

Wie Magnesium bodenbedingten Trockenstress reduziert

Das Jahr 2018 war für Kartoffelanbauer ein lehrreiches. Neben dem Umgang mit der in diesem Ausmaß selten erlebten Dürre war der Blick in den Boden wichtiger denn je. Bei der Frage, warum die gleiche Kartoffelsorte einmal nur 30 t/ha Bruttoertrag bringt und die Nachbarfläche unabhängig von der Beregnung und vom Pflanzenschutz 60 t/ha liefert, sind sicherlich der Boden und die Nährstoffversorgung von herausragender Bedeutung. Die Bodeneigenschaften mit dem Fokus Magnesium werden in diesem Beitrag behandelt, in einem zweiten Artikel (Kartoffelbau 01/2019) wird der Aspekt Pflanze im Kontext zum Trockenstress beleuchtet.

Reinhard Elfrich, Everswinkel, und Dr. Gudwin Rühlicke, Oderaichbach

Im Rückblick auf die Zeitachse zu Pflanzbeginn gab es vom Boden her gute Bestellbedingungen. Nach den Frösten im Februar und März stellte sich eine außergewöhnlich gute Bodengare ein. Die an sich nicht einmal extremen Minustemperaturen stießen auf einen nach Winterniederschlägen gesättigten Boden, sodass Bodenwasser in den Poren gefror und sich eine Sprengkraft auf die Bodenkolloide mit entsprechend krümeliger Struktur entwickelte. Beim Ackern fiel der Boden ohne viel Aufwand regelrecht auseinander und bot ideale Bedingungen für die Luft- und Wasserführung.

Doch regional unterschiedlich und spätestens ab Juni blieben die Niederschläge bei anhaltend hohen Verdunstungsraten aus. Schnell waren nutzbare Feldkapazitäten unter 30 % nFK und daher eine de-

fizitäre Versorgung der Kartoffel mit Wasser zu konstatieren. Diese führte im weiteren Verlauf zur Welketracht, gepaart mit hoher Sonneneinstrahlung zu einem Abbrennen des Krautapparates und damit einhergehend zu vorzeitiger Abreife sowie zu einem geringen Turgordruck der geernteten Knollen. Schon auf Standorten mit geringem Tongehalt kam es zu einer Schrumpfung der Tonpartikel mit entsprechenden Rissen und Verdichtungen im Boden. Somit waren die bei Kartoffeln ohnehin wenig entwickelten Wurzeln beim Wettbewerb mit dem Boden um Wasser (Saugspannung bis zum Welkepunkt) klar unterlegen. Leichte Sandböden waren mit Maschinen kaum befahrbar, weil das Einzelkorngefüge nicht durch organische oder mineralische Komponenten verklebt war und folglich die

Bodenteilchen sich wie in „loser Schüttung“ voneinander separiert zeigten. In vielen Jahren findet man auf tonreicheren Standorten auch Ackerschläge mit einem Kohärentgefüge vor (Abb. 1). Hier lassen aneinanderhängende Tonteilchen kaum Raum für Mittelporen, sodass Wurzelbildung und Wasserlieferung erschwert sind. Dieses gilt ebenso für das Plattengefüge, welches auf schweren Tonböden geogen oder nach Bewirtschaftungsfehlern auftritt. Das Ziel des fachgerechten Ackerbaues muss jedoch ein ausgeprägtes Krümelgefüge mit wenig Klumpen sein. Nur so kann sich ein tief reichendes Wurzelnetz, das auf ausreichend pflanzenverfügbares Wasser trifft, entwickeln.

Kationen und Bodenstruktur

Eine stabile und krümelige Bodenstruktur stellt sich nur ein, wenn die Bodenaggregate ausreichend miteinander vernetzt sind. Dieses kann durch organische Verbindungen und deren Lebendverbauung geschehen. Unentbehrlich in diesem Zusammenhang sind durch mehrwertige Kationen gebildete Brücken zwischen den negativ geladenen Tonmineralien. Erst diese schaffen eine krümelige Struktur und wirken der Verschlammung wie auch Verdichtung von Böden entgegen. An erster Stelle ist unter den positiv geladenen Ionen das Calcium zu nennen. Gerade die Kalkung wird in vielen Betrieben stark vernachlässigt und birgt noch ein großes Potenzial zur Verbesserung von Bodenfruchtbarkeit und Pflanzenwachstum. Ebenso ist Magnesium zweiwertig positiv geladen und bildet Kationenbrücken, wel-



Minustemperaturen nach Winterniederschlägen auf gesättigten Böden führten zu krümeligen Bodenstrukturen.

