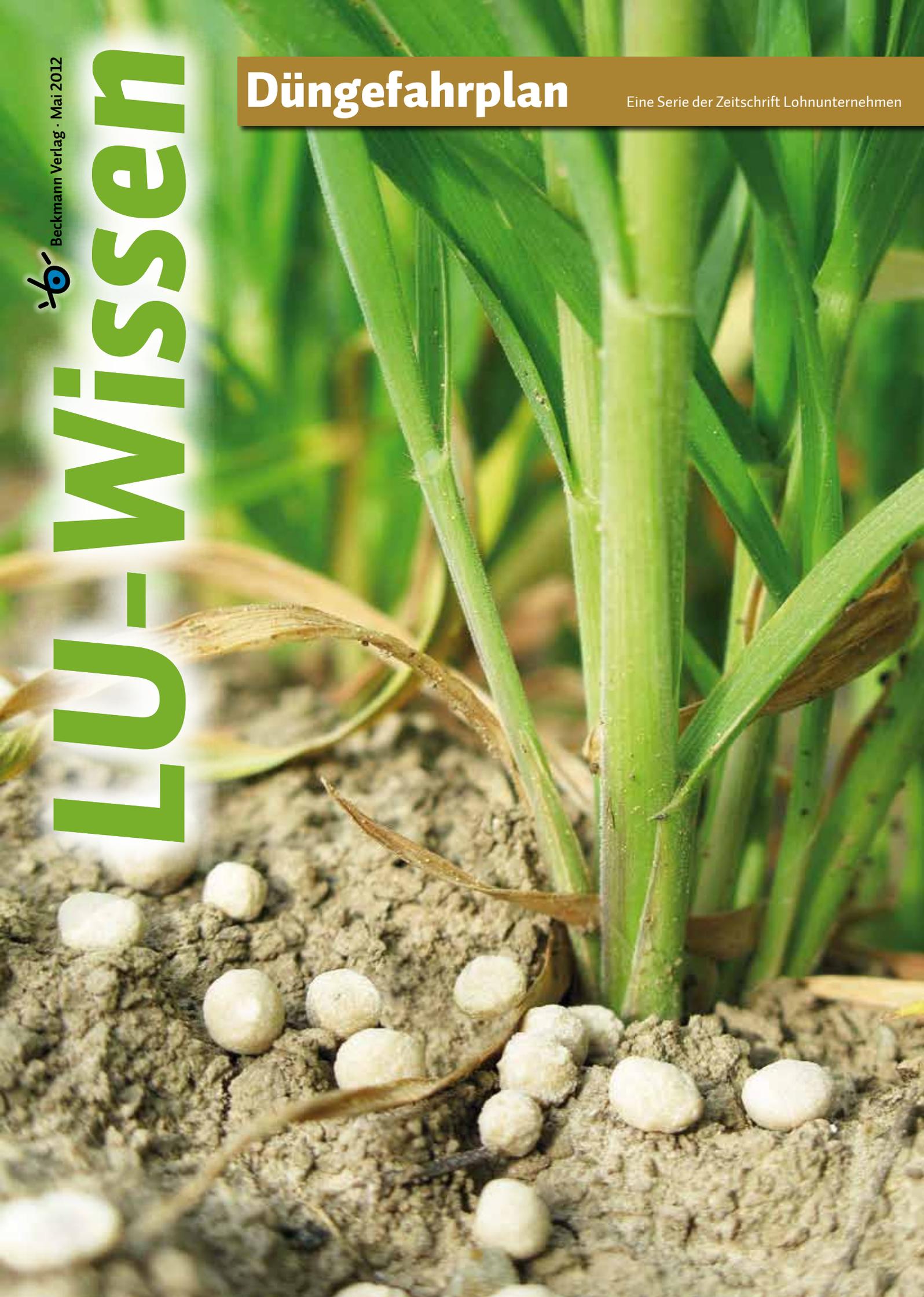


LU-Wissen

Düngefahrplan

Eine Serie der Zeitschrift Lohnunternehmen



Jetzt neu:

Das 1x1 der Mangelsymptome auf www.kali-gmbh.com

Kaliummangel? Magnesiumdefizit?

Jede Pflanze stellt individuelle Anforderungen an die Nährstoffversorgung. Wir von der K+S KALI GmbH unterstützen Sie gern mit allen wichtigen Informationen rund um eine optimale Versorgung Ihrer Kulturen.



Zeigen Ihre Pflanzen akute Defizite in der Nährstoffversorgung, können Sie diese jetzt mit dem **1x1 der Mangelsymptome** auf der Website www.kali-gmbh.com identifizieren. Hier sehen Sie auf den ersten Blick, an welchen Nährstoffen es Ihren Pflanzen fehlt. Fotos und Beschreibungen typischer Mangelsymptome machen die Diagnose leicht – und das direkt auf dem Acker. Denn das **1x1 der Mangelsymptome** ist für die mobile Nutzung auf Ihrem Smartphone oder Tablet optimiert.

Ist das Problem erkannt, sorgen die Produkte der K+S KALI GmbH mit ihrer guten Nährstoffverfügbarkeit für Abhilfe.

www.kali-gmbh.com/mangelsymptome



K+S KALI GmbH

Telefon 0561 9301-2316 · duengemittel@kali-gmbh.com · www.kali-gmbh.com

Ein Unternehmen der K+S Gruppe



Die Kompetenz in Kalium und Magnesium

Editorial

Düngen mit Köpfchen!

Eine zielgerichtete Düngung von Ackerbaukulturen ist Grundlage für hohe Erträge, verbesserte Qualitäten und wirtschaftlichen Erfolg. Nur wenn die Pflanzen zum richtigen Zeitpunkt ausreichend mit allen Nährstoffen versorgt sind, können alle weiteren Produktionsfaktoren optimal ausgenutzt werden.

In Zeiten steigender Rohstoffpreise und -knappheit kommt der bedarfsorientierten, optimierten Düngung eine noch bedeutendere Rolle zu. Nicht zuletzt sollte auch im Rahmen der guten fachlichen Praxis weder eine Unter- noch Überversorgung der Pflanzen mit Nährstoffen stattfinden, um zum einen die Bodenfertbarkeit zu erhalten und zum anderen die Umwelt zu schonen.

Grundlage für eine zielgerichtete und erfolgreiche Düngung sind umfassende Kenntnisse über die unterschiedlichen in der Pflanzenernährung bedeutenden Haupt- und Spurennährstoffe. Die Voraussetzung zur Anwendung dieser in Düngemitteln enthaltenen Komponenten bildet ein Wissen über ihre Funktionen und Wechselwirkungen in den unterschiedlichen Wachstumsstadien der Kulturen. Wie und wo



wirken die Nährstoffe, wie sieht die Folge eines Mangels aus und woran erkenne ich diesen? Welche Grundnährstoffe sind in pflanzenverfügbare Form bereits im Boden enthalten und wie berechne bzw. messe ich den Nährstoffbedarf der jeweiligen Frucht? Welche Nährstoff- und Düngerformen gibt es, wie wirken sie und welche setze ich wann am besten ein?

Antworten auf diese und weitere Fragen rund um die Düngung erhalten Sie in unserem LU-Wissen „Düngefahrplan“.

Ihre Mirja Plischke,
Redaktion Lohnunternehmen

Impressum

Dieser Sonderdruck wurde aus Beiträgen der Zeitschrift Lohnunternehmen (Ausgaben 11/2011 bis 6/2012) erstellt. Titelbild: www.agrar-press.de



Verlag:

Beckmann Verlag GmbH & Co KG
Heidecker Weg 112, 31275 Lehrte
Telefon: (0 51 32) 85 91-0
Telefax: (0 51 32) 85 91 25
E-Mail: info@beckmann-verlag.de

Herausgeber:

Peter Frank Beckmann (pfb)
Telefon: (0 51 32) 85 91-11

Verlagsleiter:

Jan-Klaus Beckmann (jkb)
Telefon: (0 51 32) 85 91-12

Vertrieb:

Frauke Weiß
Telefon (0 51 32) 85 91-50
weiss@beckmann-verlag.de

Redaktion:

Hans-Günter Dörpmund (hgd) (Chefredakteur),
Telefon: (0 51 32) 85 91-47
Mirja Plischke (pl), Telefon: (0 51 32) 85 91-49
Gesa Lormis (gsl), Telefon: (0 51 32) 85 91-45
Björn Anders Lützen (lue): (0 51 32) 85 91-46
Maren Frädrichsdorf, Redaktionsassistentin
E-Mail: redaktion@beckmann-verlag.de

Weitere Informationen zur Zeitschrift Lohnunternehmen finden Sie unter www.lu-web.de

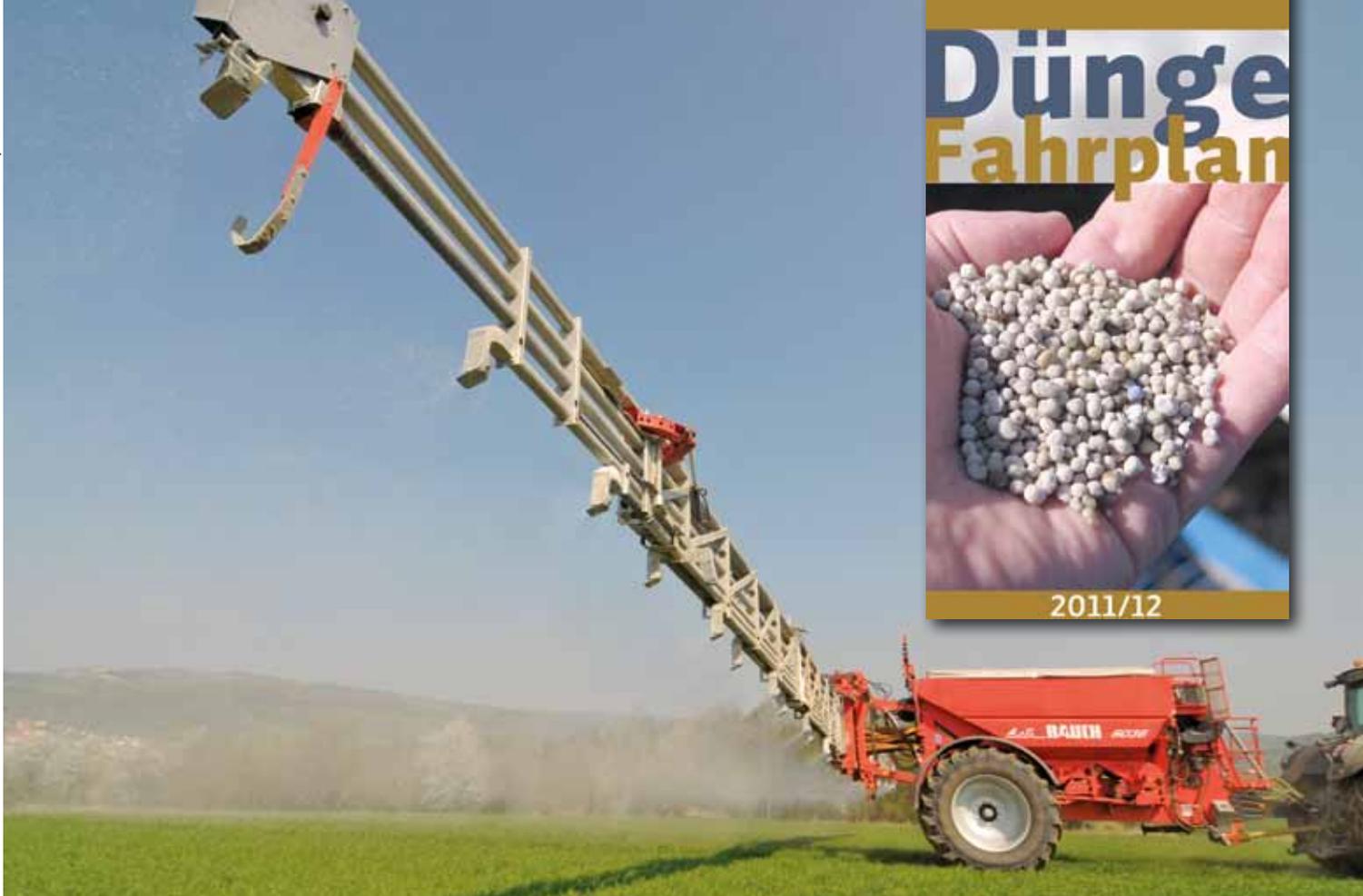


Wollen Sie die Lohnunternehmen kennenlernen?
Dann melden Sie sich unter Telefon (0 51 32) 85 91-50 oder
vertrieb@beckmann-verlag.de

Inhalt

Optimaler Einsatz von Grunddüngern – Phosphor, Kalium, Magnesium	5
Die Bodenuntersuchung – Ausgangspunkt für die Grunddüngungsempfehlung	6
Grundlagen der Stickstoffdüngung	8
Spurennährstoffe zielgerichtet einsetzen	12
Stickstoff – der Motor des Pflanzenwachstums	15
Schwefel – unentbehrlich für die Pflanzenentwicklung	19
Mit stabilisiertem Stickstoffdünger die Nährstoffeffizienz erhöhen	22
Kaliumdüngung mit Rindergülle – (k)ein Problem?	26
Stickstoff und Schwefel zur Spätdüngung	29
Kalkdüngung lohnt	32
Angewandte Grunddüngung – Nach der Ernte Bodenproben ziehen	35





Optimaler Einsatz von Grunddüngern

Eine ausreichende Versorgung mit den Grundnährstoffen Phosphor, Kalium und Magnesium bildet die Grundlage für hohe Erträge und die optimale Ausnutzung aller anderen Produktionsfaktoren.

Eine optimale Düngung beinhaltet dabei sowohl die Differenzierung der Düngungshöhe entsprechend des verfügbaren Bodengehalts bei den Nährstoffen, als auch die Einordnung der Grunddüngung zu den Kulturen, die eine besonders positive Reaktion erwarten lassen.

Spätestens nach dem Betrachten der berühmten „Liebig'schen Tonne“ (Abb. 1, S.6) ist klar: Für ein optimales Wachstum müssen der Pflanze alle wichtigen Nährstoffe in ausreichender Menge zur Verfügung stehen. Trotzdem werden die einzelnen Nährstoffe /Düngemittel nach unterschiedlichsten Kriterien gruppiert. Phosphor (P), Kalium (K) und auch Magnesium (Mg) werden dabei als „Grundnährstoffe“ bezeichnet. Wahrscheinlich hat sich der Begriff deshalb durchgesetzt, weil die genannten Elemente grundlegende Aufgaben im pflanzlichen Stoffwechsel haben und gleichzeitig in relativ großen Mengen aufgenommen werden.

Phosphor ist

- ein wichtiger Baustein der Zelle, insbesondere der Zellmembran und des Zellkerns
- Bestandteil der DNS/RNS als Träger der Erbinformation
- als Energieträger (ADP, ATP) an allen Stoffwechselreaktionen beteiligt

Kalium

- aktiviert ca. 60 verschiedene Enzymreaktionen in der Pflanze
- reguliert den Wasserhaushalt
- festigt das Zellgewebe

Magnesium ist

- als Zentralatom in das Chlorophyll eingebaut und damit unabdingbar für die Photosynthese
- an Enzymreaktionen des Energiestoffwechsels beteiligt
- Enzymaktivator bei der Proteinsynthese

Die Grundnährstoffe im Boden

Phosphor: Als einziger der hier erwähnten Nährstoffe wird Phosphor als negativ geladenes Anion (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}) aus der Bodenlösung aufgenommen. Dieser direkt verfügbare Anteil beträgt nur ca. 0,5–3 kg P_2O_5 /ha in Krumentiefe.

Generell wird leicht lösliches P schnell im Boden sorbiert und unterliegt so kaum der Auswaschung. Vereinfachend kann man von drei P-Fractionen im Boden ausgehen: einer direkt

pflanzenverfügbaren, einer labilen und einer stabilen Fraktion. Während die in der stabilen Fraktion festen P-Verbindungen für die Pflanzenernährung keine Rolle spielen, erfolgt aus der labilen Fraktion die Nachlieferung für den direkt aufnehmbaren Anteil.

Für eine optimale Pflanzenernährung müssen die einzelnen Fraktionen in einem entsprechenden Gleichgewicht stehen. Außer der bedarfsgerechten Zufuhr von „frischem Phosphor“ ist dazu auch die Einstellung eines optimalen pH-Wertes von besonderer Bedeutung.

Kalium wird von den Pflanzen als einwertiges Kation (K^+) aufgenommen. Im Boden wird K selektiv an Tonmineralen gebunden. Diese Bindung ist unterschiedlich stark und kann bei an K verarmten Tonmineralen sogar zu einer Kaliumfixierung führen. Typische K-Gehalte der einzelnen Bodenarten stehen somit in Beziehung zu ihrem Tonanteil. Sind die Böden sehr tonarm (Sand), besteht die Gefahr der Auswaschung. Eine optimale K-Versorgung des Bodens ist dann gegeben, wenn die Tonminerale mit einer ausreichenden Anzahl an austauschbaren K-Ionen belegt sind.

Magnesium: Die Magnesiumaufnahme erfolgt in Form des zweiwertigen Kations Mg^{2+} . Besonders leichte Böden sind oft schon vom Ausgangssubstrat her Mg-arm. Daneben wird die Aufnahme von Magnesium insbesondere dann behindert, wenn im Boden andere Kationen (H^+ , K^+ , Ca^{2+}) in (zu) hoher Konzentration vorhanden sind. Außer einer ausgewogenen Düngung ist deshalb die Einhaltung eines optimalen pH-Wertes für eine gute Mg-Verfügbarkeit wichtig. Auf leichten Böden unterliegt Mg auch der Auswaschung, Mangel tritt dagegen aber auch sehr schnell bei Trockenheit auf (Mg-Transport mit Wasserstrom). Bernd Frey

Die Bodenuntersuchung – Ausgangspunkt für die Grunddüngungsempfehlung

Die Tatsache, dass die Grundnährstoffe für die Pflanzen unentbehrlich sind, ist weitgehend unstrittig. Unterschiedliche Auffassungen gibt es jedoch darüber, wie diese gedüngt werden sollen. Das kann man beispielsweise an den immer noch voneinander abweichenden Düngempfehlungen in einzelnen Bundesländern ablesen. Allen Empfehlungen gemeinsam ist jedoch, dass sie außer der kalkulierten Nährstoffabfuhr auch die Ergebnisse von Bodenuntersuchungen berücksichtigen.

Die Analyse von Bodenproben erfolgt mit dem Ziel, näherungsweise den pflanzenverfügbaren Anteil des Nährstoffvorrats zu bestimmen. Die Bestimmung erfolgt mit Hilfe verschiedener Extraktionslösungen. Am meisten verbreitet bei P und K ist der Aufschluss mit Doppellactat (DL) oder Ca-Acetat-Lactat (CAL). Für die Bestimmung des Magnesiumgehalts wird auch Kalziumchlorid (CaCl₂) eingesetzt.

Die Methodik, mit der bestimmt wird, sollte bekannt sein, um bei wiederholten Untersuchungen auch die Vergleichbarkeit zu sichern. Rein theoretisch ist natürlich auch die Extraktion mit anderen Substanzen möglich. Die Ergebnisse haben jedoch gegenüber den mit den genannten konventionellen Verfahren bestimmten Gehalten einen entscheidenden Nachteil: Die Werte wurden nicht mit Hilfe von repräsentativen Feldversuchen geeicht. Aus diesen Feldversuchen abgeleitet wurden nämlich die sogenannten Gehaltsklassen (GK) A, B, C, D, E die das Niveau der Bodenversorgung von sehr niedrig (A) bis sehr hoch (E) kennzeichnen. In der gleichen Reihenfolge nimmt die Wahrscheinlichkeit eines Mehrertrages durch die Düngung des jeweiligen Nährstoffes ab.

Berechnung der Düngungshöhe

Neben der aktuellen Nährstoffversorgung des Bodens sind für den Düngedarf die zugeführten bzw. entzogenen Nährstoffmengen wichtig. Düngungsprogramme berücksichtigen letztlich die Höhe der Abfuhr von Nährstoffen vom Feld. Diese wird entscheidend vom Ertrag bestimmt; für den Nährstoffgehalt der Ernteprodukte werden Richtwerte verwendet. Anzumerken bleibt, dass die von den Pflanzen während des Wachstums benötigte Nährstoffmenge, die der Boden bereitstellen muss, jeweils deutlich höher als die schließlich abgefahrene Menge ist.

Grundsätzlich sind Grunddüngungsempfehlungen auf das Erreichen oder Erhalten der optimalen Gehaltsklasse C ausgerichtet (Abb.2). Das bedeutet z.B., dass innerhalb der Gehaltsklasse C die Düngung mindestens in Höhe der erwarteten Nährstoffabfuhr erfolgen sollte. Auf leichten Böden ist bei K und Mg (in den meisten Bundesländern) ein Zuschlag für mögliche Auswaschungsverluste kalkuliert. Die je nach Bodengehalt relativ hohe Differenziertheit der Düngempfehlungen ist vor allem in der unterschiedlichen Reaktion auf den Naturalertrag begründet.

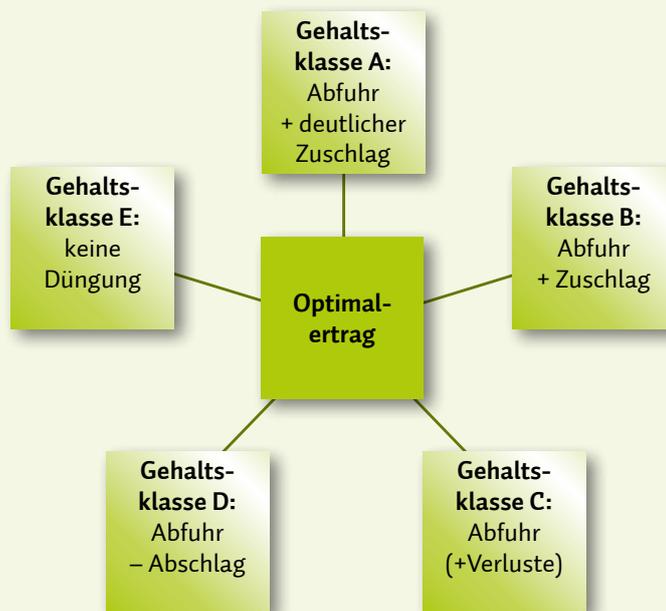


Abb. 2: Schema für die Empfehlung zur Grunddüngung.

