

# KALKUNG VON ACKERLAND – GRUNDSTEIN DER BODENFRUCHTBARKEIT

Auch wenn auf den mittleren und schweren Böden des Gutlands eine ausreichende Kalkversorgung sichergestellt ist, so ist auf den leichten Böden des Gutlands (L) und vor allem auf den mittleren Böden des Öslings (OM), eine zunehmende Versauerung festzustellen.

## Wieso versauert der Boden?

Von einer Bodenversauerung spricht man, wenn von außen oder durch bodeninterne Stoffwechselprozesse, mehr Säuren eingetragen werden, als der Boden neutralisieren kann oder wenn verstärkt basische Reaktionsprodukte (Ca und Mg) ausgewaschen werden.

Die Bodenversauerung ist vorab ein **natürlicher Vorgang** der mehrere Ursachen hat:

- Durch Regenwasser mit einem durchschnittlichen pH-Wert von 5,6 werden laufend Säuren eingetragen
- Durch die Atmung der Bodenlebewesen und der Pflanzenwurzeln entsteht CO<sub>2</sub> welches zu Kohlensäure reagiert
- Organische Säuren wie Fulvo- und Huminsäuren, die von den Pflanzenwurzeln ausgeschieden werden bzw. bei der Humusbildung entstehen

Neben den natürlichen Vorgängen spielt die **anthropogen verursachte Versauerung** eine zentrale Rolle:

**Tabelle 1.: Einfluss von Düngemitteln auf den Kalkzustand des Bodens.**

Düngerart	Kalkzehrung (-) bzw. Kalkmehrerung (+) in kg CaO je dt Produkt
Ammonium-Harnstoff-Lösung (AHL)	-28
Harnstoff	-46
Kalkammonsalpeter (KAS)	-13
Kalkstickstoff	+35
Volldünger 15:15:15	-19
Ammoniumsulfatsalpeter (ASS)	-51
Schwefelsaures Ammoniak (SSA)	-63
Kalidünger	±0

- Bei der (Ca, Mg, K und NH<sub>4</sub>) Aufnahme muss die Pflanze im Gegenzug saure H<sup>+</sup>-Ionen abgeben. Die Nährstoffaufnahme wirkt somit versauernd.
- Durch die Abfuhr der Ernteprodukte werden dem Boden Kalk aber auch Magnesium entzogen.

- Bei den Düngemitteln wirken Ammoniumdünger (Ammoniumsulfat, Diammonphosphat) sowie Harnstoff stark versauernd (siehe Tabelle 1).

## Welche Aufgaben hat der Kalk?

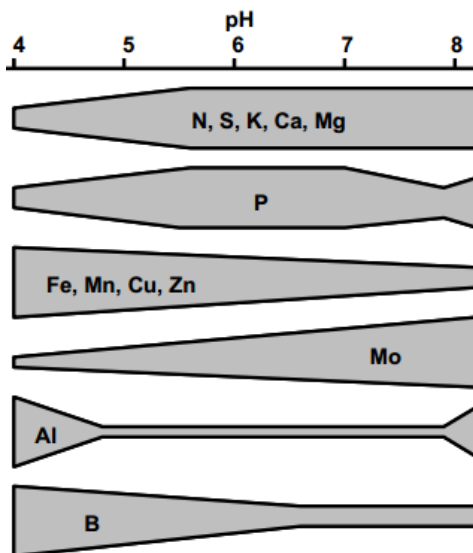


Abbildung 1.: Mobilität der Pflanzennährstoffe je nach pH-Wert. (Quelle: DLG 2009)

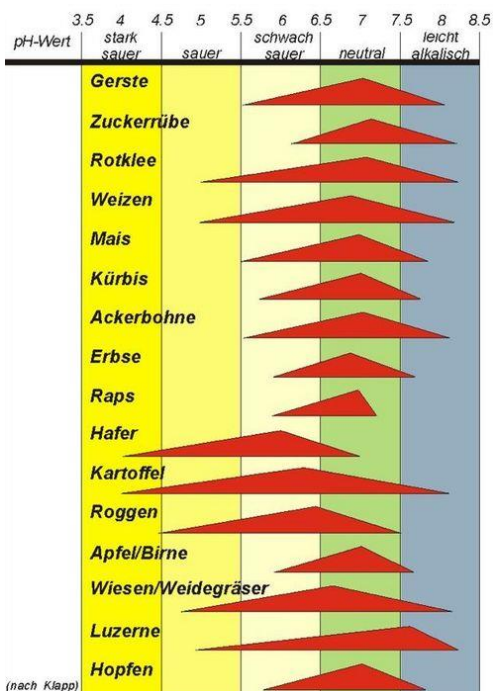


Abbildung 2.: Optimale pH-Werte einiger Kulturpflanzen. (Quelle: Landwirtschaftskammer Salzburg 2009)

Kalk ist mehr als nur ein Nährstofflieferant. Durch die Regulierung des pH-Wertes im Boden steuert er eine Vielzahl von Prozessen und ist somit ein Mehrwirkungsdünger.

