

Centre de conseils agricoles  
Landwirtschaftliches Beratungszentrum

# KALKUNG DER BÖDEN – DATENBLATT

Verfasser : Joël Grossrieder, Denis Morand, Pierre Aeby



## I. Weshalb müssen wir unseren Böden Kalk zuführen?

In kalkfreien Böden ist die Versauerung ein natürlicher Prozess, wodurch die Funktionalität eines Bodens für die landwirtschaftliche Nutzung nicht mehr gewährleistet ist. Der Säuregrad eines Bodens kann mit dem pH-Wert oder mit der Kationenaustauschkapazität beziehungsweise der Basensättigung ermittelt werden. **Der pH-Wert entspricht der Konzentration von Wasserstoff-Ionen (H<sup>+</sup>) im Boden.** In landwirtschaftlich genutzten Böden ist ein pH-Wert im Bereich von 6.7 bis 7.3 erstrebenswert, da so die Verfügbarkeit der meisten Nährstoffe gesichert ist und verschiedene chemische und biologische Prozesse im Boden optimal ablaufen können. **Die Kationenaustauschkapazität (KAK): Sie entspricht den austauschbaren Kationen (K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> und H<sup>+</sup>) im Boden und ist somit ein Mass für das Nährstoffspeichervermögen eines Bodens.** Mit steigenden Ton- und Humusgehalten steigt auch die KAK aufgrund der negativen Ladungsstellen. **Die Basensättigung** entspricht dem Anteil basisch wirkender Nährionen (K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>) an der KAK. Eine Basensättigung von >60% ist in jedem Fall anzustreben, idealerweise befindet sie sich jedoch auf >70% in leichten Böden, >80% in mittleren Böden und >90% in schweren Böden. In den meisten Fällen kann anhand des pH-Wertes eine gute Aussage über den Zustand der Bodenreaktion und die Verfügbarkeit der Nährelemente gemacht werden. Jedoch kann in Fällen, in denen ein besonderes Gleichgewicht besteht, die KAK beigezogen werden, um allfällige Probleme zu ergründen.

## II. Welche Wirkungen hat Kalk im Boden?

Um den pH-Wert, die KAK (+Basensättigung) in einem gewünschten Bereich zu halten, sind in kalkfreien Böden regelmässige Kalkgaben vorzusehen. Folgende positive Wirkungen können mit Kalkgaben bewirkt werden:

**Chemische Kalkwirkung:** Durch Kalkgaben werden die sauer wirkenden H<sup>+</sup>-Ionen

am Ton-Humus-Komplex durch Ca<sup>2+</sup>-Ionen ersetzt, gehen in Lösung und werden schliesslich gebunden, wodurch der pH-Wert und die Basensättigung steigen. Negative Ladungsplätze am Ton-Humus-Komplex werden frei für Nährstoffe. Befindet sich der pH-Wert im sauren Bereich, kann die Verfügbarkeit von Phosphor (P), Bor (B) und Molybdän (Mo) durch eine Kalkgabe verbessert werden. Für andere Elemente wie Eisen (Fe), Mangan (Mn), Kupfer (Cu) oder Zink (Zn) aber auch Phosphor (P) kann die Verfügbarkeit auch abnehmen, wenn der pH-Wert in den alkalischen Bereich steigt.

**Physikalische Kalkwirkung:** Die freiwerdenden Ca<sup>2+</sup>-Ionen beeinflussen die Krümelbildung positiv. Sie bilden Brücken zwischen den negativ geladenen Ton- und Humusteilchen, was einen positiven Einfluss auf die Bodenstruktur hat. Damit wird indirekt der Luft- und Wasserhaushalt des Bodens verbessert.

**Bodenbiologische Kalkwirkung:** Durch einen optimalen pH-Wert sowie gute Luft und Wasserverhältnisse, wird das Bodenleben gefördert. Dadurch werden Ab- und Umbauprozesse beschleunigt wie die Zersetzung von Ernteresten oder die Mineralisierung.