Die Auswertung zahlreicher Düngungsversuche (Tab. 1) zeigt, dass eine pauschale Düngung in Höhe der Abfuhr nicht optimal ist: Bei sehr niedrigen Bodengehalten wird der Optimalertrag nicht erreicht und bei hoher Bodenversorgung bleiben die Ertragsreaktionen weitgehend aus.

Die Zahlen sind über weite Bereiche gemittelt. Man kann davon ausgehen, dass die relativen Mehrerträge durch die Grunddüngung auf leichten Böden und bei Blattfrüchten im Vergleich zu schwereren Böden und Getreide deutlich größer sind. Bei sehr niedrigen Bodengehalten (GKA) und leichten Böden können durch die Grunddüngung bei Rüben/Kartoffeln (Kalium) bzw. Mais (Phosphor) durchaus Mehrerträge von 40% erreicht werden. Der zu erwartende relative Mehrertrag auf schweren Böden ist dagegen fast um die Hälfte geringer, allerdings bei höherem Niveau des Naturalertrages!

Probenahme

Die Entnahme von Bodenproben sollte so erfolgen, dass die zu beprobende Fläche ausreichend repräsentiert ist. Je Probe sollten deshalb nicht mehr als 5 ha einbezogen werden. Mindestens 20, besser 30 Einstiche sind für



Abb. 1: Gesetz vom Minimum (von Justus Liebig): Wie die Tonne durch die ungleiche Höhe der Dauben nicht voll werden kann, so können auch die Pflanzen bei Mangel eines Wachstumsfaktors keine vollen Erträge bringen.

Tabelle 1: Mittlere Ertragsreaktionen (%) der Kulturen auf Ackerböden Ostdeutschlands in Abhängigkeit vom P- und K-Gehalt des Bodens und der P- bzw. K-Düngung¹⁾ (Quelle: KERSCHBERGER)

Gehaltsklasse (GK)	ohne Düngung	Düngung nach Abfuhr	optimale Düngung
A	80	90	100
B	87	96	100
C	92	100 ²⁾	100
D	96	100	100
E	100	100	100

1) Ergebnisse von 65 Dauerversuchen mit insgesamt 650 Erntejahren; Optimalertrag = 100%
 2) auf leichten und Moorböden mit Zuschlägen für Nährstoffverluste



Mit Grundnährstoffen gut versorgter Raps (links) im Vergleich zu Raps, der an Kaliummangel leidet (rechts).

eine Mischprobe erforderlich (= mindestens 4 Einstiche/ha). Selbstverständlich muss gewährleistet sein, dass die Probenahme ausreichend tief erfolgt. Auf Ackerland sollten die mindestens 20 cm sein. Natürlich wurzeln die Pflanzen auch tiefer. Eichversuche zur Ermittlung der optimalen Bodengehalte haben jedoch gezeigt, dass die Proben aus dieser Tiefe einen ausreichenden Zusammenhang zur Düngungsreaktion haben. Allerdings erfolgte hier grundsätzlich der Einsatz des Pfluges.

Unter den Bedingungen der pfluglosen Bodenbearbeitung muss man besonders mit einer erhöhten Konzentration von Kalium und Phosphor in den obersten Bodenschichten rechnen. Bei K resultiert diese insbesondere aus den an der Oberfläche verbleibenden Ernterückständen (Stroh) und bei P vorwiegend aus der geringen Beweglichkeit des gedüngten Phosphors. Gerade bei pflugloser Bodenbearbeitung darf also nicht zu „flach“ beprobt werden.

Bernd Frey

Das sagt der Berater

Dr. Stephan Deike, Landberatung GmbH

„Die Grunddüngung ist in vielen Betrieben leider zum Sparfaktor Nr. 1 geworden. Gerade unter schwierigen Witterungsbedingungen wie im Anbaujahr 2010/11 ist eine ausreichende Versorgung mit Grundnährstoffen wesentlich, damit Pflanzen-

bestände Stressphasen besser überstehen können. Unter ähnlichen Standortbedingungen zeigen sich dementsprechend teils erhebliche Ertragsunterschiede zwischen Schlägen mit guter und unzureichender Nährstoffversorgung.“



„Grunddüngung ist gezieltes Risikomanagement“

Sich ändernde Anbausysteme mit engen Fruchtfolgen und reduzierter Bodenbearbeitung erfordern jedoch umso mehr eine gezielte Grunddüngung und Einstellung des pH-Wertes. Hohe Mineraldüngerpreise und angespannte Liquidität lassen allerdings häufig gute Vorsätze in Vergessenheit geraten. Zwar werden auch in reinen Marktfruchtbetrieben vermehrt organische Dünger eingesetzt. Diese sind aber kein Allheilmittel und müssen auf Grundlage aktueller Bodenuntersuchungen zielgerecht durch Mineraldünger ergänzt werden.“



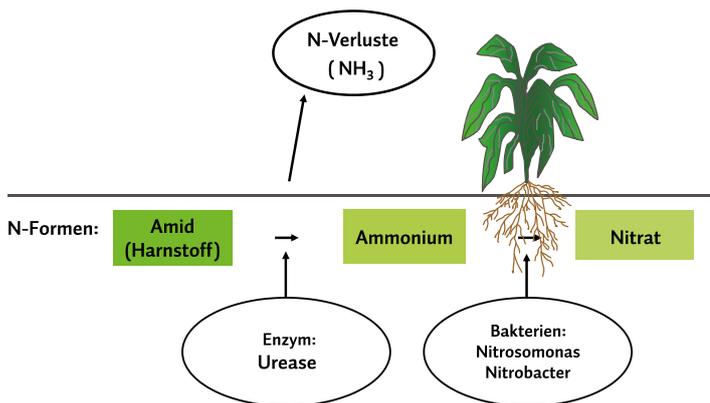
Grundlagen der Stickstoffdüngung

Eine sichere und effektive Ernährung der Pflanzen mit Stickstoff wird nur dann erreicht, wenn die Düngung zum richtigen Zeitpunkt und mit an den Pflanzenbedarf angepassten Mengen erfolgt. Ein Zuviel oder Zuwenig wird unmittelbar sichtbar und führt schnell zu Ertrags- und Qualitätseinbußen. Aus diesem Grund ist die Zusammensetzung der verschiedenen Stickstoffdünger von großer Bedeutung.

Unter den Pflanzennährstoffen nimmt Stickstoff eine Sonderstellung ein, weil er im Boden zahlreichen Ab-, Um- und Aufbauprozessen unterliegt. Diese werden von vielen Faktoren (z. B. Standort, Witterungsverlauf, Bewirtschaftung der Flächen) beeinflusst. Folgen dieser Prozesse sind beispielsweise die Freisetzung von Stickstoffmengen aus dem Bodenvorrat bei feucht-warmer Witterung oder die verhaltene Anlieferung des Nährstoffs bei Trockenheit. Diese natürlichen Prozesse sind im Voraus bei der Planung und Durchführung der Düngung kaum zu kalkulierten.

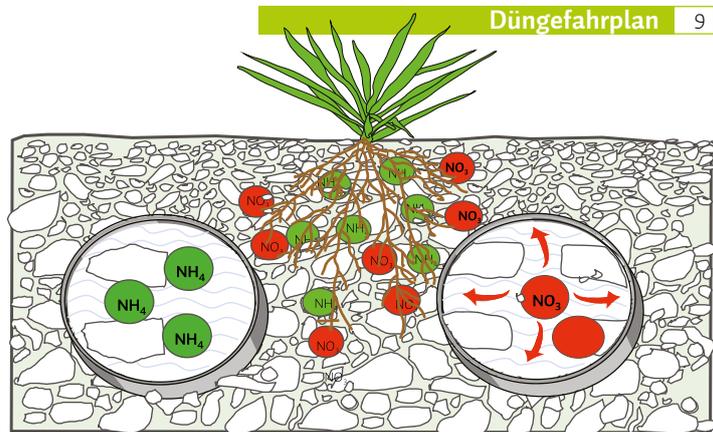
Nährstoffformen bestimmen die Düngewirkung

Bei der Entscheidung, welche Dünger für die Betriebe geeignet und wie sie einzusetzen sind, ist die Kenntnis über deren unterschiedliche Eigenschaften Voraussetzung. Diese werden durch die enthaltenen Nährstoffformen bestimmt. Im Wesentlichen werden in der landwirtschaftlichen Produktion die Stickstoffformen Nitrat, Ammonium und Harnstoff eingesetzt. In Düngemitteln sind sie oft in Kombination enthalten. Wird mit organischen



Die Umwandlung von Harnstoff zu Ammonium und Nitrat erfolgt unter Einwirkung von Enzymen und Bakterien. Die Umwandlungszeit ist abhängig von Bodentemperatur (>5°), Bodenfeuchte und Sauerstoff (Durchlüftung).

Abb. 1: Die Umsetzung der Stickstoffformen im Boden (Grafik: K+S Nitrogen)



Ammoniumstickstoff ist im Boden schwerer beweglich als Nitrat. Ammoniumstickstoff wird in nächster Nähe der Wurzel aufgenommen. Ammonium wird im Boden zu Nitrat umgewandelt.

Nitratstickstoff ist immer im Bodenwasser gelöst und wird passiv an die Wurzel herangetragen. So wird Nitrat schnell wirksam.

Abb. 2: Eigenschaften von Ammonium und Nitrat (Grafik: K+S Nitrogen)

Düngemitteln gearbeitet, kommt zusätzlich noch organisch gebundener Stickstoff dazu.

Über die Wurzel kann die Pflanze Stickstoff nur in Form von Nitrat oder Ammonium aufnehmen. Alle anderen gedüngten Stickstoffformen müssen im Boden zunächst zu Ammonium und dann in einem weiteren Umwandlungsschritt zu Nitrat umgewandelt werden (Nitrifikation). Da der Umwandlungsprozess bei höheren Bodentemperaturen recht schnell verläuft, ist Nitrat die Stickstoffform, die von den Pflanzen überwiegend aufgenommen wird (Abb. 1).

Wirkung der Stickstoffformen

Nitratstickstoff: ist in der Bodenlösung mobil. Er wird mit dem Bodenwasser an die Wurzel herangetragen. Damit erklärt sich die schnelle Wirksamkeit. Nitrat wirkt deshalb auch dann schnell, wenn die Bewurzelung der Pflanzen noch gering ist, wie beispielsweise im zeitigen Frühjahr. (Abb. 2)

Ammoniumstickstoff: ist im Boden schwerer beweglich als Nitrat (Abb. 2). Er verteilt sich durch Diffusionsvorgänge. So gelangt er in Wurzelnähe und kann von der Pflanze aufgenommen werden. Ein Teil wird im Boden an die Ton- und Humusteile gebunden. Das ist auch der Grund, weshalb Ammoniumstickstoff verhaltener wirkt als Nitratstickstoff. Unter natürlichen Bedingungen wird der größte Teil des Ammoniums durch Bodenbakterien zu Nitrat umgewandelt (Nitrifikation) und kommt so zur Wirkung. Mit einer Ammoniumbetonten Düngung wird also nicht automatisch eine Ammoniumbetonte Ernährung der Pflanzen er-

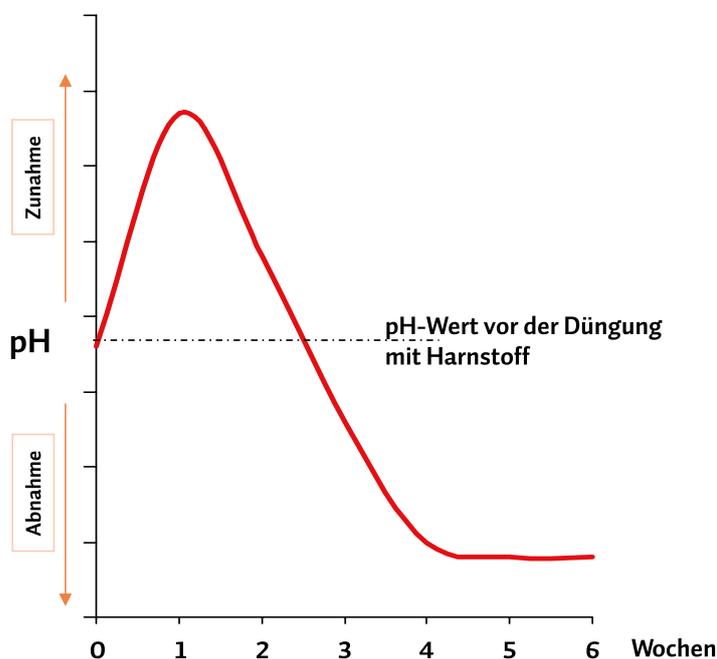


Abb. 3: Veränderung des pH-Wertes bei Harnstoffdüngung: Während der Umsetzung des Harnstoffs kommt es zunächst zu einer Erhöhung des pH-Wertes in unmittelbarer Nähe des Harnstoffkorns. Dadurch kann es, unabhängig vom Ausgangs-pH, zu gasförmigen NH3-Verlusten kommen. Nach dieser anfänglichen Erhöhung des pH-Wertes kommt es mittelfristig zu einer pH-Erniedrigung, die durch Kalkung ausgeglichen werden muss. (Grafik: Linser, 1992)

reicht. Für das Pflanzenwachstum ist ein gleichzeitiges Angebot von Nitrat- und Ammoniumstickstoff vorteilhaft.

Exkurs: Nitrifikationshemstoffe verzögern die Nitrifikation

Der Zusatz von Nitrifikationshemstoffen wie beispielsweise DMPP (Dimethylpyrazolosphat) verzögert die Nitrifikation. Das Ammonium bleibt somit über einen längeren Zeitraum erhalten und die Pflanzen können gezielt über einen längeren Zeitraum Ammoniumbetonter ernährt werden.

Harnstoff: Wird Stickstoff in Form von Harnstoff (= Carbamidstickstoff oder Amidstickstoff) gedüngt, muss dieser zuerst zu Am-

monium umgewandelt. Dieser Vorgang verläuft relativ rasch und dauert je nach Bodentemperatur 1 bis 4 Tage. Das hierbei entstandene Ammonium wird in weiterer Folge vom Bakterienstamm Nitrosomonas zu Nitrit (NO₂) und dieses vom Stamm Nitrobacter zu Nitrat (NO₃) umgewandelt. Bei Bodentemperaturen unter 10° C ist Harnstoff erst nach etwa 10 bis 14 Tagen für die Pflanze als Nitrat verfügbar.

Bei der ersten Umwandlungsstufe zu Ammonium erhöht sich der pH-Wert im unmittelbaren Bereich um das Düngerkorn. Dieser Vorgang ist verantwortlich für Stickstoffverluste als gasförmiges Ammoniak (Abb. 3). Das Verlustpotential liegt bei ca. 40 %. Unter praktischen Bedingungen kann durchschnittlich mit 15 % kalkuliert werden. Das hat zur Folge, dass in der Praxis zur Erzielung des gleichen Ertrages die N-Düngermenge um diesen Betrag erhöht werden muss.

Die auf dem Markt angebotenen Stickstoffdünger enthalten die beschriebenen Stickstoffformen in unterschiedlichen Anteilen. **Hierbei gilt: hoher Nitratanteil = schnelle Wirkung** (Tabelle 1).

Tab. 1: Die Zusammensetzung der wichtigsten Stickstoffdünger für den Ackerbau. (Quelle: K+S Nitrogen)

	KAS	Ammoniumsulfat-salpeter	AHL	schwefelsaures Ammoniak	Harnstoff
N-Gehalt (%)	27	26	28	21	46
Anteile der N-Form (%)					
Nitrat	50	30	25	-	-
Ammonium	50	70	25	100	-
Amid	-	-	50	-	100

Die Zusammensetzung der enthaltenen N-Formen bestimmt die Einsatzmöglichkeiten und Wirkungsgeschwindigkeit der Dünger.



Das sagt der Berater Hermann Kurpjuweit, Fachberater K+S Nitrogen GmbH

„Die Düngung sollte angepasst an den Pflanzenbedarf, die Bodenverhältnisse und das Erzeugungsziel erfolgen. Dünger sind so einzusetzen, dass sie effizient wirken, ohne die Umwelt zu beeinträchtigen. Hierbei spielt vor allem die Beurteilung des Düngers nach der Nährstoffform eine große Rolle.“

In der Praxis wird die Entscheidung für oder gegen einen Dünger oft nur vom Preis des Nährstoffs abhängig gemacht. Der Artikel zeigt jedoch, dass es große Unterschiede hinsichtlich Wirkung und Einsatzmöglichkeiten gibt. Demzufolge entwickelt die Industrie zunehmend neue Düngerformen mit verbesserter Effizienz, die die Anwendung erleichtern. Aktuelles Beispiel: Die stabilisierten Stickstoffdünger „Entec“, die die gleichzeitige Aufnahme von Ammonium und Nitrat über einen längeren Zeitraum ermöglichen.

Entscheidungshilfe bei der Auswahl der Düngemittel kann das Düngemittelgesetz leisten: Laut diesem Gesetz unterliegen Düngemittel einer Kennzeichnungspflicht. In Warenbegleitpapieren, Boxenschildern oder Sackaufdrucken erfolgt die Deklaration zum Produkt und gibt Informationen zur Zusammensetzung.“

Nährstoffwirkung von organischen Düngern

Zu organischen Düngern zählen Wirtschaftsdünger, Gärreste aus Biogasanlagen und auch Sekundärrohstoffdünger wie beispielsweise Klärschlämme, Komposte und andere Rohstoffe organischer Herkunft. Diese Dünger sind auf Grund der enthaltenen Nährstoffe wertvoll für die Pflanzenernährung. Die Düngung sollte auf Basis von Nährstoffbedarfsrechnungen der Fruchtfolgen in den Betrieben geplant werden.

Die Nährstoffgehalte in Wirtschaftsdüngern unterliegen großen

Schwankungen. Sie werden durch Tierart, Fütterung, Leistung und die Haltung beeinflusst. Für eine genaue Düngplanung sind daher Nährstoffanalysen unerlässlich. Speziell für Stickstoff ist eine Analyse auf Ammoniumstickstoff und organischen Stickstoff unabdingbar. Bei fehlender Analyse sind die Richtwerte der zuständigen Offizialberatung zu verwenden. Für die Sofort-Bestimmung des Gehaltes an Ammoniumstickstoff stehen neben der Laboranalyse auch Schnellbestimmungsmethoden zur Verfügung.

Organische Dünger (Tabelle 2) enthalten Stickstoff in Form von

Ammonium und organisch gebundenem Stickstoff. Der Ammonium-Anteil ist in seiner Wirkung mit dem Ammonium-Stickstoff aus Mineraldüngern vergleichbar. Pflanzen verwerten Ammoniumstickstoff im Anwendungsjahr. Daher ist diese Stickstofffraktion bei der Planung im Anwendungsjahr voll anzusetzen. Der organische Stickstoff wirkt je nach Mineralisationsrate zum Teil im Anwendungsjahr und in den Folgejahren. Wird in den Betrieben im Laufe der Jahre wiederholt Wirtschaftsdünger auf die Fläche gefahren, so kommt die Wirkung des organisch gebundenen Anteils immer mehr zum Tragen.



Auch 25 m³/ha Gülle zum Vegetationsbeginn können nicht verhindern, dass Grünlandaufwuchs ohne mineralische Schwefeldüngung akuten Schwefelmangel zeigt.

Schwefel – ein unentbehrlicher Baustein in der Düngung

Der Nährstoff Schwefel (S) hat viele wichtige Funktionen in der Pflanze, unter anderem verbessert er die Stickstoffeffizienz. Die Bedeutung der S-Düngung wurde nach dem Rückgang des als schädlich betrachteten SO₂-Eintrags (-Emissionen industrieller Herkunft) aus der Atmosphäre sichtbar.

Erst nach Beobachtung von Mangelsymptomen an Raps- und Getreidepflanzen wurden mittels zahlreicher Versuche S-Düngungsempfehlungen für ein hohes Maß an Ertragssicherheit erarbeitet. Für Raps z.B. sind dies je nach Boden, Witterungsverlauf und Wurzelbildung 30–50 kg S/ha in Form eines sulfathaltigen Mineraldüngers, für einen Zuckerrübenbestand 25–35 kg S/ha und für Grünland je nach Standort und Ertragspotential 25–40 kg S/ha.

Schwefelversorgung auch bei organischer Düngung sicherstellen

Für die viele landwirtschaftliche Betriebe in Deutschland hat

die Nährstoffzufuhr über wirtschaftseigene Dünger einen hohen Stellenwert, weil damit ein Teil des Nährstoffbedarfes vieler Kulturpflanzen abgedeckt werden kann. Bei der Anwendung von Gülle und Gärsubstraten ist unter optimalen Bedingungen eine Stickstoffausnutzung von 70–80 % erreichbar, für Kalium gelten je nach Bodengüte und Niederschlagsmenge 70–100 % Ausnutzung, für Phosphat langfristig 100 %.

Wie steht es jedoch mit der S-Ausnutzung? Der Einfluss einer S-Düngung aus organischer Quelle wurde von Prof. Taube, Lehrstuhl für Grünland und Futterbau der Universität Kiel, auf drei Grünlandstandorten in Schleswig-Holstein genauer untersucht. Dabei zeigte

sich, dass 25m³/ha Rindergülle trotz eines Gehaltes von 0,3–0,5 kg S/m³ keinen aktuellen Beitrag zur S-Versorgung des Grünlandaufwuchses leisten konnten. Damit bestätigte die Wissenschaft die Beobachtung vieler Praktiker.

