechtzeitige Aussaat der Sommerungen noch nicht in Sicht



Die Wintersaaten, sofern sie bis Ende September ausgesät wurden, haben sich sehr gut entwickeln können. Das betrifft vor allem den Winterraps, die Wintergerste und den Winterweizen. Diese haben bisher unter der akuten Staunässe etwas gelitten. Nach dem Durchzug des Orkantiefs stehen viele Bestände aktuell unter Wasser. Kurzzeitige Staunässe verkraften unsere Kulturen ohne Probleme. Schwierig kann die Si-

← Eine intakte Bodenstruktur aus der Trockengare der Vorjahre, verbunden mit hoher biologischer Aktivität, die weit unter den Pflughorizont reicht, ist besonders unter sehr nassen Wetterbedingungen vorteilhaft, da das in die Tiefe reichende Röhrensystem die Wasserfiltrationsleistung erhöht und somit die Gefahr von Staunässe geringer ist. Foto: Henning Schuch

tuation werden, wenn über das kommende Wochenende weiterhin erhebliche Niederschläge fallen. Da aber die Bodenstruktur der bis Ende September bestellten Flächen sehr gut ist und vor allem aus den vergangenen trockenen zwei Sommern noch ein Wasserdefizit in den Unterböden vorliegt, versickert das Wasser schnell über die gute Bodenstruktur in den Unterboden. Staunässe sieht man aktuell vor allem in der Gerste. Diese ist aber relativ schnell reversibel, sobald die Staunässe wieder abgezogen ist.

Anders sieht dies mit Flächen aus, die man ab Anfang Oktober in den wenigen Regenglücken auszusäen versuchte. Diese Bestände sind schlecht entwickelt. Außerdem sind in Schleswig-Holstein sehr viele Flächen wegen der hohen Niederschläge ab Anfang Oktober gar nicht bestellt worden. Hier sollten eigentlich ger-

ne in den kommenden Wochen die Sommerungen wie Sommerweizen oder etwas später Ackerbohnen gedreht werden. Ob dies zu einem halbwegs akzeptablen Drilltermin gelingen wird, steht und fällt mit den Niederschlägen der kommenden Tage.

Auch die Gefahr der Auswinterung ist noch nicht gebannt, denn der Winter ist noch nicht zu Ende, und es gab bisher keinen echten Vegetationsstillstand. Mit bloßem Auge ist das stetige Wachstum draußen zu sehen. Dadurch haben die Pflanzen keine gute Winterhärte. Das Risiko, dass diese Bestände doch noch durch einen Wintereinbruch mit Kahlfrösten abfrieren, nimmt mit jedem Tag Wachstum zu.

**Dr. Mathis Müller**  
Landwirtschaftskammer  
Tel.: 0 43 31-94 53-300  
mmueller@lksh.de

fen in Böden zu erfassen. Doch nur geeichte Feldversuche unter repräsentativen Versuchsbedingungen führen zu entsprechenden gesicherten standorttypischen Düngeempfehlungen. Auf dieser Basis hat der Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLufa) die in Deutschland verwendeten Bodenuntersuchungsmethoden standardisiert. Langjährige Feldversuchsaktivitäten führten zu einem Mengenkonzept mit Einteilung in Gehaltsklassen (A bis E) und daraus abgeleiteten Düngeempfehlungen. Ausgelöst durch verschiedene Aktivitäten meist privater Institutionen, wird im Gegensatz dazu die Methode zur Bestimmung der Kationenaustauschkapazität (KAK) als Grundlage für die Düngeentscheidung derzeit oftmals als „moderner“ oder „fortschrittlicher“ empfunden. Ihre Ursprünge liegen jedoch schon in den 1940er Jahren in den USA. Auch in Deutschland wurde in den 1950er und 1960er Jahren von Universitäten und of-

fiziellen Beratungsorganisationen intensiv darüber geforscht. Die dort gewonnenen Erkenntnisse haben zur Entwicklung der heutigen VDLufa-Methoden beigetragen.