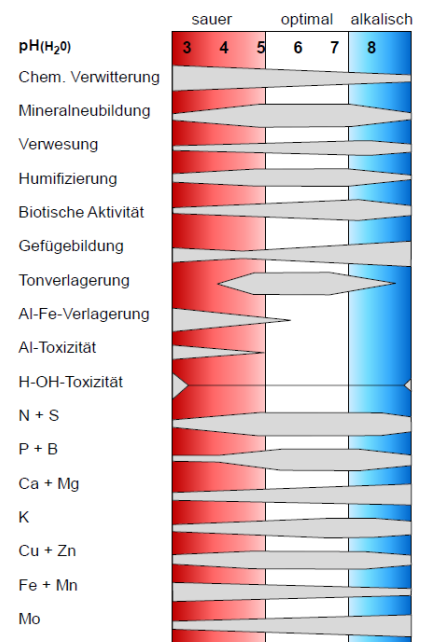


Abbildung 1: Beziehung zwischen pH und Nährstoffverfügbarkeit sowie chemischen und biologischen Prozessen im Boden (Quelle: GRUD 2017).

### III. Wie ist der Einfluss verschiedener Düngemittel auf den pH-Wert?

Bei der Anwendung von Düngern ist auch deren Effekt auf die Bodenreaktion zu berücksichtigen. Vor allem Dünger welche Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), Harnstoff ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ) und andere organische N-Formen sowie elementaren und organischen Schwefel enthalten, haben einen stark versauernden Effekt. Hofdünger können unterschiedlich auf den pH-Wert wirken. Durch die Zufuhr von organischer Substanz und deren Humifizierung, kann die Pufferkapazität, also die Fähigkeit Säuren zu binden, erhöht werden. Andererseits werden bei der Mineralisierung und der Bereitstellung von Nährstoffen auch Säuren freigesetzt. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass der pH-Wert durch die Zufuhr von Kompost und Mist besser gepuffert werden kann. Bei der Gülle ist zwischen den Tierarten zu unterscheiden. So hat Rindergülle einen versauernden Effekt, hingegen ist die Wirkung von Schweinegülle auf den pH-Wert gering.

### IV. Welche Arten von Kalkdüngern gibt es und wie ist ihr Einfluss auf die Bodenreaktion?

Als Kalkdünger gelten basisch wirkende Stoffe (Tabelle 1). Die Wirkungsgeschwindigkeit hängt einerseits von der Form, Magnesium- und Calciumoxide wirken schneller als Magnesium- und Calciumcarbonate, und andererseits von der Körnung ab. Vor allem bei den Carbonaten ist die Körnung ein entscheidender Faktor bezüglich der Reaktivität. Aufgrund der Oberflächenvergrößerung wirkt ein Kalk umso schneller, je feiner er gemahlen ist. Wird eine sehr schnelle Wirkung angestrebt, sollten mindestens 90% des Produktes eine Mahlfineinheit von  $<0.1\text{mm}$  erreichen. Die Wirkung der verschiedenen Kalkformen auf den pH-Wert wird mit dem Neutralisationswert wiedergegeben (Tabelle 1). Die im Kalk enthaltenen Calcium- und Magnesium-Ionen dienen natürlich auch als wichtige Pflanzennährstoffe (Tabelle 1). Sowohl der Neutralisationswert als auch der Gehalt an Calcium und Magnesium je Gewichtseinheit unterscheiden sich aufgrund der unterschiedlichen chemischen Zusammensetzung der Kalke.

Tabelle 1: Basisch wirkende Stoffe, ihr Neutralisationswert (NW), deren Umrechnung in CaO-Äquivalente sowie ihr Gehalt an Calcium und Magnesium.

