



Was macht Nährstoffe verfügbar?

Passt der pH-Wert im Boden nicht, leidet die Bodenfruchtbarkeit. Doch reicht Kalken aus, um die Nährstoffe für die Pflanzen nutzbar zu machen? Dafür ist es wichtig zu wissen, wie sich Nährstoffe im Boden verhalten.

UNSERE AUTOREN
Hansgeorg Schönberger und
Karl Gröschl, N.U. Agrar GmbH

Je stärker man die Düngung und den Pflanzenschutz einschränkt, desto wichtiger werden Bodenfruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit. Luft- und Wasserhaushalt des Standortes begrenzen in erster Linie das genetisch vorgegebene Ertragspotenzial (siehe Übersicht 1).

Der Boden dient vornehmlich als Wasserspeicher. Je weniger Niederschlag zu erwarten ist, umso wichtiger ist das Wasserspeichervermögen. Auf einem 30er-Sandboden im Münsterland lassen sich 100 dt/ha Weizen ernten, wenn in der Hauptwachstumsphase gleichmäßig 200 mm Regen fallen. Ein 80er-Lößboden im Harzvorland kommt dagegen mit 80 mm Regen aus – er kann 220 mm Wasser pflanzenverfügbar speichern. Al-

lerdings: Zu viel Wasser kann die Ertragsleistung durch das verringerte Wurzelwachstum herabsetzen.

Der Begriff **Bodenfruchtbarkeit** umfasst zusätzlich die kontinuierliche Bereitstellung von verfügbaren Nährstoffen, die Fähigkeit des Bodens, Schadstoffe abzupuffern und abzubauen, sowie das intakte Zusammenspiel von Bodenflora und -fauna. Die Bodenfruchtbarkeit wird durch viele Faktoren und Prozesse beeinflusst.

@ friederike.mund@topagrar.com

PH-WERT

Ist der Boden sauer oder basisch?

Mit dem pH-Wert lässt sich die Bodenreaktion bestimmen: Bei pH 7 (neutral)

halten sich saure und basisch wirkende Bestandteile die Waage. Mit steigendem pH-Wert befinden sich mehr basisch wirksame Ionen und weniger H⁺-Ionen in der Bodenlösung. Anders gesagt: Bei niedrigem pH-Wert wirkt die Bodenlösung wie eine essigsaurer Salatsauce, bei hohem wie eine Seifenlauge.

Idealerweise sollte der Boden leicht sauer bis neutral mit pH-Werten zwischen 5,8 und 7,0 sein. In stark humosen Böden ist ein niedrigerer pH-Wert vorteilhaft, um den Humusabbau zu verlangsamen. Je höher der Tongehalt ist, umso höher muss der pH-Wert sein. Tonige Böden sollten Werte über pH 7 aufweisen. Wie nicht zum Boden passende pH-Werte wirken, entnehmen Sie der Übersicht 2. Das Wichtigste:

Oxidation und Reduktion: In einem lockeren Boden mit hohem pH-Wert herrschen oxidative Bedingungen. Das führt dazu, dass Schwermetalle wie Mangan (Mn) unlösliche Oxide bilden. Die Folge

SCHNELL GELESEN

Achten Sie auf den pH-Wert und den Kalkzustand Ihrer Böden – davon hängen die Bodenstruktur und die Nährstoffverfügbarkeit ab – und somit auch die Düngewirkung.

Der pH-Wert beeinflusst u. a. auch die Humusbildung, die Stickstofffreisetzung und das Auftreten von Krankheiten.

Nährstoffe bewegen sich im Boden durch ihre Ladung und tauschen sich an Humus- oder Tonteilchen aus.

Die Untersuchung der Kationenaustauschkapazität hilft, Probleme zu erkennen. Die Bodenuntersuchung kann sie jedoch nicht ersetzen.

ÜBERSICHT 1: EIGENSCHAFTEN NACH BODENBESTANDTEILEN

Eigenschaften	Sand	Schluff	Ton	Lehm	Humus
Nährstoffspeicherung	--	-	+++	++	++++
Nährstoffnachlieferung	-	+	++	++	+++
Wasserkapazität	--	++	+++	++	++++
Wasserfreisetzung	--	+++	+	++	++
Tragfähigkeit	+++	+	++	+	(+)
Bearbeitbarkeit	+++	++	--	++	(++)
Erosionsstabilität	+	--	-	+	-
Durchwurzelbarkeit	+	++	-	+++	++
Erwärmung	++	+	-	+	+++
Frostisiko	--	+	++	+	---

++++ = hervorragend; +++ = sehr hoch/sehr gut/sehr schnell; ++ = hoch/gut/schnell; + = mittel; - = wenig/schlecht/langsam; -- = sehr wenig/sehr schlecht/sehr langsam
top agrar; Quelle: N. U. Agrar GmbH

◁ Humus speichert zwar viele Nährstoffe, ist aber nicht erosionsstabil.



