



Service d'Economie Rurale

115, rue de Hollerich
L-1741 Luxembourg

Division de la comptabilité et du conseil de
gestion des exploitations agricoles

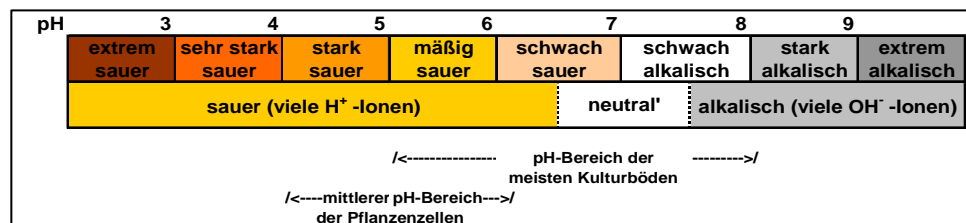
Kalkversorgung der landwirtschaftlichen Böden in Luxemburg

Die Kalkversorgung unserer Böden ist eine wichtige Voraussetzung für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit. In diesem Kontext machte beispielsweise der SER rezent eine Erhebung des Kalkverbrauchs. Die wirtschaftlichen Folgen eines unangepassten Managements der Kalkversorgung sollte man keinesfalls ignorieren, da die Erträge sehr stark mit dem pH-Wert variieren. Kleine Einsparungen können große pedologische wie auch ökonomische Folgen haben. Das Bodenlabor der ASTA beschäftigt sich ihrerseits ebenfalls mit dem Thema. Die vorliegende Ausgabe des „De Beroder“ ist im Rahmen einer Zusammenarbeit zwischen der Abteilung Buchführung des SER und dem ASTA-Bodenlabor in Ettelbrück entstanden.

Aktuelle Situation

Die überwiegende Mehrheit der landwirtschaftlichen Böden bewegt sich im schwach sauren bis neutralen Bereich, hierzulande liegt diese Spannweite bei pH 5,0-7,5. Die Ursachen der Versauerung sind überwiegend natürliche Prozesse (Atmung der Bodentiere, der Mikroorganismen und der Pflanzenwurzeln, saurer Regen...) können aber auch menschenbedingt (Düngung) sein. **Landwirtschaftliche Böden, welche von Haus aus, d.h. vom Ausgangsgestein her, keine natürlichen Kalkbestandteile enthalten, müssen regelmäßig gekalkt werden um das Ertragspotential zu erhalten.** Dies trifft vor allem auf die leichten Sandböden im Gutland und die Schieferverwitterungsböden im Ösling zu, die inzwischen mit mittleren pH-Werten von 5,3 im Ackerland (pH 5,2 im Dauergrünland) unterhalb des optimalen Bereiches (Klasse C-Erhaltungskalkung) angekommen sind.

