



# Zukunft Landwirtschaft.

H 4778  
SONDERAUSGABE

KALK

## Grundlage klimastabiler Böden



IN KOOPERATION MIT



MADE BY



STRUKTUR | NÄHRSTOFFVERFÜGBARKEIT | AUSBRINGUNG

# Fundamentales Werkzeug für stabile Böden

Kalk ist viel mehr als ein Dünger. Er sorgt auch für eine gute Bodenstruktur. Gerade in Zeiten des Klimawandels sind die positiven Effekte auf die Wasserspeicherfähigkeit und die Durchlüftung des Bodens von unschätzbarem Wert, sagt Florian Ebertseder.

**D**er Boden ist nicht nur die wichtigste Produktionsgrundlage der Landwirtschaft. Er ist auch unser aller Lebensgrundlage. Diese gilt es zu erhalten, um auch unter schwierigen klimatischen Bedingungen ökonomisch wirtschaften und hochwertige Lebensmittel produzieren zu können.

Auswertungen der vergangenen Jahre haben gezeigt, dass Starkregenereignisse sowie lang anhaltende Trockenperioden immer häufiger auftreten und sich in den kommenden Jahrzehnten noch steigern werden. Aktuell nehmen die kleinräumigen Starkregenereignisse innerhalb von sechs Jahren um 10% zu. Daher ist es ratsam, sich intensiv mit dem Zustand seiner Böden auseinanderzusetzen, um sie fit und widerstandsfähig für die kommenden Jahre zu machen.

**Natürliche Vorgänge führen zur Versauerung des Bodens.** Bei der Bodenatmung wird durch die Zersetzung von Mikroorganismen und Pflanzen Kohlendioxid freigesetzt. Kann es nicht aus dem Boden entweichen, bildet sich in Verbindung mit Wasser Kohlensäure. Mithilfe von im Boden vorhandenen Puffersubstanzen kann diese neutralisiert werden. Sind jedoch nicht genügend neutralisierende Puffer vorhanden, kommt es zur Versauerung.

Doch nicht nur die Bodenatmung entzieht Kalk. Ursachen sind auch der Einsatz mineralischer Dünger und kalkzehrender

Gülle sowie die Humusbildung und Regenwasser (pH-Wert ca. 5,6). Letzteres führt zu einer Auswaschung des Kalks und anderer Nährstoffe in tiefere Bodenschichten. All diese Entzüge summieren sich jährlich auf 200 bis 600 kg Calciumoxid, das abhängig von Boden, Klima und Nutzungsart verloren geht.

**Künftig wird der Wasserspeicherfähigkeit von Böden noch mehr Bedeutung zukommen.** Einen großen Einfluss darauf übt der Kalkgehalt aus. Calcium-Ionen haben die Fähigkeit, Tonteilchen zusammenzufügen. Diese Verbindungen ähneln einer lockeren Kartenhausstruktur, die über mehrere Winkel miteinander verknüpft sind

und somit ein stabiles Gefüge bilden. Zwischen den Verbindungen bilden sich Hohlräume, in die Wasser eindringen und gespeichert werden kann.

Kalk hat außerdem die Fähigkeit, Tonteilchen mit Huminstoffen zu verbinden und die negativen Ladungen zu neutralisieren. Bei diesem Vorgang bilden Calcium bzw. Magnesium eine »Brücke« zwischen Ton und Humus. Diese Ton-Humus-Komplexe führen zu einer stabilen Krümelstruktur. Die dadurch steigende Zahl an Grob- und Mittelporen zieht positive Effekte auf die Wasserführung nach sich, und die Tragfähigkeit wird erhöht. Zudem verbessern sich der Gasaustausch und die Bodenerwärmung im Frühjahr.

*Ohne freien Kalk im Boden zerfällt die Krümelstruktur. Die Schluffteilchen verbleiben an der Bodenoberfläche und verschlämmen bei Starkregen.*



Foto: Ebertseder

## Impressum

»Kalk: Grundlage klimastabiler Böden« erscheint im Mai 2024 als Sonderheft der DLG-Mitteilungen.

Redaktion: Katrin Rutt  
© 2024 Max-Eyth-Verlag, Frankfurt

Foto der Titelseite: agrarfoto

## Veränderung der Porengrößenverteilung durch eine Meliorationskalkung\* (%)

|                            | Weite Grobporen                        | Enge Grobporen  | Mittelporen   | Feinporen                                  |
|----------------------------|--|---|---|--|
| <b>Porengröße</b>          | > 0,05 mm                              | 0,05 – 0,01 mm  | 0,01 – 0,0002 mm                                      | < 0,0002 mm                                |
| <b>Verantwortlich für:</b> | • Wasserversickerung<br>• Gasaustausch | • Wasserversickerung und -speicherung (Wasser leicht verfügbar)<br>• Gasaustausch | • Wasserspeicherung (Wasser schwer pflanzenverfügbar) | • Totwasser (für Pflanzen nicht verfügbar) |
| <b>Lebensraum für:</b>     | Wurzeln, Mikroorganismen               | Wurzelhaare, Pilze, Bakterien   |   |  |
| <b>Oberboden</b>           | + 57                                   | + 21  | - 5   | - 1  |
| <b>Pflugsohle</b>          | + 13                                   | + 53  | - 5   | - 2  |
| <b>Unterboden</b>          | + 2                                    | + 9   | - 2   | - 4  |

\*Durchschnitt von vier Standorten und 132 Messreihen;  
Quelle: verändert nach Dr. Schuhbauer, 1981

Diese Bodenteilchen, die in Form von Aggregaten gebunden sind, können bei Starkregenereignissen nicht so schnell abgeschwemmt werden. Auch die Verschlämungsneigung ist deutlich herabgesetzt, da die Poren nicht durch gelöste Bodenpartikel aufgrund der höheren Aggregatstabilität verstopft werden. Damit kann das Wasser schnell in den Boden infiltrieren. Ab einer Kalksättigung im Boden von 60 bis 80% (Belegung am Austauscher) werden optimale Voraussetzungen für ein stabiles Gefüge erreicht. Die offene Struktur beeinflusst den Luft- und Wasserhaushalt positiv, was das Pflanzenwachstum und die Mikroorganismenaktivität begünstigt.

Versuche haben gezeigt, dass eine Kalkung auf tonreichen Böden die Zunahme derjenigen Poren bewirkt, die für die pflanzenverfügbare Wasserspeicherung wichtig sind. Das bedeutet, die nutzbare Feldkapazität wird erheblich gesteigert. Im Umkehrschluss nimmt der Anteil an Feinporen, in denen das Wasser für die Pflanzen zu fest gebunden ist, ab (Übersicht).

