

432

Kalkdüngung unter besonderer Berücksichtigung von Carbokalk

Dipl.-Ing. agr. Claudia Hafner und Dr. agr. Reinhold Gutser, Lehrstuhl für Pflanzenernährung der TU-München - Weihenstephan, Freising

Die Nachhaltigkeit der Landwirtschaft wird sehr wesentlich von der Aufrechterhaltung eines ausreichenden Kalkzustandes der Böden geprägt. Die Bodenversauerung ist eine Folge protonenliefernder Prozesse (CO₂-Produktion von Pflanzen, Bodenorganismen, Protonenausscheidung der Pflanzenwurzeln, Humusbildung, Schwefel- und Ammoniumoxidation, physiologisch sauer wirkende Düngemittel sowie saurer Regen) und Verlusten basischer Kationen (Calcium und Magnesium) durch Auswaschung und Abfuhr über Ernteprodukte.

Notwendigkeit und Ziele der Kalkung

Sieht man vom Nährelement Magnesium ab, so liegt das Ziel einer Kalkung nicht in der Sicherstellung der Calciumversorgung der Pflanzen, sondern des Fruchtbarkeitszustandes des Bodens, der sich in seinen physikalischen (Strukturstabilität, Porengrößenverteilung, Wasserinfiltration etc.), chemischen (Nährstoffmobilität, Verhinderung von Aluminium- und Mangantoxizität) und biologischen (mikrobielle Aktivität, Umsatz der organischen Substanz) Eigenschaften äußert.

Der nutzungsabhängige optimale pH-Wert der Böden leitet sich aus der jeweiligen Zielsetzung der Kalkungsmaßnahmen ab. Für tonhaltige Böden unter Ackernutzung steht die Sicherstellung einer guten Bodenstruktur (Aggregat- und Porenstabilität) im Vordergrund. Die angestrebten pH-Werte garantieren eine gute chemische Verfügbarkeit der meisten Nährstoffe sowie einen ausreichend schnellen mikrobiellen Umsatz der organischen Substanz.

Grünlandböden weisen unabhängig vom pH-Wert eine hohe Gefügestabilität auf; die Kalkung dient primär der Aufrechterhaltung günstiger Bedingungen für den mikrobiellen Umsatz.

Die bodenartabhängigen Aufkalkungsziele sind Tabelle 1 zu entnehmen, wobei jedoch zu berücksichtigen ist, daß mit steigendem Gehalt an organischer Substanz der optimale pH-Wert sinkt. Im Gegensatz zu tonhaltigen Böden läßt sich die Bodenstruktur von Sandböden durch Kalkung nicht verbessern. Sie werden daher weniger stark aufgekalkt, damit z. B. kein Mangel an Spurenelementen auftritt.

Tab. 1: Aufkalkungsziele (pH-Wert) in Abhängigkeit von der Bodenart

Bodenart	Ackernutzung	Grünlandnutzung
S, IS	5,3 - 6,2	5,1 - 5,5
sL, uL	6,3 - 6,8	5,5 - 5,8
tL, T	6,8 - 7,2	5,9 - 6,2

Verschiedene Pflanzenarten reagieren unterschiedlich stark auf eine Kalkung. Zuckerrüben zeigten in einem 18 Jahre

lang durchgeführten Feldversuch auf Braunerde (Lößlehm) Mehrererträge bis zu 130 % über dem Ertrag ohne Kalkung (Abbildung 1).

Dieser große Ertragsunterschied im Jahre 1987 ist auf Abbildung 2 leicht zu erkennen. Im Schnitt der 18 Versuchsjahre lagen die Rübenerträge rund 40 % über der Kontrolle, während die Getreideerträge lediglich um durchschnittlich 5 % erhöht waren.

Für die Erhaltung dieser Optimalwerte ist eine Erhaltungsdüngung notwendig, die je nach Nutzung und Bodenart zwischen 200-400 (Ackerland) bzw. 150-250 (Grünland) kg CaO/ha betragen dürfte. Auf ton-, insbesondere aber schluffreichen und somit strukturschwachen Ackerböden entfallen dann Erhaltungsmaßnahmen, wenn freier Kalk im Boden vorliegt.



