

BODENSTRUKTUR



Foto: Engbert

Kalkstreuer bei der Stoppelkalkung

Nutzen der Kalkung für Wasserinfiltration und -speicherung im Boden Mehr Wasser im Boden speichern

Dr. Reinhard Müller, Düngekalk-Hauptgemeinschaft

In aktuellen Feldversuchen bewirkte eine Kalkung des Bodens eine erhebliche Zunahme der nutzbaren Feldkapazität nFK.

Ertragreiches Pflanzenwachstum erfordert eine hinreichende Nährstoff- und Wasserversorgung. Daher ist es wichtig, die Wasseraufnahme und -speicherung im Boden zu optimieren. Sie wird stark durch die Bodenart, die Bodenbearbeitung, den Humusgehalt, aber auch durch den Kalkgehalt (pH-Wert) mitbestimmt. Dieser Beitrag zeigt speziell die positive Wirkung der Kalkung auf die Wasserinfiltration und -speicherung in schweren Böden.

Zukünftig werden im andauernden Klimawandel laut Prognosen – auch in Deutschland – Trockenperioden wie im Jahr 2020 oder im März 2022, aber auch Starkregenereignisse wie in Juni 2021 weiter zunehmen. Deshalb und auch aus ande-

ren ökologischen Gründen (Bodenschutz, Bodenbiologie) ist es generell für einen erfolgreichen, nachhaltigen Pflanzenbau wichtig, die bestmögliche Bodenstruktur in jedem Acker zu schaffen und zu erhalten. Dadurch können Oberflächenverschlammung und Erosion bei Starkregen gemindert und eine möglichst gute Wasseraufnahme („Regenverdaulichkeit“) und -speicherung im Boden erreicht werden.

— Kalkversorgung beeinflusst Bodenstruktur

Neben der Bodenart, der Bodenbearbeitung und dem Humusgehalt hat die Kalkversorgung einen wesentlichen Einfluss auf die Bodenstruktur. Die aktuelle Kalkversorgung

Tab. 1: Porengrößenbereiche und Wasserleitfähigkeit für Bodenarten-Hauptgruppen.

Bodenarten-Hauptgruppen	weite Grobporen in %	enge Grobporen in %	Mittelporen in %	Feinporen in %	Wasserleitfähigkeit in cm / d
Sandböden	10 bis 20	8 bis 20	10 bis 15	2 bis 8	300
Schluffböden	0 bis 10	5 bis 15	10 bis 20	10 bis 20	30
Lehmböden	5 bis 10	0 bis 10	5 bis 15	5 bis 20	30
Tonböden	0 bis 5	0 bis 5	10 bis 15	25 bis 40	3

Quelle: Wikipedia: [https://de.wikipedia.org/wiki/Porenvolumen_\(Boden\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Porenvolumen_(Boden))

wird mit Hilfe der Bodenuntersuchung aus dem gemessenen pH-Wert abgeleitet, eventuell notwendige Kalkungsmaßnahmen ergeben sich ebenfalls daraus. Eine an den Standort angepasste Kalkung kann die Bodenstruktur und damit die Wasserverfügbarkeit für die Pflanzen positiv beeinflussen. Dies gilt umso mehr, je tonreicher der Boden ist und je weniger Humus im Boden ist.

Viele Acker- und Grünlandböden weisen nicht den bodenartspezifisch optimalen pH-Wert und somit keine optimale Kalkversorgung auf. Dies belegt die Bodenzustandserhebung Landwirtschaft (BZE LW; Thünen Report 64). Diese Feststellung ist erstaunlich und bedenklich zugleich. Denn die verschiedenen positiven Wirkungen der Kalkdüngung zählen zu den langjährig bekannten Erkenntnissen. Für gut ausgebildete Landwirte zählt eine fachgerechte, angemessene Kalkung – gemäß VDLUFA-Standpunkt „Bestimmung des Kalkbedarfs von Acker- und Grünlandböden“ (Link: <https://www.vdlufa.de/Dokumente/Veroeffentlichungen/Standpunkte/0-9-kalk.pdf>) – schon lange zur „Guten Fachlichen Praxis im Acker- und Grünlandbau“.