Pflanzen können organisch gebundenen S – etwa aus der Gülle – nicht aufnehmen sondern sind auf Sulfat-S in der Bodenlösung angewiesen. Gülle-düngung kann daher allenfalls mit 10 % des darin enthaltenen S zur aktuellen Versorgung von Pflanzen beitragen. Eine gezielte S-Düngung mit sulfathaltigen Mineraldüngern ist somit bei der Anwendung organischer Dünger unumgänglich.

Gerhard Feger



S-Mangelsymptome treten zuerst an den jüngeren Blättern auf. Es kommt zu ganzflächigen Interkostalchlorosen an den Blättern. Besondere Symptome bei Raps sind löffelförmig gewölbte Blätter und kleinere, weißlich verfärbte Blüten.

Das sagt der Praktiker

Stephan Lorenz, Kundenberater im Lohnunternehmen Blunk, Rendswühren

Das Lohnunternehmen Blunk ist im Bereich Düngung sowohl in der organischen wie auch mineralischen Düngung aktiv. Bei der Ausbringung der flüssigen Wirtschaftsdünger wird Wert auf die bodennahe Ausbringung gelegt. Das Lohnunternehmen kann alle ausgebrachten Mengen an Dünger dokumentieren und dem Kunden einen Ausdruck für die Ackerschlagkartei liefern.

„Unsere Kunden arbeiten natürlich zunächst mit den Düngemitteln, die ihnen zur Verfügung stehen, das heißt den Wirtschaftsdüngern. Bei Versorgungslücken, zum Spitzen brechen und dem Bedarf an schnell verfügbaren N, spielt mineralischer Dünger jedoch eine wichtige Rolle“, berichtet Stephan Lorenz, Kundenberater im Lohnunternehmen Blunk. Anhand der Nährstoffanalyse des Wirtschaftsdüngers, dem Zustand der Kulturen sowie den sonstigen Gegebenheiten, wie z.B. Besonderheiten in der Witterung, bespricht er gemeinsam mit dem Kunden die Düngestrategie.

Grundsätzlich sollte die Düngung dem Bedarf der Pflanze angepasst werden, das heißt vor allem der Pflanze die richtige Menge zum richtigen Zeitpunkt zur Verfügung zu stellen, so Stephan Lorenz. Welche Art von N-Düngern eingesetzt werden, richtet sich nach Kultur und Bedarf: „Im Herbst wird oft auf die Stoppeln eine Düngung mit Gärsubstrat ausgeführt, um die Strohrotte zu beschleunigen und den Beständen eine gute Nährstoffversorgung zu stellen, so dass Raps- und Getreide eine gute Vorwinter-Bestandesentwicklung erreichen. Viele Bestände unserer Kunden werden auch im Frühjahr mit Gärsubstrat an gedüngt. Die erste Gabe wird dann mit einer mineralischen N-Düngung unterstützt, die sofort pflanzenverfügbar ist, die zweite und dritte Gabe erfolgt dann meist mit Kalkammonsalpeter (KAS). Die besten Erträge erzielt man meistens mit einer Kombination aus organischer und mineralischer Düngung. KAS ist gut, wenn das N schnell pflanzenverfügbar sein muss.

Bei Kulturen wie Mais, die das N eher über einen längeren Zeitraum benötigen, wird eher Harnstoff als mineralischer N-Dünger eingesetzt.“ Bei dem Einsatz von Harnstoff sei jedoch zu beachten, dass es bei nicht optimalen Ausbringbedingungen wie z.B. hohen Temperaturen schnell zu hohen Stickstoffverlusten kommen kann, wenn er nicht sofort in den Boden einzieht. Bei KAS würden hingegen selbst kleinere Taumengen reichen, um den Dünger zu lösen und pflanzenverfügbar zu machen. Das sei besonders in trockenen Jahren wie diesem ein großer Vorteil. Auch im Mais werden die Ausbringmengen von flüssigen Wirtschaftsdüngern geteilt. So werden vor der Saat ein Teil direkt in den Boden eingearbeitet und kurz vor dem Reihen schließen mit Schleppschlauch nachgedüngt, da der Bedarf des Maises zu diesem Zeitpunkt sehr hoch ist.

Bei der organischen Düngung sei bei allen Kulturen zu beachten, dass der Schwefelbedarf in der Regel separat mit abgedeckt werden müsse.



Stephan Lorenz kombiniert dafür die mineralische N-Gabe im Frühjahr mit einem mineralischen S-Dünger. Auch bei der 3. N-Gabe würde eine zusätzliche S-Gabe oftmals Sinn machen, um die N-Effizienz zu verbessern.

pl

Tab. 2: Nährstoffgehalte flüssiger Wirtschaftsdünger. (Quelle: Landwirtschaftskammer NRW, Dr. Laurenz)

Dünger	TS %	Stickstoff			Grundnährstoffe		
		Gesamt N	davon NH ₄ -N	Wirksamkeit im Düngejahr	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Gülle							
Gehalte in kg je m ³							
Milchvieh- u. Rindergülle	8	4,8	2,4	54	1,7	4,9	0,9
Bullengülle	7	3,7	2,2	60	1,8	4	0,8
Mastschweinegülle	5	5,6	4,2	75	2,8	3,8	1,1
Zuchtsauengülle	4	3,9	2,9	74	2,3	2,5	0,8
Hühnergülle	11	8,4	5,4	64	5,9	4,3	1,3
Gärsubstrat							
Gärrest Nawaro u. PM	9,8	8,4	6,2	74	3,6	3,8	1
Gärrest Nawa Ro RG	6,8	4,5	2,5	57	1,7	4,8	0,8
Gärrest Nawa Ro SG	6	4,5	3,2	70	2,5	3,2	0,9

Bei Wirtschaftsdüngern wirkt nur der Ammoniumanteil unmittelbar.

Gesetzliche Regeln zur Ausbringung von Stickstoff

Mit der Düngeverordnung wird die Anwendung von Düngemitteln nach guter fachlicher Praxis auf landwirtschaftlich genutzten Flächen geregelt. Bezüglich der Anwendung von Stickstoffdüngern und organischen Düngern sind Regeln zu beachten. Bei Nichtbeachtung werden Verstöße als Ordnungswidrigkeit eingestuft. Wichtige Regeln sind:

- Der Düngbedarf und die Nährstoffmengen sind für jeden Schlag zu ermitteln.
- Im Herbst nach der Ernte dürfen zur Folgekultur, zu Zwischenfrüchten oder zur Strohdüngung max. 40 kg/ha Ammoniumstickstoff oder 80 kg/ha Gesamt-Stickstoff aus Wirtschaftsdüngern oder Sekundärrohstoffen ausgebracht werden.
- Organische Düngemittel sind auf unbestelltem Ackerland unverzüglich nach der Ausbringung einzuarbeiten.
- Abstandsvorschriften zu Gewässern sind einzuhalten.
- Ausbringverbot i. d. R.: auf Ackerland vom 1. November bis 31. Januar, auf Grünland vom 15. November bis 31. Januar. Genaue Angaben hierzu sollten bei den zuständigen Landwirtschaftsämtern erfragt werden.

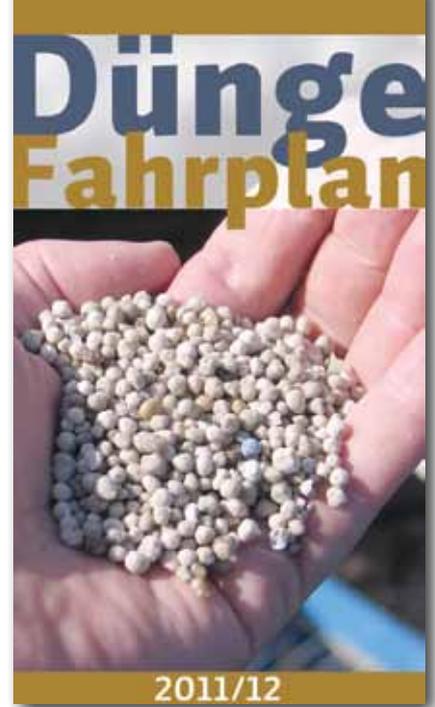
Hermann Kurpjuweit



Einer Unterversorgung an Spurennährstoffen und ihren Folgen – hier die Herz- und Trockenfäule an Rübren aufgrund von Bormangel – kann durch Grundwissen vorgebeugt werden.

Spurennährstoffe zielgerichtet einsetzen

Pflanzen können Nährstoffe auch über die Blätter aufnehmen. Eine vollständige Ernährung über die Blattdüngung ist jedoch nur mit Spurennährstoffen möglich. Der wesentlich höhere Bedarf an Hauptnährstoffen kann nur über die Bodendüngung gedeckt werden.



Um Spurennährstoffe gezielt einzusetzen, müssen der Nährstoffbedarf, die spezielle Wirkung der einzelnen Nährstoffe in der Pflanze sowie die Verträglichkeit und die Lösungseigenschaften des Blattdüngers bekannt sein. Wie bei den Hauptnährstoffen Phosphat und Kalium, sieht man bei einer fortschreitenden Unterversorgung an Spurennährstoffen zunächst keine Symptome, aber das Wachstum bleibt zurück. Erst später heben sich dann die besonderen Schwachstellen im Bestand farblich ab. Im Unterschied zu Schäden durch unsachgerechten Pflanzenschutz oder durch aggressive Blattdünger, die sich einheitlich über das ganze Feld erstrecken, tritt Spurennährstoffmangel daher in der Regel „nesterweise“ auf.

Von der Gesamtzahl der Spurenelemente sind nur acht als Spurennährstoffe für unsere Pflanzen unentbehrlich: Bor, Mangan, Zink, Kupfer, Eisen, Molybdän, Chlorid und Nickel, wobei die letzten beiden keine Rolle für die Düngung spielen. Für die praktische Düngung ist es nicht erforderlich sämtliche Wirkungsmechanismen zu kennen, sondern es genügt das Wissen einiger weniger Hauptfunktionen und Eigenschaften, um mit einer zielgerichteten Düngung Erträge und Qualitäten abzusichern.

Mangan

Eine wesentliche Funktion von Mangan in der Pflanze ist die Entgiftung von sogenannten Radikalen, die bei der Photosynthese entstehen. Diese wirken zellzerstörend. Zellgewebe betroffener Pflanzen wird deshalb schnell irreversibel geschädigt und stirbt bald ab. Nur eine Blattdüngung mit hoch wirksamen, wasserlöslichen Manganverbindungen kann schnell Abhilfe schaffen.

Im Boden liegt Mangan entweder in fester, vierwertiger oder gelöst in zweiwertiger Form vor. Pflanzen können nur das gelöste, zweiwertige Mangan aufnehmen. Hellen wachsende Bestände an leichteren Stellen im Feld auf und zeichnen sich zugleich Fahrspuren sowie Verdichtungszonen oder Spuren früherer Feldbearbeitungen durch dunklere Farbe ab, dann liegt mit größter Wahrscheinlichkeit Manganmangel vor. Das kann auch dann durchaus der Fall sein,

wenn eine vorausgegangene Bodenuntersuchung für Mangan optimale Werte ausweist. Die Einschätzung der Manganverfügbarkeit in Böden ist schwierig, weil nicht der Mangangehalt alleine entscheidend ist, sondern zusätzlich sowohl der pH-Wert als auch die Bodendurchlüftung.

Festlegung durch Sauerstoff und hohe pH-Werte

Im Boden festgelegtes Mangan wandelt sich unter Luftmangelbedingungen wieder in zweiwertiges um und steht dann in der Bodenlösung den Pflanzen als Nährstoff zur Verfügung. Dazu genügen im Boden schon dichtere Lagerungszonen (grüne Fahrspuren!), partiell höhere Tongehalte und vor allem eine, zumindest zeitweise, volle Wassersättigung. Umgekehrt nimmt die Manganverfügbarkeit in einem Boden umso mehr ab, je höher der Sauerstoffgehalt ist. So kann es in leichten, lockeren Böden, trotz eines in der Bodenuntersuchung ausgewiesenen hohen Mangangehaltes, bei trockener Witterung zu erheblichem Manganmangel kommen.

In den meisten Mineralböden weist die Bodenuntersuchung auf Mangan normalerweise eine optimale oder höhere Versorgung aus. Dennoch kann es zu Mangelercheinungen kommen, wenn der pH-Wert sehr hoch ist. In der Bodenuntersuchung wird das, zumindest näherungsweise, durch Abstufung der Versorgungsrichtwerte nach dem pH-Wert berücksichtigt. Wie stark alleine der pH-Wert die Manganverfügbarkeit beeinflusst, zeigt sich schon daraus, dass dessen Absenkung um eine Einheit die Mangankonzentration in der Bodenlösung um das Hundertfache erhöht! Besonders stark ist die Manganfestlegung im pH-Bereich von 6,5 bis 7,5. Hier liegt der optimale Lebensbereich für Bodenbakterien, die dadurch Energie gewinnen, dass sie pflanzenverfügbares, zweiwertiges in nicht pflanzenverfügbares, vierwertiges Mangan umwandeln. Damit stehen sie in unmittelbarer Konkurrenz zur Pflanze.

Mangan ergänzt Magnesium

Viele Praktiker haben die Erfahrung gemacht, dass durch eine Kombination aus Magnesium und Mangan in einer Blattdüngung ein deutlich schnelleres Ergrünen bewirkt wird. Dies dürfte mit der Wirkungsweise von Mangan in der Pflanze erklärbar sein. Sowohl Magnesium als auch Mangan haben eine zentrale Funktion bei der Chlorophyll- und Photosynthese, wobei Mangan und Magnesium um einige Bindungsstellen konkurrieren. Sichtbar aufgehellte Mangelpflanzen können zudem Stickstoff nicht mehr optimal verwerten. Als Folge reichert sich in ihnen Nitrat an, die Wuchsleistung sinkt erheblich.

Bor

Zwei Funktionen sind kennzeichnend für die Funktion von Bor: Blütenausbildung und Fruchtansatz sowie Ausbildung von feinem, jungen Gewebe. Deshalb ist auch immer der „Kopfbereich“, also das zuletzt gewachsene



Manganmangel: Auch bei einem hohem Gehalt von Mangan im Boden kann die Verfügbarkeit durch Einflüsse wie einem hohen pH-Wert oder einem hohen Sauerstoffgehalt im Boden gering sein.

Gewebe, bei Mangelsituationen betroffen. Bekanntestes Mangelsymptom ist die Herz- und Trockenfäule bei Rüben, oder das Triebspitzenrollen bei Kartoffeln. Stark borbedürftige Pflanzen wie Öl- und Hackfrüchte nehmen etwa 300 bis 550 g B/ha auf. Für die Borverfügbarkeit ist auch der pH-Wert des Bodens maßgebend. Bei hohen Werten wird Bor zunehmend festgelegt, in leicht sauren, sorptionschwachen Böden unterliegt es einer Auswaschung von 50 bis 100 g B/ha. Für die Bemessung der Bordüngung ist das mit zu berücksichtigen.

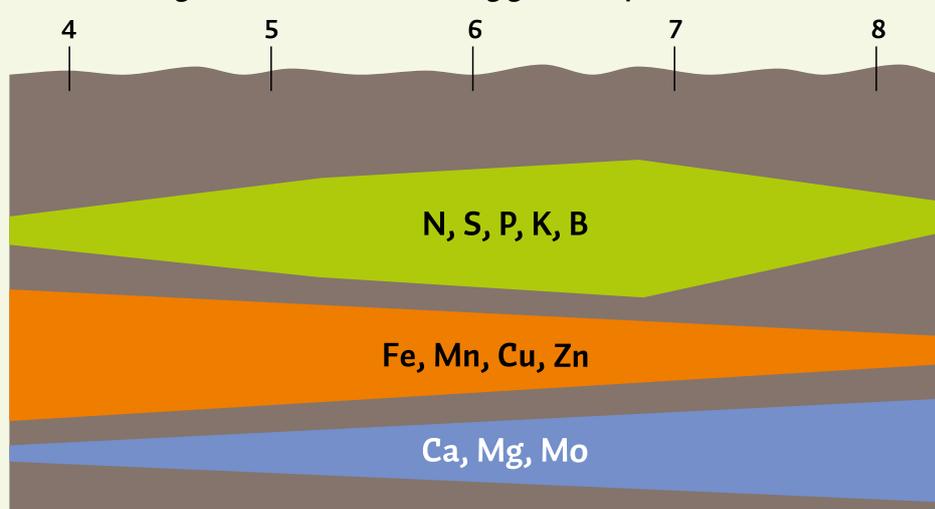
Sind bereits sichtbare Borschäden aufgetreten, so können sie durch eine nachträgliche Düngung nicht mehr repariert werden. Deshalb sollte die Bordüngung zu den bekannt borbedürftigen Kulturen ein fester Bestandteil der Düngplanung sein. Obwohl borhaltige Düngemittel unterschiedliche Borkonzentrationen aufweisen, hat das auf die Borverfügbarkeit keinen Einfluss.

Zink

Jede Pflanze benötigt Zink für die Zellteilung. Zinkmangel äußert sich daher durch gestauchten Wuchs, gekräuselte Blätter oder streifenartige Aufhellungen bei Mais und Gramineen. Blattreiche Pflanzen, die in kurzer Zeit sehr schnell wachsen, wie zum Beispiel Mais, reagieren daher auf eine Unterversorgung mit Zink besonders empfindlich.

Die Zinkversorgung unserer Böden hängt nicht nur von der geologischen Herkunft, sondern auch von der Nutzungsgeschichte ab. Intensive Düngung mit Gülle oder Klärschlamm bringt erheblich mehr Zink auf die Flächen als eine viehlose Bewirtschaftung. Im Boden wird Zink nicht verlagert. Zur schnellen Behebung einer schlechten Zinkversorgung sind auch hier wieder nur Düngemittel mit wasserlöslichem Zink zu empfehlen. Zur Meliorationsdüngung können auch andere Zinkverbindungen verwendet werden.

Nährstoffverfügbarkeit im Boden in Abhängigkeit vom pH-Wert



(Quelle: verändert nach *Agrikulturchemie und Pflanzenernährung*, Christian Richter, 2005)

Die Abbildung zeigt das Vorhandensein von pflanzenverfügbaren Nährstoffen im Boden in Abhängigkeit vom pH-Wert. Je dicker der Balken, umso mehr ist der Stoff pflanzenverfügbar. Die Mikronährstoffe, die Metalle sind (Fe, Mn, Cu, Zn), sind umso mehr löslich, je niedriger der Boden-pH-Wert ist. Die beste Verfügbarkeit aller Nährstoffe liegt etwa bei pH-Wert 6,5.



Das sagt der Berater

Bernhard Meyer, LKP Oberpfalz

„Den meisten Betrieben fehlt das Wissen, welche Funktion die einzelnen Spurenelemente in den Pflanzen ausüben. Das ist aber wichtig, da nur so die Effekte interpretiert werden können, die durch Mängel sichtbar werden. Oft fehlt es an der Orientierung, weil keine Bodenuntersuchungen auf Spurenelemente vorliegen.“

„Erträge und Qualitäten müssen sicher generiert werden.“

Die häufigsten Mängel betreffen Mangan und Bor. Bei Raps ist ein klarer Unterschied in der besseren Aufwuchsentwicklung bei den Betrieben erkennbar, die beide Elemente schon in der Herbstdüngung berücksichtigt haben, im Vergleich mit solchen, die dies erst im Frühjahr vornehmen.

Viehlose Betriebe sind häufiger von Spurenelementmangel betroffen, vor allem wenn sie schon seit Jahren keine organische Substanz über Gülle oder andere organische Reststoffe mehr auf die Ackerflächen ausgebracht haben. Bei Kulturen mit hohem Bedarf sollten Spurenelemente deshalb bereits in die Düngplanung mit einbezogen werden.“

Kupfer

Typische Kupfermangelflächen sind stark humose Standorte, da Kupfer durch organische Substanz sehr stark gebunden wird. Zudem ist der Bodenschluss, und damit das Nährstoffnachlieferungsvermögen, stets schlechter als auf einem reinen Mineralboden. Ein hoher pH-Wert verschlechtert die Verfügbarkeit noch weiter.

Pflanzen benötigen Kupfer zur Ausbildung stabiler Zellgerüste. Folglich werden Kupfermangelpflanzen bei erhöhter Sonneneinstrahlung schnell welk. Bei Getreide kommen die Ähren kaum noch aus den Blattscheiden, weisen erhöhte Krankheitsanfälligkeit auf und werden zur Abreife sehr stark von Schwärzepilzen befallen.

Da Kupfer mit organischen Molekülen in Pflanzenschutzmitteln schwerlösliche metallorganische Verbindungen eingehen kann, sind nur Kupferchelate problemlos mischbar.



Zinkmangel im Mais: Vor allem blattreiche schnellwachsende Pflanzenarten sind für einen Zinkmangel anfällig.

Eisen und Molybdän

Eisenmangelprobleme gibt es in reinen Kalkböden nach längeren Regenperioden. Eine Blattdüngung nach Auftreten der typischen Eisenmangelchlorose ist wenig erfolgreich. Solche Fälle bedürfen einer Spezialberatung. Eine Eisendüngung zu normal entwickelten Beständen ist auf anderen Bodenarten überflüssig.

Molybdänmangel gibt es nur in sehr sauren, sorptionsschwachen Böden, die geologisch gesehen, sehr alt sind. Meist lässt sich der Mangel durch eine Kalkung beheben. Molybdänzusätze in Düngemitteln sind immer wasserlöslich und wirken daher sofort.