Die Notwendigkeit einer Kalkung landwirtschaftlicher Flächen ist zur Erhaltung eines pflanzenbaulich optimalen pH-Wertes gegeben. Unter dem Aspekt des Kreislaufgedankens bietet sich die Verwendung von Carbokalk, ein Nebenprodukt der Zuckerrübenfabrikation, an, der neben seinen basischen Bestandteilen weitere Pflanzennährstoffe enthält (Foto: Schiffer)

Kalkdünger

Kalkdünger sind basisch wirkende Stoffe, die sowohl die Protonen-Konzentration der Bodenlösung und des Austauschers verringern (Erhöhung des pH-Wertes), als auch deren Calcium- und/oder Magnesium-Sorption erhöhen. Diese Eigenschaft besitzen Oxide, Hydroxide, Carbonate und Silikate der Elemente Calcium und Magnesium.

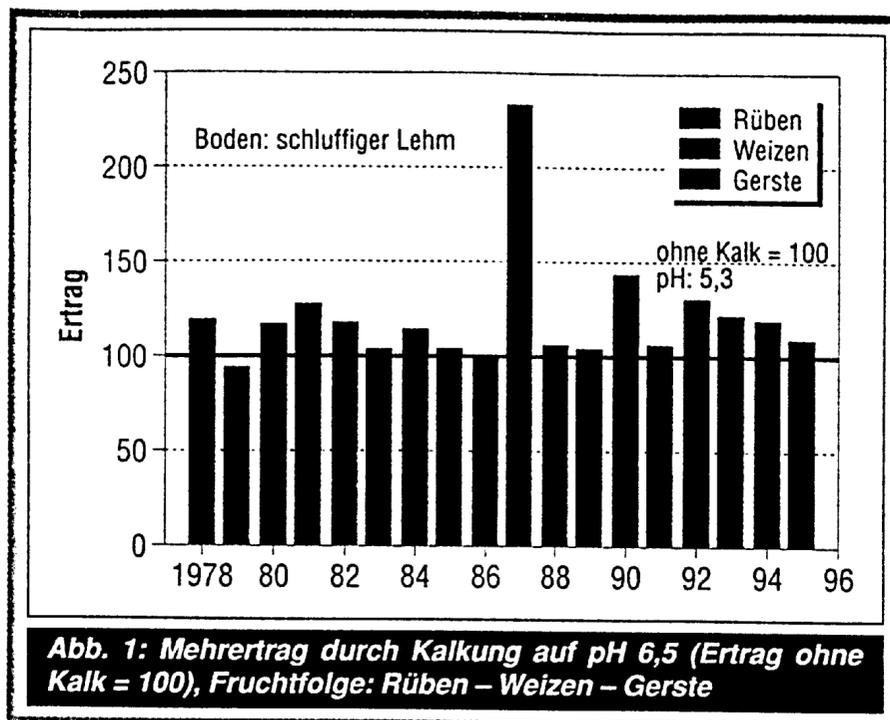
Zur Kalkdüngung steht dem Landwirt eine Vielzahl von Kalkdüngern wie Branntkalke, kohlen-saure oder silikatische Kalke, Rückstandkalke (z. B. Carbokalk), und zukünftig auch Sekundärrohstoffdünger mit höheren Kalkgehalten (z. B. Bio-komposte) zur Verfügung. Die allgemeine Kalkwirkung ist in kurz- und langfristige Effekte zu unterteilen. Unter einer kurzfristigen Wirkung ist die Gefügestabilisierung und die Versorgung mit Magnesium zu verstehen. Für diesen Zweck eignen sich Kalke mit vergleichsweise großer spezifischer Oberfläche, wie gemahlener Branntkalk, feinstgemahlene kohlen-saure Kalke, Rückstandkalke wie Carbokalk (siehe unten) und Schwarzkalk. Zur längerfristigen pH-Stabilisierung und zur allgemeinen Basenzufuhr bieten sich unter anderem gröber gemahlene kohlen-saure Kalke und



Tab. 2: Nährstoffgehalte in Carbokalk (60 – 70 % TS, in kg je 1 000 kg)

Nährstoffe	Mittelwert	Streubreite
bas. wirksame Bestandteile (ber. als CaCO ₃)	500	460 – 540
organische Substanz	100	80 – 150
Gesamt – N	4	3 – 6
– P ₂ O ₅ (P)	9 (4)	6 – 18
– K ₂ O (K)	1 (1)	0,2 – 2
– MgO (Mg)	10 (6)	5 – 13

soil bei 2,5 kg S (davon 90 % SO₄-S) und 0,9 kg B



gekörnte Kalke (z. B. Branntkalk) an. Im Zuge des Kreislaufgedankens ist es sinnvoll, auf Sekundärprodukte zurückzugreifen. Unter diesem Gesichtspunkt soll im folgenden auf die Verwendung von Carbokalk als Kalkdünger eingegangen werden.