Kalk erfüllt mehrere **bodenphysikalische Wirkungen**. Durch die Anlagerung von Kalzium-Ionen an Tonteilchen (Flockung) bilden diese eine lockere „Kartenhausstruktur“. Die Kalzium-Ionen bilden zudem eine „Brücke“ zwischen den Ton- und Humusteilchen, der so genannte Ton-Humus-Komplex. Durch Flockung und Brückenbildung werden Aggregatverbände stabilisiert und auch größere Aggregate gebildet. Damit wird die Verschlammungs- und Erosionsneigung gemindert, die Böden sind tragfähiger und weniger anfällig gegenüber Verdichtungen. Die verbesserte Bodenstruktur bewirkt ein frühzeitiges Abtrocknen wodurch gekalkte Standorte im Frühjahr häufig früher befahrbar sind. Die stabilen Bodenaggregate sorgen zudem dafür dass ausreichend mit Kalk versorgte Böden bei Trockenheit weniger als kalkarme Böden schrumpfen und dadurch weniger Spalten und Risse entstehen. Hierdurch nehmen die mechanischen Belastungen an den Pflanzenwurzeln ab und die Böden bleiben lockerer. Auf schweren sowie verdichteten Böden erfolgt eine Ca-Düngung daher vorrangig mit Hinblick auf die Verbesserung des Bodengefüges.

Die **chemische Wirkung** des Kalkes beruht auf dem Zusammenhang zwischen dem pH-Wert als Maß für den Kalkversorgungszustand und der Verfügbarkeit der Nährstoffe. Bei der Lösung des Kalks entstehen Hydrogenionen ( $\text{OH}^-$ ) die Bodensäuren ab puffern. Die meisten Pflanzennährstoffe haben im Bereich von pH 5,5 bis 7,0 eine optimale Löslichkeit (siehe Abbildung 1). Schwermetalle haben oft negative Effekte auf das Pflanzenwachstum durch eine gute Kalkversorgung kann deren Verfügbarkeit zudem reduziert werden.

Auch die **biologische Kalkwirkung** soll nicht unterschätzt werden. Kleinorganismen wie Bakterien, Milben und vor allem Regenwürmer haben ihr Vermehrungs- und Wirkungsoptimum ebenfalls im schwach sauren bis neutralen pH-Bereich. Auf versauerten Böden ist deren Tätigkeit dagegen deutlich reduziert.

Dies kann dazu führen dass sowohl die Strohrotte als auch der Abbau organischer Dünger gehemmt ist. Regenwürmer sind an der Krümelbildung maßgeblich beteiligt, die Regenwurmgänge sind dabei unerlässlich für das Porensystem.

Die **pflanzenphysiologische Wirkung** besteht darin dass Kalk vor allem Calcium und Magnesium (Magnesiumkalk) als Pflanzennährstoffe liefert. Auch wenn ein Ca-Mangel außer im Obst und Gemüseanbau nur selten in Erscheinung tritt, muss die Versorgung wegen seiner vielfältigen Funktionen im Zellaufbau der Pflanze jederzeit sichergestellt werden. Die Menge an verfügbarem Kalzium korreliert nicht immer mit dem pH-Wert des Bodens, da es auch von der An- und Abwesenheit von Antagonisten (K, Mg,  $\text{NH}_4$ , Al) abhängt.