Dr. Gudwin Rühlicke



Das sagt der Praktiker

Helmut Kleinewietfeld, Lohnunternehmer Kleinewietfeld, Rietberg

Pflanzenschutz und Düngung sind für das Lohnunternehmen von Helmut Kleinewietfeld aus dem nordrhein-westfälischen Rietberg wichtige Standbeine. Derzeit laufen im Betrieb zwei Selbstfahrer: ein MB-Trac mit einer 2000 l-Inuma-Aufbauspritze und ein Rogator mit einer 4000 l-Inuma-Aufbauspritze. „Im näheren Umkreis haben wir sandige Böden mit 20 bis 30 Bodenpunkten. Der pH-Wert liegt zwischen pH 6–7. In der Wintergerste setzen wir seit gut 10 Jahren im Herbst Mangan ein. Als optimaler Einsatzzeitpunkt hat sich das Dreiblattstadium bewährt. Oft fahren wir dann eine Kombination aus Mangan plus Herbizid. Die behandelten Flächen bleiben auch im Winter grün und zeigen kaum Gelbfärbungen auf. Wintergerstenflächen, die im Herbst keine Behandlung erfahren versuchen wir je nach Kundenwunsch im frühen Frühjahr mit einer Kombination aus AHL und Mangan zu spritzen. Das wird von der Kundschaft gut angenommen. Die Kombination aus stickstoffhaltigem Flüssigdünger plus Spurennährstoff bietet sich arbeitswirtschaftlich gut an.“

„Die Kombination aus stickstoffhaltigem Flüssigdünger plus Spurennährstoff bietet sich arbeitswirtschaftlich gut an.“

Zur Gerste arbeiten wir intensiv mit dem Mangan- und Magnesiumdünger Epso Combitop. Vorteilhaft ist hier der Gehalt an Schwefel. Das Pulver wird in einem 200 l-Behälter aufgelöst und erst dann in die Spritze gesogen. So bleiben die Filter frei. Die Notwendigkeit der Epso Combitop Spritzungen wird von unseren Kunden erkannt und bedarf keiner Überzeugungsarbeit. „In besonders trockenen Jahren kommt es vor, dass wir auf Kundenwunsch auch Spurennährstoffe in Kartoffeln ausbringen.“

mj



Stickstoff – der Motor des Pflanzenwachstums

Stickstoff bewirkt von allen Pflanzennährstoffen die stärkste Ertragsreaktion. Auf Grund seiner Mobilität muss die Stickstoffdüngung dem Pflanzenwachstum angepasst erfolgen.

Mit einer Düngung zu Vegetationsbeginn wird die Grundlage für einen zügigen Wachstumsstart gelegt. Mit weiteren Gaben wird die Entwicklung der Kulturen entsprechend dem Ertragsziel gesteuert.



Die Höhe der Stickstoffdüngung richtet sich im Wesentlichen nach dem spezifischen Bedarf der Kultur, dem Einfluss der Vorfrucht, der Nachlieferung durch die Ernterückstände und den Vorräten des Bodens.

In Mineraldüngern ist Stickstoff (N) entweder als Amid-N (z. B. Harnstoff), einer Vorstufe von Ammonium-N, oder direkt als Ammonium- und Nitrat-N enthalten (z. B. Kalkammonsalpeter). Pflanzen nehmen die verschiedenen N-Formen unterschiedlich schnell auf. Die Nitratdüngung ermöglicht eine schnelle Aufnahme von Stickstoff. Ammonium-N wirkt langsamer und gleichmäßiger. So kann entweder gezielt Nitrat- oder Ammonium-betont gedüngt werden. Mit stabilisierten Stickstoffdüngern wird Ammonium-betont gedüngt. Sie sind dann einzusetzen, wenn eine langsam fließende und gleichmäßige Versorgung gewünscht wird.

Die Kombination mit weiteren Nährstoffen (Phosphat, Kali, Magnesium) in Volldüngern und die Einbeziehung von Schwefel erlangt zunehmend an Bedeutung. Wie die Effizienz der Stickstoffdüngung durch andere Nährstoffe beeinflusst wird zeigt Tab. 1. Die Zufuhr aller Nährstoffe ergibt die beste N-Ausnutzung. Gleichzeitig verhindert die Düngung dieser Grundnährstoffe (P, K, Mg) ein Absinken der Gehalte im Boden.

Den Gesamt-Stickstoffbedarf ermitteln

Die zu düngende N-Menge ist abhängig vom spezifischen Bedarf der jeweiligen Kultur und dem zu erwartenden realistischen Ertrag, der durch die Standorteigenschaften geprägt ist.

Bei der Kalkulation der zu düngenden N-Mengen – besonders des mineralischen Stickstoffs – ist zu berücksichtigen, dass der Stickstoff aus verschiedenen Quellen bereitgestellt wird. Ein Schema zur Kalkulation der zu düngenden mineralischen Stickstoffmenge zeigt Tabelle 2.

In den letzten Jahren wurden verschiedene Verfahren zur Bestimmung des Stickstoffbedarfes entwickelt, in die auch regionale Besonderheiten eingeflossen sind. Daher werden in den einzelnen Bundesländern unterschiedliche Methoden als Beratungsgrundlage verwendet.

Das zurzeit standardmäßig angewandte Verfahren ist die Stickstoff-Bedarfsermittlung nach Sollwertmethode. Der Sollwert ist die Stickstoffmenge, die den Kulturen zusammen aus Bodenstickstoff und Düngerstickstoff zur Verfügung stehen soll. Die Sollwerte wurden in umfangreichen Feldversuchen ermittelt. In der Regel werden diese Sollwerte korrigiert in Abhängigkeit von Bodenverhältnissen, langjährig organischer Düngung und Vorfrucht. Um den zu düngenden Stickstoffbedarf zu ermitteln, wird der zu Vegetationsbeginn bereits pflanzenverfügbare Stickstoff (N_{\min}) aus dem Boden vom Sollwert in Abzug gebracht.

Wegen unterschiedlicher Empfehlungen in den Regionen sollten die aktuellen Empfehlungen zur Bemessung der Stickstoffdüngung bei der Offizial-Beratung (Landwirtschaftsämter) in den jeweiligen Bundesländern eingeholt werden.

Tab. 1: Einfluss von Phosphat und Kali auf die Effizienz der Stickstoffdüngung

Variante	Bodengehalte (mg/100 g)		Erträge (dt/ha)				N-Ausnutzung (%)
	PDL	KDL	Zucker- rüben	Sommer- gerste	Kartoffeln	Winter- weizen	
NPK	11	15	535	61,1	346	82,9	98
NP	11	6	424	59,0	227	78,2	93
NK	2	15	365	49,7	237	64,6	81
N	2	7	292	46,4	179	58,8	62
PK	11	24	291	31,4	194	56,4	—
ohne	4	8	263	27,0	116	50,5	—

Bad Lauchstädt, Versuchsanlage 1902, Auswertungsjahre 1981–1988

Quelle: Körschens und Eich 1990

Tabelle 2: Ermittlung des mineralischen Stickstoffbedarfs am Beispiel Winterweizen

N-Düngebedarf einer Fruchtart in Haupt- und Nebenprodukt		Beispiel Winterweizen
N-Bedarf der Fruchtart* = Ertrag* N-Gehalt Korn: 100 dt/ha × 0,86 × 2,37 = Stroh: 60 dt/ha × 0,5 = Wurzel: 40 dt/ha × 0,5 = Gesamter N-Bedarf =		204 kg/ha N 30 kg/ha N 20 kg/ha N 254 kg/ha N
Minus	N _{min} zu Vegetationsbeginn	-40 kg/ha N
Minus	N-Nachlieferung während der Vegetation in Abhängigkeit von – Bodenart und Fruchtart – Ernteresten der Vorfrucht – organischer Düngung zur Vorfrucht bzw. in der Fruchtfolge natürliche Einträge über die Atmosphäre	-30 kg/ha N
Minus	Anrechenbare N-Zufuhr aus organischer Düngung zur Frucht oder Wurzelmasse	-20 kg/ha N
Plus oder minus	N-Korrektur je nach Bestandssituation, Witterung, Vegetationsbeginn, angestrebte Qualität, unvermeidbare Verluste usw.	+20 kg/ha N
Zu düngende N-Menge		184 kg/ha N

Quelle: Albert, Praxishandbuch Dünger und Düngung

Bemessen der Startgabe

Werden mehr als 50 kg N/ha und Jahr (mineralisch und/oder organisch) ausgebracht, ist laut Düngeverordnung für jeden Schlag und jede Bewirtschaftungseinheit die im Boden verfügbare N-Menge (N_{min}-Wert) zu ermitteln durch:

- eigene Bodenuntersuchungen oder
 - Verwendung von Ergebnissen ähnlicher Standorteigenschaften oder
 - Veröffentlichung der Officialberatung in den landwirtschaftlichen Fachzeitschriften
- Die Anrechnung des N_{min}-Wertes für die Aufteilung der Stickstoffdüngung ist regional unterschiedlich und sollte daher auch bei der Fachberatung in den Bundesländern in Erfahrung gebracht werden.

Nachfolgende N-Gaben

Mit den nachfolgenden Stickstoffgaben trägt der Landwirt dazu bei, dass die Pflanzen lückenlos mit Stickstoff versorgt werden. Da im weiteren Vegetationsverlauf die Stickstoffnachlieferung (Mineralisationsrate) aus dem Boden zur Versorgung der Pflanzen beiträgt, ist diese besonders zu berücksichtigen. Die Höhe der Nachlieferung wird beeinflusst durch:

- Verbleib von Ernteresten (Stroh, Rübenblatt)
 - Stroh mit einem weiten C:N-Verhältnis (= Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff) bedingt geringe N-Nachlieferung
 - Rübenblatt mit engem C:N-Verhältnis hat höhere Nachlieferung zur Folge
- Vorfrüchte mit hohen N-Gehalten (Leguminosen als N-Sammler)
 - enges C:N-Verhältnis und höheres N-Nachlieferungspotenzial
- Höhe und Regelmäßigkeit der organischen Düngung
 - große Mengen organischer Dünger liefern hohe N-Mengen nach
- Temperatur und Feuchtigkeitsverhältnisse
 - feucht-warme Witterung bedingt hohe Mineralisationsraten
- Bodenreaktion (pH-Wert)
 - saure Böden haben geringere Mineralisationsraten

Eine Möglichkeit der Feststellung des N_{min}-Wertes sind eigene Bodenuntersuchungen.

Abb. 1: Auswirkung der einzelnen N-Gaben

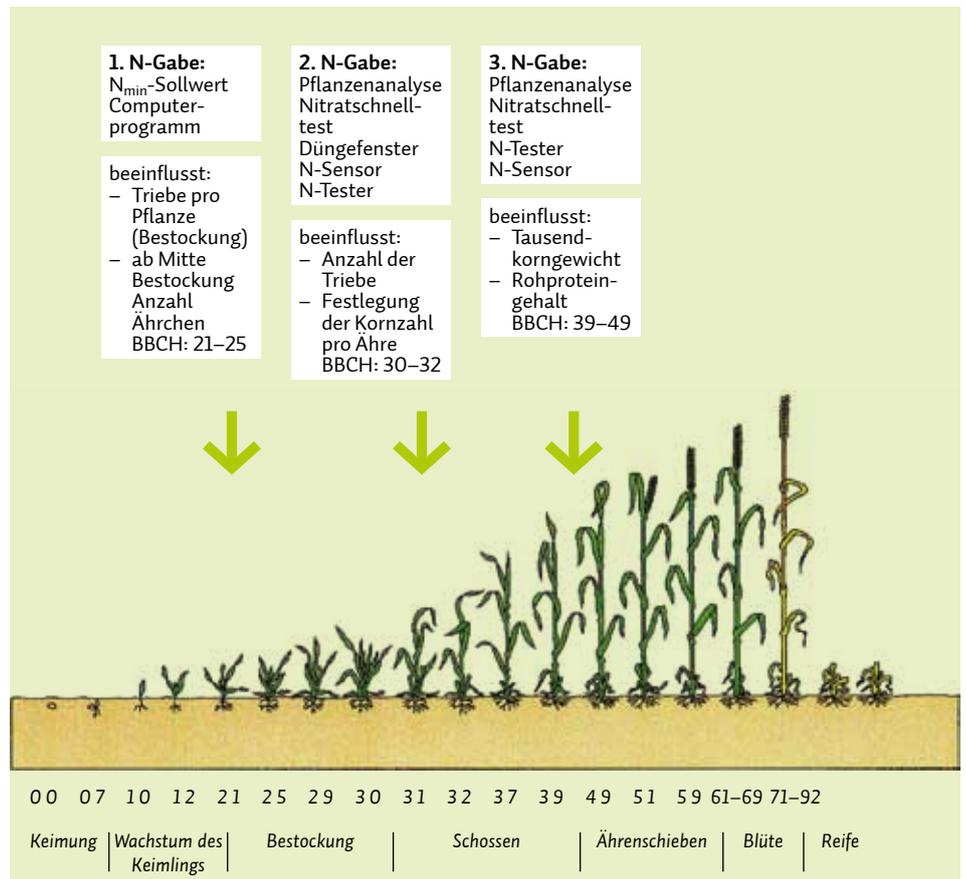


Tabelle 3: Düngempfehlungen zu wichtigen landwirtschaftlichen Kulturen: (N-Sollwert – N_{\min} -Wert = erforderliche Stickstoffgabe (kg N/ha))

Kultur	Gesamt N-Sollwert	mögliche Düngerverteilung (N kg/ha)			
		Startgabe (inkl. N-min)	Schossgabe (BBCH 29-31)	Spätgabe (BBCH 39/49)	Qualitäts-gabe** (BBCH 51-55)
Wintergerste	190	70–90	30–40	40–60	
Winterroggen	180	80–100	40–60		
Triticale	190	60–80	30–40	40–60	
Winterweizen	200–240	80–90	40–50	50–70	30–50
Qualitätsweizen	240	70–90	50–70	70–90	
Sommerweizen	200	100	60–80	60–80	
Braugerste	120	60–80	30–50		
Hafer	100–130	70	20		
Zuckerrüben	140–160	100–120	40–60		
Mais	160–200	Gülle + mineralische Ergänzung + UF-Düngung			
Winterraps	180–220	80–100	80–100		
Kartoffeln*	140–240	80–100	40–60		

Quelle: LWK NRW

* Reifegruppen und Verwertungsrichtung beachten

** Qualitätsgabe für A bzw. E-Weizen



N-Tester können als Hilfsmittel zur Bemessung des Stickstoffbedarfs der Pflanzen hinzugezogen werden. Sie messen anhand des Chlorophyllgehaltes der Blätter den N-Versorgungszustand der Pflanze.

Kriterien zur Bemessung während der Vegetation

Kriterien zur Bemessung von Düngergaben während der Vegetation sind:

- Bestandesentwicklung
 - Mineralisation von Stickstoff aus der organischen Substanz des Bodens in Abhängigkeit vom Witterungsverlauf
 - Ertragserwartung und Qualitätsziel
- Zeitpunkt und Höhe der Nachdüngung können nach standortbezogenen Erfahrungswerten durchgeführt werden. Zur besseren Beurteilung des Stickstoffbedarfes während der Vegetation wurden verschiedene Hilfsmittel entwickelt:

- Nitrat-Schnelltest mit Teststäbchen (nach Nitzsch) → Anwendung unmittelbar vor der geplanten Düngung zum Schossen und zur Blüte von Getreide.
- Stickstoff-Düngenfenster (nach Rimpau) →

Düngenfenster mit unterlassener N-Düngung (kurze Strecke innerhalb einer Fahrgasse) lassen eine visuelle Beobachtung der N-Nachlieferung aus dem Boden zu und zeigen an, ab wann nachgedüngt werden muss.

- N-Tester (nach Wollring) → die Messung des Chlorophyllgehaltes der Blätter als Grad der Grünfärbung zeigt den Versorgungszustand mit Stickstoff an und weist einen Bedarf aus.
- Sensortechnologie → Sensoren messen online während der Düngerausbringung den Chlorophyllgehalt und bestimmen direkt den Stickstoffdüngbedarf.

Die N-Düngung am Beispiel von Getreide

Besonders bei der Getreidedüngung wird die Steuerung des Wachstums und der Führung der Bestände durch die Stickstoffdüngung deutlich.

Abb. 1 zeigt die Düngetermine in Abhängigkeit von der Bestandesentwicklung und die Auswirkung der Düngung auf die Ausbildung der ertragsbildenden Pflanzenorgane.

- 1. N-Gabe – Andüngung:** Die Andüngung zu Vegetationsbeginn bei Wintergetreide erfolgt überwiegend mit 50 bis 70 kg N/ha. Ein höherer Bedarf bei schwach entwickelten Spätsaaten oder kalten, untätigen Standorten sollte in zwei Gaben aufgeteilt werden.
- 2. N-Gabe – Schossergabe:** Die Höhe der 2. Gabe orientiert sich an der Wirkung der 1. Gabe. Gut entwickelte Bestände werden zur 2. Gabe etwas zurückhaltender gedüngt. Schwache Bestände können mit der 2. N-Gabe stärker gefördert werden. Die Düngung erfolgt in BBCH 30–32 zum Schosbeginn. Normal entwickelte Bestände erhalten ca. 25–40 % der Gesamt-N-Menge zum Schossen.
- 3. N-Gabe – Spätdüngung für Ertrag und Qualität:** Die 3. N-Gabe unterstützt die Pflanze bei der Kornausbildung. Der gedüngte Stickstoff hat Einfluss auf Qualität (Eiweißgehalt, Eiweißqualität) und Ertrag (Tausendkorngewicht). Die Höhe der 3. N-Gabe richtet sich nach der Ertragserwartung. I.d.R. werden je dt Ertragserwartung 1 kg/ha N gedüngt. In Gebieten mit Frühsommertrockenheit muss die Düngung zum Stadium der kompletten Entwicklung des Fahnenblattes (BBCH 39) erfolgen. In Regionen mit ausreichenden Niederschlägen im Juni sollte die Spätdüngung kurz vor dem Ährenschieben erfolgen (BBCH 47). Eine geteilte Qualitätsgabe mit einer letzten N-Düngung in die Ähre (BBCH 55) fördert die Qualitätseigenschaften zusätzlich. Diese ist jedoch nur dort sinnvoll, wo die Pflanzen durch genügend Wasser den gedüngten Stickstoff in Eiweiß bzw. zusätzlichen Getreideertrag umsetzen können.

Stickstoffwirkung aus organischen Düngemitteln

Die Nährstoffgehalte der organischen Dünger (Gülle, Mist, Kompost, Biogasgärrest) unterliegen je nach Herkunft großen Schwankungen. Eine regelmäßige Untersuchung ist für einen gezielten Einsatz unerlässlich. Dabei kann auf Richtwerte der Officialberatung zurückgegriffen werden, wenn keine eigenen Analysedaten vorliegen.

Die organischen Dünger enthalten Stickstoff als Ammonium und als organisch gebundenen Stickstoff. Ammoniumstickstoff kann direkt von den Pflanzen aufgenommen oder nach der Umwandlung durch Mikroorganismen zu Nitrat in dieser N-Form aufgenommen werden. Der in organischen Düngemitteln enthaltene Ammoniumstickstoff wird zum größten Teil im Anwendungsjahr von den Pflanzen aufgenommen. Er ist dem aus Mineraldüngern gleichzusetzen. Organisch gebundenen Stickstoff können Pflanzen nicht direkt aufnehmen. Erst durch die Mineralisierung durch Bodenorganismen in Ammonium und

Nitrat steht er den Kulturen in den Folgejahren zur Verfügung.

Als Faustzahl können bei regelmäßiger Anwendung von flüssigen organischen Düngern im Folgejahr der Anwendung ca. 50 % des organisch gebundenen Stickstoffs als pflanzenverfügbar angerechnet werden. Bei Mist bzw. Kompost ist mit einer längeren, aber schwächeren

Nachwirkung zu kalkulieren (max. 25 % des organisch gebundenen Stickstoffs für zwei Folgejahre).

Die N-Wirkung organischer Düngemittel ist in der Vegetationszeit schwer einzuschätzen. Daher sollten die organischen Dünger möglichst gleichmäßig auf den zur Verfügung stehenden Flächen verteilt werden. Mit dem zusätzlichen Einsatz schnell wirkender Mineraldünger ist

der Einfluss auf die Bestandesführung gewährleistet.

Pflanzenverfügbare Stickstoffgehalte aus organischen Düngern wie Mist, Gülle, Kompost, Biogasgärresten etc. sind in jedem Fall in die Stickstoffplanung einzurechnen.



Das sagt der Berater ...

Volker Sandrock, Fachberater K+S Nitrogen GmbH

Eine wirtschaftliche Pflanzenproduktion setzt voraus, dass alle Betriebsmittel so eingesetzt werden, dass die Entwicklung der Kulturen entsprechend dem Ertragsziel gezielt gefördert wird. Für die Stickstoffdüngung bedeutet das, alle Möglichkeiten zu nutzen, um diese Maßnahme besonders effizient durchführen zu können. Effizient düngen heißt, die Düngung der Pflanzenentwicklung angepasst und zeitgerecht in der richtigen Höhe zu verabreichen sowie das Zusammenspiel aller Nährstoffe und die Stickstoffform zu beachten.

Ein Zuviel an Stickstoff hat Einfluss auf die Ökologie, ein Zuwenig führt zu Ertrags- und Qualitätsminderungen. Diese sind oft größer als die monetären Einsparungen an Stickstoff. Technische Hilfsmittel zum optimalen Stickstoffeinsatz wurden zur Praxisreife entwickelt und sollten genutzt werden. Denn nur wenn optimale Erträge erzielt werden, gelingt es, die Kosten für eine Produktionseinheit so gering wie möglich zu halten.

Das sagt der Praktiker ...