Carbokalk

Carbokalk entsteht in der Zuckerfabrikation während der Reinigung und Neutralisation des Rübensaftes: Nach Zusatz von Kalkmilch zum Rübensaft und Einleiten von CO₂ fallen Calciumcarbonat, Nichtzuckerstoffe wie Eiweiß, organische Säuren, Pektine etc. und Mineralstoffe (z. B. Phosphate) aus der Lösung aus. Dieser sogenannte Kalkschlamm wird mechanisch auf einen Trockensubstanz-Gehalt von 60–70 % entwässert und stellt seit 1986 als „Carbokalk“ einen eigenen Düngemitteltyp nach Düngemittelgesetz dar. Der gesetzliche Mindestgehalt an CaCO₃ beträgt 45 %, als Siebdurchgang (4 mm) sind mindestens 97 % gefordert.

Je Tonne verarbeiteter Rübren fallen im Mittel 60 kg Carbokalk an, d. h. je Hektar Zuckerrübren durchschnittlich 3000 kg. Sowohl die anfallende Menge als auch die Nährstoffgehalte sind jedoch abhängig von der Höhe des Kalkzusatzes.

Mechanisch entwässert Kalk (60–70 %) weist im Mittel etwa 50 % CaCO₃ (basische Bestandteile berechnet als CaCO₃) entsprechend 28 % CaO auf und enthält zusätzliche Nährstoffe wie Magnesium, Phosphat, Stickstoff und geringe Mengen an

Kalium; die organische Substanz (Zellbestandteile der Rübren, gefällte organische Säuren, Pektine) beträgt etwa 10 % (Tabelle 2). Die Zusammensetzung ist abhängig von den Mineralstoffgehalten der Rübren, dem Kalkverbrauch zur Saftreinigung und der Art des verwendeten Kalkmaterials (z. B. Kalkstein mit unterschiedlichen Mg-Gehalten). Carbokalk weist durchwegs geringe Gehalte an Schwermetallen auf. Die in der Düngemittelverordnung der Bundesrepublik Deutschland für Rückstandkalke festgelegten Höchstwerte werden um ein vielfaches unterschritten, so daß diesbezüglich keinerlei Anwendungsbeschränkungen bestehen.

Carbokalk ist aus pflanzenhygienischer Sicht unbedenklich, da er aufgrund hoher Temperaturen (70–90 °C) während der Zuckerextraktion und Saftreinigung weitgehend sterilisiert wird.



Abb. 2: Zuckerrübren (Aufnahme Juli): vorne ohne Kalk, hinten mit Kalk (Foto: Verfasser)

Kalkwirkung

Carbokalk besteht im wesentlichen aus frisch ausgefallenem Calciumcarbonat. Dieses besitzt eine deutlich größere Oberfläche als der in üblichen kohlen-sauren Kalken vermahlene Kalkstein. Entsprechend der wesentlich höheren spezifischen Oberfläche ist auch die Löslichkeit des Carbokalkes im Vergleich zu kohlen-sauren Kalken in Salzsäure und damit die Reaktivität der basischen Bestandteile deutlich gesteigert.

Mit der guten Löslichkeit geht die hohe Mobilität des enthaltenen Calciums und Magnesiums einher. Folglich kann einerseits die Mg-Ernährung der Pflanzen gezielt verbessert und die Reaktion der Unterböden schneller beeinflusst werden, andererseits ist auf flachgründigen Böden von einer höheren Ca- und Mg-Auswaschung im Vergleich zu anderen Düngern auszugehen. Das Potential zur Ca- und Mg-Auswaschung spiegelt ein Ge-

Düngung

fäßversuch wider (Tabelle 3). Durch mehrfache Perkolationen unbepflanzter Gefäße wurde aus der Variante mit Carbokalk ein Vielfaches an Calcium im Vergleich zur Variante mit kohlen-saurem Kalk ausgewaschen. Die Bodenuntersuchung zu Versuchsende zeigt, daß Carbokalk den pH-Wert stärker erhöht als kohlen-saurer Magnesium-Kalk, jedoch eine geringere Magnesiumversorgung gewährleistet. Die Krumenkalkung zu Zuckerrüben brachte in einem Feldversuch insbesondere kurzfristig (1 Monat nach Kalkung) als auch mittelfristig (8 Monate nach Kalkung) deutliche Effekte auf den pH-Wert (Tabelle 4). Die pH-Erhöhung durch Branntkalk fiel bei gleicher Aufwandmenge an CaO deutlich geringer aus.

