

Magnesium: Effekte auf Bodenstruktur und Nährstoffeffizienz

Im Gegensatz zu Mangelsymptomen sind Magnesiumdefizite, die sich auf die lebenswichtigen Abläufe innerhalb einer Pflanze auswirken, nicht so leicht zu diagnostizieren. Dazu zählen die Transportvorgänge in der Pflanze zur Wurzelbildung und Füllung der Ernteorgane genauso wie die Funktionen von Magnesium gegen Trocken- und Hitzestress, Lichtschäden, Krankheiten oder die Bedeutung in sauren Böden für die Effizienz von gedüngtem Stickstoff. Diese „versteckten Defizite“ können von einer Bodenuntersuchung, die sich allein auf die Mineralstoffgehalte bezieht, nicht erfasst werden.

Dr. Gudwin Rühlicke, Oberaichbach, Reinhard Elfrich, Everswinkel

Magnesiumdüngung wirkt sich aber nicht nur auf das Wurzelwachstum und die Art der Wurzelabscheidungen aus, sondern auch direkt auf die Flockung von Bodenkolloiden. Das erfordert eine ganzheitliche Betrachtung der Vorgänge im Boden.

Flockung durch Nährsalze

In verschlammten Böden sind kleinste Bodenteilchen im Bodenwasser dispergiert. Durch Zugabe von Salzen können diese ausgeflockt werden und somit helfen, die Bodenstabilität wiederherzustellen. In unseren landwirtschaftlich genutzten Böden ist dabei nicht so sehr die Konzentration der Nährsalze, sondern die Wertigkeit der positiv geladenen, gelösten Mineralstoffe (Kationen) entscheidend. Einwertige Kationen wie Natrium, Kalium und Ammonium haben eine geringere Flockungseigenschaft wie das zweiwertige Calcium oder Magnesium. Am stärksten flockend wirkt dreiwertiges Aluminium, welches aber für Kulturpflanzen giftig ist und nur in sehr sauren Waldböden strukturbildend vorkommt.

Aufgrund seines großen Atomradius und seiner geringen Hydratationsenergie hat Calcium das größte Flockungsvermögen im Boden. Magnesium ist zwar im Vergleich dazu ein kleineres Atom, hat aber eine höhere Elektronegativität (= Fähigkeit Ionen an sich zu binden). Dadurch wirkt es immer noch wesentlich stärker flockend als einwertige Kationen. In einem Laborversuch mit einer Behandlung eines dispergierten Lehm-bodens durch unterschiedliche Magnesiumverbindungen kann das verdeutlicht



Mit Magnesium gut ernährte Pflanzen hinterlassen mehr Wurzelmasse und somit mehr Biomasse im Boden, wodurch sie gleichzeitig den Humusaufbau fördern. Foto: landpixel

werden (Abb. 1). 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 folglich der Verschlämzung und Dichtlagerung von Böden entgegen. Vergleicht man die relative Flockungsstärke, indem man die von Natrium gleich eins setzt, dann hat Kalium 1,8, Magnesium 27 und Calcium 45.

Kationenaustauschkapazität

In Erweiterung der Standardbodenuntersuchung werden zunehmend verschiedene Varianten der Bestimmung der Kationenaustauschkapazität (KAK) angeboten. Hiermit soll bestimmt werden, wie viel Kationen (= positiv geladene und in Lösung befindliche Teilchen) ein Boden insgesamt binden kann und wie deren prozentuale Belegung an den Bodenteilchen ist. Für die Pflanzenernährung wichtige Anionen (= negativ geladene

Nährstoffe), wie Phosphat, Nitrat, Sulfat oder Bor, werden hiermit nicht erfasst.