**Sinkt der pH-Wert des Bodens, so hat das negative Auswirkungen auf die Nährstoffdynamik, das Wurzelwachstum und das Bodenleben.** Regenwürmer können beispielsweise bei pH-Werten unter 4 nicht überleben, wodurch keine Umsetzung der abgestorbenen Biomasse mehr möglich ist. Ohne Regenwürmer und andere Mikroben kann keine Durchmi-

schung und Einarbeitung des Humus stattfinden, wodurch die Bodenfruchtbarkeit auf Dauer abnimmt.

**Die Wirkungen auf die Bodenstruktur sind ebenfalls gravierend:** Ohne freien Kalk im Boden zerfällt die Krümelstruktur zu einem Einzelkorngefüge. Die Tonteilchen werden durch Regen nach unten verlagert und bilden dort eine teilweise wasserundurchlässige Schicht. Je dichter dieses sogenannte Kohärentgefüge gelagert ist, desto schlechter ist der Gas- und

## Fazit

Die Kalkung landwirtschaftlicher Flächen ist nicht nur eine wichtige Maßnahme zur Sicherung der Ertragsleistung des Bodens. Sie ist ebenso ein essentielles Instrument zur Erhaltung und Verbesserung der Bodenstruktur und eng damit verbunden der Fruchtbarkeit und Wasserhaltekapazität des Bodens. Flächen mit guter Kalkversorgung trocknen im Frühjahr schneller ab und sind tragfähiger, sodass sich ein verlängertes Bearbeitungszeitfenster ergibt. Auch längere Trockenphasen und Starkregenereignisse können durch die gute Bodenstruktur besser abgepuffert werden.

Wasseraustausch sowie die Durchwurzelbarkeit. Die Schluffteilchen verbleiben bei diesem Vorgang an der Bodenoberfläche und verschlämmen bei Starkregen, wodurch sie eine undurchdringliche Kruste bilden. Dadurch nimmt die Infiltration stark ab, und weniger Wasser kann im Boden gespeichert werden. Gleichzeitig erhöht sich das Erosionsrisiko.

**Welche Böden sind besonders gefährdet?** Grundsätzlich gilt: Je tonreicher der Boden, desto mehr Kalk ist für den Aufbau und Erhalt einer guten Bodenstruktur vonnöten. Einen vergleichsweise höheren Bedarf haben Standorte mit gesteigerter Auswaschungsgefahr, also sehr leichte, sandige Böden, aber auch Flächen in niederschlagsreichen Gebieten. Zudem sind Böden, die sich über Glimmerschiefer, Granit oder Gneis gebildet haben, aufgrund der basenarmen Unterlage empfindlich gegenüber Versauerung.

Aber Achtung: Freier Kalk, der für die genannten Vorgänge zur Bodenstabilisierung unabdingbar ist, ist nicht automatisch vorhanden, wenn der pH-Wert hoch ist. Dieser kann zum Teil auch durch einen hohen Magnesiumgehalt begründet sein und lässt daher keine Schlüsse auf den verfügbaren Kalk im Boden zu.

**Worauf sollten Sie bei der Kalkung achten?** Kalke sollten möglichst gut mit der obersten Bodenschicht vermischt werden – das heißt, nur seicht mit der Egge oder dem Grubber einarbeiten. Im Sinne der Bodenverbesserung sollten Sie das Einpflügen von Kalk unterlassen.

Grundsätzlich gibt es verschiedene Kalke mit unterschiedlichen Eigenschaften (mehr dazu ab Seite 6). Mehle wirken aufgrund der größeren Oberfläche besser als grob gemahlene Kalke. Branntkalk sollte möglichst rasch und gleichmäßig in die Krume eingearbeitet werden, da er ansonsten mit dem CO<sub>2</sub> der Luft reagiert und oberflächlich verkrustet. Dies setzt seine rasche Wirkung auf den pH-Wert herab.

Die Ausbringung an sich ist theoretisch das ganze Jahr über möglich. Jedoch sollte der Boden unbedingt abgetrocknet sein, um Verdichtungen zu vermeiden. Außerdem ist eine Kalkung besonders sinnvoll vor bedürftigen Kulturen wie Gerste, Mais oder Raps. Hier bietet sich eine Stoppelkalkung nach der Getreide- oder Maisernte an.

Florian Ebertseder, LfL, Freising

# Mobilisieren Sie ungenutzte Potentiale

Da die Düngung an sich zunehmend reglementiert wird, zählt jedes Kilo an Nährstoffen, das aus dem Bodenvorrat für die Pflanzen mobilisiert werden kann. Wie der pH-Wert die Nährstoffverfügbarkeit beeinflusst, zeigen Sabine von Tucher und Patrick Bienert.

Neben positiven Einflüssen auf die bodenphysikalischen Eigenschaften und eine verbesserte Wasserinfiltration fördert ein zum Standort passender Boden-pH-Wert das Bodenleben. Dies führt unter anderem zur Optimierung des Umsatzes organischer Substanz. Darüber hinaus ist der Einfluss auf die Nährstoffdynamik im Boden enorm. Das gilt insbesondere für Stickstoff (N), Phosphor (P) und Spurenelemente. Ein bodenartsspezifisch optimaler pH-Wert fördert die N-Mineralisation aus organischer Substanz und nachfolgend den Umbau von Ammonium zu Nitrat. Ausreichend hohe pH-Werte verhindern Toxizität von Aluminium und Schwermetallen. Zu hohe pH-Werte sollten Sie jedoch wegen der Verringerung der Verfügbarkeit von Spurenelementen wie Zink, Mangan, Bor, Eisen und Kupfer speziell auf leichteren Böden vermeiden.

**Die Pflanzenverfügbarkeit von Phosphor ist in besonderer Weise an den Boden-pH-Wert gebunden.** Die höchste P-Verfügbarkeit liegt im schwach sauren Bereich von etwa 6,2 bis 6,7 vor. Zu nied-

rige pH-Werte führen zu einer verstärkten Bindung von P an Oberflächen der Eisen- und Aluminiumoxide und -hydroxide, zu hohe Werte verstärken die Bildung schwer löslicher Calciumphosphate.