Die Erhaltungskalkung für mittelschwere Böden (z.B. schluffige Lehme, Lößböden) beträgt im 3jährigen Turnus im Mittel ca. 1000 kg CaO, entsprechend einer Carbokalkgabe je nach CaCO₃-Gehalt von 4–4,5 t/ha. Die hohe Reaktionsfähigkeit des Kalkes legt den Einsatz zur kurzfristigen Strukturstabilisierung zu empfindlichen Kulturen (z. B. Zuckerrüben, Feldgemüse (Feinsämereien)) nahe.

Nährstoffwirkung

Im Gegensatz zu herkömmlichen Kalken enthält Carbokalk neben seinen basisch wirksamen Bestandteilen weitere Nährstoffe (Tabelle 2). In 1 t Carbokalk sind 3–6 kg

Tab. 3: Calcium- und Magnesium-Auswaschung nach Kalkung und Bodenuntersuchung zu Versuchsende; sL, pH: 5,2; Kalkgabe ≈ 60 dt CaO/ha – Gefäßversuche

Kalkform	Auswaschung (mg/Gef.)		Bodenuntersuchung Versuchsende	
	Ca	Mg	pH	Mg (mg/100 g)
ohne Kalk	127	20	4,3	10
Carbokalk	685	42	6,7	11
kohlens. Mg.-Kalk	151	45	5,6	31

Tab. 4: Krumenkalkung zu Zuckerrüben – Braunerde (Löß); Kalkung: April

Zeitpunkt Bodenschicht	Kontrolle	pH-Werte (CaCl ₂) des Bodens			
		1 t CaO		2 t CaO	
		Carbokalk	Branntkalk	Carbokalk	Branntkalk
Mai: 0 – 8 cm	6,1	6,7	6,4	7,0	6,5
Okt.: 0 – 25 cm	5,6	6,4	6,2	6,8	6,3

Stickstoff enthalten, der zum überwiegenden Teil organisch gebunden ist und dessen Mineralisation daher stark temperaturabhängig ist. Bei Applikation kurz vor der Saat (Frühjahr) erzielte der im Kalk enthaltene Stickstoff aufgrund der optimalen Mineralisationsbedingungen eine ähnlich gute Wirkung wie mineralischer N-Dünger. Auch nach Anwendung im August wird der enthaltene Stickstoff schnell nitrifiziert und liegt somit als Nitrat auswaschungsgefährdet vor. Eine Stoppelkalkung im Sommer und Herbst auf leichten Standorten erwies sich daher nur in Kombination mit Strohdüngung als günstig.

Carbokalk enthält durchschnittlich 9 kg P₂O₅ (3,9 kg P) je Tonne Frischsubstanz, welches vorwiegend als Dicalciumphosphat vorliegen dürfte. Bei angemessenen

Kalkgaben konnten die gleichen P-Effekte wie bei mineralischer P-Düngung (DCP) erzielt werden. Ebenso wie das Phosphat sind die restlichen enthaltenen Haupt- und Spurennährstoffe (Kalium, Magnesium, Schwefel, Natrium und Bor) in der Bemessung der Düngung voll zu berücksichtigen.

Zusammenfassung

Die Notwendigkeit einer Kalkung landwirtschaftlicher Flächen ist zur Erhaltung eines pflanzenbaulich optimalen pH-Wertes gegeben. Unter dem Aspekt des Kreislaufgedankens bietet sich die Verwendung von Carbokalk, ein Nebenprodukt der Zuckerfabrikation, an, der neben seinen

basischen Bestandteilen weitere Pflanzennährstoffe enthält. Die hohe spezifische Oberfläche des frisch ausgefallenen Calciumcarbonates bedingt eine hohe Reaktivität der basischen Bestandteile, auf flachgründigen Standorten muß jedoch mit erhöhter Ca- und Mg-Auswaschung gerechnet werden. Aufgrund der unterschiedlich starken Reaktion der Kulturen auf Kalkung, liegt es nahe, die Kalkung einer Fruchtfolge schwerpunktmäßig den bedürftigen Kulturen (z. B. Zuckerrüben) zu verabreichen. ZR

Literatur

- Amberger, A. und Gutser, R.: Carbonationskalk, ein Rückstandkalk aus der Zuckerfabrikation. Bayer. Landw. J 59 (1982), 886-889
 Gutser, R.: Use of carbonation lime from beet. In: Van der Poel, Schiweck, Schwartz (Hrg.): Sugar Technology, Verlag Dr. Albert Bartens, Berlin (1998) (in Druck)