Im Vergleich von verschiedenartigen 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 t/m³, umgerechnet auf Oxidbasis, durchaus 20 t CaO und 2 bis 2,5 t MgO an den Austauschern gebun-

Abb. 1: Flockende Wirkung von Calcium und Magnesium auf Bodenkolloide

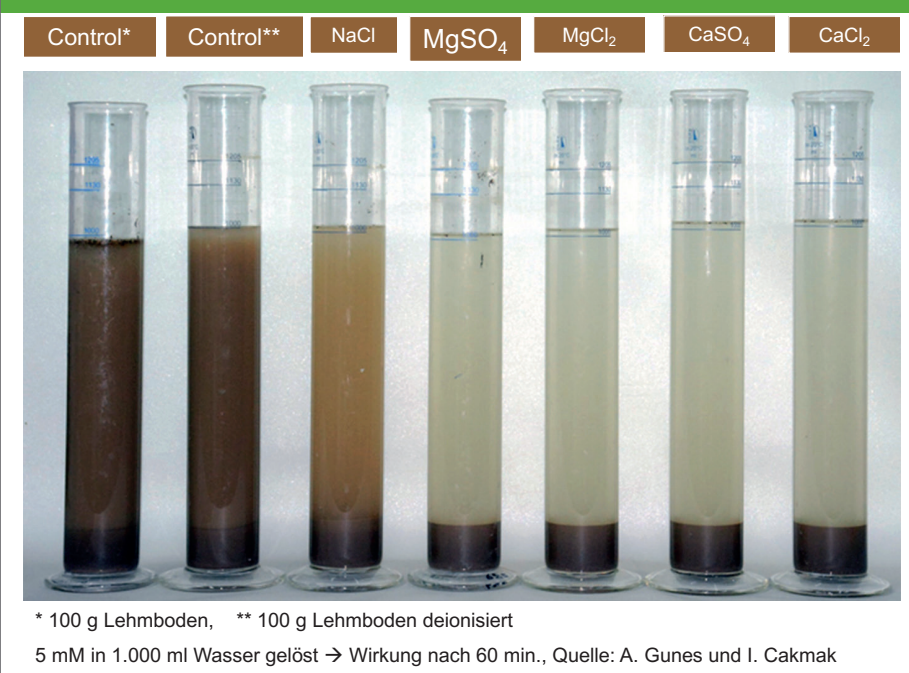


Abb. 2: Pseudovergleyte Braunerde.

Foto: Elfrich

den sein. Allein daraus ist schon zu ersehen, welcher großen Mengen es bedarf, diese Belegungsverhältnisse durch Düngung wesentlich zu ändern, oder wie wenig normale Düngung auf diese Verhältnisse Einfluss nimmt.

Setzt man die Werte der effektiven, also der aktuell im Boden vorliegenden Austauschkapazität für Magnesium mit den Werten der Standarduntersuchung in Korrelation, so ergibt sich eine sehr enge lineare Beziehung. Damit wird die Nährstoffverfügbarkeit von Magnesium auch von der Standardbodenuntersuchung

ausreichend wiedergegeben. Das Calcium-Magnesium-Verhältnis der Austauscherbelegung gibt zwar Hinweise auf den ökologischen Zustand eines Bodens, für Düngungsempfehlungen reicht aber normalerweise die Optimierung des pH-Wertes und der Magnesiumversorgung aus.

Kationenbelegung von Böden

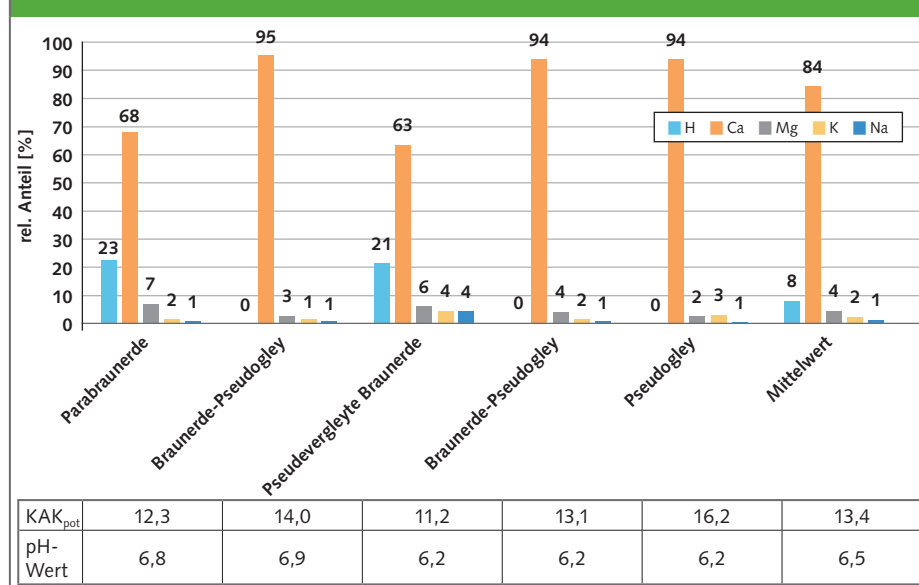
In der westfälischen Tieflandsbucht trifft man auf Löss mit extrem hohem Schluffanteil (88 % bis 1 m Tiefe) über