An der TU München untersuchen wir die pH-Wert-abhängige P-Dynamik in nunmehr über 45 Jahre andauernden Feldversuchen intensiv – vor allem zu den Kulturen Winterweizen, Wintergerste, Zucker- bzw. Futterrüben und Mais. Dabei wird die Langzeitwirkung verschiedener P-Düngeniveaus (0, 50 und 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pro ha und Jahr) auf drei durch Kalkung unterschiedlichen Boden-pH-Wertbereichen (pH 4,7 bis 5,3, pH 6,0 bis 6,4 und pH 6,6 bis 6,8) verglichen.

**Besonders für Rüben zeigt sich die Bedeutung der P-Versorgung und des pH-Wertes.** Wird ein Boden über viele Jahre hinweg nicht mit P gedüngt, sinken die Gehalte an pflanzenverfügbarem P. Während sich auf diesen Flächen der Ertrag der Rüben innerhalb von 36 Jahren mit standortoptimaler Kalkung um 26 % reduzierte, lag der Ertragsrückgang ohne Kalkung bei

54 % gegenüber optimal mit P gedüngten Parzellen (Übersicht). Für die mit den Ernteprodukten abgefahrenen P-Mengen waren die Unterschiede noch deutlicher: 38 % Rückgang mit Kalkung und 68 % ohne Kalkung.

Die günstige Wirkung der Kalkung zeigt sich auch für Gerste und Weizen, auch wenn diese Kulturen sowohl hinsichtlich der geringeren P-Versorgung als auch der Reaktion auf niedrige pH-Werte weniger empfindlich sind als Rüben. Ohne P-Düngung blieben die Ertragsrückgänge bei Gerste und Weizen daher auf den gekalkten Flächen mit 8 und 9 % im einstelligen Prozentbereich, während sie ohne Kalkung bei 14 und 18 % lagen.

**Ebenso ist es wichtig, den pH-Wert auf sein optimales Niveau zu bringen, bevor Böden im Falle einer zu niedrigen P-Versorgung mit P aufgedüngt werden.** Ohne P-Düngung erreichen Zuckerrüben allein durch die Erhöhung des pH-Wertes von 4,7 – 5,3 auf 6,0 – 6,4 einen Mehrertrag von 47 dt TM (Grafik, Vergleich A). Wird P in Höhe der durchschnittlich jährlich abgefahrenen Menge gedüngt (50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pro ha und Jahr), erhöht sich der Rüben-ertrag durch eine Kalkung von 91 auf 130 dt TM/ha (Grafik, Vergleich B). Die für den Höchstertrag erforderliche langjährige P-Menge liegt ohne Kalkung mindestens bei 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pro ha und Jahr, mit einer Kalkung auf pH 6,0 – 6,4 jedoch nur bei 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pro ha und Jahr (Grafik, Vergleich C). Eine weitere Erhöhung des pH-Wertes auf 6,6 bis 6,8 ist auf diesem Standort weder für die Rübe noch für Gerste, Weizen oder Mais erforderlich.

Für das Jahr 2021 zeigte sich zu Wintergerste zudem, dass aufgrund der Erhöhung des Kornertrags bei gleichbleibend hohem

## Einfluss einer langjährig differenzierten Kalkung auf Erträge und P-Abfuhr\* (in %)

|                           | Ertragsrückgang ohne P-Düngung |           | Rückgang der P-Abfuhr ohne P-Düngung |           |
|---------------------------|--------------------------------|-----------|--------------------------------------|-----------|
|                           | + Kalkung                      | – Kalkung | + Kalkung                            | – Kalkung |
| <b>Zucker-/Futterrübe</b> | 26                             | 54        | 38                                   | 68        |
| <b>Winterweizen</b>       | 8                              | 14        | 10                                   | 20        |
| <b>Wintergerste</b>       | 9                              | 18        | 16                                   | 28        |

\* + = Ziel-pH 6,0–6,4; – = Ausgangs-pH 4,7–5,3 → auf Böden der CAL-P Gehaltsklasse A-B (langjährig ohne P-Düngung), relativ zu den optimal mit P gedüngten Parzellen in CAL-P Gehaltsklasse C im Zeitraum 1978–2014



Foto: landpixel

Um den Bodenvorrat an Nährstoffen bestmöglich auszuschöpfen, sollten Sie regelmäßig den pH-Wert untersuchen und auf das standortspezifisch optimale Niveau bringen.

Proteingehalt die Ausnutzung des gedüngten Stickstoffs (160 kg N/ha) durch das Korn von 63 % ohne Kalkung auf 86 % mit Kalkung erhöht wurde. Diese höhere N-Abfuhr nach Kalkung reduziert die N-Bilanzüberschüsse.

**Was sind die optimalen Boden-pH-Werte?** Das pH-Ziel für den Versuchstandort (schluffiger Lehm, BG 4) liegt nach VDLUFA-Einstufung zwischen 6,3 und etwa 7,0. Über die Jahre hinweg ist im Versuch ein pH-Wert von durchschnittlich 6,3 für optimale Erträge ausreichend. Die

hierfür erforderliche Kalkung beträgt durchschnittlich 14 dt CaO in drei Jahren. Dies deckt sich mit den Empfehlungen des VDLUFA für eine Erhaltungskalkung.

Generell sind für die Bewertung optimaler Boden-pH-Werte vor allem die Bodenart und der Humusgehalt entscheidend. Für Humusgehalte  $\leq 4\%$  ist das pH-Ziel für sandige Böden niedriger (pH 5,4 bis 6,3), für schluffige und tonige Böden dagegen höher (pH 6,3 bis 7,2). Die Gründe liegen vor allem in der begrenzten Spurenelementverfügbarkeit sandiger Böden und in der Bedeutung der Verbesserung

der Aggregatstabilität auf schwereren Böden. Je höher der Humusgehalt eines Bodens, desto niedriger ist der Ziel-pH-Wert.

