

## Kalkung

Eine ausreichende Kalkversorgung des Bodens ist wichtig für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit. Hierbei kann man drei Wirkungsweisen des Kalkes unterscheiden:

- Die chemische Wirkung des Kalkes beruht auf dem Zusammenhang zwischen dem pH-Wert als Maß für den Kalkversorgungszustand und der Verfügbarkeit der Nährstoffe. Während Phosphat und Bor im schwach sauren bis neutralen Bereich (pH 6 bis 7) am besten verfügbar sind, nimmt die Löslichkeit der Spurenelemente (außer Molybdän) mit steigendem pH-Wert ab.
- Die physikalische Wirkung beruht darauf, dass der Kalk Brücken zwischen den Tonteilchen bildet, so dass stabile Bodenkrümel entstehen können. Diese strukturverbessernde Wirkung ist besonders wichtig auf ton- und schluffreichen Böden: Die Verschlammungs- und Erosionsneigung wird gemindert, die Böden sind tragfähiger und weniger anfällig gegenüber Verdichtungen, wodurch gleichzeitig das Wurzelwachstum der Pflanzen und der Luft-, Wasser- und Wärmehaushalt des Bodens begünstigt werden.
- Neben dieser indirekten Wirkung durch die Bodengare werden Bodenlebewesen auch direkt durch einen optimalen pH-Wert begünstigt. Damit hat der pH-Wert einen Einfluss auf wichtige Abbau- und Umbauprozesse im Boden (Zersetzung der Erntereste, Aufbau stabiler Humusformen, Mineralisation usw.).

Wegen der vielfältigen Wirkung des Kalkes stellt der für einen bestimmten Standort anzustrebende pH-Wert einen Kompromiss dar, der die optimale Nährstoffverfügbarkeit, Bodengare und biologische Aktivität gewährleistet. Der richtige pH-Wert hängt ab von der Bodenart, dem Humusgehalt und der Art der Nutzung (Acker, Grünland). Ähnlich der bekannten Einstufung der Nährstoffversorgung in die Gehaltsklassen A bis E wird auch der gemessene pH-Wert einer Gehaltsklasse zugeordnet, um eine schnelle und einfache Bewertung der Kalkversorgung vornehmen zu können. Die Interpretation der Gehaltsklassen enthält die Tabelle „Bedeutung der Kalkgehaltsklassen“.

In den Tabellen „Ziel-pH-Wert und Erhaltungskalkung“ sind bodenart- und humusgehaltsabhängige Ziel-pH-Werte angegeben. Diese entsprechen der Mitte der Gehaltsklasse C, die jeweils eine Spannweite von 0,2 pH-Einheiten nach oben und unten umfasst (siehe Tabellen „Gehaltsklassen und Kalkempfehlung“). Wenn der pH-Wert im Optimalbereich liegt, muss regelmäßig gekalkt werden, um die unvermeidbaren Kalkverluste (z. B. durch Auswaschung, Eintrag versauernder Substanzen, Pflanzenentzug) zu ersetzen (Erhaltungskalkung). Die hierzu im Mittel für drei Jahre benötigten Kalkmengen für Acker- und Grünland sind in den Tabellen „Ziel-pH-Wert und Erhaltungskalkung“ aufgeführt.

Bei Unterschreitung des optimalen pH-Bereichs müssen die Kalkgaben gegenüber der Erhaltungskalkung gesteigert werden, um den pH-Wert mittelfristig bis zum gewünschten Niveau anzuheben. Die Tabellen „Aufkalkungsempfehlung“ enthalten gerundete Kalkmengen für die Aufkalkung bei Unterschreitung des Ziel-pH-Wertes in Abhängigkeit vom gemessenen pH-Wert, wie sie von dem von der LUFA eingesetzten Programm DungPro für mittlere Fruchtfolge- und Standortbedingungen berechnet werden.

## Bedeutung der Kalkgehaltsklassen

Klasse	Auswirkungen	Maßnahmen
<b>A</b>	starke Beeinträchtigung der Bodenstruktur und Nährstoffverfügbarkeit, deutliche Ertragseinbußen bei fast allen Kulturen	Kalkung hat unabhängig von der aktuellen Kultur Vorrang vor anderen Düngungsmaßnahmen
<b>B</b>	beeinträchtigte Bodenstruktur und Nährstoffverfügbarkeit, Ertragseinbußen bei kalkanspruchsvollen Kulturen	möglichst baldige Kalkung in der Fruchtfolge
<b>C</b>	optimale Bedingungen für Bodenstruktur und Nährstoffverfügbarkeit	Erhaltungskalkung
<b>D</b>	Nährstoffverfügbarkeit kann unter bestimmten Bedingungen eingeschränkt sein, Ertragseinbußen	keine Kalkung
<b>E</b>	Eingeschränkte Nährstoffverfügbarkeit, Ertrags- und Qualitätseinbußen wahrscheinlich	keine Kalkung, Einsatz versauernder Dünger