Viele langjährige Exaktfeldversuche bildeten dabei die empirische Grundlage für die Ermittlung der optimalen pH-Werte für die verschiedenen Bodenarten. Dabei wurden auch der Humusgehalt des Bodens und die Bewirtschaftung (Acker/Grünland) berücksichtigt. Durch das Einstellen eines optimalen pH-Wertes trägt die Kalkung zur Verbesserung der Humusqualität, zur Humusstabilisierung und zur Optimierung der Bodenstruktur bei. Insofern ist bei den jeweiligen Ziel-pH-Werten des VDLUFA-Konzeptes die beste Kombination von Humus und Kalk (pH-Wert) für die Bodenfruchtbarkeit und eine optimale Bodenstruktur gegeben. Bei den Ackerböden, die einen Humusgehalt unter 4 % aufweisen, sind ein optimaler pH-Wert und die Kalkversorgung von besonderer Bedeutung.

Grundlagen der Wasser- und Luftversorgung im Boden

Für das Pflanzen- und Wurzelwachstum sind das Porenvolumen und folglich die Wasser- und Luftversorgung im Boden sehr bedeutend. Die Wasserversorgung der Pflanzen erfolgt bei grundwasserfernen Standorten aus dem durchwurzelten Bodenraum. Dabei ist allerdings von dem insgesamt im Boden gespeicherten Wasser – der „Feldkapazität“ (FK) – nur der Wasseranteil pflanzenverfügbar, der als „nutzbare Feldkapazität“ (nFK) bezeichnet

wird. Das sogenannte „Totwasser“ (pF-Wert > 4,2) ist so stark in den Feinporen (Porendurchmesser < 0,2 Mikrometer) gebunden, dass es nicht pflanzenverfügbar ist.

Bei einer guten Bodenstruktur (krümeliges, porenreiches Bodengefüge) beträgt der Anteil der gesamten Poren (= Gesamtporenvolumen (GVP) etwa die Hälfte des Bodenvolumens. Dann besteht nur etwa 50 % des Bodenvolumens aus mineralischen und organischen festen Bestandteilen. Die Poren sind entweder mit Luft oder Wasser gefüllt. Das ideale Porenvolumen wäre gegeben, wenn mindestens 10 bis 15 % luftführende Grobporen, 20 bis 25 % wasserführende Mittelporen und maximal 10 bis 20 % Feinporen vorhanden wären. In reinen Sandböden sind jedoch sehr viele Grobporen und nur wenig Mittelporen vorhanden, wodurch diese wenig Wasser speichern können. In Tonböden hingegen sind oft wenige Grobporen



BvG

Bodenverbesserungs-GmbH
Ihr Boden lebt, dank BvG

Sulfogran®
Sulfogran® S+B
SCHWEDOKAL®
Sulfogüll plus®
SulfoLins®
SulfoLins® S+B

Zuverlässige, kontinuierliche
Schwefel- und BOR-Versorgung mit
bodenverbessernder Wirkung

schnelle und anhaltende Wirkung

geringe bis keine Auswaschung

Aufwandmenge pro Jahr: 50 kg/ha

ist Nahrung für Boden- und Knöllchenbakterien

verbessert den Futterwert von Mais- und Grassilage

Telefon +49 8427 985 7117
Fax +49 8427 985 7118
E-Mail info@bvg.gmbh
Web www.bvg.gmbh



Tab. 2: Porenbereiche und Kennwerte des Bodenwasserhaushaltes.

Porenbereiche	weite Grobporen	enge Grobporen	Mittelporen	Feinporen
Durchmesser in μm	> 50	50 - 10	10 - 0,2	< 0,2
Saugspannung				
in hPa (pF-Wert)	< 1,8	1,8 - 2,5	2,5 - 4,2	> 4,2
Funktion der Poren:	schnell bewegliches Sickerwasser, Gasaustausch	langsam bewegliches Sickerwasser, Gasaustausch	pflanzenverfügbares Haftwasser	nicht pflanzenverfügbares Wasser
Lebensraum für:	Wurzeln, Bodenlebewesen	Wurzelhaare, Pilze, Bakterien	-	-
Kennwerte	Luftkapazität	nutzbare Feldkapazität		Totwasser
Kurzzeichen	LK	nFK		TOT