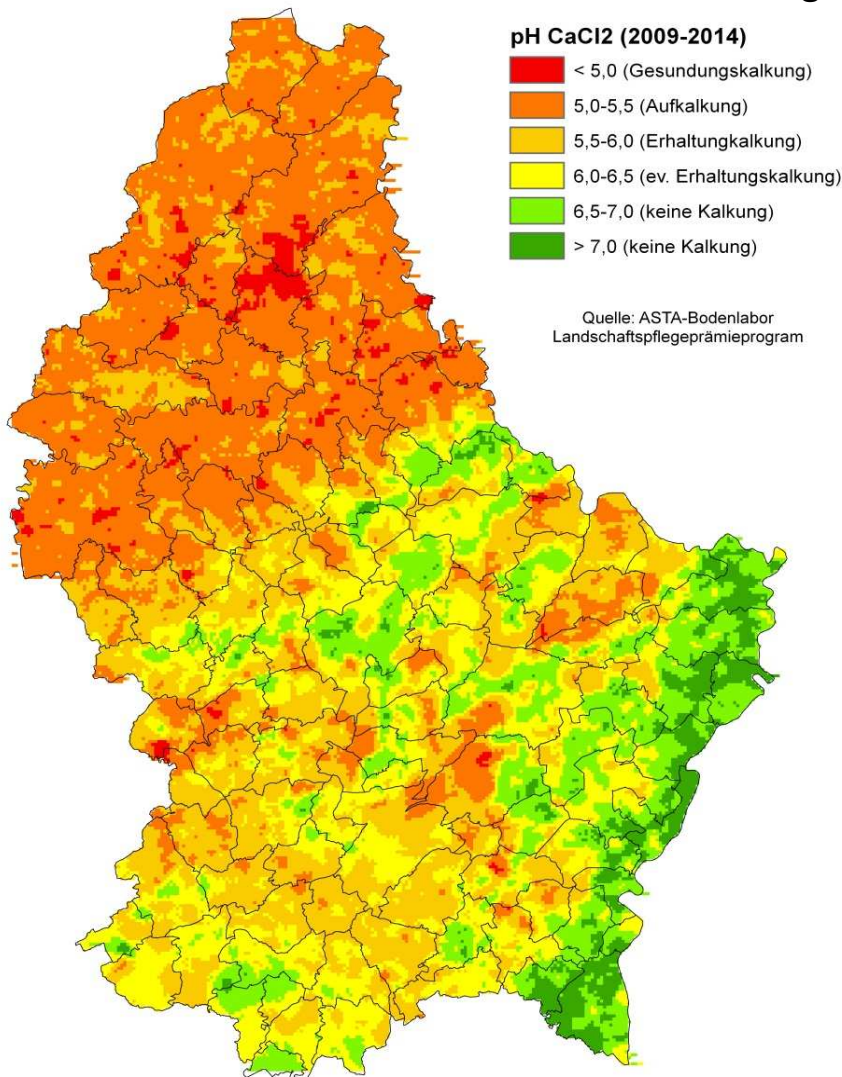
Die Bodenreaktion wird durch das Verhältnis der Säure-/Basenkonzentration in der Bodenlösung bestimmt und durch den **pH-Wert** dargestellt. Die pH-Skala reicht von 0 (sauer) über 7 (neutral) bis 14 (alkalisch, basisch).



Je nach Länder, spricht man von verschiedenen pH-Messungen:

- **pH_{CaCl2}** -potentielle Acidität (*acidité d'échange, acidité potentielle*), misst die H⁺-Ionenkonzentration in der Bodenlösung und auf dem Ton-Humuskomplex; ist die standartmäßige Messung hier zu Lande, weil bei der Kalkung die Kenntnis der potentiellen Acidität wichtig ist. (Luxemburg, Belgien, Deutschland)
- pH-Wasser- **pH_{H2O}** - auch aktuelle Acidität (*acidité active*) genannt, misst nur die freien H⁺-Ionenkonzentration in der Bodenlösung (Frankreich)

pH-Zustand und Kalkungsbedarf der landwirtschaftlichen Böden in Luxemburg



Gesundungskalkung (Klasse A):

Bei $\text{pH}_{\text{CaCl}_2} < 4,9$ setzt der Boden Aluminium aus den Tonmineralien frei, welche phytotoxisch auf die meisten Kulturpflanzen wirken.

Aufkalkung (Klasse B):

Je nach Bodentyp bewegt sich die Aufkalkung in den $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ -Bereichen 5,0-5,5. Ziel einer Kalkung sollte es sein, Ackerböden mindestens in einen Bereich $> 5,5$ zu heben.

Erhaltungskalkung (Klasse C):

Zielt darauf hin, den pH-Wert in einem Bereich zwischen 5,5 und 6,1 zu halten. Oberhalb $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ 6,2-6,3 kann man davon ausgehen, dass noch Spuren von freiem Kalk im Boden vorhanden sind.

Keine Kalkung (Klasse D + E):

$\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ -Werte $> 6,5$ finden sich in den Böden, die sich auf kalkhaltigem (Kalke von Rumelange) oder dolomithaltigem (Keuper und Muschelkalk im Osten) Substrat entwickeln. Da sich im Oberboden noch unverwitterte Bruchstücke (Steine)

des ursprünglichen Substrats befinden, haben diese die gleiche Wirkung wie eine Kalkung mit Dolomitskalken.

Die Auswirkungen von Bodensäure

Grundsätzlich haben stark saure Böden einen negativen Einfluss auf die Erträge landwirtschaftlicher Kulturen. Diese oft nicht messbaren Folgen sind das Ergebnis eines Zusammenspiels mehrerer chemischer und physikalischer Prozesse, die sich überwiegend unsichtbar für das Auge des praktischen Landwirtes im Boden abspielen.