dichtem Geschiebelehm der Saale-Eiszeit (in 220 cm Tiefe) (Abb. 2). Der Pflughorizont als schwach humoser Bearbeitungshorizont benennt einen pH-Wert von 6,2. Die Bodenuntersuchung weist einen Magnesiumwert von 8 mg/100 g Boden aus.

Stellt man diesen Boden einmal in den Kontext zu Böden im gleichen Naturraum und mit ähnlichem geologischem Ausgangsmaterial (Abb. 3), so 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 Abb. 3 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. Entschei-

Abb. 3: Anteile der unterschiedlichen Ionen an der Ionenbelegung der Austauscher in Lösslehm Böden

(im Naturraum Münsterland (0–30 cm))



dend für die Ertragsbildung ist nicht ein starres Nährstoffverhältnis, sondern eine ausreichende Nährstoffverfügbarkeit.

Magnesium im Boden

Im Vergleich zu Calcium ist die Streuung der Belegung von Bindungsstellen mit Magnesium geringer. In den hier untersuchten Lösslehmböden gibt es eher niedrige Anteile an der Kationenaustauschkapazität von 2–7 %. Entsprechend unterschiedlich ist auch die Korrelation zwischen dem relativen Gehalt von Magnesium in der Bodenuntersuchung und dem relativen Anteil von Magnesium an der Ionenbelegung der Austauscher (Abb. 4). Dies wird in der Abb. 4 in Prozent ausgedrückt, wobei die gesamte Ionenbelegung der Austauscher und der Gesamtnährstoffgehalt der Bodenuntersuchung jeweils gleich 100 gesetzt wurde. Die Punkte des Diagramms stellen die Werte für die jeweiligen Standorte mit Löss als geologisches Ausgangsmaterial dar. Der Korrelationskoeffizient liegt bei etwa 0,45. Somit ist hier keine enge Beziehung gegeben.

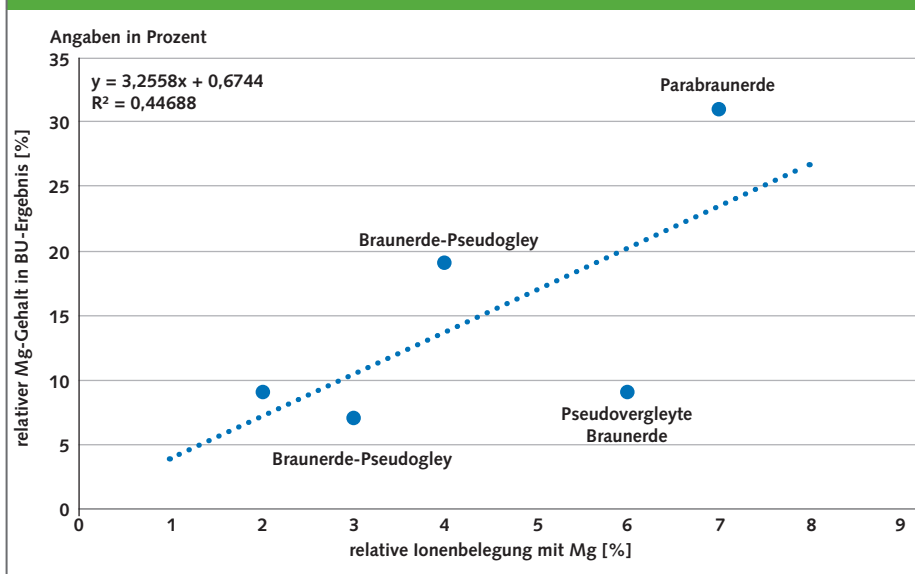
Je nach Geologie, Großlandschaft und dem Puffervermögen der Böden kann auch diese Beziehung enger oder weiter sein. Auch hier zeigt sich, dass durch Düngung beeinflusste Bodenwerte nicht automatisch die Ionenbelegung verändern. Mit Blick auf das Pflanzenwachstum lassen beide Indikatoren nur eingeschränkt Aussagen zur Verfügbarkeit von Magnesium zu. Gerade bei diesem Nährstoff können zum Beispiel Mangelerscheinungen an Pflanzen auftreten, obwohl die Bodenversorgung in die oberen Gehaltsklassen eingestuft wurde. Magnesiummangel jedoch mindert nicht nur den Ertrag und die Qualität unserer Kulturpflanzen, sondern kann auch weitreichende Folgen auf die Verschlämmungsneigung und Gefügestabilität unserer Böden haben.