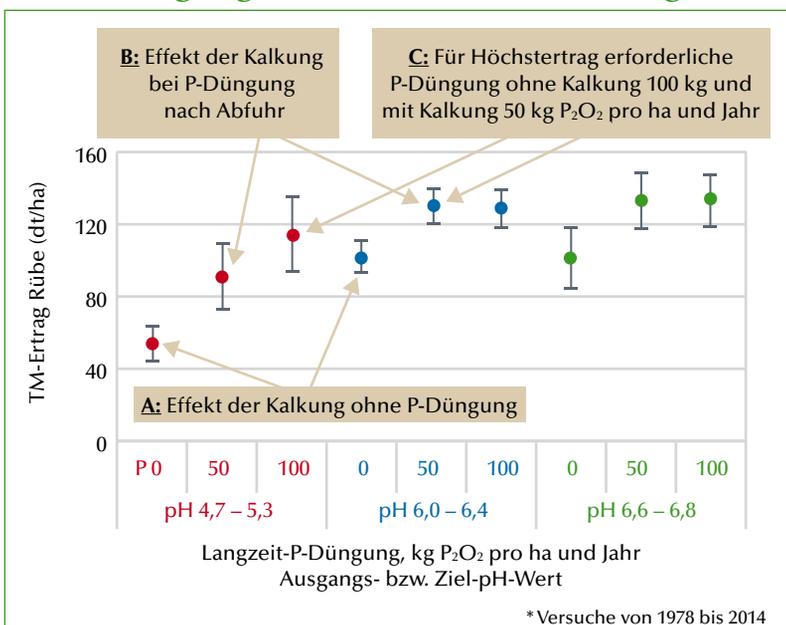
**Die Bestimmung des pH-Wertes** erfolgt in der Regel einmal in einer Fruchtfolge im Rahmen der Grundbodenuntersuchung. Sollten sich hierbei deutliche Abweichungen des pH-Wertes nach unten und in der Folge Empfehlungen für eine Gesundungskalkung ergeben, so ist darauf zu achten, dass höhere Kalkgaben aufgeteilt werden. Auch sollte die Kontrolle des Erfolgs der Aufkalkung durch eine Bodenuntersuchung in kürzeren Abständen (gegebenenfalls jährlich) erfolgen.

Die basisch wirksamen Bestandteile von Kalken sind Oxide, Hydroxide, Carbonate und Silikate in Verbindung mit den zweiwertigen Kationen  $\text{Ca}^{++}$  und  $\text{Mg}^{++}$ . Oxidische Kalken wie Branntkalk eignen sich besonders für schwerere Böden.

**Fazit.** Der standortabhängige Kalkzustand eines Bodens ist eine der wichtigsten Kenngrößen zur Bewertung der Nährstoffverfügbarkeit. Optimale pH-Werte reduzieren die für hohe Erträge erforderliche P-Düngermenge und verbessern die N-Ausnutzung. Wegen der allgemein hohen Bedeutung des Kalkzustands von Böden für deren physikalische, chemische und biologische Eigenschaften sind Bodenuntersuchen auf den pH-Wert regelmäßig einmal innerhalb einer Fruchtfolge zu empfehlen.

Sabine von Tucher und Patrick Bienert, TU München

## Einfluss einer langjährig differenzierten Kalkung und P-Düngung auf den Zuckerrüben-ertrag (2014)\*



# Wann, wie viel und in welcher Form?

Neben den vielen positiven Effekten auf die Bodenfruchtbarkeit zahlt sich eine regelmäßige Kalkdüngung auch ökonomisch aus. Was Sie bei der Ausbringung beachten sollten, zeigt Holger Fechner.

**R**eglementierte Düngung, schwierige Witterungsverhältnisse, volatile Erzeugerpreise und steigende Betriebskosten – da kann man es sich eigentlich nicht leisten, die Bodenfruchtbarkeit zu vernachlässigen. Um das vorhandene Ertragspotential auszuschöpfen, ist eine regelmäßige Kalkzufuhr auf den meisten Standorten wichtig und sollte nach der Ernte eingeplant werden.

### Vielfältige Effekte

Eine zentrale Funktion ist der Einfluss auf die Bodenphysik. Kalk führt eine Flockung der vorhandenen Tonteilchen herbei und sorgt für eine Brückenbildung zwischen Ton- und Humusteilchen (mehr dazu Seite 2 – 3). Insbesondere die hohen Niederschlagssummen der letzten Herbst- und Wintermonate sowie einige unter nassen Bedingungen geerntete Kartoffel- oder Zuckerrübenbestände haben ihren Tribut gefordert. Unter diesen Umständen ist es besonders wichtig, die physikalische Resilienz der Böden zu stärken.

**Darüber hinaus hat Kalk Auswirkungen auf die Bodenchemie.** Er neutralisiert schädliche Säuren im Boden und reguliert dadurch den pH-Wert. Das ist deshalb wichtig, weil die Verfügbarkeit der meisten Pflanzennährstoffe vom pH-Wert abhängig ist (siehe Seite 4 – 5). Unter Berücksichtigung aller essentiellen Pflanzennährstoffe ergibt sich als Kompromiss

ein optimaler pH-Wert-Bereich von 5,5 bis 7,0, wobei es Unterschiede zwischen den Bodenarten gibt. Auch auf die Stickstoffeffizienz scheint der pH-Wert bzw. eine Kalkung positive Auswirkungen zu haben. Ergebnisse aktueller bundesweiter Versuche zeigen, dass der N-Entzug pro ha und Jahr innerhalb von vier Jahren bereits um 5 kg erhöht werden konnte. Damit steigerte sich auch die Stickstoffnutzungseffizienz (NUE).

**Kalk hat nicht zuletzt auch eine biologische Wirkung.** Denn auch das Bodenleben ist maßgeblich vom pH-Wert abhängig. Mikroorganismen bevorzugen ein