Name	Chemische Formel	NW	CaO-Äquivalente	kg Ca/Tonne	kg Mg/Tonne
Calciumoxid	CaO	1.00	CaO x 1	715	
Magnesiumoxid	MgO	1.39	MgO x 1.39		603
Calciumcarbonat	CaCO <sub>3</sub>	0.56	CaCO <sub>3</sub> x 0.56	400	
Magnesiumcarbonat	MgCO <sub>3</sub>	0.67	MgCO <sub>3</sub> x 0.67		288

### V. Welches Produkt nehme ich?

Die Wahl des Produktes hängt davon ab, welche Wirkung erzielt werden soll. Muss der pH-Wert in kurzer Frist angehoben werden, spricht man von einer Aufkalkung (1). Um den pH-Wert langfristig im gewünschten Bereich zu halten, sind Erhaltungskalkungen (2) alle 2-3 Jahre vorzusehen. Neben der basischen Wirkung haben Kalke auch eine Düngewirkung (3). Nicht zuletzt sind Verfügbarkeit und Preis bei der Planung miteinzubeziehen. Tabelle 2 zeigt eine nicht abschliessende Auswahl auf dem Markt erhältlicher Produkte.

Tabelle 2: Kalkdünger und ihre Gehalte (GRUD 2017).

Handelsname	Chemische Formel	Gehalt (%)	CaO-Äquivalent (1)	Wirkung
Düngkalk	CaCO <sub>3</sub>	>90	50	langsam
Meeralgenkalk	CaCO <sub>3</sub> MgCO <sub>3</sub>	75-80 10	50	langsam
Dolomitkalk	CaCO <sub>3</sub> MgCO <sub>3</sub>	50-60 40	45-50	langsam
Branntkalk	CaO	75-90	75-90	schnell
Magnesium-Branntkalk	CaO MgO	60 25	95	schnell
Ricokalk	CaCO <sub>3</sub>	54	30	mittel
Düngkalk Nebenprodukt der Kiesgewinnung	CaCO <sub>3</sub>	Variabel – Je nach Herkunft		langsam

(1) Rechnerisch ermittelter Neutralisationswert in CaO-Äquivalenten (%) = Gehalt in % x (CaCO<sub>3</sub>x0.56 + Mg CO<sub>3</sub>x0.67+CaOx1+MgOx1.39)

(1) Aufkalkung: Für eine Aufkalkung sollten Produkte mit einer schnellen Wirkung gewählt werden. Dazu gehören Calcium- und Magnesiumbranntkalke (CaO/MgO). Sie werden durch die Erhitzung von Kalken hergestellt, wodurch Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) ausgetrieben wird und kleine Kristalle entstehen, was die Reaktivität deutlich erhöht. Alternativ können Calcium- und Magnesiumcarbonate (CaCO<sub>3</sub>/MgCO<sub>3</sub>) eingesetzt werden, welche mindestens zu 90% eine Mahlfineinheit von  $<0.1\text{mm}$  aufweisen.

(2) Erhaltungskalkung: Soll der zugeführte Kalk einen längerfristigen Effekt haben, wie dies bei Erhaltungskalkungen gewünscht ist, werden idealerweise Produkte gewählt, welche Calcium- und Magnesiumcarbonate (CaCO<sub>3</sub>/MgCO<sub>3</sub>) enthalten. Bei den Carbonatkalke, welche aus gebrochenem Kalkstein, beim Waschvorgang in der Kiesgewinnung oder in den Zuckerfabriken (Ricokalk) gewonnen werden, hängt die Wirkungsgeschwindigkeit einerseits vom Ausgangsmaterial, vor allem aber von der Mahlfineinheit eines Produktes ab. Grundsätzlich gilt, je feiner ein Produkt gemahlen ist, umso schneller wirkt es,

aufgrund der vergrösserten Oberfläche. Ab einer Mahlfineinheit von 0.5-1mm können die Produkte auch mit dem Düngerstreuer ausgebracht werden, wodurch die Wirkungsgeschwindigkeit jedoch deutlich vermindert wird.