Genauer als diese Anhaltswerte sind die Kalkmengen, die von der LUFA auf der Grundlage der Bodenuntersuchung als Empfehlung ausgewiesen werden, weil bei der Berechnung die tatsächlichen Niederschlagsmengen und Humusgehalte sowie die mit Erntegut und Ernteresten abefahrenen Kalkmengen berücksichtigt werden. Um zu schnellen pH-Veränderungen und daraus folgenden Problemen mit der Nährstoffverfügbarkeit vorzubeugen, sollten pro Kalkung bestimmte Kalkmengen nicht überschritten werden (s. Tabellen: Ziel-pH-Wert und Erhaltungskalkung). Die maximal auszubringenden Kalkgaben sind umso kleiner, je leichter der Boden ist, da solche Böden mit niedrigem Tongehalt nur ein geringes Pufferungsvermögen aufweisen. Für die Kalkung kommt eine breite Palette an Kalkdüngern in Betracht (s. Tabelle „Auswahl wichtiger Kalkdünger“). Für die Erhaltungskalkung sind kohlen- und kieselsaure Kalke ausreichend schnell wirksam. Branntkalk und Mischkalk eignen sich vor allem für die schnelle pH-Anhebung (Aufkalkung) auf mittleren und schwereren Böden. Auf leichten Standorten sollten sie wegen der geringen Pufferfähigkeit des Bodens nicht eingesetzt werden. Für Grünland sind sie ebenfalls weniger geeignet, da beim Einsatz von Branntkalk Ättschäden an Pflanzen auftreten können. Neben diesen klassischen Kalkformen lässt das Düngemittelrecht weitere insgesamt 21 Kalke industrieller Herkunft zu, wozu unter anderem auch der Carbokalk gehört. Je nach Herkunft können diese sehr unterschiedliche CaO-Gehalte aufweisen. Gleiches gilt für die Reaktivität, so dass zur Beurteilung der Wirkgeschwindigkeit diesbezügliche Angaben eingefordert werden sollten.

Der Gehalt eines Kalkes an basisch wirksamen Bestandteilen (bewertet als CaO) muss deklariert werden. Auf diese Angaben beziehen sich die Düngeempfehlungen. Nur bei kohlen-sauren Kalken wird die chemische Formel  $\text{CaCO}_3$  bzw.  $\text{MgCO}_3$  verwendet. Die Umrechnung kann mit den Faktoren 0,56 bzw. 0,48 ( $\text{CaCO}_3$ -Gehalt in %  $\times$  0,56 = CaO-Gehalt in %;  $\text{MgCO}_3$ -Gehalt  $\times$  0,48 = MgO-Gehalt in %) erfolgen. 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 einen Kalk mit höherem Anteil an Magnesium, wie es bei den kohlen-sauren Kalken häufiger vorkommt, ergibt sich daraus eine höhere basische Wirksamkeit als sie ausgewiesen wird. Diese lässt sich in der Tabelle „Basische Wirksamkeit von kohlen-sauren Kalken...“ in 5 %-Schritten ablesen. Wird neben dem CaO-Gehalt oder dem  $\text{CaCO}_3$ -Gehalt auch der nicht vorgeschriebene Neutralisationswert angegeben, entspricht dieser der in der Tabelle vorgenommenen Umrechnung und ist der genaueste Vergleichsmaßstab.

## Ziel-pH-Wert und Erhaltungskalkung für Ackerland (gerundete Werte)

Bodenart:	Ziel-pH-Wert und Erhaltungskalkung* (kg/ha CaO) in Abhängigkeit vom Humusgehalt					maximale Kalkgabe pro Jahr in kg/ha CaO	
	bis 4 % humusarm bis humos	4,1 - 8 % stark humos	8,1 - 15 % sehr stark humos	15,1 - 30 % anmoorig	über 30 % Moor**		
<b>S</b>	pH	5,6	5,2	4,8	4,3	4,1	1000
	CaO	600	500	400	200	0	
<b>IS, sU</b>	pH	6,0	5,6	5,2	4,8		1500
	CaO	900	800	700	300		
<b>ssL, IU</b>	pH	6,4	6,0	5,6	5,1		2000
	CaO	1100	900	700	400		
<b>sL, uL, L</b>	pH	6,8	6,3	5,8	5,2		3000
	CaO	1300	1100	900	500		
<b>utL, tL, T</b>	pH	7,0	6,5	6,0	5,4		4000
	CaO	1600	1500	1200	600		

\* Die empfohlenen Kalkmengen beziehen sich auf eine dreijährige Fruchtfolge mit mittlerem Ertragsniveau bei 850 mm Jahresniederschlag. \*\* Die Kalkempfehlung für Moorstandorte bezieht sich auf Hochmoor, Niedermoorstandorte weisen zumeist von Natur aus pH-Werte von 6-6,5 auf und bedürfen keiner Kalkung.