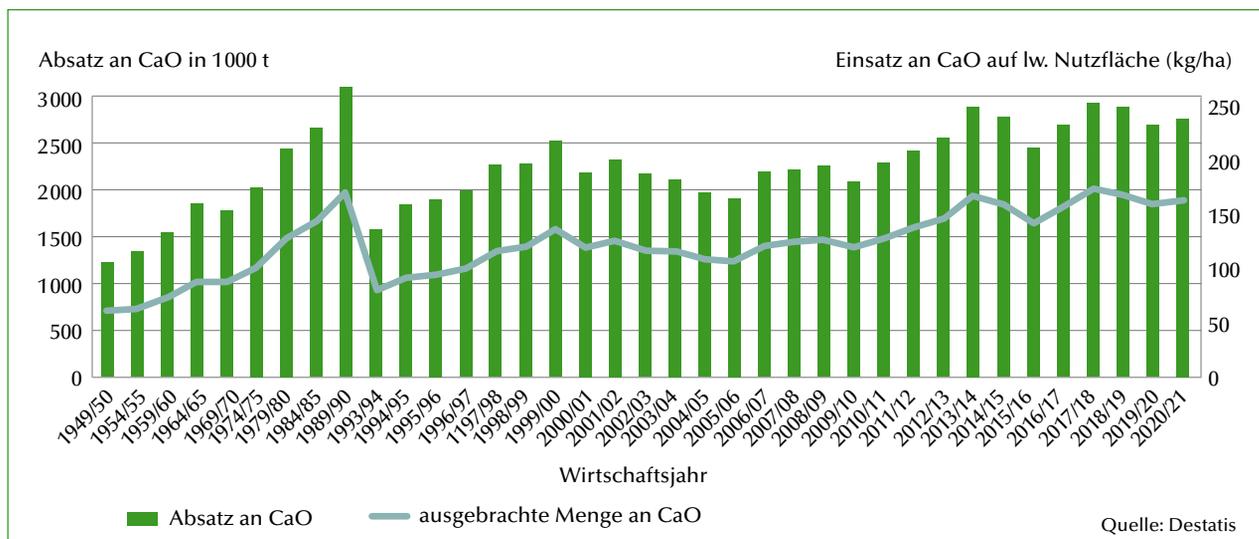
schwach saures bis neutrales Milieu. Von der Verbesserung des Luft-, Wasser- und Wärmehaushaltes, die von Kalk ausgeht, profitieren die Bodenorganismen gleichermaßen. Nur unter günstigen Lebensbedingungen sind sie in der Lage, die für die Bodenfruchtbarkeit wichtigen Um- und Aufbauprozesse wie den Abbau von Ernteresten, die Mineralisierung oder den Aufbau stabiler Humusformen zu leisten.

Alle beschriebenen Effekte verdeutlichen, dass die Prozesse einander bedingen und die Wirkung einer Kalkung enorm komplex ist. Nicht zuletzt ist das enthaltene Calcium auch ein Pflanzennährstoff, wengleich zur Pflanzenernährung freies

*Welche Kalkform die richtige ist, hängt vor allem vom Standort, von der gewünschten Wirkungsgeschwindigkeit, der Streufähigkeit und dem Gehalt an nützlichen Begleitnährstoffen ab.*



## Entwicklung des Kalkabsatzes und des Kalkeinsatzes pro ha LF in Deutschland



Calcium, (z. B. als Flüssigblattdünger) wirkungsvoller ist. Deshalb ist eine Kalkung in erster Linie eine Maßnahme für den Boden und erst indirekt für die Pflanzen.

### Lücke zwischen Einsatz und Bedarf

Die Verluste an basisch wirksamen Substanzen im Boden sind stark von den Bewirtschaftungs- und Standortbedingun-

gen abhängig. Die Höhe ergibt sich insbesondere durch die angebauten Kulturen, die Bodenart und die Niederschlagsmengen. In NRW lassen sich die Kalkverluste unter Berücksichtigung der Flächennutzung (Acker- und Grünland) und der Bodenarten auf ca. 340 kg/ha CaO pro Jahr beziffern. Hält man die Kalkstatistik dagegen, so beläuft sich der durchschnittliche jährliche Einsatz an CaO in den letzten dargestellten fünf Jahren auf lediglich ca. 165 kg/ha (Grafik). Rechnerisch ergibt sich somit eine Lücke zwischen Einsatz und durchschnittlichem Bedarf von über 50%.

**Insgesamt ist der Kalkeinsatz nach der Wiedervereinigung Deutschlands zwar im Trend gestiegen.** Er ist jedoch auf die Einzeljahre bezogen sehr volatil und insgesamt auf einem zu geringen Niveau. Zu beachten ist jedoch, dass bei der amtlichen Mitteilung über den Düngemittelabsatz nur die mineralischen Dünger berücksichtigt werden. Mit dem Einsatz von Kompost und anderen organischen Düngern werden den Böden natürlich ebenfalls basische Bestandteile zugeführt.

### Bedarf ermitteln

Wegen der je nach Bodenart und Nutzung unterschiedlichen Ziel-pH-Werte sollten Sie regelmäßig eine Bodenuntersuchung durchführen. Darauf aufbauend wird der Kalkbedarf in der Regel für drei fortlaufende Jahre (also eine reguläre Fruchtfolge) berechnet. Wie bei Phosphor oder Kalium wird der pH-Wert in fünf Ge-

haltsklassen (GK) eingeordnet. In GK C ist lediglich eine Erhaltungskalkung in Höhe der Verluste erforderlich. In D und E besteht die Gefahr, dass Nährstoffe festgelegt werden. Hier ist der Verzicht auf eine Kalkung bzw. sogar der Einsatz versauernder Dünger angeraten. In A und B sollten Sie hingegen zügig entsprechende Kalkmengen über den Verlusten ausbringen. Bei sehr niedrigem pH-Wert (GK A) ist einer Kalkung noch vor einer anderen Grunddüngung (P oder K) Priorität einzuräumen.

**Es empfiehlt sich, eine Bodenanalyse und anschließende Kalkung immer im gleichen Turnus durchzuführen.** Ein guter Zeitpunkt für das Aufbringen von Kalk ist nach der Ernte der Hauptfrucht auf die Stoppel und die anschließende Einarbeitung in den Boden, z. B. im Rahmen der Zwischenfruchtsaat oder beim Anlegen der Winterfurche. Ein Vorteil dieses Zeitpunktes ist, dass die Böden gut tragfähig sind, was ein Befahren mit schweren Geräten ohne Schadverdichtungen ermöglicht. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass Sie die alten Fahrgassen ideal nutzen können, um ein exaktes Anschlussfahren bei der Kalkdüngung zu gewährleisten – sofern die Arbeitsbreiten übereinstimmen.

### Welcher Kalk ist der richtige?

Die unterschiedlichen Kalktypen und deren Anforderungen wie Kalkgehalt, typenbestimmender Anteil, Nährstoffform(en), Löslichkeit und nicht zuletzt Herstellungs-



Foto: Fechner

art und Herkunft sind in der Düngemittelverordnung (DüMV) geregelt. Die wichtigste Eigenschaft von Kalkdüngern ist es, Säuren zu neutralisieren. Als Maß wird der in Summe aus dem Kalk- und Magnesiumgehalt berechnete CaO- und MgO-Gehalt als Referenzwert herangezogen. Bei der düngemittelrechtlichen Deklaration wird die Neutralisationswirkung von Calcium und Magnesium gleich bewertet, obwohl Magnesium eine ca. 1,4-mal höhere neutralisierende Wirkung aufweist. Für Kalke mit höherem Anteil an Magnesium ergibt sich daraus eine höhere basische Wirksamkeit, als sie ausgewiesen wird.