(3) Düngewirkung: Calcium (Ca) und Magnesium (Mg) sind wichtige Pflanzennährstoffe. Eine Hektare Luzerne exportiert beispielsweise rund 200kg Calcium/ha/Jahr. Tabelle 1 zeigt, wie viel Kilogramm Calcium und Magnesium mit jeweils einer Tonne reinem Kalk zugeführt werden. Düngekalk enthält rund 90% Calciumcarbonat (CaCO<sub>3</sub>), womit pro Tonne rund 360kg Calcium zugeführt werden. Im Vergleich dazu bringen 20m<sup>3</sup> Schweinegülle rund 40kg Calcium und 10t Pouletmist 50kg Calcium. Ricokalk, auch bekannt als Arbergerkalk, enthält pro Tonne rund 200kg Calcium, 12kg Phosphat, 6kg Magnesium und 110kg organische Substanz. Gips gilt zwar als Calciumdünger, hat jedoch keine basische Wirkung.

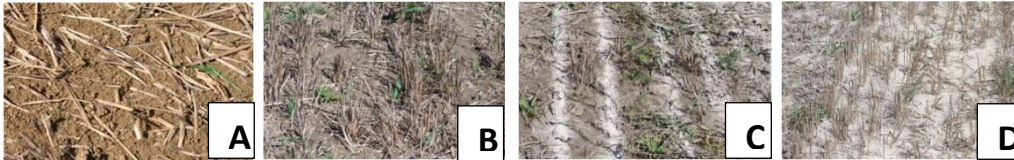


Abbildung 2 : Gesteinskalke entstehen bei der Kisegewinnung oder beim Brechen von Kalkgestein. Ihr Gehalt kann sich je nach Herkunft verändern (A). Granulierte Kalke haben aufgrund der kleineren Oberfläche eine langsamere Wirkung als gemahlene Kalke (B). Sehr feine, gemahlene Produkte müssen mit Schläuchen oder Balken möglichst bodennah ausgebracht werden um Verluste zu minimieren (C). Ricokalk (Aarberegrkalk) ist etwas weniger fein gemahlen und kann auch mit einem Tellerstreuer ausgebracht werden (D).

## VI. Wie wird die benötigte Kalkmenge berechnet?

Zur Bestimmung der Kalkmenge können sowohl der pH-Wert als auch die Basensättigung genutzt werden (je nach Analyse). Um die Kalkmenge zu bestimmen, wird in Äquivalenten von Calciumoxid (CaO) gerechnet (Tabelle 3 und 4). Durch höhere Ton- und Humusgehalte steigt die Pufferkapazität eines Bodens, es werden mehr H<sup>+</sup>-Ionen am Ton-Humus-Komplex gebunden. Um einen Effekt auf den pH-Wert zu erzielen, muss dementsprechend mehr Kalk zugeführt werden, je höher der Tongehalt ist. Auf Naturwiesen sind kleine Mengen, jährlich oder alle 2 Jahre sinnvoller, da der pH-Wert auch einen Einfluss auf die botanische Zusammensetzung hat. Allgemein sollten Kalkgaben über 20dt/CaO über mehrere Jahre verteilt werden. Zu grosse Kalkmengen auf einmal können sich negativ auf die Verfügbarkeit von Phosphor, aber auch von Spurenelementen und das Bodenleben auswirken

Tabelle 3: Bemessung der Kalkmenge (dt CaO/ha) anhand des pH-Wertes und des Tongehaltes (Quelle: GRUD 2017)