Anmerkungen: 1 hPa entspricht 1 cm Wassersäule. Das ist die Höhe, bis zu der Wasser in einer Kapillare des jeweiligen Äquivalentdurchmessers aufsteigt, und dann unter dem Meniskus hängt.

pF-Wert = \log_{10} (Saugspannung in hPa)

Quelle: Wikipedia: [https://de.wikipedia.org/wiki/Porenvolumen_\(Boden\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Porenvolumen_(Boden))

Tab. 3: Bodeneigenschaften der Feldversuche Barlt und Struckum.

	Horizont (Symbol)	Tiefe cm	Sand Gew. %	Schluff Gew. %	Ton Gew. %	Bodenart Symbol	pH CaCl ₂	Humus %
Barlt	Ap	0 - 27	10	45	45	Tu2	5,5	5,8
Barlt	Go	27 - 95	7	56	37	Tu3	5,3	2,7
Struckum	Ap	0 - 30	16	57	27	Lu	4,7	2,6
Struckum	Go	30 - 70	10	70	20	Lu	5,1	2,0

(Anmerkung: $C_{\text{org}} \times 1,724 = \text{Humusgehalt in \%}$)



Acker mit Staunässe

und viele Feinporen (viel Totwasser, wenig Luftaustausch) vorhanden, wie **Tabelle 1** aufzeigt. Die Porenverteilung bedingt auch die unterschiedliche Wasserleitfähigkeit im Boden. Die Luftkapazität (LK) entspricht dem Porenvolumen eines Bodens, das bei Feldkapazität mit Luft gefüllt ist (i. d. R. weite Grobporen). Sie stellt ein Maß für

die Beurteilung der Sauerstoffversorgung der Pflanzenwurzeln dar. Die Luftkapazität wird eingeteilt in die Stufen sehr gering (2 %), gering (2–4 %), mittel (4–12 %), hoch (12–20 %) und sehr hoch (> 20 % Luftvolumen).

Grobporen können das Wasser bei Starkregen gut in den Boden aufnehmen, aber sie

können das Wasser nicht bzw. kaum durch Kapillarkräfte festhalten. Aufgrund der hohen Wasserleitfähigkeit leiten die Grobporen das Wasser relativ schnell bis unter den Wurzelraum, soweit eine Porenkontinuität gegeben ist. Grobporen dienen insbesondere dem Gasaustausch und der Wasserinfiltration. Mittelporen und enge Grobporen speichern das pflanzenverfügbare Wasser (nutzbare Feldkapazität nFK). Dementsprechend haben Schaffung und Erhaltung vieler Mittelporen und enger Grobporeneine eine so große Bedeutung für einen guten Wasser- und Lufthaushalt im Boden sowie eine gute Durchwurzelungsfähigkeit.

— Kalkwirkung auf Porenverteilung und Wasserverfügbarkeit

Schon etliche frühere Forschungen haben die positiven Wirkungen der Kalkung bei versauerten Böden hinsichtlich Ertrag, Bodenstruktur und auch speziell zur Verbesserung der Wasserspeicherung nachgewiesen. Doch da unter den aktuellen Klimaveränderungen die Bedeutung der Wasserspeicherung und



Foto: Werkbild DSV AG

Eine optimale Kalkversorgung der Böden ist Voraussetzung für eine gute Bodenstruktur.

-verfügbarkeit im Boden steigt, wurde die Wirkung von Kalkungen neuerlich in einem wissenschaftlichen Projekt geprüft, dessen wesentlichen Kernergebnisse im Folgenden vorgestellt werden. Die Daten stammen aus dem Abschlussbericht des Projektes von A. Hanssen, 2020.

Im Jahr 2016 wurden zwei Kalkdüngungsversuche auf Kleimarschstandorten

(Barlt und Struckum) in Schleswig-Holstein angelegt. Die zwei Exaktversuche mit jeweils vierfacher Wiederholung enthielten neben einer Nullvariante jeweils zwei Varianten mit Kohlensäurem Kalk (KK) und Branntkalk (BK) mit jeweils unterschiedlichen Aufwandmengen. Die geringere Aufwandmenge entsprach aufgrund der Bodenart und den vergleichsweise niedrigen pH-Werten im

Boden dem Kalkbedarf gemäß VDLUFA-Schema. Mit den höheren Aufwandmengen sollte geprüft werden, ob die bodenphysikalischen Messparameter durch eine verstärkte Kalkgabe schneller oder weiter verbessert werden können.