Rüdiger Klamroth, Geschäftsführer des Unternehmens „Landwirtschaftliche Dienstleistungen & Logistik“

Rüdiger Klamroth aus Börnecke im nördlichen Harzvorland beschäftigt sich zusammen mit seinem Kollegen Klaus Münchhoff intensiv mit einer optimalen Stickstoffausbringung in den Kulturen. 2002 wurde durch das Unternehmen Münchhoff in den ersten Yara-N-Sensor investiert. „Im Harzvorland haben wir mit stark heterogenen Böden zu kämpfen. Ein Schlag besteht in einigen Fällen aus drei verschiedenen Bodenarten sowie sehr unterschiedlichen Horizontstärken. Dazu kommt noch, dass wir uns im Regenschattengebiet des Harzes befinden und nur 450 mm Regen im Jahr fällt. Die Durchschnittstemperatur liegt bei 9 Grad Celsius. Konsequenz aus diesen natürlichen Voraussetzungen ist, dass wir auf den Schlägen sehr heterogene Getreidebestände vorfinden.“

Durch die teilflächenspezifische Bewirtschaftung versuchen wir die Bestände zu homogenisieren. Derzeit setzen wir einen passiven und einen aktiven Yara-N-Sensor auf gut 2500 ha ein. Vor der ersten Düngung ziehen wir auf allen Schlägen N_{min} Proben. Unter Berücksichtigung des N_{min} Wertes und der kalkulatorischen Entzüge setzen wir die Höhe der ersten N-Gabe im Getreide fest. Auf relativ homogenen Standorten bringen wir dann eine gleichmäßige N-Gabe auf dem Schlag aus. Für sehr heterogene Schläge liegen uns Applikationskarten vor, so dass wir dort schon von Beginn der Vegetation eine individuelle N-Verteilung vornehmen. Die zweite N-Gabe wird unter Berücksichtigung vom N_{min} -Wert, Witterung, Bestandesentwicklung sowie Sorte festgelegt.

Zusätzlich legen wir ein N-Monitoring mit Hilfe eines Düngefensters auf verschiedenen Flächen an. In der Saison kontrolliert ein Mitarbeiter dort mit dem N-Tester alle drei bis vier Tage den momentanen N-Gehalt in den Pflanzen in Abhängigkeit von Temperatur und Niederschlag. Die Daten sammeln wir in einer Exceltabelle. Aus der Kombination „Sensorwissen“ und unserem landwirtschaftlichen Know how legen wir die Höhe und den Zeitpunkt der notwendigen aktuellen Stickstoffdüngung fest. Für die zweite und dritte N-Gabe gilt eine Regelkurve des Yara-N-Sensors, die bei hellen Beständen eine erhöhte Gabe gibt und bei dunkleren Beständen die N-Ausbringung im gewissen Rahmen reduziert. Die vierte N-Gabe dient der Getreidequalität. Zu diesem Zeitpunkt reduziert der N-Sensor auf den helleren Teilflächen die N-Gabe und hebt sie in den dunkleren Beständen an. So kommt es nicht zu einer Verdünnung

des Proteingehaltes in den Pflanzen.

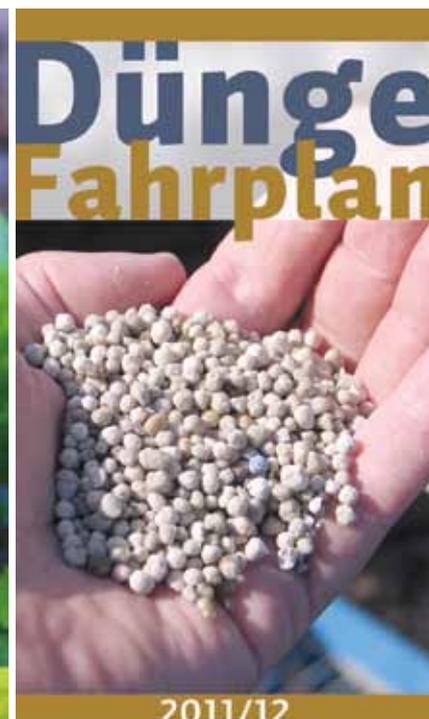
Durch den Einsatz des N-Testers und des Sensors bringen wir die Stickstoffdüngung direkt an den Ort des Geschehens. Die Sensorik arbeitet so fein, dass wir die Ausbringung nicht mit dem bloßen Auge eines Fachmannes regeln könnten. Mit Hilfe der Technik schaffen wir es, auf unseren heterogenen Böden relativ gleichmäßige Bestände hinzustellen. Die N-Einsparung von 6–10 Kg/ha in einer Düngesaison ist kein tragendes Argument für den Yara-N-Sensor, doch durch die optimale N-Verteilung entwickeln sich homogene Bestände, die eine höhere Mähdruschleistung ermöglichen und bei denen über den gesamten Schlag ein gleichmäßiger Proteingehalt vorliegt.



Alle N-Gaben werden bei uns in Form von gepulvertem Harnstoff gegeben. Von AHL haben wir aufgrund der hohen Lagerkosten Abstand genommen. Im Zusammenhang mit der Investition in die N-Sensortechnik haben wir von 27 m auf 36 m Arbeitsbreite umgestellt. Für die Mineraldüngerabgabe bei dieser hohen Arbeitsbreite hat sich auf unseren Betrieben der Pneumatikstreuer AGT von Rauch bewährt. Das Streubild ist sehr genau, das Randstreuen kann optimal umgesetzt werden, wir erreichen mit 300 ha Flächenleistung am Tag eine hohe Schlagkraft und die Windanfälligkeit ist relativ gering. Die teilflächenspezifische Bewirtschaftung hat sich in unserer Region bewährt. Von unseren Lohnunternehmen werden auch organische Dünger und Wachstumsregler teilflächenspezifisch ausgebracht.“

mj

Schwefelmangel im Raps



Schwefel – unentbehrlich für die Pflanzenentwicklung

Schwefel hat in den letzten Jahren als Nährstoff deutlich an Bedeutung gewonnen. Trotzdem herrscht auf Böden und über alle Kulturen hinweg derzeit Schwefelmangel. Fehlt der Pflanze Schwefel, so kann der gedüngte Stickstoff ebenfalls nur unzureichend genutzt werden. Daher ist bei der Düngung umso mehr auf eine ausreichende Schwefelzufuhr zu achten.

Für den derzeitigen Schwefelmangel gibt es zwei Hauptgründe: Den Ausbau der Rauchgasentschwefelungsanlagen der Industrie in den letzten Jahrzehnten sowie den zunehmenden Einsatz hochkonzentrierter Dünger wie z. B. Diammon-Phosphat, Harnstoff oder Kali 60 ohne Schwefelbestandteile. Die Folgen: Die Einträge über die Luft reichen nicht mehr aus, um die Pflanzen zu versorgen und die im Boden gebundenen Vorräte schwinden. So sind die Schwefelmengen seit Mitte der 80er Jahre von 50 kg/ha*a auf jetzt ca. 6 kg/ha*a zurückgegangen.

Bedeutung von Schwefel für die Pflanzenentwicklung

Schwefel ist in viele Stoffwechselprozesse der Pflanzen eingebunden. Er beeinflusst die Bildung von Kohlehydraten und die Synthese von Stärke, Zucker, Geschmackstoffen und Vitaminen. Zusammen mit Stickstoff ist Schwefel ein essenzieller Baustein beim Aufbau der wertvollen S-haltigen Aminosäuren Methionin, Cystein, Lysin u. a.

Fehlt Schwefel, kommt es zu einer Verschiebung des Proteinmusters hin zu den weniger wertvollen, nicht S-haltigen Aminosäuren, die Qualität des Eiweißes in der Pflanze ändert sich. Dies hat bei Brotgetreide einen negativen Einfluss auf die Backqualität und führt bei Futterpflanzen zu einer geringeren Wertigkeit des Futters. Das Verhältnis von Stickstoff zu Schwefel in der Pflanze ist eng, in der Regel rechnet man im Mittel mit einem N:S-Verhältnis von 10:1.

Fehlt 1 kg Schwefel, können 10 kg Stickstoff nicht genutzt werden.

Schwefelmangelsymptome

Im Anfangsstadium oder bei leichtem Mangel ähneln die Schwefelmangelsymptome den Stickstoffmangelsymptomen. Im Gegensatz zu Stickstoffmangel, der zuerst an den älteren Blättern auftritt, äußert sich Schwefelmangel zuerst an den jüngsten Blättern.

Dies ist bei Getreide leicht zu erkennen. Trotz seines niedrigen S-Bedarfes von etwa 10–20 kg/ha auf normalen Standorten und 30 kg/ha im Hohertragsbereich zeigt Getreide vielerorts schon Mangelsymptome.

Schwefelmangel bei Raps ist schwieriger im Bestand zu erkennen: Junge Blätter sind „marmoriert“, die Blattflächen zwischen den Adern weisen Chlorosen (Blattaufhellungen) auf und die unmittelbare Umgebung der Adern bleibt vorerst dunkelgrün. Die Blätter sind löffelförmig verformt. Rotviolette Anthozyan-Verfärbungen treten zunächst an den Blatträndern auf, später an den ganzen Blättern. Schwefelmangelpflanzen bleiben kleiner. Die Blütenfarbe ist fahlgelb bis weiß. Schotenansatz und -ausbildung sind unzureichend.

Schwefelmangel tritt nicht flächendeckend auf. Dies ist auf unterschiedliche Bodenverhältnisse zurückzuführen. Leichte und strukturge-schädigte Böden mit schlechter Wasserversorgung sind besonders betroffen. Schwefelmangel kann mittlerweile bei fast allen Kulturen festgestellt werden.

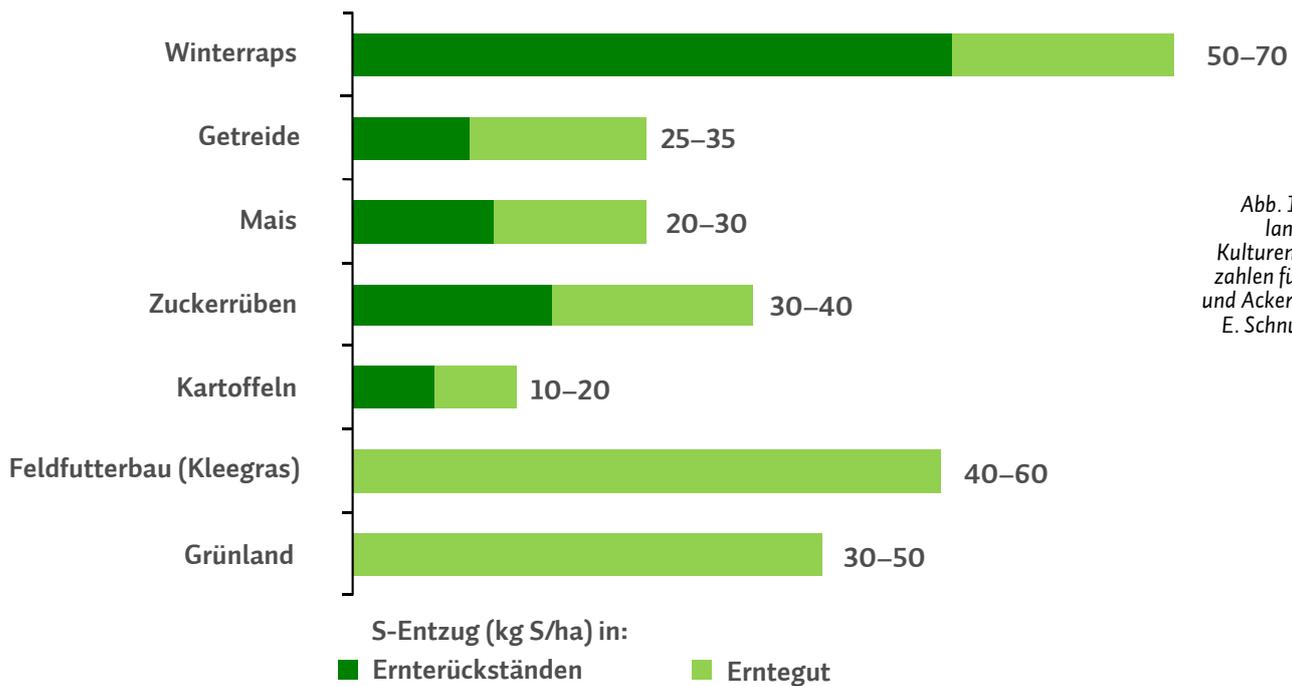


Abb. 1: Schwefelbedarf landwirtschaftlicher Kulturen (Quellen: Faustzahlen für Landwirtschaft und Ackerbau, 12. Auflage: E. Schnug, Habilitationsschrift.)



Das sagt der Berater ...

Bernhard Fuchs, Fachberater K+S Nitrogen GmbH

„Wegen des geringen Nährstoffeintrages aus der Atmosphäre gewinnt die Schwefeldüngung zunehmend an Bedeutung. In der Pflanze ist Schwefel ein wichtiger Baustein der organischen Substanz und an vielen Stoffwechselprozessen beteiligt. Fehlt er, kann der gedüngte Stickstoff von der Pflanze nicht richtig ausgenutzt werden. Raps, Grünland, Feldfutter und verschiedene Gemüsearten haben den höchsten Bedarf an Schwefel. Neben der verabreichten Menge spielt die Düngerform eine entscheidende Rolle. Schwefel in sulfatischer Form hat in den amtlichen Versuchen der LFL Freising besser abgeschnitten als elementarer Schwefel. Mit einer bedarfsgerechten Schwefeldüngung zu Getreide und Raps können erhebliche betriebswirtschaftliche Mehrerlöse erzielt werden.“

Den Schwefelmangel frühzeitig erkennen

Bevor Schwefelmangel sichtbar wird, können bereits Ertrags- und Qualitätseinbußen eingetreten sein. Auf Schwefelmangel sollten deshalb grundsätzlich alle Standorte untersucht werden. Empfehlenswerte Messmethoden sind bspw. die S_{\min} -Untersuchung, die gemeinsam mit der N_{\min} -Bestimmung durchgeführt werden kann. Eine weitere Möglichkeit ist die Blattanalyse, die aber erst relativ spät in der Vegetation einen Mangel anzeigen kann. Sicher, schnell und

einfach lassen sich Standorte mit dem Schwefel-Schätzrahmen beurteilen, der im Agrarzentrum der BASF entwickelt wurde (<http://www.ks-nitrogen.com/dede/service/schaetzrahmen/>).

Schwefelbedarf der landwirtschaftlichen Kulturen

Der Schwefelbedarf der Kulturen ist in Abb. 1 dargestellt. Die Schwefelmengen, die von den Pflanzen für den Aufwuchs benötigt werden, liegen in Höhe des Phosphatbedarfes. Wegen des ständigen Rückganges der Schwefeleinträge



aus Luft und Niederschlägen und der laufenden Abfuhr durch Ernten besteht kein Zweifel, dass künftig besonders auf die Schwefelversorgung der Kulturen geachtet werden muss.

Schwefel aus organischen Düngemitteln

Außer bei Jauche ist die Wirkung von Schwefel aus organischen Düngern sehr langsam und unsicher. Der S-Gehalt liegt bei Rindergülle bei etwa 0,3 kg pro Kubikmeter. Als Faustzahl für den S-Gehalt kann angenommen werden, dass er in Wirtschaftsdüngern ca. 10% vom N-Anteil beträgt. Dieser Anteil ist organisch gebunden und muss im Boden in die Sulfatform umgewandelt werden. Viele Untersuchungen zeigen, dass die Schwefelwirkung aus der Gülle mit nur 10 bis 15 % des Gesamtgehaltes anzusetzen ist. Damit ist eine ausreichende, direkte Schwefelversorgung durch den Einsatz von organischen Düngern nicht geben.

Mineralische Schwefeldünger

Die derzeit erhältlichen Mineraldünger für die Schwefeldüngung unterscheiden sich in der Form des enthaltenen Schwefels (sulfatisch oder elementar) und damit in ihrer Wirkung. Sulfatischer Schwefel (wie z.B. in Ammonsulfatsalpeter, Entec 26 oder auch in NPK-Volldüngern) ist voll wasserlöslich und steht damit der Kulturpflanze sofort zur Verfügung. Schwefel in elementarer Form (z.B. Netzschwefel oder granulierter Schwefeldünger zum Streuen) kann von der Pflanze nicht direkt aufgenommen werden, sondern muss erst durch Bakterientätigkeit im Boden zu Sulfat umgewandelt werden. Dies kann sich über mehrere Wochen hinziehen, so dass elementar gedüngter Schwefel kaum

zur Wirkung kommen kann. Für eine schnelle Schwefelversorgung der Pflanzen sind deshalb sulfatische S-Dünger vorzuziehen.

Schwefel wird gezielt nach Bedarf gedüngt. Bei akut einsetzendem Schwefelmangel innerhalb der Vegetation besteht als „Feuerwehrmaßnahme“ auch die Möglichkeit einer Blattdüngung. Auch hier sind aus Gründen der schnellen Wirkung sulfatische Blattdünger, wie z.B. Bittersalz, dem elementaren Netzschwefel vorzuziehen.

Wirtschaftlichkeit der Schwefeldüngung

In einem dreijährigen Exaktversuch der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft Freising wurde an fünf Standorten in Bayern bei Wintergerste die Wirtschaftlichkeit der Schwefeldüngung geprüft. Ziel des Versuches war es, die Ertragswirkung verschiedener Schwefeldünger bzw. Formen festzustellen. Dabei kamen bei der Bodendüngung Ammonsulfatsalpeter (ASS) und elementarer Schwefel zum Einsatz. Die Düngung mit sulfatischem Schwefel in Form von ASS brachte ca. 5 dt Mehrertrag gegenüber KAS ohne Schwefel. Eine Düngung mit 20 kg S/ha in Form von elementarem Schwefel im zeitigen Frühjahr brachte keine Ertragswirkung. Es gab sogar einen geringen Minderertrag, der auf eine mangelnde Stickstoffaufnahme auf Grund des hohen N- und niedrigen S-Angebotes zurückzuführen war. Das N:S-Verhältnis war unausgewogen. Auch bei der Blattdüngung brachte der sulfatische Schwefel (Bittersalz) höhere Ertragssteigerungen als elementarer Schwefel.

Bernhard Fuchs



Das sagt der Praktiker ...

Volker Biermann, Lohnunternehmen Biermann, Wietzen

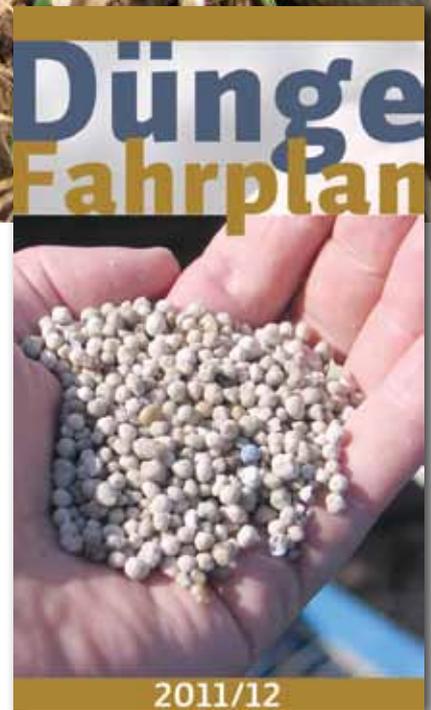
Für Lohnunternehmer Volker Biermann aus dem niedersächsischen Wietzen gehört die Schwefeldüngung schon seit vielen Jahren zum „Muss“ in der Düngeplanung. „In den 90er Jahren hatten wir unter anderem durch die Kohleverbrennung einen Schwefeleintrag aus der Luft von gut 70 kg S/ha. Heute ist der Schwefeleintrag durch die Luft sehr gering, so dass wir auf eine vernünftige mineralische Schwefeldüngung angewiesen sind. Anfangs haben wir mit Schwefelsaurem Ammoniak gearbeitet. Später auch mit ASL, einem Abfallprodukt z. B. aus der Blausäure, welches heute wegen der hohen Schwefelfrachten allerdings kritisch gesehen wird und aufgrund der geringen Stickstoffgehalte eine logistische Herausforderung ist. In unserer Region wird viel mit organischer Düngung, schwerpunktmäßig Gülle und Gärrest gearbeitet. Vor einigen Jahren haben wir die mineralische Stickstoffdüngung auf Cultantchnik umgestellt. Unsere Raps/ Getreidebestände benötigen in der Regel 100–140 kg N über mineralische Düngung plus Schwefel. Daher haben wir uns für HAS, eine Harnstoff-Ammon-Sulfatlösung mit 20 kg N und 6 kg S entschieden. Aufgrund des N:S-Verhältnisses ist es für uns der Dünger der Wahl. Durch den relativ hohen N-Gehalt ist auch eine gute Flächenleistung möglich. Die geforderte N-Menge bringen wir Ende März mit unserer Cultanttechnik in einer Gabe auf dem Acker aus. Für die Schwefeldüngung bedeutet dies, dass wir in der Regel gut 30 kg S/ha zu Vegetationsbeginn düngen. Für unsere Kunden hat es den Vorteil, dass sie die N- und S-Düngung in einem Arbeitsgang ausgebracht bekommen. Die Nährstoffe werden in gelöster und verfügbarer Form dort platziert, wo die Pflanze sie aufnehmen kann. Es besteht keine Abhängigkeit von Niederschlägen für das Auflösen und den Transport der Düngernährstoffe. Außerdem sind die Nährstoffverluste geringer, besonders beim Stickstoff, dadurch ergibt sich eine höhere Düngereffizienz. In unserer Region wird hauptsächlich Futtergetreide produziert, eine späte Qualitätsgabe ist daher nicht notwendig. Wir haben unseren Betrieb auch logistisch und lagermäßig auf die Flüssigdüngung umgestellt. Selbst unsere Maislegegeräte waren auf Flüssigdüngung umgerüstet, doch leider wurde der Vertrieb des passenden Düngers eingestellt. Die Schwefeldüngung ist uns und unsere Kunden ein wichtiger Ertragsbaustein.“

mj



Oben: Schwefelmangel im Getreide äußert sich zunächst an den jüngsten Blättern.

Links: Stickstoffmangel bei Wintergerste



Mit stabilisiertem Stickstoff die Nährstoffeffizienz erhöhen

Gelingt es, den aktuellen Pflanzenbedarf mit dem passenden Nährstoffangebot ideal zu synchronisieren, ist die höchste Effizienz in der Stickstoffdüngung erreicht. Hier bietet sich der Einsatz von stabilisierten Düngern an. Sie steuern den Verlauf des Stickstoffangebots entsprechend des Pflanzenbedarfs.