## pH- bzw. Kalkansprüche der Kulturpflanzen

Jede Kulturpflanze hat ihr individuelles pH-Optimum (siehe Abbildung 2). Die Mehrheit der Feldfrüchte bevorzugen einen **leicht sauren bis neutralen Boden**, auch wenn zwischen kalkanspruchsvollen und eher kalkanspruchlosen Kulturen zu unterscheiden ist. Da die meisten Kulturen mit pH-Werten oberhalb des optimalen Bereichs besser als mit zu sauren Bedingungen zurechtkommen, ist der pH-Wert immer an der kalkanspruchsvollsten Kultur der Fruchtfolge auszurichten. Leguminosen haben grundsätzlich einen hohen Kalkanspruch. Zum einen wirken sie stärker bodenversauernd als die übrigen Kalkzehrer, weil infolge der Luftstickstofffixierung Stickstoff vorrangig in Form von Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) aufgenommen wird. Zum anderen haben Leguminosen insgesamt eine hohe Kationenaufnahme (Ca, Mg,  $\text{NH}_4$ ), was zu einem stärkeren pH-Abfall führt. Weiterhin wird die Molybdänverfügbarkeit (benötigen Knöllchenbakterien zur Luftstickstoffbindung) mit zunehmendem pH-Wert verbessert.

## Qualitätskriterien von Düngekalken

Düngekalke werden nach folgenden Kriterien bewertet:

- Der **Reinkalkgehalt** (CaO) oder Neutralisationswert, drückt aus wieviel Säuren im Boden durch den eingesetzten Kalk neutralisiert werden können (Tabelle 2).
- Die Bindungsform (Oxid, Hydroxid, Carbonat, Silikat) bestimmt neben dem pH-Wert des Bodens die **Löslichkeit** der Kalkdünger. Säurelösliche Silikate und Carbonate lösen sich nur bei niedrigen pH-Werten. Je niedriger, desto besser ist ihre Löslichkeit. Bei pH-Werten > 6,2 sind nur noch wasserlösliche Oxide (Branntkalk) bzw. Hydroxide gut verfügbar, sie können sich unabhängig vom pH-Wert des Bodens gut lösen.
- Die Mahlfineinheit bestimmt die **Wirkungsgeschwindigkeit** des Kalks. Eine stärkere Vermahlung bietet eine größere Oberfläche für die Bodenreaktion mit Säuren und damit eine raschere Wirkung. Nur wenn sich ein Kalk zwischen den Fingern mehlig anfühlt ist die Qualität in Ordnung. Kohlensäure Magnesiumkalke haben zudem eine etwas langsamere Wirkungsgeschwindigkeit da Mg auf sauren Böden langsamer verfügbar wird als Calcium.

Tabelle 2: Umrechnung der verschiedenen Kalkbindungsformen in Reinkalk (CaO) (Quelle: DLG 2009)

CaO	x	1,785	→	CaCO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>	x	0,560	→	CaO
Ca	x	2,497	→	CaCO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>	x	0,400	→	Ca
Ca	x	1,399	→	CaO	CaO	x	0,715	→	Ca
MgO	x	2,092	→	MgCO <sub>3</sub>	MgCO <sub>3</sub>	x	0,478	→	Mg
Mg	x	3,468	→	MgCO <sub>3</sub>	MgCO <sub>3</sub>	x	0,288	→	Mg
Mg	x	1,658	→	MgO	MgO	x	0,603	→	Mg

## Wann welchen Kalkdünger wählen?

Mit entscheidend für die Wahl des Kalks ist neben der Bodenart sowie der Reaktivität der Kalkprodukte, der Zweck der Kalkung (Erhaltungskalkung, Gesundungskalkung oder Strukturverbesserung der Böden) welcher sich aus dem Kalkversorgungszustand und Bodenart (siehe Tabelle 3) ergibt. **Branntkalke** ermöglichen auch bei hohen pH-Werten (schwere Böden) eine gute Löslichkeit und dienen hier vor allem zur Strukturverbesserung. Auf leichten Böden kann Branntkalk wegen der geringen Pufferkapazität zu starken pH-Sprüngen mit nachfolgenden Problemen in der Nährstoffverfügbarkeit führen, sodass von ihrem Einsatz hier abzuraten ist. **Kohlensaure Kalke** sind bodensäurelöslich. Ihr pH-Wert liegt bei etwa 7,5. Sie haben eine milde, langsame aber nachhaltige Wirkung. Auf leichten Ackerböden wie den Sandböden oder den mittleren Böden des Gutlands und des Öslings genügt der Einsatz von kohlensauren Kalken und kohlensauren Magnesiumkalken. Diese Böden haben im optimalen Zustand pH-Werte von zwischen 5,5 und 6,5 sodass die Säurelöslichkeit der Kalke gewährleistet ist. Bei Magnesiummangel sollten zudem bevorzugt magnesiumhaltige Kalkformen eingesetzt werden.