Im Versuch Barlt wurden 75 /112 dt /ha CaCO_3 (KK-Variante) bzw. 40 /60 dt /ha CaO (BK-Variante) und im Versuch Struckum

» WER NICHTS VERÄNDERN WILL,
WIRD AUCH DAS VERLIEREN,
WAS ER BEWAHREN MÖCHTE«

Gustav Heinemann

Wir helfen mit, den Klimawandel zu bekämpfen und sorgen für Pflanzen- und Wasserschutz in der Landwirtschaft.
Seit 30 Jahren.



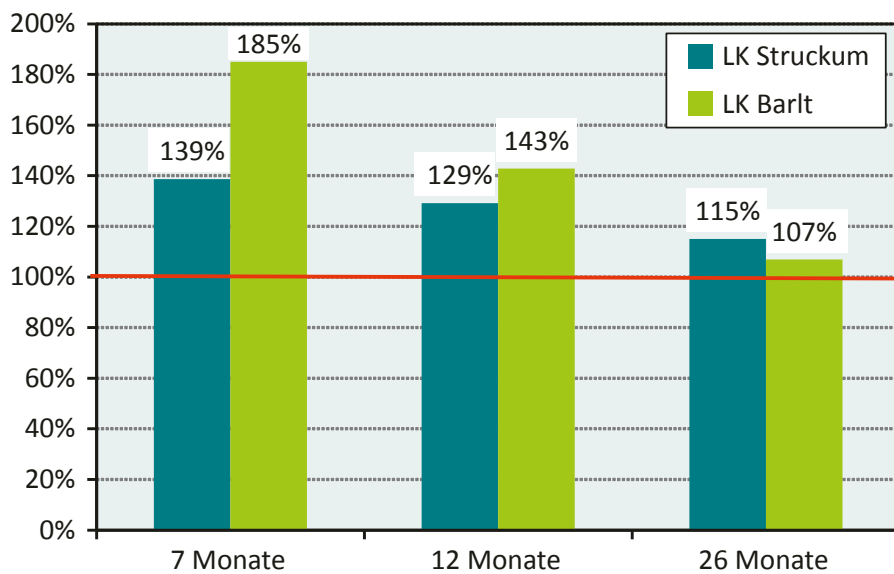


Abb. 1: Einfluss der Kalkung auf die Luftkapazität (LK) in Barlt und Struckum, 7 bis 26 Monate nach Kalkung, relativ zu ungekalkt (100%).

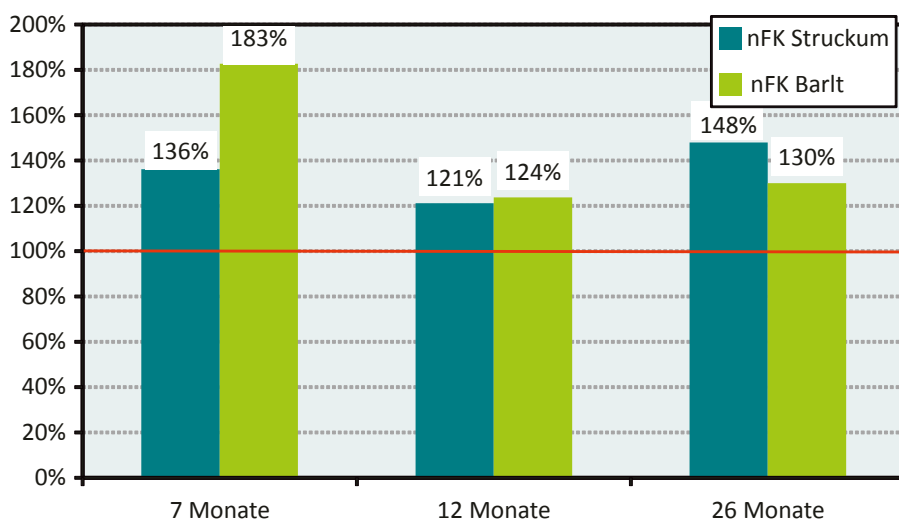


Abb. 2: Einfluss der Kalkung auf die nutzbare Feldkapazität (nFK) in Barlt und Struckum, 7 bis 26 Monate nach Kalkung, relativ zu ungekalkt (100%).