Bei den meisten Kalcken liegt das Calcium gebunden als Calciumcarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) vor. Bezugsbasis bei der Bemessung des Kalkbedarfs ist immer CaO, weshalb bei  $\text{CaCO}_3$  mit einem Umrechnungsfaktor von 0,56 gerechnet werden muss ( $\text{CaCO}_3 \times 0,56 = \text{CaO}$ ). Das gilt auch für das in manchen Kalcken enthaltene  $\text{MgCO}_3$ . In dem Fall beträgt der Umrechnungsfaktor 0,48 ( $\text{MgCO}_3 \times 0,48 = \text{MgO}$ ).

**Kohlensaurer Kalk sowie kohlensaurer Magnesiumkalk sind die am häufigsten eingesetzten Kalkdünger.** Sie besitzen einen  $\text{CaCO}_3$ -Gehalt von mindestens 15% und werden aus kalkhaltigem Naturgestein hergestellt. Daher variiert die Zusammensetzung. Wie schnell diese Kalke wirken, hängt ab von Herkunft und Mahlgrad. Deklarieren muss die Wirkungsgeschwindigkeit in Form der Reaktivität. Von kohlensaurer Kalcken wird mindestens eine Reaktivität von 30% gefordert. Ist der Gehalt an  $\text{MgCO}_3$  größer als 25%, muss die Reaktivität nur 10% betragen. Üblicherweise liegen die Reaktivitäten dieser Kalkformen bei 40 bis 60%.

Kohlensäure Kalcke verfügen über eine langsame und nachhaltige Wirkung, sind mild für die Pflanzen und können auf allen Standorten eingesetzt werden. Sie sind ideal für eine Erhaltungskalkung. Ausgebracht werden sie meist in erdfeuchtem Zustand, wobei keine Stäube entstehen.

**Beim Brennen von Naturkalcken, bei dem  $\text{CaCO}_3$  und  $\text{MgCO}_3$  zu CaO bzw. MgO umgewandelt werden, entsteht Branntkalk.** Dieser ist in gemahlener oder gekörnter Form erhältlich. Branntkalk wirkt sehr schnell und kommt somit idealerweise für eine Aufkalkung infrage. Er eignet sich besonders gut für mittlere und schwere Böden. Auf Sandböden können aus der geringen Pufferkapazität schnell größere Sprünge beim pH-Wert resultieren. Beim Ausbringen auf nassem Boden besteht die Gefahr der Klumpenbildung, was die Wirkung herabsetzt.

Eine Kopfdüngung mit Branntkalk ist aufgrund seiner ätzenden Wirkung nicht zu empfehlen. Das gilt auch für Grünland. Ausgebracht auf unbestelltem Ackerland ist die Ätzwirkung in Bezug auf Acker-schnecken jedoch erwünscht. Gleichzeitig hat er eine fungizide Wirkung, beispielsweise auf Kohlhernie.

Der erforderliche Mindestgehalt an CaO bzw. MgO bei Branntkalcken liegt bei 65%, wobei die meisten Branntkalcke Gehalte von 80 bis 95% aufweisen. Für das Aufbringen von Branntkalk in trockenem, gemahlenem Zustand sind zwingend Schneckenstreuer notwendig, die gleichzeitig für ein homogenes Streubild sorgen. Körniger Branntkalk kann hingegen breitflächig mit dem Schleuderstreuer ausgebracht werden. Um Branntkalk vor der Reaktion mit Wasser zu schützen, muss er



Foto: agrarfoto

zwingend in Silos oder Big-Bags gelagert bzw. transportiert werden.

Eine Zwischenform von kohlensaurer Kalcken und Branntkalcken sind Mischkalcke. Ihr Vorteil liegt in einer gleichermaßen schnellen wie auch langsamen, nachhaltigen Wirkung. Bei der Anwendung von Brannt- oder Mischkalcken ist darauf zu achten, dass diese nicht zusammen mit organischen Düngern ausgebracht werden dürfen, welche Ammonium ( $\text{NH}_4$ ) enthalten. Durch einen kurzfristigen starken Anstieg des pH-Wertes ergeben sich hohe gasförmige N-Verluste.

**Neben den aus Naturgesteinen direkt gewonnenen Kalkdüngern gibt es auch Nebenprodukte aus der Industrie.** Ein solches Produkt ist z. B. Konverterkalk, der durch Vermahlen von Konverterschlacke bei der Stahlproduktion gewonnen wird. Hierbei handelt es sich um kieselsäure Kalcke, die in ihrer Wirkung kohlensaurer Kalcken ähneln. Die enthaltenen Kieselsäuren haben eine positive Wirkung auf die Pflanzengesundheit sowie die P-Verfügbarkeit. Nicht zuletzt enthalten sie oftmals verschiedene Spurenelemente, die den Pflanzen zugutekommen.

Eine weitere Kalkform industriellen Ursprungs ist Carbokalk, der in der Zuckerfabrik anfällt. Die Wirkungsgeschwindigkeit ist sehr gut. Das enthaltene Calcium liegt allerdings als  $\text{CaCO}_3$  vor. Angeboten wird Carbokalk in flüssiger oder abgepresster Form. Aufgrund der unterschiedlichen TM-Gehalte ist der Anteil an basisch

## Warum versauern Böden?

Atmosphärischer Säureeintrag, u. a. Niederschläge und enthaltene sauer wirkende Moleküle = »Saurer Regen« (z. B.  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$ )

Bodenatmung des Bodenlebens (Edaphon): Ausscheidung von  $\text{CO}_2$

Auswaschung von Puffersubstanzen (Kalk) aus dem Boden durch Niederschlag und anschließender Sickerwasserbildung

Physiologisch sauer wirkende Dünger bzw. Nährstoffe: Reaktion = Ausscheiden der Wurzeln von  $\text{H}^+$ -Ionen bei Aufnahme von Kationen (z. B.  $\text{NH}_4$ , K, Ca, Mg)

Humifizierung organischer Ausgangsstoffe: Bildung von Humin- und Fulvosäuren

Oxidation reduzierter Schwefel- und Stickstoffverbindungen (Beispiel: Sauerstoff oxidiert Eisensulfid zu Schwefelsäure und Eisenoxid-Hydrat)

→ jährlicher CaO-Verbrauch: ~ 500 kg/ha auf Acker- und ~ 300 kg/ha auf Grünland



*Direkt nach der Getreide- oder Maisernte ist der optimale Zeitpunkt für die Ausbringung von Kalk.*

wirksamen Bestandteilen sehr unterschiedlich. Zu beachten ist, dass Carbo-kalk auch Anteile an Stickstoff und Phosphat enthält. Sofern diese deklariert sind, müssen beide Nährstoffe auf die berechneten Düngebedarfe angerechnet und dokumentiert sowie bei der Stoffstrombilanzierung berücksichtigt werden. Ob weitere Regelungen wie die Sperrfrist oder das Aufbringen auf überschwemmten, wasser-gesättigten, gefrorenen oder schneebedeckten Boden beachtet werden müssen, hängt von den tatsächlichen N- und P-Gehalten ab.