Pflanzen nehmen Stickstoff als Nitrat und Ammonium auf. Da Ammonium in den Böden relativ rasch in Nitrat umgewandelt wird (Nitrifikation), überwiegt die Ernährung mit Nitrat. Für die Nitrifikation sind die Bodenbakterien Nitrosomas und Nitrobacter verantwortlich. Nitrifikationshemmstoffe blockieren spezifisch die Aktivitäten der Nitrosomonas-Arten, die den ersten Schritt der Nitrifikation von Ammonium zu Nitrit vornehmen.

Mit dem Zusatz von Nitrifikationshemmstoffen zu Ammonium-haltigen bzw. auch Amid-haltigen Düngern verlängert sich die Ammoniumphase im Boden. Die Nitratfreisetzung findet verhalten und kontinuierlich statt (Abb. 1). Die hemmende Wirkung hält je nach der Bodenart (länger auf schweren Böden) und der Bodentemperatur (länger bei niedrigen Temperaturen) 4 bis 10 Wochen an. Ein wesentlicher Vorteil im Pflanzenbau: Da auch das Wachstum durch den Temperaturverlauf gesteuert wird,

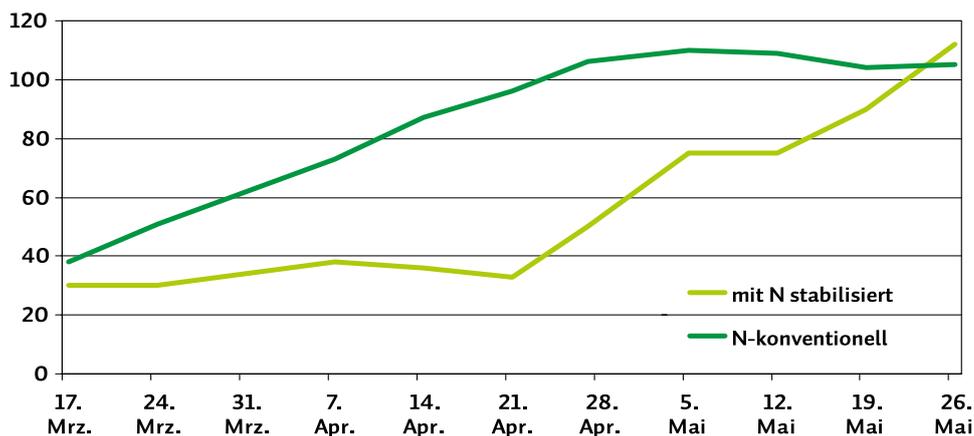


Abb. 1: Verzögerte Nitrat-Anlieferung durch Nitrifikationshemmstoff (Entec) (Limburgerhof, 120 kg/ha N)

ist die Nitratanlieferung aus dem Ammonium-Vorrat der Düngung an die Entwicklung und den Bedarf der Pflanzen angepasst.

Konsequenzen für die Pflanzenernährung

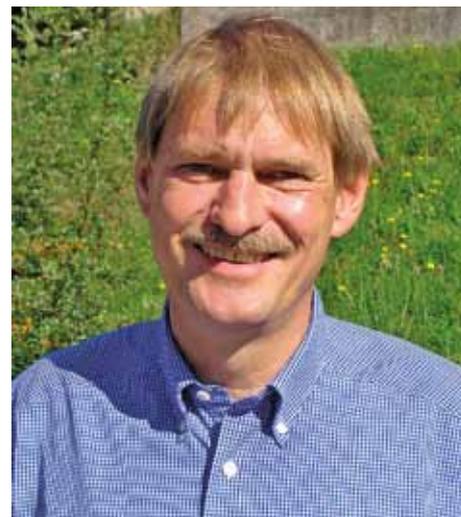
Dank der verlängerten Ammoniumphase im Boden hat die Pflanze die Möglichkeit, ihren Stickstoffbedarf auch in Form von Ammonium zu decken. Bei stabilisierten Düngern bleibt Ammonium im Boden länger bestehen. Die Pflanzen sind in der Lage, beide Stickstoffformen, Nitrat und Ammonium, über einen längeren Zeitraum aufzunehmen. Die kombinierte Stickstoffernährung bewirkt letztlich eine Erhöhung der Stoffwechselrate. Die langsame, aber stetige Nitratfreisetzung bei ammonium-stabilisierten Düngern bewirkt eine gleichmäßige Stickstoffaufnahme und vermeidet übermäßige Wach-

tumsschübe. Höhere Stickstoffgaben sind möglich und ein Überwachsen der Bestände findet nicht statt.

Pflanzenbauberater empfehlen die ammoniumbetonte Stickstoffdüngung oft in Form von Schwefelsaurem Ammoniak oder auch Harnstoff. Durch die schnelle Umwandlung von Ammonium in Nitrat in den Böden wird klar, dass eine ammoniumbetonte Pflanzenernährung nur dann erfolgen kann, wenn die verwendeten Düngemittel stabilisiertes Ammonium enthalten. Bedingt durch die Umsetzung von Ammonium zu Nitrat, erfolgt auch bei gezieltem Einsatz hoch ammoniumhaltiger Dünger letztendlich eine Nitrat-Stickstoffernährung.

Zusatznutzen Versauerung

Die ammoniumbetonte Ernährung der Pflanze hat auch den Vorteil, dass es mit der Auf-



Das sagt der Berater ...

Dr. Hubert Sprich, Produktionsmanager ZG Karlsruhe

„Die Praxiserfahrungen mit stabilisierten Stickstoffdüngern im Körnermaisbau reichen inzwischen über mehr als 10 Jahre zurück. Die geänderte Düngestrategie hat sich in der Region des Oberrheingrabens längst etabliert. Anstelle der konventionellen Aufteilung des N-Düngers in Einzelgaben ist die vereinfachte Handhabung mit Entec getreten: Einmalgabe der gesamten N- bzw. NPK-Menge vor der Saat bei Mais, oder im Getreidebau die reduzierte Anzahl der Streugänge. Vorteile: hohe Ertragssicherheit und Witterungsunabhängigkeit.“

Stabilisierter Ammonitratstickstoff soll und kann frühzeitig ausgebracht werden. Dadurch stehen die Nährstoffe rechtzeitig und bedarfsgerecht zur Verfügung. Der Nitratgehalt des Düngers unterstützt die schnelle Jugendentwicklung. Das gilt besonders für kalte Standorte. Bei Starkniederschlägen und langen Nässeperioden ist der stabilisierte Ammonium-Stickstoff vor Verlagerung geschützt. Die Stickstofffreisetzung erfolgt angepasst an das Pflanzenwachstum.

Die Ergebnisse der Parzellenversuche, die wir seit 2001 in Körnermais anlegen, zeigen, dass eine Entec-Düngung zu einem Ertragszuwachs von durchschnittlich über 5% führt. Gleichzeitig kann die Stickstoffmenge infolge geringerer N-Verluste um 10% gegenüber konventionellen Stickstoffdüngern reduziert werden.“



nahme von Ammonium zu einer physiologischen Versauerung unmittelbar an der Wurzeloberfläche kommt. Bodenbürtiges Phosphat, Eisen und Mangan werden mobilisiert und tragen zur Versorgung der Pflanze bei. Dies hat ein verbessertes Wachstum und letztlich höhere Erträge zur Folge (Abb. 2).

Stabilisierte Dünger in der Praxis

Düngemittel mit stabilisiertem Stickstoff vereinfachen die Düngestrategie und die Betriebsorganisation aus folgenden Gründen:

- Das Risiko der Nitratverlagerung ist geringer – besonders auf auswaschungsgefährdeten Standorten und Beregnungsflächen.
- Die Stickstofffreisetzung ist dem Pflanzenwachstum angepasst.
- Die Stabilisierung hält über einen langen Zeitraum an.

Dies bietet den zeitlichen Freiraum, Düngetermine zu wählen, die weniger exakt an die üblichen, am Wachstumsfortschritt orientierten Zeitpunkte angepasst sind. Düngegaben können erhöht appliziert werden, indem 2 Gaben eines konventionellen Düngesystems zusam-

N-Form	pH-Wert		Nährstoffaufnahme ($\mu\text{g}/\text{m}$ Wurzellänge)					
	wurzelfern	wurzelnah	P	Mn	Fe	Zn	Cu	K
Nitrat-N	6,6	6,6	123	8	55	7	1,4	903
Entec	6,6	4,5	586	35	166	19	4,6	1080

Modifiziert nach Thomson et al. (1993) J. Plant Nutr. 16, 483-506

(sandiger Lehm, P als Rohphosphat)

Abb. 2: Einfluss der N-Form auf den pH-Wert im Boden und die Nährstoffaufnahme

mengefasst werden. Diese Strategie ist besonders auf Standorten mit häufig ausgeprägten Trockenheiten vorteilhaft.

Im **Getreidebau** können beispielsweise bei Frühjahrstrockenheit die Start- und Schossergabe und bei Frühsommertrockenheit die Schosser- und Spätgabe zusammengelegt werden. Der früh gestreute stabilisierte Stickstoff kommt aufgrund der noch vorhandenen Feuchte bei der Applikation auf jeden Fall zur Wirkung. Bei beiden Düngesystemen reduzieren sich die Streugänge. Versorgungslücken aufgrund von Trockenphasen können überbrückt werden, die Arbeitswirtschaft wird entlastet.

Zu **Winterraps** hat sich die Ausbringung der gesamten Stickstoffmenge in einer Gabe zu einem sehr frühen Zeitpunkt bei Vegetationsbeginn bewährt. Durch die Verwendung von stabilisiertem Ammonitrat-Stickstoff kann auf die übliche Aufteilung der Streugänge verzichtet werden.

Kulturen mit nur langsamer Jugendentwicklung (z.B. **Mais und Kartoffel**) nehmen in den ersten Wochen nur wenig Stickstoff auf, beanspruchen jedoch eine gewisse N-Konzentration im Boden und steigern ihren Stickstoffbedarf anschließend erheblich. Mit nur einer Gabe von stabilisiertem Dünger zur Saat bzw. zum Legen können die beiden Anbau-Risiken – N-Verlagerung während Nässeperioden oder mangelnde Nährstoffverfügbarkeit bei Frühsommertrockenheit – abgedeckt werden. Der zweite Streugang kann eingespart werden.

Stabilisierte Dünger eignen sich bestens für die Unterfußdüngung. Die physiologisch saure Wirkung bei Ammoniumernährung fördert die Aufnahme von Phosphat und Spurennährstoffen. Die Jugendentwicklung der Pflanzen wird positiv beeinflusst. Mehrjährige Versuchsergebnisse zu **Mais** zeigen, dass die Aufteilung in eine Unterfußdüngung mit stabilisiertem Stickstoff (vorzugsweise als NP-Dünger) und eine weitere N-Gabe (mineralisch, als Gülle oder Substratrest) eine ertragreiche Düngestrategie darstellt.

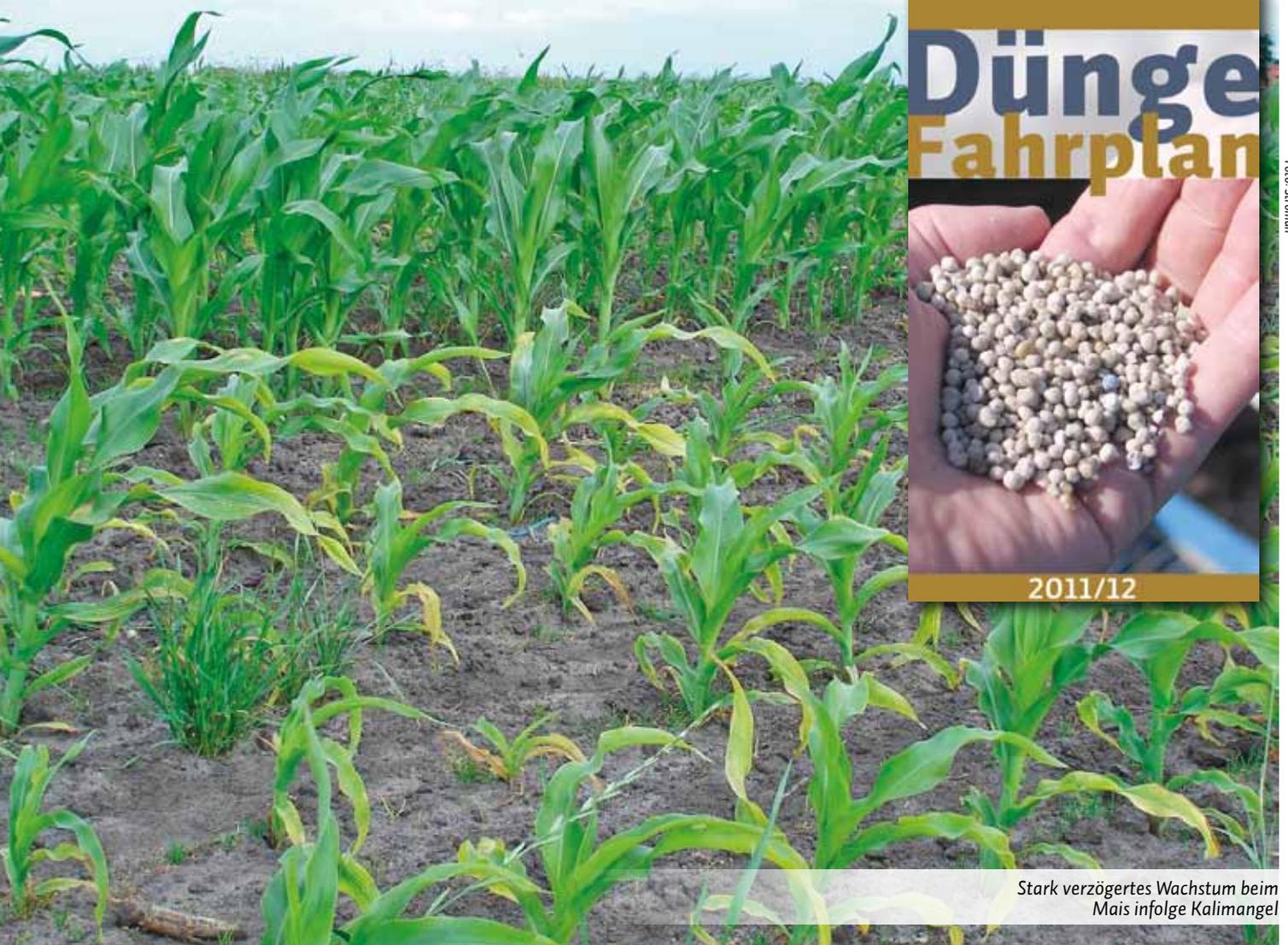
Fazit

Stabilisierte Dünger bieten gute Ansatzpunkte, die Stickstoffeffizienz im Pflanzenbau zu steigern: Reduktion der Anzahl der Streugänge, flexible Anwendungszeiträume und Ertragssicherheit auch bei ungünstigen Witterungs- und Standortbedingungen. Wenn der sich abzeichnende Klimawandel anhält und die Jahre mit ausgeprägten Trockenperioden während der Vegetationszeit weiter zunehmen, stellen stabilisierte Dünger eine hervorragende Möglichkeit dar, den Feldertrag abzusichern und eine hohe Stickstoffeffizienz zu erzielen.

Norbert Baumgartner







Stark verzögertes Wachstum beim Mais infolge Kalimangel

Kaliumdüngung mit Rindergülle – (k)ein Problem?

Bislang wurde der Kaliumbedarf in den Futterbaubetrieben über die Wirtschaftsdünger vermeintlich problemlos abgedeckt. Aber in jüngster Zeit stellte die Bezirksstelle Ostfriesland bei Düngeplanungen fest, dass insbesondere die Flächen vieler Geestbetriebe z. T. erhebliche Defizite bei der Kaliumversorgung aufweisen.

Am Beispiel eines Kaliumdüngungsversuchs zum Silomais im Raum Südbrookmerland (Ostfriesland) wurden die Auswirkungen einer mangelnden Kaliumversorgung deutlich.

Die massiven Auswirkungen einer extremen Kali-Unterversorgung zeigten sich auf einer Praxisfläche im Juni 2009. Der Mais war am 3. Mai gelegt worden und unnormal kleinwüchsig. Von den nur drei ausgebildeten Blättern zeigten die unteren Blätter Aufhellungen bzw. vertrocknetes Gewebe an den Blatträndern (typische Blattrand-Nekrosen) sowie eine verbräunte Keimwurzel. Diese Symptome ähnelten Salzschäden infolge einer fehlerhaften Ablage der Unterfußdüngung oder einem Herbizidschaden. Die Bodenuntersuchung zeigte dann das eigentliche Problem auf: Der Kaliumgehalt lag auf diesem humosen Sandboden lediglich in Versorgungsstufe A.

Auswertung der Kali-Gehalte auf Praxisflächen

Dieses Ergebnis warf einige Fragen auf, zumal zur Vorfrucht Grünroggen etwa 25 m³

Gärssubstrat und nach dessen Ernte wiederum Rindergülle in Höhe von 25 m³ zur Maisaussaat verabreicht wurden. Eine mangelnde Kaliumversorgung als Ursache lag somit nicht auf der Hand, da die Wirtschaftsdünger aus der Rindviehhaltung in der Regel zu den „kalireicheren“ Wirtschaftsdüngern zählen. Allerdings häuften sich Hinweise auf ein „Kaliummangel-Problem“ bei Geestbetrieben in den Statistiken der EDV-Düngeplanungen der Bezirksstelle Ostfriesland.

Um genauere Aussagen machen zu können, wurden 53 Betriebe in der ostfriesischen Geest mit insgesamt 4.242 ha unter anderem hinsichtlich der Kaliversorgung der Flächen ausgewertet. Danach lagen rund 45 % der Flächen beim Kalium in den Versorgungsstufen A und B. Dieses Ergebnis stellte die bisherige Annahme, dass in einer Futterbauregion mit Kaliumüberschüssen zu rechnen ist, auf den Kopf und warf die Frage auf, welche Ursachen zu dieser Entwicklung geführt haben.

Ursachen für Kalimangel auf Praxisflächen

Mehrere Aspekte sind für abnehmende Kaliumgehalte in den Böden anzuführen:

Angesichts der regionalen Häufung von Kaliummangel auf der Geest, dürfte ein unmittelbarer Zusammenhang zu den überwiegend sandigen Bodenarten bestehen. Hier sind die Verluste durch Verlagerung von Kalium in tiefere Bodenschichten vergleichsweise hoch. Werden Wirtschaftsdünger im Herbst auf leichte Böden

ausgebracht, müssen zusätzliche K_2O -Verluste berücksichtigt werden.

Der Pachtflächenanteil hat in der Landwirtschaft deutlich zugenommen. Oftmals müssen weite Transportwege in Kauf genommen werden, um die Flächen zu bewirtschaften. Dies hat zur Folge, dass die Wirtschaftsdünger nicht gleichmäßig auf allen Betriebsflächen eingesetzt werden. Ebenso hält die Ungewissheit über eine Pachtverlängerung manchen Pächter davon ab, entsprechende Aufdüngungsmaßnahmen durchzuführen.

Die Ausweitung des Silomaisanbaues bewirkt eine Steigerung der Kaliabfuhr von der Fläche. Dieser Effekt wird durch Zweikultursysteme (z. B. Grünroggen/Silomais) verstärkt. Wird auf diesen Flächen eine bedarfsgerechte Kalidüngung vernachlässigt, sind Mindererträge vorprogrammiert.

Neben dem Silomais zählen insbesondere das Ackergras sowie intensiv genutzte Mähweiden zu den Futterbaukulturen mit relativ hohen Kali-Entzügen, wie Tabelle 1 verdeutlicht.

Nach den Auswertungen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen liegen die Kaliumgehalte in den Rindergüllen häufig unterhalb der Richtwerte. Statt eines Gehaltes von 6,2 kg K_2O pro m^3 sind die Werte oftmals um 25 bis 40 % niedriger. Hier ist eine weitere Ursachenforschung erforderlich. Aufgrund dieser Zusammenhänge sollten die Nährstoffgehalte der Wirtschaftsdünger über repräsentative Analysen ermittelt werden.

Versuch zur Kaliumdüngung von Silomais

Wie reagiert nun ein Kulturbestand mit einer extremen Kaliumunterversorgung (Versorgungsklasse A) auf eine mineralische und/oder organische Kaliumdüngung hinsichtlich der Erträge und Qualitäten? Hierzu wurde auf der o. g. Praxisfläche (Geest) ein Feldversuch zur Kaliumdüngung von Silomais angelegt.



Foto: Stromen

Angewandte Blattdüngung

Schneller mit wasserlöslichen Nährstoffformen

Über die Blätter sollten Nährstoffe kurzfristig zum Ausgleich temporären Mangels appliziert werden. Die Spurennährstoffversorgung kann ausschließlich über das Blatt erfolgen, während Hauptnährstoffe nur zur Abdeckung von Bedarfsspitzen gedüngt werden.

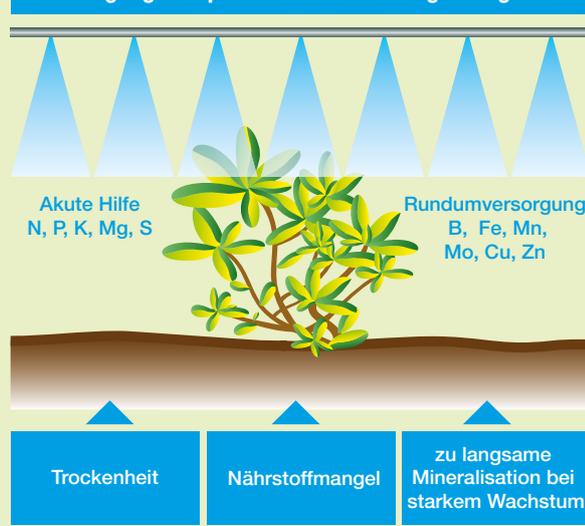
Die Aufnahme von Nährstoffen über die Blätter erfolgt durch Diffusion. Das setzt voraus, dass die Nährstoffe in vollständig gelöster Form vorliegen.