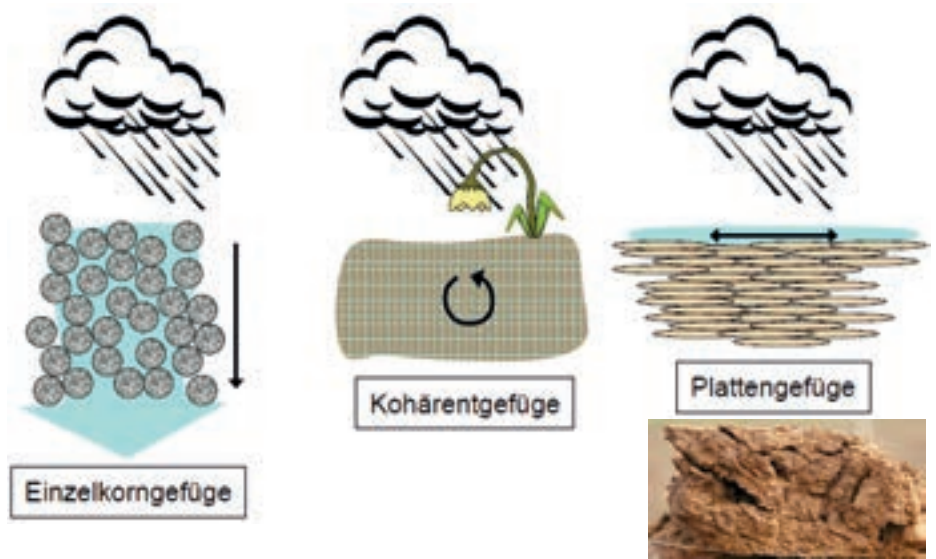
che die im vorherigen Abschnitt genannten Gefügeformen verbessern und somit den Wasser- und Nährstoffhaushalt optimieren (Abb. 2). Bodenchemie unterstützt folglich die Bodenphysik: Calcium und Magnesium dienen einer guten Bodenstruktur. Beide Mineralien können sich mit den negativ geladenen Bodenteilchen verbinden und erschaffen so ein gutes Krümelgefüge, damit die Wurzeln den Boden besser erschließen können.

Für eine gute Bodenstruktur braucht es neben standortangepasster Bodenbearbeitung auch eine optimierte chemische Voraussetzung. Belegen anteilig viele H^+ -Ionen (positiv geladene Wasserstoffionen) und weniger Mg^{++} - und Ca^{++} -Ionen (zweifach positive geladene Ionen) die Bodenkolloide, so gibt es kein krümeliges Gefüge und damit weniger Sauerstoff im Wurzelraum der Pflanze. In einem Laborversuch mit der Behandlung eines Lehmbodens durch unterschiedliche Magnesiumverbindungen wird dies deutlich (Abb. 3, S. 22). Ähnlich wie bei Calcium kommt es nach Magnesium-Zugabe regelmäßig zur Flockung der Bodenteilchen. Auch bei einseitig hoher Belegung der Bindungsstellen mit Magnesium wirkt dieses Nährelement der Verschlammung und Dichtlagerung von Böden entgegen. Ausgeflockte Tonpartikel stehen kartenhausförmig zueinander und sind dadurch weniger gegeneinander verschiebbar. Das nach einer Magnesiumdüngung entstandene Krümelgefüge ermöglicht eine bessere Erschließung des Bodens durch die Haarwurzeln der Pflanze. Das Manko eines schwachen Wurzelnetzes der Kartoffeln und somit einem eingeschränkten Vermögen, Bodenwasser aufzunehmen, wird auf diese Weise zu Teilen kompensiert.

Tonmineralogie und Bodenstruktur

Mit der Bestimmung der Kationenaustauschkapazität will man herausfinden, wie viele positiv geladene Nährstoffe ein Boden pflanzenverfügbar binden kann und wie deren aktuelle Verteilung am Austauscher ist. Diese rein chemische Betrachtung allein erlaubt noch keinen Rückschluss über Quellung und Schrumpfung von Böden, welche ja die bodenphysikalischen Eigenschaften gravierend bestimmen. Hierfür ist die Schichtstruktur der Tonminerale verantwortlich. Deren stapelförmige Schichten werden im Idealfall durch Kalium fest zusammengehalten. Als Folge der Bodenverwitterung ändern sich die Ladungsverhältnisse in den Schichten,