## Gehaltsklassen (GK) und Kalkempfehlung (kg/ha CaO, gerundet) für Ackerland bei 2 % Humus in Abhängigkeit von Ist-pH-Wert und Bodenart

Bodenart	S		IS, sU		ssL, IU		sL, uL, L		utL, tL, T	
	GK	kg/ha CaO	GK	kg/ha CaO	GK	kg/ha CaO	GK	kg/ha CaO	GK	kg/ha CaO
5,0	B	2000	B	4700	A	6600	A	7800	A	9400
5,1	B	1800	B	4300	A	6200	A	7500	A	9000
5,2	B	1600	B	3900	A	5800	A	7100	A	8600
5,3	B	1300	B	3500	A	5400	A	6800	A	8300
5,4	C	1100	B	3200	B	5100	A	6400	A	7900
5,5	C	800	B	2800	B	4700	A	6000	A	7500
<b>5,6</b>	<b>C</b>	<b>600</b>	B	2400	B	4300	A	5700	A	7100
5,7	C	400	B	2000	B	3900	A	5300	A	6700
5,8	C	100	C	1700	B	3500	B	4900	A	6300
5,9	D	-	C	1300	B	3100	B	4600	A	5900
<b>6,0</b>	D	-	<b>C</b>	<b>900</b>	B	2700	B	4200	B	5500
6,1	E	-	C	500	B	2300	B	3800	B	5100
6,2	E	-	C	100	C	1900	B	3500	B	4700
6,3	E	-	D	-	C	1500	B	3100	B	4300
<b>6,4</b>	E	-	D	-	<b>C</b>	<b>1100</b>	B	2700	B	4000
6,5	E	-	E	-	C	700	B	2400	B	3600
6,6	E	-	E	-	C	300	C	2000	B	3200
6,7	E	-	E	-	D	-	C	1600	B	2800
<b>6,8</b>	E	-	E	-	D	-	<b>C</b>	<b>1300</b>	C	2400
6,9	E	-	E	-	E	-	C	900	C	2000
<b>7,0</b>	E	-	E	-	E	-	C	600	<b>C</b>	<b>1600</b>
7,1	E	-	E	-	E	-	D	-	C	1200
7,2	E	-	E	-	E	-	D	-	C	800
7,3	E	-	E	-	E	-	E	-	D	-

### Ziel-pH-Wert und Erhaltungskalkung für Grünland (gerundete Werte)

Bodenart:	Ziel-pH-Wert und Erhaltungskalkung* (kg/ha CaO) in Abhängigkeit vom Humusgehalt				maximale Kalkgabe pro Jahr in kg/ha CaO	
		bis 8 % humusarm bis stark humos	8,1 - 15 % sehr stark hu- mos	15,1 - 30 % anmoorig		über 30 % Moor**
S	pH	5,0	4,8	4,5	4,3	1000
	CaO	500	400	300	0	
IS, sU	pH	5,4	5,2	5		1000
	CaO	600	500	300		
ssL, IU	pH	5,7	5,4	5,1		1500
	CaO	700	600	400		
sL, uL, L	pH	5,9	5,6	5,3		1500
	CaO	800	700	500		
utL, tL, T	pH	6,1	5,8	5,5		2000
	CaO	900	800	600		

\* Die empfohlenen Kalkmengen beziehen sich auf 3 Jahre bei einem mittleren Ertragsniveau und 850 mm Jahresniederschlag. \*\* Die Kalkempfehlung für Moorstandorte bezieht sich auf Hochmoor, Niedermoorstandorte weisen zumeist von Natur aus pH-Werte von 6-6,5 auf und bedürfen keiner Kalkung.