Das ist bei wasserlöslichen Salzen und unpolaren Stoffen (Chelate, Harnstoff) der Fall. Für eine schnelle Aufnahme über das Blatt sind Suspensionen weniger geeignet, da die Nährstoffe nicht oder nur unzureichend wasserlöslich sind. Der Diffusionsvorgang ins Blatt kann nur unter feuchten Bedingungen stattfinden. Um das Austrocknen des Spritzfilms auf der Blattoberfläche zu vermeiden, sollte vorzugsweise in den Abendstunden gespritzt werden. Die nächtliche Taubildung hält den Pflanzenbestand feucht und ermöglicht eine gute Aufnahme und hohe Wirksamkeit. Bereits ausgetrocknete Spritzbeläge werden durch die Taubildung wieder gelöst und die Diffusion ins Blatt setzt sich fort. Zur Verbesserung der Benetzung der Blattoberfläche können

auch Benetzungsmittel eingesetzt werden, diese sind oftmals als Formulierungshilfsmittel bereits in Pflanzenschutzmitteln enthalten. Beim kombinierten Einsatz von Blattdüngern und Pflanzenschutzmitteln sollten Herstellerempfehlungen bezüglich Konzentration und Mischbarkeit beachtet oder gegebenenfalls vorab in kleinen Mischtests geprüft werden.

Dr. Hans-Peter König

Blattdüngung: Temporären Nährstoffmangel ausgleichen



Die ausgesprochen hohe Ertragswirksamkeit einer Kalidüngung kommt schon bei einer Stufe von 100 kg K_2O /ha in Variante 2 mit einem gesicherten Mehrertrag von 35 % gegenüber der Kontrollvariante zum Ausdruck (Bild S. 26). Der maximale Trockenmasse- und Energieertrag wird von den rein mineralischen gedüngten Varianten in der höchsten Düngungsstufe mit 300 kg/ha K_2O erzielt. Damit wird die Düngempfehlung der LWK Niedersachsen bestätigt.

Bezogen auf die relevanten Futterwertkriterien wie etwa dem Energie- und Stärkegehalt und den entsprechenden Energie- und Stärkerträgen sind die Effekte noch stärker ausgeprägt. Hier bewirkte die mineralische Kali-Zufuhr von 200 kg/ha nahezu eine Verdoppelung der Stärkerträge, die zudem auch aus einer signifikanten höheren Stärkekonzentration resultierte. Auch hierbei wurde der Energieertrag gegenüber der Kontrolle um 50 % erhöht. Die

Tabelle 1: Kaliumabfuhr ausgewählter Kulturen

Futterbaukulturen bzw. Energiepflanzen entziehen viel Kalium			
	Ertrag	P2O5 [kg/ha]	K2O [kg/ha]
Silomais	450 dt/ha FM	81	229
Ackergras	500 dt/ha FM	80	325
Grünland 4 Schnitte	90 dt/ha TM	90	270
Weide	40 dt/ha TM	20	50
Getreide GPS	400 dt/ha FM	60	232
Grün/Futterroggen	300 dt/ha FM	42	174
Zuckerhirse	440 dt/ha FM	88	268

Quelle: LWK Niedersachsen

Das Vergilben der unteren Blätter der Maispflanzen kann ein Hinweis auf Kali-Mangel sein.



Das sagt der Berater ...

Reinhard Elfrich, K+S KALI GmbH,
Everswinkel

„Trotz überwiegend guter Erträge gab es auch in 2011 Bestände, die unter der langen Vorsommertrockenheit litten. Wiederum hielten Kulturen mit ausreichender Kalium- und Magnesiumversorgung länger durch und fanden nach Trockenperioden schneller den Anschluss an nachfolgende Niederschläge.“

Wie der vorgeschaltete Bericht von Herrn Stroman eindrucksvoll zeigt, ist dieser Kali-Bedarf von Mais in der Regel über Gülle allein nicht zu decken. Die Wirksamkeit der mineralischen Kalidüngung wird aufgrund der Wechselwirkungen unter den Nährstoffen deutlich verbessert, wenn Mg- und S-haltige Düngemittel wie z.B. Korn-Kali eingesetzt werden. Die temporär hohe Magnesiumaufnahme von Mais kann selbst bei hohen Bodenwerten kaum sichergestellt werden, entscheidend ist daher die Zufuhr schnell löslicher Magnesiumformen. Gärreste sind hinsichtlich der Magnesium-Lieferung mit dem Manko absolut niedriger Gehalte und ungenügender Verfügbarkeit behaftet. Daher wird im Maisanbau zunehmend Esta Kieserit flächig oder mit 1–2 dt ha⁻¹ in Kombination zu Unterfußdüngern eingesetzt. Chloridhaltige Düngemittel wirken in Form einer Unterfußdüngung, z.B. mit NPK oder Gülle hemmend auf die Wurzelentwicklung beim Mais, ein Thema gerade in Jahren wie 2011 mit langer Trockenphase nach der Saat. Da Magnesium überwiegend mit dem Bodenwasser in die Pflanze gelangt, ist eine ausreichende Transpiration erforderlich. In Trockenphasen empfiehlt sich daher eine Behandlung mit in Wasser gelöstem Magnesiumsulfat (Epsó Top).“

Düngewirkung aus der Rindergülle entspricht in etwa der Wirkung der rein mineralischen gedüngten Varianten.

Die Auswirkungen einer mangelnden Kaliversorgung ließen sich an den Maispflanzen vor allem in der Lager-Bonitur zur Ernte ablesen. Gegenüber dem mittleren Lager von 4,8 % fiel die Variante ohne Kaliumdüngung mit 15 % deutlich aus dem Rahmen. Eine tendenzielle Neigung zur schnelleren Abreife verbunden mit einer höheren Anfälligkeit auf Blattfleckenkrankheiten wurde ebenfalls beobachtet.

Zusammenfassung

Zahlreiche Flächen auf der ostfriesischen Geest weisen nach den Auswertungen der Bezirksstelle Ostfriesland z. T. erhebliche Defizite bei der Kaliumversorgung auf. Zu den möglichen Ursachen zählen u. a. die veränderten Betriebsstrukturen, der umfangreichere Anbau von Kulturen mit einem hohen Kaliumbedarf

sowie die oftmals geringeren Kaliumgehalte in den Rindergüllen gegenüber den Faustzahlen. Ein Feldversuch zeigt beim Mais die aufgrund seines schwachen Wurzelnetzes wie auch temporär hohen Bedarfes starke Reaktion auf eine Kali-Zufuhr.

Geert-Udo Stroman

Landwirtschaftskammer Niedersachsen –
Bezirksstelle Ostfriesland – Pflanzenbau und
Pflanzenschutz

Das sagt der Praktiker ...

Klaus Meiners, Lohnunternehmen Meiners GbR, Schapen

Das Lohnunternehmen Meiners GbR liegt in Schapen im südlichen Emsland. In der veredelungsstarken Region wird ein Großteil der Nährstoffe den Pflanzen über Wirtschaftsdünger zugeführt. Klaus Meiners selbst bewirtschaftet noch einen landwirtschaftlichen Betrieb auf dem Schweine- und Rindergülle anfällt.

In den vergangenen 3 Jahren hat der Lohnunternehmer sich intensiv mit einer zielgerichteten Kali- und Schwefeldüngung beschäftigt. „Bis dahin haben wir unsere Gülle mehr oder weniger regelmäßig auf die Nährstoffgehalte bei der LUFA untersuchen lassen. Unsere Fruchtfolge besteht überwiegend aus Mais – Getreide – Getreide – Mais. Eine zusätzliche mineralische Kalidüngung führten wir nur zu Mais aus. Der Kalibedarf des Getreides sollte komplett über die Güllegabe abgedeckt werden.“

Vor zwei Jahren hat K+S Kali über unsere örtliche Raiffeisenwaren Genossenschaft Flächen für einen gezielten Kaliversuch gesucht. Wir haben daraufhin eine Fläche zur Verfügung gestellt, auf der ein Versuch im Getreide angelegt wurde. Die verschiedenen Varianten wurden mit 60er, mit Epsó Combitop sowie gestaffelten Mengen an Korn-Kali behandelt. Im Frühjahr waren eindeutige Wachstumsvorteile gegenüber der Nullparzelle zu erkennen. Die Kali gedüngten Bestände waren vitaler,

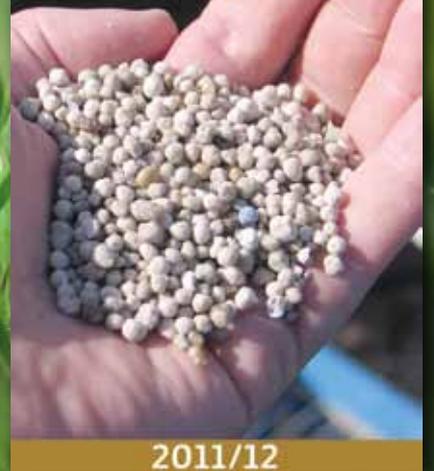
gesunder und konnten bei der auftretenden Frühjahrstrockenheit einen besseren Wasserhaushalt aufweisen. Die Bodenverhältnisse auf dem Schlag waren leider sehr heterogen, so dass durch die starke Trockenheit der Versuch nicht statistisch abzusichern war. In diesem Jahr wiederholen wir den Versuch auf einer homogeneren Fläche und hoffen, dass er signifikante Ergebnisse liefert.

Auf unserem Betrieb haben wir begonnen, neben der Güllegabe im Getreide 1 dt/40er-Kornkali und Schwefeldünger zu Getreide zu streuen. Ich vertrete den Standpunkt: Wer ernten will, muss auch säen. Bei guten Erntepreisen muss ich durch die mineralische K- und S-Düngung einen Mehrertrag von 10–15% erreichen. Das lässt sich realisieren. Davon bin ich überzeugt. Wir haben zusammen mit der RWG und K+S Kali unsere Kunden über den Versuch informiert und im Mai findet zu diesem Thema auch ein Feldtag statt. Vor zwei Jahren haben wir in einen neuen Mineraldüngerstreuer von Amazone investiert. Gute Technik zahlt sich aus. Das haben auch unsere Kunden erkannt und lassen verstärkt ihren Mineraldünger gezielt von uns ausbringen.“

mj

Mit seinem eigenen Betrieb nahm Lohnunternehmer Klaus Meiners an einem Kaliversuch teil.





2011/12

Stickstoff und Schwefel zur Spätdüngung

Das Festlegen von Düngermenge und Düngezeitpunkt zur Spätdüngung von Getreide ist die große Herausforderung bei der Bestandesführung. Das zur Verfügung stehende Wasser, die Ertrags- erwartung und das Nachlieferungspotenzial des Bodens müssen richtig bewertet werden. Ziel der Spätgabe zu Getreide muss es sein, zum richtigen Zeitpunkt und in angepasster Menge zu düngen, um Ertrag und Rohproteingehalt (RP-Wert) gezielt zu fördern.

Die Bestandesdichte sowie die Anzahl der Körner pro Ähre werden in frühen Wachstums- stadien bereits mit der Start- und Schossergabe gesteuert. Bis zum Zeitpunkt der Blüte werden bereits 50 % des gesamten Stickstoffs aufge- nommen. In der Kornfüllphase von Blüte bis zur Reife weitere 50 % N.

Die Spätdüngung in Getreide fördert die An- zahl der Körner pro Ähre und beeinflusst somit direkt den Ertrag und die Qualität des Getreides. Durch die Einlagerung der Assimilate wird das Korngewicht beeinflusst, durch die Einlagerung von Eiweiß das Rohprotein (RP). Die Ährendich- te, die Kornzahl pro Ähre und das Korngewicht bestimmen den Ertrag. Gelingt es, das Tausend- Korngewicht (TKG) um 1 g zu erhöhen, ergibt dies im Mittel schon einen Mehrertrag von 200 kg/ha (500 Ährentragende Halme/m², 40 Körner/Ähre).

Sorteneigenschaften und Qualitäten berücksichtigen

Das Erzeugungsziel (Keks-, Futter-, Brot-, Qualitätsweizen) wird durch die Auswahl der Sorte bereits mit der Aussaat festgelegt. Dies- ses Ziel gilt es, durch entsprechende produkti- onstechnische Maßnahmen zu erreichen. Bei der Produktion von qualitativ hochwertigem Qualitätsgetreide (A- und E-Weizen) wird be- sonderes Augenmerk auf eine Spätdüngung in der Zeit zwischen Ährenschieben und Wei- zenblüte gelegt. Damit soll das wichtige Qua- litätsmerkmal Rohproteingehalt (RP) positiv beeinflusst werden. Hochwertiger E-Weizen muss einen RP-Gehalt von mindestens 14% aufweisen, A-Weizen 13%. Aber auch Futter- weizen hat als Kriterium einen Mindestgehalt von 11,5% RP. Der RP-Gehalt ist das wichtigste Qualitätskriterium bei Weizen. Daneben sind Sedimentationswerte, Fallzahlen und Hekto- litergewichte ebenfalls Merkmale, die in die Preisfindung einfließen. Diese werden positiv durch die Düngung, aber auch negativ durch Witterungsbedingungen (Regen) zum Ernte- termin beeinflusst.

Es gibt verschiedene Methoden, den Zeit- punkt und die Höhe der Spätdüngung zu be- stimmen.

Tab. 1: Faustzahlen für die Spätdüngung

Erzeugungsziel	Wachstumsstadium	Höhe der Gabe je nach Ertragshöhe
Futterweizen/Keksweizen (C-Sorten)	BBCH 37/39 Fahnenblatt spitzt bis voll entwickelt	60-80 kg/ha N
Backweizen (B-Sorten)	BBCH 39-51 Fahnenblatt voll entwickelt bis Ährenschieben	60-80 kg/ha N
Qualitätsweizen, aufgeteilte Gabe (A- + E-Sorten)	BBCH 37/39 Fahnenblatt spitzt bis voll entwickelt	40-60 kg/ha N
	und BBCH 51/55 Beginn Ährenschieben bis Mitte Ährenschieben	und 40-60 kg/ha N

Faustzahlen für die Spätdüngung

In der Spätdüngung werden in der Regel zwischen 0,8 bis 1,2 kg N/ha je dt Ertragserwartung in Abhängigkeit vom Erzeugungsziel gedüngt. Die Spätgabe wirkt sich immer positiv aus – unabhängig vom Termin der Düngung. Bei der Wahl des Düngetermins muss aber beachtet werden, dass sich Ertrag und Proteingehalt unterschiedlich beeinflussen lassen: Eine frühe Spätdüngung (z. B. EC 39) betont stärker die Ertragsbildung (TKG), eine spätere Ährengabe zum Ende des Ährenschiebens (z. B. EC 59) erhöht stärker die Proteingehalte (RP).

Richtige N-Menge für die Spätdüngung ermitteln

Neben den Faustzahlen gibt es Kalkulations-Methoden und verschiedene technische Hilfsmittel, um die Höhe der Spätdüngung exakter zu bemessen. So können die bereits erfolgte Düngung und der Ernährungszustand der Pflanzen mit einkalkuliert werden. Zum Beispiel können Böden mit langjähriger organischer Düngung mit ausreichend Feuchtigkeit hohe N-Mengen zum Zeitpunkt der Kornfüllphase

bereitstellen, die bei diesen Methoden Berücksichtigung finden. Hinzu kommt, dass so auch Stickstoff-Überschüsse vermieden werden können.

1. Kalkulationsschemata:

Verschiedene Landesanstalten und Landwirtschaftskammern haben Kalkulationstabellen, gestützt auf die Basisdaten der Düngerverordnung entwickelt. Diese tragen dazu bei, die benötigte Düngermenge möglichst genau zu berechnen.

Beispiel-Berechnung (vereinfachte Kalkulation):

1a Ermitteln des Gesamt-N-Bedarfes

Ertragserwartung	85 (dt/ha)
Qualitätsziel (% RP)	13 (A-Weizen)
Faktor zur Berechnung des N-Gehaltes	6,25
N-Menge im Erntegut pro dt (13 : 6,25)	2,08 kg N/dt
N-Menge im Erntegut pro ha (85 × 13 : 6,25)	177 kg N/ha

In der Erntemenge von 85 dt Weizen/ha sind bei 13% RP 177 kg Stickstoff enthalten.

Darüber hinaus benötigt Weizen natürlich auch Stickstoff für die vegetativen Pflanzenteile (Wurzel, Halm, Blätter). Über Stroh ermittelt, ergibt sich für obiges Beispiel bei einem Korn-/Stroh-Verhältnis von 1:0,8 und einem N-Gehalt

von 0,5 kg N/dt Frischmasse ein zusätzlicher N-Bedarf von 30 kg/ha N. Somit hat der Weizen in diesem Beispiel einen N-Bedarf von insgesamt 210 kg/ha N.

1b Ermitteln des N-Bedarfes für die Spätdüngung

N-Bedarf (siehe Beispiel-Rechnung)	210 kg/ha
– N für Start- und Schosserdüngung	– 100 kg/ha
– N als Bodennachlieferung (Vorfruchtwirkung, langjährige organische Düngung)	– 30 kg/ha
= Benötigte N-Menge für die Spätdüngung	80 kg/ha

Die Düngerkörner sollten exakt über die Streubreite sowie im gesamten Überlappungsbereich gestreut werden.



2. Nitrat-Schnelltest-Methode:

Der Nitrat-Schnelltest bietet die Möglichkeit, den aktuellen Ernährungszustand direkt zum Messzeitpunkt zu ermitteln. Mittels einer Handpresse wird aus mehreren Stängeln Pflanzensaft gewonnen. Durch Analyse des Pflanzensaftes wird der N-Gehalt der Pflanze bestimmt. Diese Messung muss an mehreren Stellen im Schlag wiederholt werden, um einen repräsentativen Mittelwert des Schlages zu erhalten. Aus Tabellendaten mit Sortenkorrekturwerten kann dann direkt der Düngebedarf in kg N/ha abgelesen werden.

3. Online-Verfahren mit Sensormessung

Durch Messung der Färbung des Bestandes mittels Sensor am oder auf dem Schlepper wird während der Überfahrt mit dem Düngestruer der Bestand gescannt. Durch Ermittlung des Chlorophyllgehaltes (Intensität des Blattgrüns) und der Bestandesdichte ermittelt der Rechner des Sensors den Düngebedarf an der jeweiligen Messstelle. So können insbesondere große Schläge mit wechselnden Bodenbeschaffenheiten



Das sagt der Praktiker ...

Maximilian von Laer, Betriebsleiter der Graf von Westphalen'schen Gutsverwaltung Fürstenberg, Ackerbaubetrieb mit ca. 1.400 ha AF auf mehreren Standorten in Westfalen von der östlichen Soester Börde bis zur Höhenlage von 450 m am Nordrand des Sauerlandes

„Wir bewirtschaften unsere viehlosen Betriebsstandorte überwiegend mit der Fruchtfolge Winterweizen/Wintergerste/Winterraps bzw. Zuckerrüben. Hinzugekommen ist in den letzten Jahren der Silomaisanbau als Gärsubstratlieferant für kooperierende Biogasanlagen. Die hohe Dichte der Biogasanlagen in unserer Nähe hat zu einem starken Einsatz der Biogassubstrate (BSR) auf unserer gesamten Betriebsfläche geführt. BSR deckt bei uns bis maximal 50% des benötigten Stickstoffbedarfs ab. Noch höhere BSR-Anteile halten wir wegen seiner schlecht zu kalkulierenden und schwachen N-Wirkung für nicht sinnvoll.“

Den mineralischen Stickstoff düngen wir zur Spätgabe in Weizen und Gerste in Form von Kalkammonsalpeter (KAS) oder Harnstoff spätestens zum Fahnenblattstadium (BBCH 39/49). Bei einem Gesamtbedarf von ca. 200 kg N/ha im Futterweizen (100 kg N über BSR, 100 kg N über Mineraldünger) applizieren wir zur Spätdüngung ca. 30 kg N/ha als mineralische Ergänzung. Damit sichern wir die schwer zu kalkulierende N-Wirkung von BSR ab. Die Gärreste bringen wir möglichst zu Vegetationsbeginn, zeitgleich mit der ersten mineralischen Andüngung in Raps, Weizen und Gerste aus. Die Stickstoffwirkung von BSR setzt dann vorrangig zum Schossen der Bestände ein und lässt zum Ährenschieben hin nach. Daher ist eine mineralische Spätdüngung im Getreide unerlässlich.“

ten sehr genau mit dem jeweiligen kleinräumigen Bedarf gedüngt werden. Nach gleichem System arbeiten auch der N-Tester von Yara und der Minolta SPAD-METER.

Welche N-Düngerform ist die richtige?

Es besteht die Möglichkeit, verschiedene N-Formen einzusetzen. Entscheidend für die Auswahl des richtigen Düngers ist die Wirkungssicherheit. Umwelteinflüsse wie hohe Temperaturen oder eine schlechte Wasserversorgung (trockener Boden) können die N-Aufnahme behindern. Nitrathaltige Dünger wie beispielsweise Kalkammonsalpeter wirken sofort, auch bei ungünstigen Bedingungen. Kommt Harnstoff bei trockenen Bedingungen zum Einsatz, ist das Risiko gasförmiger Stickstoffverluste (Ammoniak) hoch. Speziell in Gebieten mit Frühsommertrockenheit spielt die Wirkungssicherheit eine große Rolle. Hier hat sich der Einsatz von stabilisierten Düngern bewährt. Bereits mit der Schossergabe wird die benötigte Stickstoffmenge für die Spätdüngung mitgegeben und so die Bodenfeuchte genutzt, um den Stickstoff an die Wurzel zu bringen. Die Stabilisierung stellt die Wirkung bis zum Zeitpunkt des Bedarfes in der Kornfüllphase sicher.