Abb. 1: Bodengefüge und Wasserkapazität



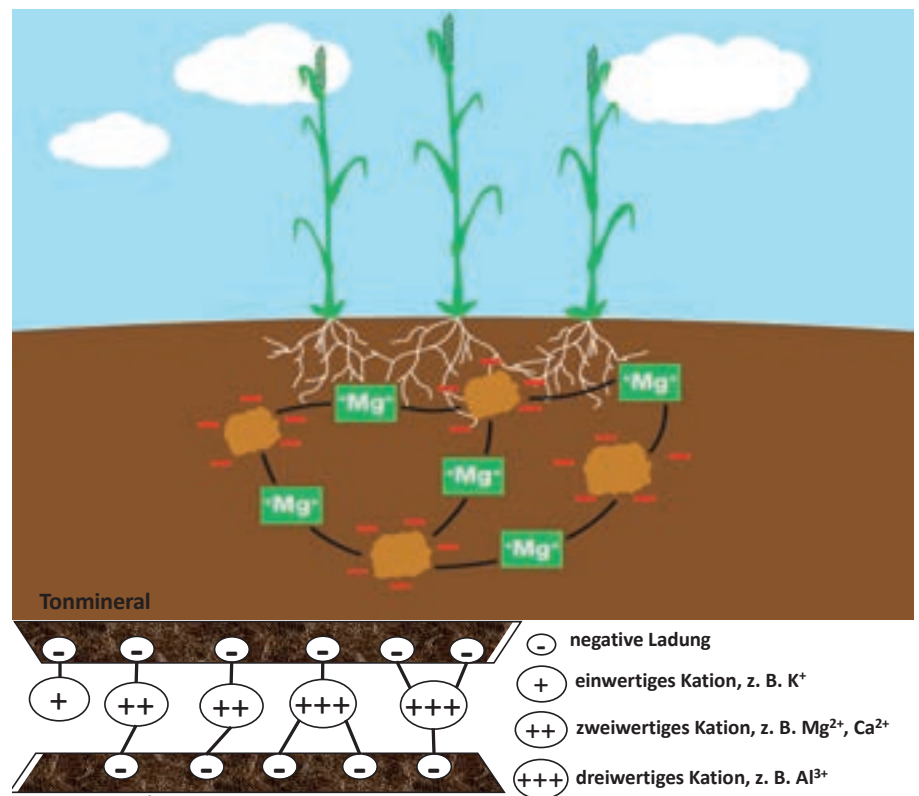
Quelle: D. Holthusen, S. Peth, R. Horn, CAU Kiel

wodurch sie aufweiten, also quellen können. Dabei gehen mit Wassermolekülen umhüllte Kationen wie Calcium, Magnesium oder Kalium in die Zwischenschichten und drängen diese auseinander.

Sehr weit verbreitet sind wechselgeladene Tonminerale natürlichen Ursprungs,

deren Zwischenschichten abwechselnd von Kalium oder Magnesium zusammengehalten werden. Tonige Böden, die von Natur aus hohe Magnesiumwerte aufweisen, enthalten diese Minerale und somit sehr große Mengen an Magnesium in den Zwischenschichten. Da Magnesium eine

Abb. 2: Kationenbrücke zwischen Tonmineralen



Horn 2011 aus Becher 2005, verändert

Grafik: K+S KALI GmbH



Schon auf Standorten mit geringem Tongehalt kam es zu einer Schrumpfung der Tonpartikel mit entsprechenden Rissen und Bodenverdichtungen. *Fotos: Elfrich*

größere Wasserhülle bilden kann als beispielsweise Calcium, haben diese Schichten im aufgeweiteten Zustand nur geringe Bindungskräfte für den Zusammenhalt. Die Wasserhülle von Magnesium wird, je nach Wassergehalt der Böden, gebildet oder abgestreift. In der Praxis bedeutet das, dass solche Böden, je nach Bodenfeuchte, sehr stark quellen oder schrumpfen. Typische Vertreter dafür sind unter anderem Keuperböden und See-/Flussmarschen. Bei Quellung erweitern diese Tonminerale ihren Schichtabstand und die Schichten selbst werden labil. Der Boden verschmiert dann sehr leicht. Ein Austausch dieses Zwischenschicht-Magnesiums durch Calcium, wie bei einem oberflächlichen Kationenaustausch, ist hier nicht möglich. Allein von der Menge her sind hier viele Tonnen Magnesium in den

Zwischenschichten gebunden. Diese rein tonmineralogische Eigenschaft hat mit der Magnesiumdüngung nichts zu tun und wird durch sie auch nicht beeinflusst oder hervorgerufen.