Anstelle eines Gehaltsklassensystems wird bei den alternativen Methoden die Fruchtbarkeit von Böden vor allem anhand der Verhältnisse der positiv geladenen Nährstoffe (Kationen) zueinander an den Austauscherteilchen (Tonminerale, organische Substanz) definiert. Damit finden weder Kalkbedarf noch selektive und spezifische Nährstoffbindungen an den verschiedenen Austauscherteilchen des Bodens Berücksichtigung. Außerdem werden regionale Feldversuche, die auf Boden- und Klima- raum sowie Ertragsverhältnissen basieren, als nicht relevant erachtet. Damit wird die Interaktion von Pflanze und Boden ausgeblendet. Grundsätzlich ist der Kationenaustausch zwar eine wichtige Bodeneigenschaft, bei der Interpretation der Analysemethoden und daraus abgeleiteter Düngeempfehlungen

ist der Landwirt allerdings aufgefordert, die Ergebnisse kritisch zu hinterfragen. Dabei soll der folgende Abschnitt Hilfestellung zur Erklärung und Einordnung der wesentlichen Parameter geben.

### Den pH-Wert richtig einschätzen

Dieser Wert gibt die Konzentration der sauer wirkenden positiven Wasserstoffionen (H<sup>+</sup>) wieder. Er kann über verschiedene Methoden gemessen werden. Früher wurde eine künstliche Bodenlösung mit Kaliumchlorid bei Serienuntersuchungen landwirtschaftlich genutzter Böden verwendet. Im anerkannten Standardverfahren wird heutzutage jedoch Kalziumchlorid dafür genutzt. Der besondere Vorteil der Lösung mit Kalziumchlorid beruht auf der Konstanz der Messmethode gegenüber Schwankungen von Konzentration und Volumen der Suspendierungsflüssigkeit sowie des Kalkpotenzials jedes beliebigen Bodens. Nimmt man dage-

gen nur Wasser, wie zum Beispiel bei der Kinsey-Methode, fallen die gemessenen Werte etwa um 0,3 bis 1,0 Einheiten höher aus. Lediglich bei Böden mit pH 7 und darüber besteht kein Unterschied mehr zwischen beiden Methoden. Wer das nicht beachtet, der schätzt den pH-Wert auf sauren Böden zu hoch ein.

### Kationenaustausch und Austauschkapazität

In der Bodenlösung befinden sich die Kationen (Nährelemente mit positiver Ladung) mit ein- oder zweifacher positiver Ladung. Jedes für sich, egal ob es sich um Ammonium, Kalium, Magnesium, Kalzium oder Natrium handelt, ist mit einer angelagerten Schicht aus Wassermolekülen umgeben. Um sich an ein Austauscherteilchen anzulagern, muss diese Wasserhülle abgestreift werden. Da für das Ausmaß dieser Anlagerung sowohl die Anzahl der positiven Ladungen (Wertigkeit) als auch die Größe der Wasserhülle eine Rolle spielen, ist dieser Vorgang