Schwefel entscheidend für N-Wirkungssicherheit

Die benötigten Schwefelmengen liegen bei Getreide bei ca. 20–30 kg S/ha. Ausreichende Schwefelmengen bewirken in Verbindung mit Stickstoff eine Produktion von höherwertigen Eiweißverbindungen in den Pflanzenzellen. Schwefel wird mit der 1. oder 2. N-Gabe gleichzeitig als N/S-Dünger ausgebracht, damit während des Pflanzenwachstums kein temporärer Schwefelmangel auftritt. Entscheidend für die Wirksamkeit angepasster Stickstoffmengen ist generell eine ausreichende Schwefelmenge. Genügend Schwefel wird zu Vegetationsbeginn mit Düngern wie ASS, SSA, Piammon oder Mehrnährstoffdüngern (NPK) mit Schwefelanteilen ausgebracht. Die Düngung von Schwefel in der Spätgabe hat kaum eine Auswirkung auf Ertrag und Qualität, wenn zur 1. oder 2. Gabe ausreichende S-Mengen gedüngt wurden. Spritzungen mit elementarem Schwefel zur Kornfüllungsphase erzielten in Versuchen keine Wirkung.

Technische Applikation

Zum Spätdüngungstermin sind die Getreidepflanzen deutlich höher als zum Vegetations- oder Schosserbeginn. Dies erfordert eine veränderte Einstellung bei Schleuderstreuern. Die Düngerkörner sollen exakt über die Streubreite sowie im gesamten Überlappungsbereich gestreut werden. Die speziellen Einstellempfehlungen der Hersteller sind zu beachten. Wird Harnstoff eingesetzt, so ist zu berücksichtigen, dass bereits bei leichtem Wind das Streubild beeinflusst wird und der Stickstoff ungleichmäßig verteilt wird.

Jürgen Berwinkel



Das sagt der Berater ...

Arne Klages, Pflanzenbauvertriebsberatung Agravis Hannover

„Hauptziele bei der Produktion von Backweizen sind vor allem ein hoher Ertrag und das Erreichen des geforderten Rohproteingehaltes. Die Spätdüngung beeinflusst diese Faktoren maßgeblich. In den zurückliegenden Jahren hat Frühjahrstrockenheit häufig zu Problemen bei der Wirksamkeit der letzten Stickstoffgabe geführt.“

Auf Grund dessen düngen immer mehr Betriebsleiter die Spätgabe in früheren Wachstumsstadien (BBCH 37/39). Die Bodenfeuchte wird genutzt, um die Nährstoffe in die Wurzelzone zu bringen. Die Wahl der Stickstoffform, abgestimmt auf die Bedingungen, ist dabei von entscheidender Bedeutung.

In unseren Versuchen haben wir sehr gute Erfahrungen mit stabilisierten Stickstoffdüngern wie Alzon oder Entec machen können. Dabei werden Schoss- und Abschlussgabe zusammengefasst und bereits Mitte April 120 bis 150 kg N/ha zur Schosserdüngung in einer Überfahrt ausgebracht.“



Kalkdüngung lohnt

Erfolgreichen Praktikern ist der vielfältige Nutzen der fachgerechten Kalkdüngung und der optimalen Kalkversorgung der Böden schon lange bekannt. Viele wichtige Detailkenntnisse und ökologische Zusammenhänge hierzu sind aber erst in den letzten Jahrzehnten erforscht worden. Dieses Wissen sollten heute von allen Landwirten und Lohnunternehmern systematisch genutzt werden.

Die umfangreichen Erkenntnisse haben zu dem VDLUFA-Standpunkt „Bestimmung des Kalkbedarfs von Acker- und Grünlandböden“ (2001) und dem DLG-Merkblatt 353 „Hinweise zur Kalkdüngung“ (2009) geführt. Darin sind die für die Praxis wichtigen Ergebnisse zusammengefasst, und es werden konkrete, bodenspezifische Empfehlungen für die Kalkdüngung und die Erlangung optimaler pH-Werte gegeben.

Viele Böden unterversorgt

Aber anscheinend sind diese Erkenntnisse noch immer nicht allen Praktikern präsent, oder sie werden in der Praxis nicht entsprechend umgesetzt. Denn Auswertungen von Bodenuntersuchungsergebnissen mehrerer Bundesländer zeigen nach wie vor, dass auch heute noch teilweise über ein Drittel der Böden nicht optimal mit Kalk versorgt sind. Dadurch wird einerseits das Ertragspotential nicht voll ausgeschöpft und andererseits wird dem vor-

sorgenden Bodenschutz nicht hinreichend Sorge getragen.

Böden sind die „lebende Haut“ unserer Erde. Sie sind durch Verwitterung im Laufe von Jahrtausenden entstanden und bilden eine unentbehrliche Lebensgrundlage für den Menschen und Lebensraum für Flora und Fauna. In Böden vollzieht sich ein Großteil der stofflichen Umbau- und Abbauprozesse im Naturhaushalt. Sie sind Filter und Speicher für Wasser und die primäre Produktionsgrundlage der Land- und Forstwirtschaft.

Viele Böden sind heute durch Erosion, Verdichtung oder Versauerung gefährdet. Daher ist es dringend geboten, sie schnell, umfassend und nachhaltig zu schützen, um ihre vielfältigen Funktionen dauerhaft zu erhalten. Besonders für eine hinreichende Nahrungs-, Futtermittel- und Bioenergieproduktion sind intakte, fruchtbare Böden entscheidend. Wir und insbesondere die nachfolgenden Generationen brauchen unbedingt gute, fruchtbare Böden – in vielfältiger Hinsicht – sowohl in der Land- und Forstwirtschaft.

Bodenversauerung schadet dem Boden

Bodenversauerung und Nährstoffauswaschung sind unter den klimatischen Bedingungen Nordeuropas (negative Wasserbilanz) natürlich bedingt. Darüber hinaus ist in Deutschland aufgrund versauernder Immissionen, steigender Nährstoffentzüge (Kationen) durch die Ernte und dem zunehmendem Einsatz

versauernder Dünger häufig eine schleichende Versauerung vieler Böden festzustellen.

Ob ein Boden versauert, ob sein pH-Wert sinkt und die Kalkversorgung unter das bodenspezifische Optimum fällt, ist von vielen Faktoren abhängig:

- Eintrag säurebildender Stoffe
- Höhe der negativen Wasserbilanz (Auswaschung von Kationen)
- Vegetation und biologischen Aktivität im Boden
- Bodennutzungsart und -intensität
- Nährstoffentzug durch Biomasseabfuhr
- Säureneutralisationskapazität des Bodens (Mineralzusammensetzung, Kalkversorgung)

Kalk – wertvoll in vielerlei Hinsicht

Kalk neutralisiert schädliche Säuren: Werden in den Boden Säuren eingetragen oder Kationen (Ca^{++} , Mg^{++} , K^{+}) ausgewaschen, sinkt der pH-Wert des Bodens je nach Pufferkapazität. Eine starke Versauerung kann zu den so genannten Säureschäden führen. Diese ist in erster Linie auf ein Überangebot an Aluminium aus der Zerstörung von Tonmineralen (ab pH 4,3) und Mangan zurückzuführen. Auch die Mobilität von toxischen Schwermetallen wie Cadmium oder Blei erhöht sich deutlich bei sinkenden pH-Werten.

Kalk verbessert die Nährstoffverfügbarkeit und -versorgung: Die Pflanzenwurzel kann Nähr-(und Schad-)Stoffe nur in gelöster Form aufnehmen. Für eine optimale Ernährung der Pflanzen ist daher nicht nur die Menge, sondern auch die Löslichkeit der Pflanzennährstoffe entscheidend. Die meisten Pflanzennährstoffe haben im Bereich von pH 5,5 bis 7,0 eine optimale Löslichkeit und Pflanzenverfügbarkeit.



Das sagt der Praktiker ...

Heiner Plein-Kosmann, Lohnunternehmer aus Kranenburg (NRW)

Heiner Plein-Kosman betreibt ein landwirtschaftliches Lohnunternehmen in Kranenburg. Die Gemeinde liegt am unteren Niederrhein im Nordwesten von Nordrhein-Westfalen. Eigentlich ist Westfalen für seine hohe Schweindichte bekannt. Doch rund um Kranenburg, ganz in der Nähe der holländischen Grenze, verdienen die Landwirte ihr Geld in der Milchviehhaltung. Lohnunternehmer Heiner Plein-Kosman hat sein Unternehmen breit aufgestellt und bietet im Ackerbau fast alle Dienstleistungen an. Dazu gehört auch die Ausbringung von erdfeuchten Kalken.

„Der Ackerbau und auch die Grünlandpflege werden in unserer Region stiefmütterlich behandelt. Der optimale pH-Wert auf unseren sandigen Lehmen bis schweren Tonböden liegt bei ca. 6,8 pH. In der Regel kaufen die Landwirte erdfeuchte Kalk bei der Genossenschaft vor Ort. Hierbei handelt

es sich um Konverterkalk mit 38 % Cao, 5–7 % Mg, Spurenelementen und 0,5–1 % P. Die Ware kann kurzfristig frei Feld angeliefert werden. In der Regel versuchen wir die Flächen alle 3 Jahre mit 2t/ha Konverterkalk zu versorgen. Dies geschieht meist im Spätherbst bis Winter direkt nach Mais zu Mais oder auf Grünland. Im Einsatz sind zwei 22t Stallungstreuer von Tebbe, die neben dem Kalk auch Miststreuen. Die Landwirte ziehen regelmäßig Bodenproben, doch eine Kalkung wird oft je nach finanzieller Lage des Betriebes und nicht nach Notwendigkeit des Bodens in Auftrag gegeben. So dass wir nicht selten Probleme mit einer schlechten Bodenstruktur beziehungsweise mit Wachstumsproblemen bei Grünlandansaat zu kämpfen haben. Ich würde mir eine engere Zusammenarbeit mit den Landwirten wünschen und auch gerne Einblick in die jeweiligen Bodenuntersuchungsergebnisse haben, um gezielter zu reagieren. Ich versuche in persönlichen Gesprächen meinen Kunden die Notwendigkeit einer Kalkung zu vermitteln. Schlagende Argumente sind die verbesserte Nährstoffverfügbarkeit und die Stabilisierung des Bodengefüges. Bisher ist das Mist- und Kalkstreuen ein kleiner Umsatzträger unseres Betriebes, der unter anderem auch der Kundenbindung dient. Ich könnte mir aber vorstellen, dass die gesamte Düngestrategie bei den steigenden Mineraldüngerpreisen von den Landwirten intensiver durchdacht wird und damit auch die Kalkung in Zukunft an Bedeutung gewinnt“, fasst Heiner Plein-Kosman seine Sichtweise zusammen.

mj

Besonders die Phosphatverfügbarkeit reagiert deutlich auf zu geringe pH-Werte. Die Löslichkeit der Bodenphosphate ist im Bereich zwischen pH 6 und pH 7 am besten. Unterhalb pH 5,5 nimmt die Phosphatverfügbarkeit deutlich ab. In zahlreichen Feldversuchen wurde nachgewiesen,

dass allein durch eine angepasste Kalkung die Phosphatverfügbarkeit um bis zu 100 % gesteigert werden kann.

Mit der Düngung von Calcium- und Magnesiumkalken werden nicht zuletzt wesentliche Mengen an Ca und Mg als Makronährstoffe



Tabelle 1: Unvermeidbare Kalkverluste durch Neutralisation und Auswaschung in Abhängigkeit von Bodennutzung und Niederschlagsmenge in kg/ha CaO*a

Bodenartengruppe (Symbol)	Nutzungsform	Niederschläge		
		niedrig (< 600 mm)	mittel (600–750 mm)	hoch (750 mm)
leicht (S, l'S)	Acker	300	400	500
	Grünland	150	250	350
mittel (sl bis t'L)	Acker	400	500	600
	Grünland	200	300	400
schwer (tL, T)	Acker	500	600	700
	Grünland	250	350	450

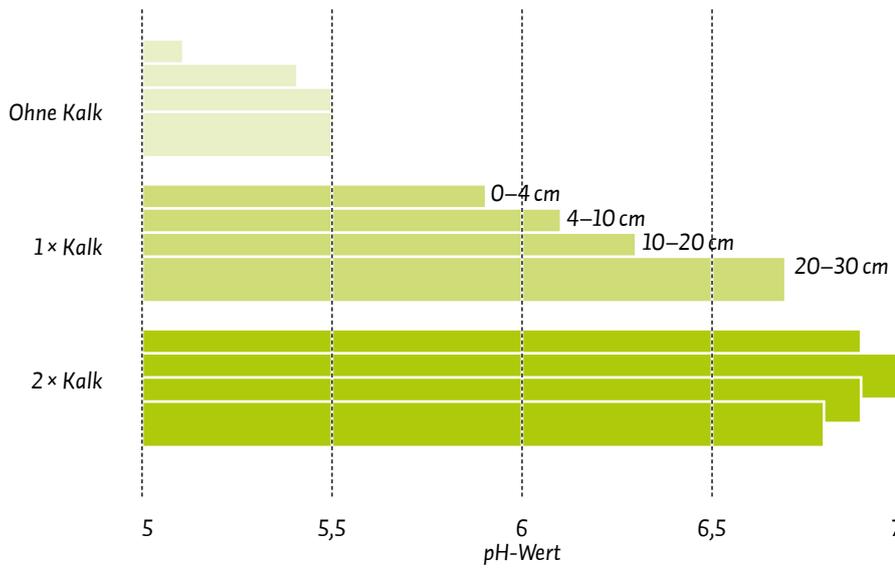


Abb. 1: pH-Wert Stufung in der Krume nach Vegetationsende (n.GUTSER, Weihenstephan)

appliziert. Somit stellt eine Kalkdüngung die Ca- und Mg-Versorgung für längere Zeit sicher.

Kalk stabilisiert das Bodengefüge: Durch die Anlagerung von Calcium-Ionen an Tonteilchen bilden diese eine lockere Kartenhausstruktur. Die Flockung nimmt mit steigender Calcium-Konzentration in der Bodenlösung zu. Durch Kalk wird nicht nur die Struktur der Tonteilchen untereinander fixiert, sondern auch eine „Brücke“ zwischen den Ton- und Humusteilchen, der so genannte Ton-Humus-Komplex, gebildet.

Kalk schafft stabile Porensysteme und verbessert den Luft- und Wasserhaushalt: Die durch Kalkdüngung stabilisierte Bodenstruktur und das verbesserte Porenverhältnis bewirken eine erhöhte Tragfähigkeit des Bodens, und die Verdichtungsneigung nimmt gleichzeitig ab. Zudem führt der verbesserte Luft- und Wärmehaushalt dazu, dass der Boden schneller abtrocknet und sich rascher erwärmt. Gekalkte Standorte können im Frühjahr häufig früher befahren werden. Die Zeitfenster für Bodenbearbeitung und Bestellung werden somit ausgedehnt, eine flexiblere Gestaltung der Arbeitsgänge ist möglich und Arbeitsspitzen werden entschärft. Auch der Beginn der Wachstumsphase kann vorverlegt und so die Ertragsbildung günstig beeinflusst werden. Die ausgewogenen Porenverhältnisse bei optimaler Kalkversorgung begünstigen sowohl die Wasserleit- als auch die Wasserhaltefähigkeit der Böden.

Fazit

Der Boden ist ein begrenzter Produktionsfaktor und ist deshalb in jeglicher Hinsicht zu schützen und fruchtbar zu erhalten, um eine nachhaltige und effiziente Bodennutzung für viele Generationen zu gewährleisten.

Die Bodenversauerung hat eindeutig negativen Einfluss auf die Bodenfruchtbarkeit und die Bodenstabilität. Daher ist sie ebenso wie Erosion und Bodenverdichtung zu vermeiden beziehungsweise zu neutralisieren.

Eine bodenspezifisch günstige, standortgerechte Erhaltung oder Erlangung des „Ziel-pH-Wertes“ (laut VDLUFA-Schema) ist eine wichtige Maßnahme zur Erhaltung der bestmöglichen Bodenfruchtbarkeit und praktischer Bodenschutz.

Dr. Reinhard Müller,
Düngerkalk Hauptgemeinschaft (DHG)



Angewandte Grunddüngung

Im Sommer steht nach der Ernte das Ziehen von Bodenproben an. Die Düngeverordnung schreibt Analysen von Bodenproben einmal in der Fruchtfolge oder aber mindestens alle sechs Jahre vor. Am besten werden die Bodenproben vor dem Anbau nährstoffbedürftiger Kulturen, im Wesentlichen vor Hack- und Blattfrüchten, gezogen.



Basierend auf den Analyseergebnissen kann dann der Nährstoffbedarf für die nächsten Kulturen bzw. für die gesamte Fruchtfolge ermittelt werden. Für die Düngelplanung sind folgende Punkte wichtig:

- Bodenanalyse und Fruchtart
- Fruchtfolgedüngung oder jährliche Düngung
- Stoppel-, Herbst- oder Frühjahrsdüngung
- Einzeldünger oder Mehrnährstoffdünger
- Mineralische Ergänzung von Wirtschaftsdüngern

Je nach Bodenart, kann auf vielen Standorten eine Vorrats- bzw. Fruchtfolgedüngung erfolgen. D. h. Phosphor und Kalium können für eine Rotation – meistens drei Jahre – auf einmal gestreut werden, da diese Nährstoffe auf mittleren bis schweren Böden wenig verlagert werden. Entscheidend für die Möglichkeit einer Fruchtfolgedüngung sind ein Mindesttonnagegehalt von 8% oder ca. 40 Bodenpunkte. Auf leichteren Standorten sollte nur der jährliche Nährstoffbedarf gedüngt werden, um Auswaschungen von Kalium und Magnesium durch Niederschläge zu vermeiden.

Der Ausbringungszeitpunkt richtet sich nach verschiedenen Kriterien: Am wichtigsten sind die Bodenverhältnisse. Auf mittleren bis schweren Böden kann der Dünger je nach Arbeitskapazität sowohl direkt auf die Stop-

pel, später im Herbst – nach dem Auflaufen von Wintergetreide und Winterraps – oder im Frühjahr in den stehenden Bestand bzw. zur Bestellung der Sommerungen gestreut werden. Auf leichten Standorten ist hingegen eine Ausbringung von Grundnährstoffen im Frühjahr vorteilhaft. Aber auch die Befahrbarkeit der Flächen ist bei der Festlegung des Düngzeitpunktes zu berücksichtigen. Manchmal bietet es sich aus Gründen der Befahrbarkeit und aufgrund von verfügbaren Arbeitskapazitäten an, den Dünger im Spätwinter bei Frost auszubringen. Hier sind jedoch die Vorgaben der Düngerverordnung zu beachten: Phosphor (Ausnahme Kalke mit weniger als 2% P₂O₅) und stickstoffhaltige Düngemittel dürfen nicht gestreut werden, wenn der Boden gefroren ist, sondern nur, wenn er zumindest im Tagesverlauf oberflächlich auftaut.

Je nach Düngbedarf können gezielt Einzeldünger (z. B. TSP, Korn-Kali) oder Mehrnährstoffdünger (z. B. PK, NPK) eingesetzt werden. Mehrnährstoffdünger werden als Komplexdünger, d. h. in jedem Düngerkorn ist jeder Nährstoff in der angegebenen Konzentration enthalten, oder als Mischdünger, d. h. aus Einzeldüngern nach Vorgabe des Kunden gemischt, angeboten.

Dr. Hans-Peter König



Das sagt der Berater...

Reinhard Elfrich, K+S KALI GmbH
Everswinkel

„Optimale Phosphor- und Kaliumgehalte im Boden wirken als Puffer gegen Pflanzenstress und mindern so das Risiko von Ertragsschwankungen. Die starken Auswinterungsschäden in 2012 haben wieder einmal eindrucksvoll dokumentiert, dass Pflanzenbau als System zu begreifen ist. D. h. Anbau, Sortenwahl, Pflanzenbehandlung und Düngung sind im Kontext zu bewerten. Bei noch schwachem Wurzelnetz sind gerade mineralische K-Gaben – auf den von Dr. König genannten Standorten als Herbstgabe appliziert – förderlich hinsichtlich der Jugendentwicklung und Frostresistenz. Um die Frostgefahr abzumildern, ist eine möglichst hohe Osmolarität anzustreben. Möglichst viele Kalium-Ionen sollten im Zellsaft angereichert sein, dadurch wird der Gefrierpunkt der Pflanze gesenkt.“

Angesichts verbesserter Erzeugerpreise wirken Ausfälle aufgrund unterlassener Grunddüngung doppelt schmerzhaft. Aktuell gerät auch der Stroherlös mehr in den Focus. In Form höherer Bestandesdichten, weniger Triebreduktion und mehr Biomasse-Produktion gibt es hier einen Ansatz durch die angepasste Zufuhr von Kalium. Aus dem Trend zur Abfuhr von Getreide- aber auch Rapsstroh vom Feld entstehen zunehmend negative Nährstoffsalden besonders beim Kalium. Diese sind angesichts der in der Düngerverordnung genannten Obergrenzen für Phosphor und Stickstoff aus Wirtschaftsdüngern durch Gülle und Mist allein nicht auszugleichen. Entsprechend ist in der Regel ein mineralischer Ergänzungsbedarf gegeben. Bei mineralischen P-Düngern sind in jedem Fall wasserlösliche Formen zu bevorzugen. Zur vollen Entfaltung der K-Wirkung werden Kali-Einzeldünger mit Gehalten an Magnesium und Schwefel präferiert.“

Alle für einen?



K+S KALI für alle!

Magnesia-Kainit®

Patentkali®

ESTA® Kieserit

Korn-Kali®



EPSO Top®

EPSO Microtop®

EPSO Combitop®

Starke Mineraldünger – Naturprodukte

Unsere hochwertigen kalium-, magnesium- und schwefelhaltigen Mineraldünger sichern die effiziente und nachhaltige Nahrungsmittelproduktion – jeden Tag, weltweit. Alle Nährstoffe wirken sofort, zuverlässig und nachhaltig.

Die Kompetenz in Kalium und Magnesium