Darüber hinaus sind noch zahlreiche weitere Kalke industrieller Herkunft für die Landwirtschaft zugelassen. Da diese Kalke oftmals kostengünstig angeboten werden, sollten Sie sich nicht nur über die düngewirksamen Parameter informieren, sondern auch über deren Schadstoffgehalte.

## Ökonomie

Eine Kalkung kostet Geld – auch die Kalkpreise sind in letzter Zeit gestiegen. Viele Effekte lassen sich monetär kaum beziffern. Eine Kalkung wirkt sich meist indirekt und erst nach längerer Zeit auf die ökonomisch herangezogenen Parameter im Pflanzenbau aus. Schlussendlich zahlt sie sich jedoch wortwörtlich aus. Es gibt nicht viele Versuche in Deutschland zum Thema Kalk, da sich Ergebnisse erst nach einigen Jahren einstellen. Auch lassen sich die Resultate eines Standortes nur bedingt auf andere übertragen. Hinzu kommt,

dass Kalk-Ertragseffekte durch andere Einflüsse wie Fruchtfolge oder Witterung überlagert werden, weshalb eine eindeutige Zuordnung schwierig ist.

Ein Blick in die Literatur offenbart Ertragsrückgänge von bis zu 50% für verschiedene landwirtschaftliche Kulturen bei suboptimal eingestelltem pH-Wert. Im vergangenen Jahr hat die Landesanstalt für Landwirtschaft Bayern (LfL) deshalb einen der wenigen aktuell laufenden Versuche in Deutschland – einen zehnjährigen Kalkversuch von SKW in der Nähe von Cun-

## Fazit

Eine Kalkung hat zahlreiche positive Effekte auf Boden und Pflanze. Eine regelmäßige Bodenuntersuchung gibt Aufschluss über den AusgangspH-Wert. Erforderliche Kalkmengen werden in Abhängigkeit des Standortes, der Witterung sowie der Nutzungsart abgeleitet. Der optimale Zeitpunkt für die Ausbringung besteht nach der Ernte auf die Stoppel, wobei unterschiedliche Kalkformen zur Verfügung stehen. Nach aktuellen Berechnungen auf Grundlage von Ergebnissen eines Dauerdüngeversuches rechnet sich die Investition in eine Erhaltungskalkung auch aus ökonomischer Sicht.

nersdorf (Sachsen) – mit aktuellen Preisen bewertet. Der Versuch findet auf sandigem Lehm mit den Fruchtfolgegliedern Zuckerrübe – Sommergerste – Ackerbohne – Winterweizen – Wintergerste statt. Es werden unterschiedliche Kalkformen im Rahmen der Fruchtfolge eingesetzt. Die Ergebnisse bis 2019 zeigten, dass bis auf ein Jahr und eine Kalkform (Branntkalk, 2018 zu Winterweizen) in allen Varianten mit einer Kalkung positive Ertragseffekte gegenüber der Kontrolle erzielt werden konnten. Beim direkten Vergleich von kohlen-sauren Kalken mit und ohne Magnesium, zeigten sich Ertragsvorteile zugunsten des Kalkes mit Magnesium.

**Für die ökonomische Auswertung** hat die LfL die bayerischen Deckungsbeiträge der Varianten miteinander verglichen. Dabei wurde mit jeweiligen Beschaffungskosten für die Kalkdünger in den Jahren ihres Einsatzes und den Kosten für eine eigene Ausbringung eines (bayerischen) Durchschnittsbetriebes (60 bis 80 ha Acker) gerechnet. Die durchschnittlich unterstellte Schlaggröße lag bei 2 ha. Unabhängig von der Kalkform ergaben sich bei zehnjähriger Betrachtung ausnahmslos ökonomische Vorteile bei allen gekalkten Varianten gegenüber der Kontrolle.

Am besten schnitten kohlen-saure Kalke (fein und grob) inklusive Magnesium-zusatz mit einem durchschnittlichen Plus von 85 €/ha ab, was allerdings an der deckungsbeitragsstarken Zuckerrübe lag. Bei Herausnahme dieser lag der ökonomische Vorteil aber immer noch bei etwa 50 €/ha. Würde man die Deckungsbeiträge mit Zahlen aus NRW berechnen, ergäben sich ähnliche Tendenzen.

**Die Preise für Kalkdünger steigen zwar kontinuierlich**, und die Kosten für die Ausbringung sinken nicht. Dennoch sollten Jahre mit hohen Handels- und Kontraktpreisen für Marktfrüchte wie 2023 dazu veranlassen, in eine Kalkung zu investieren. Ausgehend von Jahren mit durchschnittlichen Erträgen und Erlösen sowie moderat ansteigenden Kalkdüngerkosten in den kommenden Jahren rechnet sich eine Kalkung in vielen Fällen. Findet diese regelmäßig im Rahmen der Fruchtfolge statt, bleibt es bei einer Erhaltungskalkung. Eine Sanierung eines weit abgefallenen pH-Wertes ist ungleich teurer.

*Holger Fechner,  
Landwirtschaftskammer NRW*

# »Klimastabile Böden brauchen Kalk«

Immer mehr Landwirte sind auf der Suche nach Ansätzen, die den Boden fit für die Klimaveränderungen machen. Dabei ist eines der effizientesten Werkzeuge dafür lange bekannt. Eine standortangepasste Kalkversorgung ist angewandter Bodenschutz, sagt Alexander Schmithausen.

## Herr Dr. Schmithausen, welche Rolle spielt eine bedarfsgerechte Kalkung in Zeiten des Klimawandels?

Jeder Landwirt weiß, dass eine standortangepasste Kalkung die Basis für fruchtbaren Boden ist. Die positiven Einflüsse auf die physikalischen, biologischen und chemischen Eigenschaften können wesentlich dazu beitragen, negative Auswirkungen durch Klimaveränderungen auf die Ertragsleistung der Böden abzupuffern. Bei zunehmender Unsicherheit der Witterungsverläufe sind genügend pflanzenverfügbares Wasser und Nährstoffe im Boden, eine gute Tragfähigkeit sowie ein für die Kulturpflanzen günstiger pH-Wert essentieller denn je.