166/250 dt/ha CaCO₃ (KK-Variante) bzw. 89/133 dt/ha CaO (BK-Variante) eingesetzt. In der Praxis wäre der relativ hohe Kalkbedarf der Versuchsstandorte auf mehrere Gaben in mehreren Jahren aufgeteilt worden. In den Versuchen sollte eine schnelle Wirkung erzielt und die Kalkgabe nur einmalig platziert werden.

Ergebnisse

Da die unterschiedlichen Kalkvarianten im Trend ähnliche Ergebnisse ergaben und zur Vereinfachung der Darstellung wird im Folgenden nicht auf die einzelnen Varianten

eingegangen, sondern es werden nur die wesentlichen durchschnittlichen Ergebnisse genannt, die sich auf die Entwicklung der Parameter im Ap-Horizont (0–30 cm) beziehen.

Humusgehalt: Der Humusgehalt wurde durch die relativ hohen Kalkgaben im Versuchszeitraum nicht signifikant verändert. Er war in Barlt im Ap-Horizont mit 5,8% relativ hoch und in Struckum mit 2,6% durchschnittlich. Die Humusgehalte haben besonders in schweren Böden eine hohe Bedeutung für verschiedene Bodenfunktionen und sollen deshalb an den Standort angepasst optimiert werden.



Bodenrisse können auf einen Kalkmangel hindeuten.

pH-Wert: Die Kalkdüngung erhöhte die pH-Werte in der Ackerkrume (Ap-Horizont) wie folgt:

- In Barlt stieg der pH-Wert von 5,5 auf 6,5 (KK) bzw. 6,8 (BK).
- In Struckum stieg der pH-Wert von 4,7 auf 6,4 (KK) bzw. 6,8 (BK).

Durch die eingesetzten Kalkmengen konnten die stark versauerten schweren Marschböden schon binnen sieben Monaten um etwa eine pH-Wert-Einheit auf die Ziel-pH-Werte von > 6,4 gebracht werden. Dabei wirkte der Branntkalk erwartungsgemäß schneller als der kohlen saure Kalk und die höheren Kalkgaben zeigten eine geringfügig schnellere Wirkung als die normale Kalkmenge.

Kalkwirkung auf Porenverteilung und nFK im Boden

Die folgenden Ergebnisse zeigen die Wirkung der Kalkung im Mittel der Kalkvarianten an den drei Untersuchungsterminen im Vergleich zu der jeweils ungekalkten Variante:

- Das **Gesamtporenvolumen** konnte durch die Kalkung in beiden Versuchen im Mittel um rund 2% erhöht werden. Es lag in Barlt bei ca. 55 Vol.% und in Struckum bei ca. 47 Vol.% und somit in einem guten Bereich für die beiden schweren Böden.