# TOPLEISTUNGEN auf Grünland

**Magnesia-Kainit®**

9% K<sub>2</sub>O · 4% MgO,  
35% Na<sub>2</sub>O · 9% SO<sub>3</sub> · 47% Cl

K+S Minerals and Agriculture GmbH  
Ein Unternehmen der K+S

www.kpluss.com · K+S Agrar





außerordentlich schwer und nur in theoretischen Modellen berechenbar. Man kann daher nicht durch simple Mengenberechnung die Belegung der Austauscher durch Düngung mit Kalium, Kalzium oder Magnesium beliebig verändern. Unternimmt man trotzdem den Versuch, die dafür nötigen Nährstoffmengen zu berechnen, stellt man schnell fest, welche praxisunüblichen Größenordnungen in der Umrechnung auf eine Düngeempfehlung dabei herauskommen, um theoretisch nur eine Einheit (in cmolc/kg Boden) des jeweiligen Kations in der Austauscherbelegung zu verändern (siehe Tabelle 1). So kann zum Beispiel auch ein etwaiges Überangebot an Kalium nicht dazu führen, dass beliebig viele andere Kationen vom Austauscher verdrängt werden und als Folge möglicherweise die Bodenstruktur verschlechtert wird. Die Ursachen schlechter Bodenstruktur liegen häufig eher in zu einseitiger Bewirtschaftungsweise sowie der Bearbeitung beziehungsweise Beerntung der Ackerflächen von Unzeiten und können in der Regel durch bekannte ackerbauliche Maßnahmen (Bodenbearbeitung, Fruchtfolge, Kalkung et cetera) wirkungsvoll gelöst werden.

### Unterschied potenzielle und effektive KAK

Man unterscheidet zwischen potenzieller und effektiver Kationenaustauschkapazität. Die potenzielle KAK bestimmt das maximal mögliche Austauschvermögen eines Bodens bei einem pH-Wert von 7. Da der optimale pH-Wert für viele leichtere oder organische Böden deutlich unter pH 7 liegt, kann diese Kapazität dort nicht ausgeschöpft oder als Berechnungsgrundlage für Düngeempfehlungen verwendet werden. Es gibt acht verschiedene Methoden zur Bestimmung der potenziellen KAK, die jeweils andere Ergebnisse liefern und nicht direkt vergleichbar sind.

Die effektive KAK ermittelt die beim aktuell vorliegenden pH-Wert austauschbaren, positiv geladenen Nährstoffe. Mit einer Änderung des pH-Wertes im Boden ändert sich auch die effektive KAK, da mit steigendem pH-Wert auch die effektive Austauschkapazität zunimmt und umgekehrt. Die Menge an Magnesium und Kalium, die an den Bodenteilchen angelagert werden kann, ist von der effektiven KAK direkt abhängig. Sie kann somit über die in einer Standarduntersuchung bestimmten K- und



Die Umsetzung von elementarem Schwefel im Boden ist ein mikrobieller, temperaturabhängiger Prozess, bei dem stark bodenversauernde Schwefelsäure freigesetzt wird und erst das Endprodukt Sulfatschwefel von der Pflanze aufgenommen werden kann. Die S-Düngewirkung setzt somit erst im späten Frühjahr und besonders auf heterogenen Böden unterschiedlich ein.  
Foto: Christoph Weidemann

**Tabelle 1: Theoretische Nährstoffmengen und Düngeempfehlungen zur Veränderung der Kationenbelegung um 1 cmolc/kg Boden bei Trockenrohdichte von 1,5 g/cm<sup>3</sup>**

Kation:	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
rel. Atommasse	40	24	39	23
Wertigkeit	2	2	1	1
theoretische Nährstoffmenge für Ap-Horizont 0 bis 30 cm	900 kg Ca/ha	540 kg Mg/ha	1.755 kg K/ha	1.035 kg Na/ha
theoretische Düngeempfehlung	~1.259 kg CaO/ha	~895 kg MgO/ha	~2.115 kg K <sub>2</sub> O/ha	~1.395 kg Na <sub>2</sub> O/ha

Quelle: Eigene Darstellung (verändert nach Bischoff, 2010)

Mg-Gehalte errechnet werden. Im Normalfall kann deshalb auf eine aufwendige Bestimmung der KAK verzichtet werden.

Sowohl die potenzielle als auch die effektive KAK können mit sehr hoher Genauigkeit geschätzt werden, sofern Ton-, Schluff- und Humusgehalte des Bodens sowie der pH-Wert bekannt sind.