Im Vergleich verschiedenartiger Böden ist festzustellen, dass Calcium selbst in sehr sauren Böden mit deutlich über 50 % Anteil immer noch das mit weitem Abstand dominierende Kation an den Austauschern ist. In gut versorgten basischen Lösslehm-Ackerstandorten liegt der Anteil der Magnesiumbelegung bei etwa 10 %. Je nach geologischem Ursprung trifft man in Deutschland aber auch auf Bodentypen mit natürlichen Anteilen von über 10 bis 15 % Magnesium an der Kationenbelegung. Calcium nimmt in leicht sauren bis basischen Böden stets etwa 80 % der austauschbaren Kationen ein.

Auf den Hektar bezogen, verbergen sich hinter diesen Relativzahlen ganz erhebliche Nährstoffmengen. So können auf einem Hektar Lösslehm Boden bis 30 cm Tiefe und einem spezifischen Gewicht von $1,5 \text{ t/m}^3$, umgerechnet auf Oxidbasis, durchaus 20 t CaO und 2 bis 2,5 t MgO an den Austauschern gebunden sein. Allein das zeigt, welche großen Mengen nötig sind, diese Belegungsverhältnisse durch Düngung wesentlich zu ändern, oder wie wenig normale Düngung auf diese Verhältnisse Einfluss nimmt.

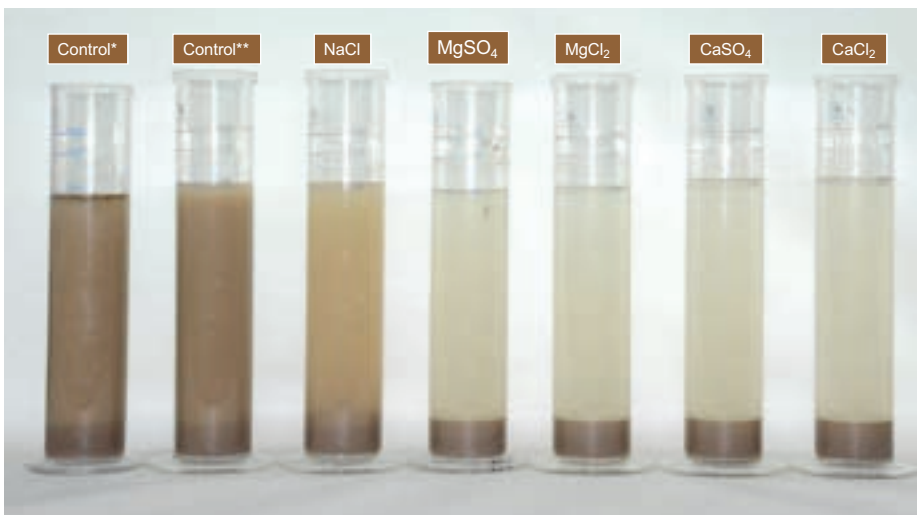
Beispielhaft seien einmal Lösslehm aus der westfälischen Tieflandsbucht aufgeführt (Abb. 4). Hier fällt zunächst die eher niedrige Belegung mit Calcium und mit entsprechend mehr H^+ -Ionen auf. Es gibt also einen direkten Bezug zum pH-Wert des Bodens. In der Grafik sind die relativen Anteile der einzelnen Ionen an der gesamten Ionenbelegung dargestellt. Die Zahlen in der ersten Zeile der Tabelle geben die potenzielle (= bei pH 7 maximal mögliche) Kationenaustauschkapazität an, auf der die relativen Werte beruhen. Dargestellt sind die am Kationenaustausch beteiligten, wichtigen Ionen: Wasserstoff-, Calcium-, Magnesium-, Kalium- und Natriumionen. Der Pseudogley als Vergleichsboden hat bei gleichem pH-Wert 94 % Calcium in der Ionenbelegung. Hier handelt es sich aber um ein tief entkalktes Lössprofil mit massiver Pseudovergleyung im Untergrund. Entsprechend niedriger stellt sich die Magnesiumbelegung am Austauscher dar. Also: auf den Standort kommt es an – die Ionenbelegung ist oftmals durch die geologischen Formationen geprägt und durch Düngung nur marginal zu beeinflussen. Unsere Kulturpflanzen reagieren auf standortspezifische Gegebenheiten. Entscheidend für die Ertragsbildung ist nicht ein starres Nährstoffverhältnis, sondern eine ausreichende Nährstoffverfügbarkeit.