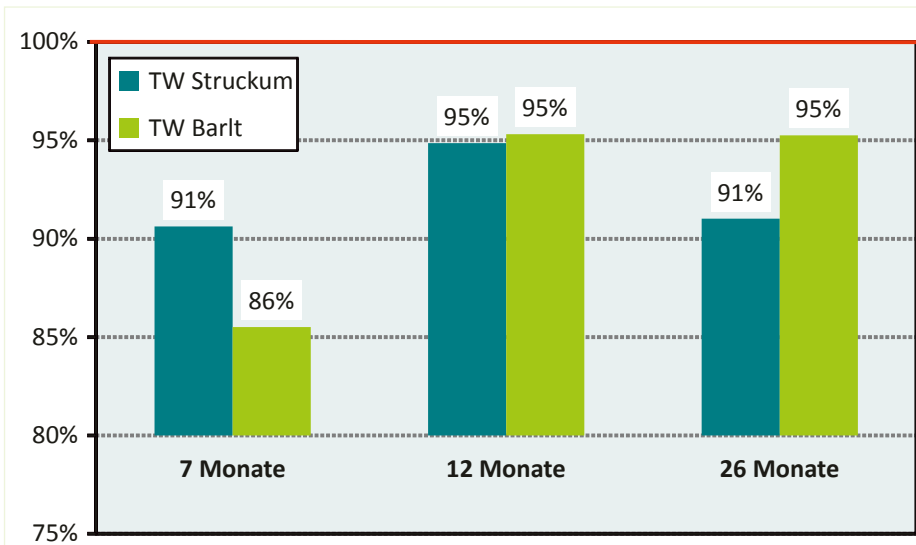


Abb. 3: Einfluss der Kalkung auf Totwasser (TW) in Barlt und Struckum, 7 bis 26 Monate nach Kalkung, relativ zu ungekalkt (100 %).

beeindruckend, da sie die erhebliche Verbesserung der Wasserverfügbarkeit im Boden nachweisen.

- Der **Totwasser-Anteil** (TW; Feinporenanteil) sank in den zwei Versuchen zwischen 5 bis 14 % im Versuchszeitraum. In Barlt war der Effekt bereits 7 Monate nach der Kalkung am stärksten mit 14 %.

Fazit

Die Ergebnisse des Forschungsprojektes zeigen auf den untersuchten tonreichen Marschböden eine relativ schnelle und wesentliche Verbesserung der Porenraumverteilung und damit eine deutliche Optimierung der Wasser- und Luftversorgung im Boden. Insbesondere die Steigerung der Luftkapazität und der nutzbaren Feldkapazität ist ein klarer Beleg für eine Verbesserung der Regenverdaulichkeit (Wasserinfiltration) und der Wasserverfügbarkeit für Pflanzen in Trockenphasen durch Kalkdüngung.

Aufgrund dieser Versuchsergebnisse kann zum einen das bereits eingangs genannte VDLUFA-Konzept der Ziel-pH-Werte und der Kalkbedarfsbestimmung bestätigt werden. Zum anderen kann die Empfehlung bekräftigt werden, insbesondere bei schweren Böden die Bodenstruktur und Wasserverfügbarkeit für die Pflanzen mit einer angemessenen Kalkung und pH-Wert-Steuerung zu optimieren.

- Die **Luftkapazität** wurde durch die Kalkung in Barlt nach 7 Monaten um 85 % (von 2,5 auf 4,6 Vol % erhöht. Die Verringerung der Luftkapazität bei den späteren Messungen ist offenbar auf die zwischenzeitlich durchgeführte Bodenbearbeitung zurückzuführen. Der kurzfristige Effekt kommt dann vor allem der Folgekultur zu Gute. In Struckum verbesserte die Kalkung die Luftkapazität um 39 bis 15 %. Dabei war der Effekt nach 7 Monaten am größten und nahm nachfolgend ab. Die verbesserte Luftkapazität ermöglichte einen

besseren Gasaustausch und auch eine bessere Wasserinfiltration.

- Die **nutzbare Feldkapazität (nFK)** wurde durch die Kalkung in Barlt nach 7 Monaten um 83 % erhöht (von 6,5 auf 11,9 Vol. %). Nach 12 bzw. 26 Monaten lag die Verbesserung bei 24 % bzw. 30 %. In Struckum war der Einfluss der Kalkung auf die nutzbare Feldkapazität (nFK) niedriger; sie schwankte zwischen 36 bis 21 % Verbesserung bei den drei Messungen. Diese positiven Ergebnisse aus zwei Feldversuchen und über einen Zeitraum von zwei Jahren sind



Jetzt die Basis für optimale Nährstoffverfügbarkeit und gute Jugendentwicklung schaffen!

✓ Mit minimalen Aufwandsmengen zu maximalem Erfolg: Nur 500-1000 kg/ha/Jahr Granukal® optimieren die Ernte!

✓ Perfekte Fahrgassen-Nutzung und ein Streubild bis 36 Meter durch granulierten Kreidekalk!

✓ Granukal® bricht Verschlammung auf und sorgt für gute Krümelstruktur und Belüftung.