### Gehaltsklassen (GK) und Kalkempfehlung (kg/ha CaO, gerundet) für Grünland bei 5 % Humus in Abhängigkeit von Ist-pH-Wert und Bodenart

Bodenart	S		IS, sU		ssL, IU		sL, uL, L		utL, tL, T	
	Ist-pH-Wert	GK kg/ha CaO								
4,1	B	2200	A	3000	A	5100	A	6000	A	7100
4,2	B	2000	A	2800	A	4800	A	5700	A	6800
4,3	B	1800	A	2600	A	4500	A	5400	A	6400
4,4	B	1600	A	2400	A	4200	A	5200	A	6100
4,5	B	1400	B	2200	A	4000	A	4900	A	5800
4,6	B	1200	B	2100	A	3700	A	4600	A	5500
4,7	B	1000	B	1900	A	3400	A	4300	A	5200
4,8	C	900	B	1700	B	3200	A	4000	A	4900
4,9	C	700	B	1500	B	2900	A	3700	A	4600
5,0	C	500	B	1300	B	2600	B	3400	A	4300
5,1	C	300	B	1100	B	2300	B	3100	A	4000
5,2	C	100	C	1000	B	2100	B	2800	B	3700
5,3	D	-	C	800	B	1800	B	2500	B	3400
5,4	D	-	C	600	B	1500	B	2300	B	3100
5,5	D	-	C	400	C	1200	B	2000	B	2800
5,6	D	-	C	200	C	1000	B	1700	B	2400
5,7	E	-	D	-	C	700	C	1400	B	2100
5,8	E	-	D	-	C	400	C	1100	B	1800
5,9	E	-	D	-	C	200	C	800	C	1500
6,0	E	-	D	-	D	-	C	500	C	1200
6,1	E	-	E	-	D	-	C	200	C	900
6,2	E	-	E	-	D	-	D	-	C	600
6,3	E	-	E	-	D	-	D	-	C	300
6,4	E	-	E	-	E	-	D	-	D	-

## Basische Wirksamkeit von kohlensauen Kalken bei unterschiedlichen Gehalten an Magnesium (MgCO<sub>3</sub>)

CaCO <sub>3</sub> -Gehalt in %	MgCO <sub>3</sub> -Gehalt in %								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
	Basische Wirksamkeit in % berechnet als CaO Neutralisationswert								
50	-	-	-	-	-	45	48	51	55
55	-	-	-	-	44	47	51	54	58
60	-	-	-	44	47	50	54	57	-
65	-	-	43	46	50	53	56	-	-
70	-	43	46	49	53	56	-	-	-
75	42	45	49	52	55	-	-	-	-
80	45	48	51	55	-	-	-	-	-
85	48	51	54	-	-	-	-	-	-
90	50	54	-	-	-	-	-	-	-
95	53	-	-	-	-	-	-	-	-

### Auswahl wichtiger Kalkdünger

Kalkdünger	Basische Wirkung CaO- und MgO-Gehalt (in Klammern: Mindestgehalt)	tatsächliche Kalkform, Wirkung und Nebenbestandteile
<b>Kohlensaurer Kalk</b> <b>Kohlensaurer Magnesiumkalk</b>	42 - 53 % teils als MgO (> 15 % MgCO <sub>3</sub> und MgO)	75 - 95 % CaCO <sub>3</sub> und MgCO <sub>3</sub> langsam und nachhaltig leicht umsetzbar ab 80 % Reaktivität
<b>Branntkalk</b>	(65) 80 - 95 % zum Teil als MgO	gebrannter Kalk mit sehr schneller Wirkung
<b>Mischkalk</b>	(50) 60 - 65 % zum Teil als MgO	Gemisch aus Branntkalk und kohlensaurem Kalk; teils schnelle, teils nachhaltige Wirkung
<b>Konverterkalk feucht-körnig</b>	(40) 45 % davon 7 % MgO	kieselsaure Kalke mit nachhaltiger Wirkung Spurennährstoffe
<b>Kalkdünger aus der ...</b>		
<b>Herstellung von Zucker</b> Carbokalk(abgepresst)	30 - 32 % davon 1 % MgO	CaCO <sub>3</sub> mit schneller Wirkung ca. 0,4 % N und 0,6-1,0 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 12 -15 % organische Bestandteile
<b>Herstellung von Zucker</b> Carbokalk(flüssig)	19 % davon 0,8 % MgO	CaCO <sub>3</sub> mit schneller Wirkung ca. 0,2 % N und 0,7 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 6 % organische Bestandteile
<b>Verbrennung von Braunkohle</b> (z.B. Fortunit)	40 % davon 10 % MgO	Schwefel, Kieselsäure, Spurennährstoffe
<b>Sodaherstellung</b> (z.B. DS-Kalk)	45 %	0,5 % S, 10 % Kieselsäure, Spurennährstoffe mittlere Umsetzbarkeit, ca. 60 % Reaktivität
<b>Aufbereitung von Trink- und Brauchwasser</b>	je nach Herkunft sehr unterschiedliche Kalkgehalte und Reaktivitäten über- wiegend als CaCO <sub>3</sub>	
<b>weitere 17 Herkünfte möglich</b>		