Tonminerale und organische Substanz

Organische Substanz wird bei ihrer Zersetzung bis auf Molekularebene abgebaut. In dieser Größe können vor allem Ammonium-haltige Moleküle sehr fest in die Zwischenschichten eindringen und extrem feste organisch-mineralische Komplexe bilden. Je mehr und je besser zersetzte organische Substanz im Boden ist, umso eher können daher auch in tonigen Böden stabile Krümelstrukturen geschaffen werden.

Magnesium ist als Metall auch Aktivator für die Enzyme in der Pflanze, die für

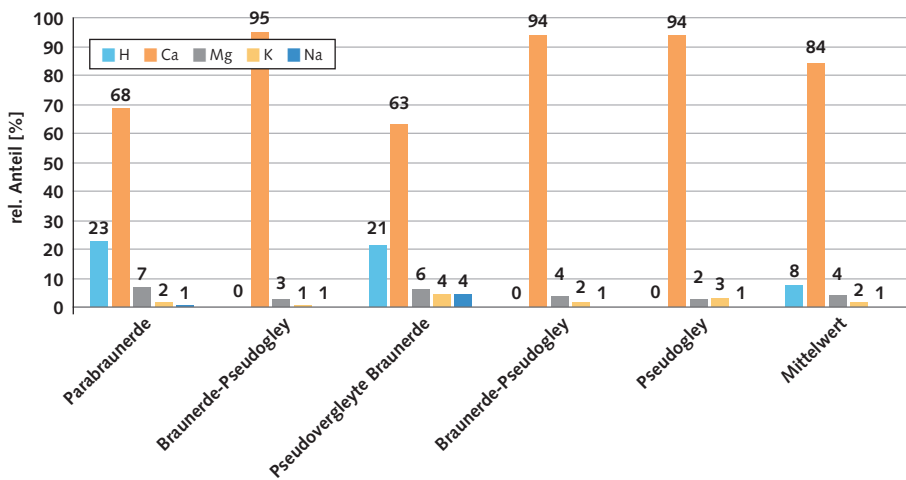
Abb. 3: Flockende Wirkung von Mg auf Bodenkolloide



5 mM in 1.000 ml Wasser gelöst → Wirkung nach 60 min.
* 100 g Lehm Boden, ** 100 g Lehm Boden deionisiert

Quelle: A. Gunes et. I. Cakmak

Abb. 4: Anteile der unterschiedlichen Ionen an der Ionenbelegung der Austauscher in Lösslehm Böden im Naturraum Münsterland (0–30 cm)



KAK _{post}	12,3	14,0	11,2	13,1	16,2	13,4
pH-Wert	6,8	6,9	6,2	6,2	6,2	6,5

Transportvorgänge verantwortlich sind. Nur so können die im Blattwerk gebildeten Assimilate zu den Wurzeln geleitet werden und somit für deren Aufbau sorgen. Ein gut

entwickeltes Wurzelwerk hinterlässt nicht nur mehr organische Substanz im Boden, sondern kann auch Wasservorräte besser erschließen.

Fazit

Die Möglichkeiten von Magnesium liegen eher in einer Verbesserung der Bodenstruktur, die Grenzen in einer Veränderung der oftmals geogen bedingten Ionenbelegung. Neben Magnesium-haltigen Kalken helfen in direkter und schnell wirksamer Form ESTA-Kieserit (25 % MgO, 20 % S) sowie auch verschiedene Magnesium-haltige Kali-Düngemittel (im Kartoffelbau gebräuchlich ist Patentkali) mit nennenswertem Mg-Gehalt, eine Bodenstabilisierung sicherzustellen. Auf diese Weise werden mehr bodenbürtige Nährstoffe erschlossen (Stichwort Düngeverordnung) und das Porenvolumen des Bodens verbessert, sodass auch in Trockenzeiten mehr Wasser von der Pflanze aufgenommen werden kann. <<

Dr. Gudwin Rühlicke

Reinhard Elfrich

gudwin.ruehlicke@k-plus-s.com

reinhard.elfrich@k-plus-s.com

Wir können den ganzen Tag über unsere hochwertigen Maschinen für Lagerung und Verarbeitung sprechen, aber...

...es ist das Ergebnis was zählt



Improving your agribusiness in an intelligent way

www.tolsmagrisnich.com



Tolsma
Storage Technology



Members of the Tolsma-Grisnich Group