Ton-, Humusgehalt	pH des Bodens	Aufkalkung		Erhaltungskalkung	
		dt CaO/ha		dt CaO alle 4-5 Jahre	dt CaO/ha und Jahr
		Ackerbau, Feldgemüse, Rebbau, Obstbau	Naturwiesen	Naturwiesen	Obstbau
<10% Ton	<5.3	20	10	-	2.5-3
	5.3-5.8	15	7.5	5-7	1-2.5
	5.9-6.2	10	5	5-7	0.5-1
10-20% Ton	>6.2	0	0	-	0-0.75
	<5.3	25	12.5	-	3-4
	5.4-5.8	20	10	6-9	1.5-2.5
20-30% Ton	5.9-6.2	15	7.5	6-9	0.75-1.25
	>6.2	0	0	-	0-1
	<5.3	30	15	-	3.5-4.25
>30% Ton	5.4-5.8	25	12.5	8-10	2.5-3.5
	5.9-6.2	20	10	8-10	1-1.5
	>6.2	0	0	-	0-1.25
>10% Humus	<5.3	35	20	-	5-6
	5.4-5.8	30	17.5	9-12	2-5
	5.9-6.2	25	15	9-12	1-2
	>6.2	0	0	-	0-1.5
		0	0	-	0

Auszubringende Menge Kalkdünger pro ha = Kalkmenge dt CaO pro ha (Tabelle 3/4) / CaO-Äquivalent (Tabelle 2) \* 100

Beispiel Düngkalk: 15dt CaO pro ha / 50 \* 100 = 30dt Düngkalk pro ha

Mit der KAK und der Basensättigung kann direkt ermittelt werden, wie viele H<sup>+</sup>-Ionen im Boden vorhanden sind und neutralisiert werden müssen. Die Bestimmung der benötigten Kalkmenge lässt sich mit diesen Faktoren deutlich präziser gestalten und kann in manchen Fällen, wenn sich der pH-Wert in einem guten Bereich befindet, jedoch Probleme bei der Nährstoffverfügbarkeit auftreten, sinnvoll sein.

Tabelle 4: Bemessung der Kalkmenge (dt CaO/ha) anhand der KAK und der Basensättigung (Quelle: GRUD 2017).

Basensättigung (%)			dt CaO/ha anhand der KAK (cmol+ oder mäg/100g Boden)			
Offenes Ackerland / Kunstwiesen	Naturwiesen	Rebbau Obstbau	<10	10-14.9	15-19.9	>20
>60	50	>60	0	0	0	0
50-59	40-49	50-59	7.3	12.5	15.5	20
40-49	30-39	40-49	10	13	21.5	28
<40	<30	<40	13	24.5	27.5	36

### VII. Wann Kalken ?

Die Kalkung ist zu jeder Jahreszeit möglich, insofern es die Bodenbedingungen zulassen. Idealerweise :

- Auf Ackerflächen: Vor dem Anlegen der Kultur oder auf die Stoppeln.
- Auf Mähwiesen: Idealerweise am Ende der Saison, auch zwischen zwei Schnitten möglich
- Auf Weiden: Am Ende der Saison (Geruch)

Nicht kalken :

- In den 12 Monaten vor Kartoffeln (Schorfgefahr) und Tabak
- Wenn die Kalkung direkt vor dem Anbau von Zuckerrüben gemacht wird, Blattapplikation mit Bor vorsehen, wegen Immobilisierung.
- Gleichzeitig wie Hofdüngern → Stickstoffverluste in Form von Ammoniak (NH<sub>3</sub>)

### VIII. Ausbringung

Die ideale Mechanisierung hängt vom gewählten Produkt ab. Für die Ausbringung von Ricokalk (Aarbergerkalk) ist ein Tellerstreuer von Vorteil. Granulierte Produkte, welche im Sack und BigBag erhältlich sind, können mit dem Düngerstreuer ausbracht werden.



Abbildung 4 : (A) Une chaux des gravières peut être appliquée avec une épandeuse à disque spécialisée. (B) L'épandage à l'aide d'un semoir à engrais pour la chaux sous forme de granulés. (C) Chaux d'Aarberg épandue à l'aide d'une rampe spécialisée additionnée d'une bâche de protection afin de diminuer la poussière. (D) L'épandeuse à rampe spécialisée avec pendillard permet d'appliquer les produits en poudre au plus près du sol afin de limiter les pertes.