Niedrige pH-Werte gekoppelt an niedrige Magnesium- und Calciumbodgehalte verschlechtern die Bodenstruktur, verringern die Wasserinfiltration und erhöhen die Verschlammungs- und Erosionsgefahr. H^+ -Ionen verdrängen notwendige Nährstoffe wie Mg, Ca, K und Na auf dem Ton-Humus-Komplex des Bodens und setzen diese der Auswaschung in tiefere Schichten aus, wo sie definitiv für die Pflanzenernährung verloren sind. Dieser Ionenaustausch auf dem Ton-Humus-Komplex ist aber auch die Pufferfähigkeit des Bodens mit der Folge, dass die Basensättigung des Ton-Humus-Komplexes immer weiter abnimmt. Unterhalb von $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} < 5,5$ (entspricht in etwa $\text{pH}_{\text{CaCl}_2} < 4,9$) werden Al^{3+} -Ionen aus den Tonmineralien freigesetzt. Diese zersetzen sich, der Tonanteil im Boden nimmt ab, Al^{3+} -Ionen verbinden sich mit Wasser und bilden Aluminiumhydroxide, die sich toxisch auf die Pflanzenwurzeln auswirken. Die Erträge nehmen deutlich ab. Die Bodenaktivität wird negativ beeinträchtigt, weil viele Mikroorganismen aufgrund der Säure- und Basenempfindlichkeit ihr Optimum im schwach sauren bis leicht alkalischen Bereich haben.

Unter Berücksichtigung verschiedener Vorgänge im Boden liegt die optimale Bodenreaktion für die meisten Böden und die auf ihnen wachsenden Pflanzengesellschaften im mäßig sauren bis neutralen Bereich, d.h. bei einem $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ -Wert zwischen 5,0 und 7,5.

Einfluss der Kalkung auf den Boden

Die Kalkung hat eine Reihe positiver Auswirkungen auf den Boden. Sie erhöht den pH-Wert des Bodens durch die Neutralisierung von H⁺-Ionen in der Bodenlösung und auf dem Ton-Humus-Komplex; erhöht die Basensättigung auf dem Ton-Humus-Komplex; erhöht das gesamte Austauschpotential (Kationenaustauschkapazität); unterbindet die Aluminium-Phytotoxizität; verbessert die Nährstoffverfügbarkeit; erhöht die Mineralisation des organischen Stickstoffs (Stickstoffschub); erhöht die Aggregatstabilität, die Porosität und das Wasserhaltevermögen und wirkt erosionshemmend.

Wirkung von Kalkdünger

Nicht Ca oder Mg neutralisieren die Säure, sondern der dazugehörige Carbonatanteile (CO₃). Um Produkte untereinander vergleichen zu können, wird ihre Kalkwirkung in Neutralisationswert (NW), auch Valeur neutralisante (VN) ausgedrückt, d.h. in % zu der Basis CaO (CaO = 100 %). Darüber hinaus unterscheiden sich Kalkprodukte in Wirkungsgeschwindigkeit und Dauer. **Je saurer der Boden, je feiner der Kalk, je gleichmäßiger die Verteilung in der Krumme, desto besser und schneller die Wirkung.** Reine Calciumcarbonate wirken schneller als Dolomitzalke (Miramag, Dolomag). Bei Dolomitzalke ist es besonders wichtig, auf die Feinheit zu achten (Bsp. 80-90 % feiner als 0,16 mm).

Chemische Formel	Chemischer Name	Faktor zu CaO	Produkte	NW	Wirkung
CaO	Calciumoxid	1	Branntkalk	70-95	Sehr schnell und kurzfristig
MgO	Magnesium-oxid	1,4	<i>In Reinform nicht vorhanden</i>		
CaCO ₃	Calcium-carbonat	0,56	Kohlensaurer Kalk (Carli95)	50-55	Mässig, abhängig von Feinheit der Körnung
MgCO ₃	Magnesium-carbonat	0,67	<i>In Reinform nicht vorhanden</i>		
CaCO ₃ , MgCO ₃	Calcium-magnesium-carbonat	0,56*CaCO ₃ + 0,67* MgCO ₃ oder CaO+1,4*MgO	Kohlensaurer Magnesiumkalk, Dolomitzalke (Miramag, Dolomag, Rabokalk...) Herkunft: Muschelkalk	54-58	Langsam bis sehr langsam, sehr abhängig von Feinheit der Körnung
Ca(OH) ₂ + Ca(CO ₃) ₂	Calcium-hydroxid + Calcium-carbonat		Löschkalk & Kohlensaurer Kalk (Calciomag)	54	Schnell + langsam wirkende Komponente

Gehaltsklassen und Kalkbedarf aufgrund des pH-Wertes

Folgende Tabelle gibt die Mengen an CaO an, die auf Acker- und Grünland ausgebracht werden müssen um wieder eine optimale Situation (Klasse C) herzustellen.