### Kationenverhältnisse sind kein Wachstumsindikator

Kationenverhältnisse geben nur über den momentanen ökologischen Zustand eines Bodens Auskunft, stellen aber keine Wachstums- und Ertragsfaktoren dar. Sie sind Rechenwerte, die in weiten Grenzen variieren, ohne dass die Pflanzen davon einen Nutzen haben oder einen Schaden erleiden. Es gibt genügend Böden, die von einem als ideal angenommenen Verhältnis mit 60 bis 70 % Kalzium, 10 bis 20 % Magnesium, 2 bis 5 % Kalium und 0,5 bis 3 % Natrium am Austauscher ganz erheblich abweichen (siehe Tabelle 2) und dennoch optimale Erträge bringen. Ein falsches Verständnis von Kationenaustausch kann damit zu ineffizientem Düngemittelinsatz führen.

### Düngerformen gründlich hinterfragen

Während die Düngeempfehlungen aus den Ergebnissen der Standardbodenuntersuchung nach VD-Lufa in Nährstoffmengen erfolgen, legen manche Anbieter von alternativen Bodenuntersuchungen mit einbezogener KAK auch die Form der Düngemittel fest. Das ist zu hinterfragen, da Kulturen unterschiedlich auf Nährstoffformen reagieren (zum Beispiel bei Chloridverträglichkeit) und da sich Nährstoffverfügbarkeit und pH-Wert nach einer Düngung verändern können. So führt zum Beispiel eine Schwefel-

düngung mit elementarem Schwefel zu einer starken Bodenversauerung (100 kg 90%iger elementarer Schwefel entsprechen einem Kalkverlust von 162 kg CaO), während eine Schwefeldüngung über Kieserit pH-neutral abläuft. Elementarer Schwefel wird zudem erst nach seiner Umsetzung in Sulfatschwefel pflanzenverfügbar. Dieser Umsetzungsprozess ist abhängig von der Bodentemperatur, wodurch eine gezielte Schwefelernährung der Kultur und eine effiziente Stickstoffausnutzung verfehlt werden.

Abhängig vom Verhältnis von Kalzium zu Magnesium und häufig unabhängig vom pH-Wert werden teilweise erhebliche Mengen an Kalzium- (Kohlensaurer Kalk) oder Magnesiumdüngemitteln (Dolomit, Kieserit) vorgeschlagen. Geologisch bedingte hohe Mg-Mengen in tonigen Böden (beispielsweise Marschböden) oder auch hohe Ca-Mengen in Karbonatböden und deren Auswirkung auf die Bodeneigenschaften können durch Düngung, wenn überhaupt, nur sehr begrenzt beeinflusst werden. Außerdem zeigen wissenschaftliche Untersuchungen, dass das Ca-Mg-Verhältnis in sehr weiten Grenzen variieren kann, ohne dass es das Pflanzenwachstum und den Ertrag beeinflusst. So sind zum Beispiel auch engere Ca-Mg-Verhältnisse als unproblematisch einzuordnen. Bei hohen pH-Werten und/oder hohen Magnesiumgehalten wird oft auch eine Gipsdüngung (CaSO<sub>4</sub>) von Anbietern alternativer Bodenuntersuchungen empfohlen. Diese ist zwar nicht pH-wirksam, kann aber durch hohe Mengen an Kalzium eine Konkurrenz zur Magnesiumaufnahme für die Pflanze bedeuten. Genauso können höhere Mengen an reinem Kalium einen Kalium-Magnesium-Antagonismus bewirken, also eine Konkurrenz bei der pflanzlichen Aufnahme. Eine hohe Kalzium- oder Kaliumdüngung kann deshalb einen Magnesiummangel verursa-

**Tabelle 2: Sorptionsverhältnisse im Oberboden einiger mitteleuropäischer Ackerböden**

	pH	C <sub>org</sub>	KAK-pot	KAK-eff	Sättigung (% von KAKeff)				
					(CaCl <sub>2</sub> )	(%)	(mmolc kg <sup>-1</sup> )	Al	Ca
Parabraunerde (Löb, Straubing)	6,3	1,4	170	140	0	80	15	5	<1
Schwarzerde (Löb, Hildesheim)	7,2	1,6	180	180	0	90	9	0,5	0,4
Kleimarsch (Wesermarsch)	5,1	2,7	370	250	0	50	42	3	5
Pelosol (Liaston, Franken)	6,7	2,4	220	170	0	83	8	9	0
Podsol (Sand, Celle)	5,2	2,5	120	30	0	86	6	7	1