## Welche weiteren klimarelevanten Faktoren lassen sich über eine bedarfsgerechte Kalkung steuern?

Die Zugabe von Calcium und Magnesium ist wichtig für die Brückenbildung der Ton-Humus-Komplexe, was maßgeblich zur Aggregatstabilität beiträgt. Das dadurch verbesserte Porensystem steigert die Wasserspeicherkapazität und die Wasserleitfähigkeit des Bodens. Dabei steigt auch die Kationenaustauschkapazität mit zunehmendem pH-Wert und Humusgehalt. Bei extremen Bedingungen (Trockenheit, Bodenverdichtung) kann die Bestimmung der Kationenaustauschkapazität hilfreich sein, um beispielsweise Fragen zur Bodenstruktur und zur Nährstoffverfügbarkeit vertiefend auf den Grund zu gehen.

## Die Verfügbarkeit verschiedener Makro- und Mikronährstoffe hängt maßgeblich vom pH-Wert des Bodens ab. Dabei sind die Ansprüche an den »richtigen« pH-Wert bei den verschiedenen Nährstoffen ganz unterschiedlich. Wie gelingt es, hier die richtige Balance zu finden?

Ziel ist es, die einzelnen Nährstoffe bestmöglich pflanzenverfügbar zu machen und keine Nährstofffestlegung zu riskieren. Bei Mikronährstoffen kommt das

eher vor als bei Makronährstoffen. Eine optimale Verfügbarkeit der meisten Nährstoffe ist bei pH-Werten zwischen 5,5 und 7,0 gegeben. In diesem Bereich sind in den meisten Böden auch die Struktureigenschaften und die biologische Aktivität günstiger als bei niedrigeren pH-Werten.

## Über den Humusaufbau soll künftig mehr klimaschädliches CO<sub>2</sub> im Boden gebunden werden. Welche Rolle spielt in dem Zusammenhang eine bodenartsspezifische optimale Kalkversorgung?

Untersuchungen zeigen, dass eine optimale Kalkversorgung Einfluss auf die organischen Kohlenstoff-Vorräte im Boden hat.



Dr. Alexander Schmithausen,  
Geschäftsleiter der Düngekalk-  
Hauptgemeinschaft, Köln

Eine internationale Studie beschreibt einen Anstieg der C-Vorräte um ca. 4,5% bei gleichzeitiger Stimulierung der Bodenatmung. Die Effekte sind neuesten Erkenntnissen zufolge aus der Summe an physikalisch-chemischen und biologischen Wirkungen einer Kalkung zu sehen. Weitere Forschungsaktivitäten finden dazu beispielsweise für Deutschland am Thünen-Institut statt.

## Lassen sich durch eine optimale Kalkversorgung Treibhausgasemissionen aus Ackerböden senken?

Das ist eine aktuelle Fragestellung, die mit langfristigen Untersuchungen und mehrjährigen Feldmessungen vertieft werden muss. Erste Erkenntnisse gibt es dahin gehend, dass der Einsatz von Düngekalk eine fast ausgeglichene Treibhausgasbilanz aufweist. Das Johann Heinrich von Thünen-Institut hat in einem Projekt den Einfluss des Boden-pH-Werts auf die Lachgasbildung landwirtschaftlicher Flächen untersucht. Es stellte fest, dass eine pH-Wert-Anhebung auf versauerten Böden die Lachgasemissionen senkt. Denn bei höheren pH-Werten wird der Lachgasabbau durch Bakterien gefördert. Die mittleren N<sub>2</sub>O-Einsparungen reichen von 6% bis 14% der düngungsbedingten Direkt-emissionen.

## Laut Thünen-Institut sind in Deutschland etwa 40% der landwirtschaftlichen Böden nicht optimal mit Kalk versorgt. Vor allem auf Pachtflächen stellt sich für viele Landwirte die Frage der Wirtschaftlichkeit einer Aufkalkung. Wie lässt sich dieses Dilemma lösen?

Als meist nicht direkt ertragswirksame Maßnahme wird eine Kalkung oft vernachlässigt. Sie ist durch die mittel- und langfristige Wirkung aber vor allem als Investition in den Boden zu sehen. Für einen nachhaltigen Erhalt der Ertragskraft sollten Faktoren wie Bodenfruchtbarkeit und Bodenstruktur stärker in den Fokus rücken. Im Vergleich zu anderen Betriebsmitteln oder Maßnahmen fallen Kosten für eine Kalkung eher weniger ins Gewicht. Auch wenn beispielsweise nur alle drei Jahre gekalkt wird, ist es auf Pachtflächen eine sinnvolle Investition für vitale Böden.

## In Zeiten des Klimawandels werden auch Betriebsmittel immer stärker unter die Lupe genommen. Wie steht es um die Treibhausgasbilanz(en) der Düngekalke?

Generell ist Düngekalk als regionales Naturprodukt positiv zu bewerten. In jeder Region Deutschlands gibt es Steinbrüche von Kalkwerken, die meist auch Düngekalk produzieren. Dieser wird vor Ort zerkleinert und gesiebt. Per Lkw wird er dann an den Handel oder direkt zu den Betrieben geliefert, sodass die Logistikkette meist kurz ist und somit geringe Transportemissionen entstehen.

Die Fragen stellte Katrin Rutt



Mit neuem digitalen Wissens-Abo

# Vorausschauend informiert.

Über die Landwirtschaft von heute und morgen. Meinungsstark, tiefgründig, aus neuen Perspektiven.

**Zukunft Landwirtschaft.**

## Bestellung und Information



Service-Telefon: 0 25 01 / 801 3060  
E-Mail: [dlg-mitteilungen@lv.de](mailto:dlg-mitteilungen@lv.de)  
[www.dlg-mitteilungen.de](http://www.dlg-mitteilungen.de)





# NACH DER ERNTE IST VOR DER ERNTE

## **JETZT** den optimalen Zeitpunkt nutzen!

Regelmäßige Erhaltungskalkung vor der  
Bodenbearbeitung

- Bodenfruchtbarkeit erhalten
- Nährstoffvorräte mobilisieren
- Erträge sichern mit vitalen Böden



[www.naturkalk.de](http://www.naturkalk.de)

 **NATURKALK**