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

S - schwer (Gutland)					
A sehr niedrig	<=5,3	9-11	<=4,7	4,5-5,5	3
B niedrig	5,4-6,3	2-6	4,8-5,6	1,5-3	
C gut	6,4-7,2	0-2	5,7-6,1	0-1	
D hoch	7,3-7,7	0	6,2-7,0	0	
E sehr hoch	>=7,8	0	>=7,1	0	
OM - mittel (Ösling)					
A sehr niedrig	<= 4,9	5,5-7,5	<=4,3	2-3,5	2
B niedrig	5,0-5,5	2,5-5	4,4-4,9	1,5-2,5	
C gut	5,6-6,3	1-2	5,0-5,7	0,5-1	
D hoch	6,4-7,0	0	5,8-6,1	0	
E sehr hoch	>=7,1	0	>=6,2	0	

A	B	C	D	E
Gesundungskalkung	Aufkalkung	Erhaltungskalkung	keine Kalkung	

Aus der vorherigen Karte geht hervor, dass aktive Kalkversorgung der landwirtschaftlichen Böden für Großteile des Landes notwendig ist. Die Erhebung seitens des SER hat gezeigt, dass das durchschnittliche Ausbringen der Kalkmengen pro ha generell unzureichend ist, mit 83 kg CaO/ha im Schnitt für die Jahre 2012 und 2013. Dazu kommt, dass manche Produkte die bei den Landwirten sehr beliebt sind, eine langsame und lediglich eingeschränkte Wirkung auf den pH Wert der Böden haben und auch der Situation im Norden des Landes nicht entsprechen, das heißt dass Produkte mit langsam wirkenden und großkörnigen Komponenten in sauren Böden, wo eine schnelle Erhöhung des pH-Wertes nötig ist, unangebracht eingesetzt werden (Feinkörnig: 0-0,16 mm oder 0-0,1mm).

Bezeichnung	Eingesetzte Menge SER & Agriges.		CaO	MgO	NW	Schnelligkeit der Verfügbarkeit	Preis €/ dt	Preis €/ NW Punkt
Calciomag	6.028	dt	54	5	61	+	7,42	0,14
Dolomag 50/40	23.531	dt	28	19	55	+/-	4,84	0,09
Dolomag 90	11.303	dt	50	0	50	+/-	4,02	0,08
Kohlensaurer Kalk 95	6.221	dt	53	0	53	+/-	3,30	0,06
Magnesiumkalk	4.948	dt	53	4	55	- bis --	3,89	0,07
Naturdüngekalk	10.486	dt	28	18	54	--	2,74	0,05
Rabokalk	7.714	dt	54	0	54	--	2,27	0,04
Rabenborner Düngekalk	9.212	dt	28	18	54	--	2,27	0,04

Bei Gesundungs- und Aufkalkung sollte man überlegen, ob nicht doch die teureren aber feineren und schneller wirkenden Produkte den billigeren vorzuziehen sind.

Die positiven Effekte der Greening-Maßnahmen auf die Bodenversauerung

Bei der Mineralisierung von Ammonium (NH_4^+) in Nitrat (NO_3^-) entsteht ein H^+ -Ion, verantwortlich für die bekannte temporäre Bodenversauerung durch ammoniumhaltige Dünger (Bsp. KAS, SSA, Organik....). Neuesten Erkenntnissen zufolge verbraucht die Aufnahme von Nitratstickstoff durch die Wurzel aber ebenfalls wieder H^+ - Ionen. Wird Nitrat also am Ende der Saison ausgewaschen verbleiben die H^+ - Ionen im Boden und verewigen die Versauerung. Wird Rest-Nmin aber über Zwischenfrüchte gebunden und vor der Auswaschung bewahrt wird auch die vorher produziert Säure resorbiert.

Dies beweist dass Greening und speziell Zwischenfrüchte nicht nur Bürokratie sind, sondern auch konkrete produktionstechnische Vorteile mit sich bringen. Mit diesen und anderen Effekten einer guten Zwischenfrucht-Strategie werden wir uns in einem zukünftigen „Beroder“ detaillierter befassen, denn auch hier sind die wirtschaftlichen Aspekte nicht zu unterschätzen...

Simone Marx (ASTA) & Luc Sassel (SER)