Quelle: Eigene Darstellung (verändert nach Scheffer, F., & Schachtschabel, P. (2002). Lehrbuch der Bodenkunde (15. Auflage). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

chen. Eine höhere Bodenversorgung mit Magnesium hat hingegen keine direkten pflanzlichen Auswirkungen, da die Pflanzen Magnesium nicht selektiv und auch nichts über ihren Bedarf hinaus aufnehmen. Mittlerweile ist es zudem auch erwiesen, dass Magnesium auf die Bodenstruktur keine negativen Auswirkungen hat. Abweichend von den standortspezifischen Kationenverhältnissen sind die zur Einstellung idealer Nährstoffrelationen im Boden nach Vorstellungen alternativer Methoden erforderlichen Düngergaben in der Regel unwirtschaftlich hoch. Zielführend ist hier die Einstellung der Nährstoffe in die Gehaltsklasse C nach kulturspezifischer Düngeempfehlung über die Fruchtfolge – dann sind keine negativen Effekte zu befürchten.

## FAZIT

Statt wenige teure, nicht für alle Flächen repräsentative Untersuchungen durchzuführen, ist es für die Optimierung der Kalk- und Nährstoffversorgung wesentlich erfolgreicher, insbesondere auf unterschiedlichen Schlägen die verschiedenen Bodenarten gezielt zu beproben und zu untersuchen. Darüber hinaus sind für die düngeverordnungskonforme Dokumentation der P-Bodenanalyse lediglich die CAL-Methode beziehungsweise die in Schleswig-Holstein angewendete DL-Methode zugelassen. Die in Deutschland etablierten Bodenuntersuchungsmethoden nach VDLufa basieren auf jahrzehntelanger Forschung, müssen sich ständiger Qualitätsüberprüfungen unterziehen, und die daraus abgeleiteten Düngeempfehlungen sind an vielzähligen regionalen Feldversuchen geeicht. Etwas Missverhältnisse in der Kationenbelegung kommen ausreichend über die Gehaltsklasseneinteilung (A bis E) und daraus folgenden Düngeempfehlungen zum Ausdruck. Für die Erstellung einer Düngebedarfsermittlung als Grundlage für eine hohe Nährstoffeffizienz auf Basis der guten fachlichen Praxis sind die von den Zentralbehörden empfohlenen, kostengünstigen Analysemethoden uneingeschränkt zu empfehlen. Sehr zielführend können tiefer gehende Analysen der Bodenart (Schlämmanalyse), des Humusgehaltes, Analysen auf Mikronährstoffe der bewirtschafteten Standorte sein. Flächenscharfe Nährstoffbilanzen als Ergebnis von Düngezufuhr und Nährstoffabfuhr können dabei wertvolle Hinweise auf eine bedarfsgerechte Düngung geben.

Christoph Weidemann  
Prof. Karl Hermann Mühlhling  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Tel.: 04 31-880-31 89  
khmuehling@plantnutrition.uni-kiel.de

Dr. Lars Biernat  
Landwirtschaftskammer  
Tel.: 0 43 31-94 53-340  
lbiernat@lksh.de

# #flüssigsein



## ALZON<sup>®</sup> flüssig-S 22/4

Der Wirtschaftliche



**Wer hat der kann**  
Weitere Informationen unter:  
[www.duengerfuchs.de](http://www.duengerfuchs.de)

Lass uns an deinen schönen Momenten mit Flüssigdünger in Markenqualität teilhaben und poste deine Momentaufnahmen bei Facebook und Instagram unter **#flüssigsein** oder sende dein Bild per Mail an [info@duengerfuchs.de](mailto:info@duengerfuchs.de)

**skw.**  
PIESTERITZ