## Kalk in Kombination mit Wirtschaftsdüngern

Immer wieder tritt in der Praxis die Frage auf, ob Kalk und Wirtschaftsdünger gemeinsam ausgebracht werden dürfen. Wirtschaftsdünger haben einen pH-Wert im Bereich von 6,5 bis 8,5. Eine Abgasung des Ammoniaks beginnt bei 8 und verstärkt bei einem pH-Wert über 9. Da kohlensaure Kalke einen pH-Wert von 7,5 haben, kann der pH-Wert auch bei einer gleichzeitigen Ausbringung mit Wirtschaftsdüngern nicht erhöht werden und es findet keine zusätzliche Ammoniakabgasung statt. Gleiches gilt für industrielle Fällungsprodukte wie Carbokalk. Bei gebrannten Kalken (Mischkalk, Brandkalk) müssen jedoch Niederschläge abgewartet bzw. sollen solche Kalke besser vorher eingearbeitet werden. Da diese einen Ausgangs pH-Wert von 12,5 haben und so eine vermehrte Ammoniakabgasung hervorrufen können.

## pH-Werte und Kalkungsmengen

Je nach Bodenart sind unterschiedliche Ziel pH-Werte (Gehaltsklasse C) anzustreben (siehe Tabelle 3). Befindet sich ein Schlag im optimalen pH-Bereich, bedarf es innerhalb der Fruchtfolge lediglich einer **Erhaltungskalkung**, vorzugsweise zu kalkanspruchsvollen Kulturen. Diese dient dazu die Ca-Verluste auszugleichen. Wenn der anzustrebende Boden-pH-Wert unterschritten ist sollte eine

Tabelle 3.: Gehaltsklassen für pH-Werte und Kalkungsanweisungen im Ackerland. (Quelle: ASTA 2014)

Gehaltsklasse	Ackerland	t CaO Bedarf / 5 Jahre	Max. Einzelgabe t CaO/ha
<b>L - leicht (Gutland)</b>			
A sehr niedrig	<=4,8	5 - 6	1,5
B niedrig	4,9-5,4	2 - 4	
C gut	5,5-6,0	1 - 2	
D hoch	6,1-6,5	0	
E sehr hoch	>=6,6	0	
<b>M - mittel (Gutland)</b>			
A sehr niedrig	<=5,2	7,5 - 9	2,5
B niedrig	5,3-5,9	3,5 - 5,5	
C gut	6,0-6,5	1,5 - 2,5	
D hoch	6,6-7,1	0	
E sehr hoch	>=7,2	0	
<b>S - schwer (Gutland)</b>			
A sehr niedrig	<=5,3	9 - 11	3,0
B niedrig	5,4-6,3	2 - 6	
C gut	6,4-7,2	0 - 2	
D hoch	7,3-7,7	0	
E sehr hoch	>=7,8	0	
<b>OM - mittel (Ösling)</b>			
A sehr niedrig	<= 4,9	5,5-7,5	2,0
B niedrig	5,0-5,5	2,5-5	
C gut	5,6-6,3	1-2	
D hoch	6,4-7,0	0	
E sehr hoch	>=7,1	0	

wird. Der Vorteil einer **Vorsaatkalkung** liegt darin, dass im Oberboden eine hohe Ca-Konzentration vorliegt. Damit wird das Bodenkrümelgefüge gefestigt, die Regenverdaulichkeit verbessert und die Gefahr einer Verschlammung bzw. Bodenerosion verringert.

„Gesundungs- bzw. Meliorationskalkung durchgeführt werden. In Tabelle 3 sind Kalkungsempfehlungen je nach Bodenart und Versauerungszustand dargestellt.

### Durchführung der Kalkung

Grundsätzlich kann das ganze Jahr über gekalkt werden. Allerdings ergeben sich je nach Kultur bestimmte Termine. Besteht in der Fruchtfolgerotation ein Kalkbedarf, so sollte versucht werden, den Kalk bevorzugt zu kalkliebenden Feldfrüchten (z. B. Klee, Raps, Gerste, Weizen, Mais) auszubringen. Ein idealer Zeitpunkt für die Erhaltungskalkung ist die **Stoppelkalkung** nach der Getreideernte. Zu diesem Zeitpunkt ist der Boden meist tragfähig und Verdichtungen sind auszuschließen. Zudem können die Fahrgassen für eine exakte Ausbringung genutzt werden.

Bei der Stoppelkalkung ist allerdings darauf zu achten dass der auf die Stoppele gestreute Kalk nicht direkt untergepflügt wird, d. h. nur leicht mit einem mischenden Bodenbearbeitungsgerät (z. B. Grubber) mit dem Oberboden (10 bis 15 cm tief) vermischt