Organische Substanz

Eine absolut dominierende Funktion von Magnesium in der Pflanze ist die sogenannte Phloembeladung, um die mithilfe der Fotosynthese gebildeten organischen Verbindungen zum Wurzelaufbau zu transportieren. Gut mit Magnesium ernährte Pflanzen hinterlassen somit auch mehr Wurzelrückstände und Biomasse im Boden, tragen also zum Humusaufbau bei. Der Faktor organische

Abb. 4: Korrelation zwischen Ionenbelegung und Bodenuntersuchung für Magnesium unterschiedlicher Lösslehmböden

(im Naturraum Münsterland in 0–30 cm Tiefe)



Substanz, und hier wiederum deren Qualität, wird völlig vernachlässigt, wenn zur Beurteilung eines Standortes nur die Kationenaustauschkapazität und die Austauscherbelegung herangezogen werden.

Einen wesentlichen Anteil an der Bildung einer stabilen Bodenstruktur hat die Flockung und Aggregatbildung durch organische Substanz. Tonminerale können durch kurzkettige Moleküle aufgeweitet werden und gehen mit niedermolekularen Molekülen gut zersetzter organischer Substanz Verbindungen ein, die extrem fest sind. Langkettige Moleküle wirken als natürliches Flockungsmittel.

Effiziente Phosphoraufnahme

Pflanzen bauen mithilfe der Sonnenenergie aus Kohlendioxid, Wasser und Mineralstoffen ihre Struktur auf. Pflanzenmasse stellt somit chemisch gebundene Sonnenenergie dar, welche Mikroorganismen nutzen, um ihrerseits diese Energie durch Abbau der organischen Substanz für sich zu gewinnen. Im Gesamtsystem Boden-Pflanze muss das gesamte Bodenleben ernährt werden, um letztlich ein Pflanzenwachstum zu ermöglichen. Pflanzen geben ihrerseits etwa 20 % der in den Blättern mithilfe der Fotosynthese erzeugten energiereichen Kohlenhydrate mit Wurzelausscheidungen an das Bodenleben ab. Im Gegenzug bekommen sie Mineralstoffe, die sie selbst in dem Umfang nicht aufschließen können. Dazu zählt in erster Linie Phosphor. Magnesium fördert in dieser

Hinsicht indirekt die Phosphoreffizienz durch die bessere Durchwurzelung und Bodenstrukturbildung sowie die Phosphat-aufschließenden Mikroorganismen, insbesondere die Mykorrhiza-Pilze. Das entlastet auch die Phosphorbilanz vieler Betriebe, da mit höheren Erträgen auch die Phosphorentzüge steigen. Die Magnesiumversorgung unserer Kulturpflanzen darf daher nicht durch antagonistisch wirkende Düngerapplikationen zu Magnesium oder Magnesiummangel im Boden beeinträchtigt werden.

Ganzheitlich betrachtete Pflanzenproduktion bedeutet nicht nur eine Optimierung des pH-Wertes und der Mineralstoffversorgung, sondern muss immer auch die Qualität der organischen Substanz im Blickfeld haben. Das sind gleichermaßen die Ansatzpunkte für die Ursachenforschung auf Problemschlägen.

<<

■ KONTAKT ■■■

Dr. Gudwin Rühlicke

K+S Kali GmbH Oberaichbach
Telefon: 08707 8428
gudwin.ruehlicke@k-plus-s.com

Reinhard Elfrich

K+S Kali GmbH Everswinkel
Telefon: 02582 9363
reinhard.elfrich@k-plus-s.com