Foto: Mund

△ Ein verschlammter Boden mit Krustenbildung kann trotz eines hohen pH-Wertes ein Hinweis auf ein Defizit an Kalzium sein.

ist Mn-Mangel auf überlockerten Böden mit hohem pH. Bei niedrigem pH-Wert und Sauerstoffmangel wird Mn reduziert – es ist besser pflanzenverfügbar. Ein Überschuss ist für die Pflanze aber schädlich. Gleiches gilt für Eisen und insbesondere für Aluminium, das bei pH-Werten unter 5,5 verstärkt reduziert und freigesetzt wird – es wirkt dann als Wurzelgift. Speziell Gerste reagiert darauf ausgesprochen empfindlich.

Phosphor: Im Boden wird Phosphor (P) durch zwei- und höherwertige Kationen sehr schnell festgelegt. Bei pH-Werten zwischen 6 und 7 ist Phosphor am besten verfügbar. Über pH 7 wird es als Kalzium- oder Magnesiumphosphat festgelegt. Die P-Verfügbarkeit kann man bei höheren pH-Werten durch eine Düngung mit Schwefelsaurem Ammoniak (SSA) oder Gips verbessern. Versauert der Boden jedoch zu stark, bilden sich Aluminium- und Eisenphosphate. Bei zu niedrigen pH-Werten kann eine Kalkung Phosphor besser pflanzenverfügbar machen.

Humus: Der pH-Wert beeinflusst auch die Humusbildung im Boden stark. Bei niedrigeren Werten unter pH 5,5 sind die Mikroorganismen im Boden deutlich inaktiver. Dadurch reichern sich nährstoffarme Humusformen (Fulvosäuren) mit weitem C:N-Verhältnis an. Böden mit einem C:N-Verhältnis über 14:1 legen mehr Stickstoff fest, als sie freisetzen. Erfolgt eine Zufuhr über organische Substanzen wie Erntereste, Zwischenfrüchte, Mist, Gülle oder Gärreste, ist eine ausreichende Versorgung mit Kalzium (Ca²⁺-Ionen) erforderlich. Nur so können die nach außen negativ geladenen Huminsäuren stabile Brücken zwischen den Humus- und Tonteilchen

aufbauen – es entstehen stabile Ton-Humus-Komplexe. Das Kalzium stabilisiert den Boden wie Mörtel.

N-Freisetzung: Unterhalb von pH 5,5 wird kaum noch (Nitrat-)N freigesetzt – denn die Mikroorganismen sind gehemmt. Der pH-Anstieg eines mittelschweren Bodens von 5,6 auf 6,0 durch Kalkung bewirkt eine zusätzliche Mineralisation von 18 kg/ha N. Steigt der pH-Wert über 7, ist dagegen mit einer verstärkten Ammoniakverflüchtigung zu rechnen.

Krankheiten: Im Raps und generell in Kreuzblütlern tritt bei niedrigen pH-Werten (unter pH 6) verstärkt Kohlher-

nie (*Plasmodiophora brassicae*) auf. Abhilfe schafft freier Kalk in der Bodenlösung – er schränkt die Aktivität der Zoosporen der Kohlhernie stark ein. Ist kein freier Kalk vorhanden, hilft es, in die oberen 5 cm des Bodens vor der Saat von Raps oder kreuzblütigen Zwischenfrüchten 300 bis 500 kg CaO/ha (Brantkalk, Femikal, schnell umsetzbarer Kreidekalk) einzuarbeiten. Der Erreger der Schwarzbeinigkeit (*Gaeumannomyces graminis*) fühlt sich dagegen bei hohen pH-Werten von über 7 im lockeren Boden am wohlsten. Durch versauernde Dünger (z. B. SSA) lässt sich das Befallsrisiko verringern. ►

ÜBERSICHT 2: SO WIRKEN FALSCHER PH-WERTE IM BODEN

pH zu niedrig	pH zu hoch
reduzierende Bedingungen	oxidierende Bedingungen
H ⁺ -Überschuss	OH ⁻ -Überschuss
Al-, Fe-Freisetzung („Säureschaden“)	Verkalkung („Seifenlauge“)
P ist festgelegt (Fe, Al)	P ist festgelegt (Ca, Mg)
Fe, Mn, Zn, Cu mobil (=reduziert)	Fe, Mn, Zn, Cu immobil (=oxidiert)
Mo ist festgelegt	Mo ist mobil
Bor-Auswaschung	Polyborat-Bildung (schwer löslich)
K-, Mg-, NH ₄ -Festlegung	Ca-/Mg-Überschuss
Sulfonylharnstoffe kaum löslich	Sulfonylharnstoffe gut löslich
Nitrifikation gehemmt, Denitrifikation	Ammoniakverluste
geringes Pilzrisiko Bakterien aktiver	höheres Pilzrisiko Bakterien weniger aktiv
Humusabbau gestört	Humusabbau verlangsamt
„Torf“ (Fulvosäuren)	„Mull“ (Huminsäuren)

Al = Aluminium, Ca = Kalzium, Cu = Kupfer, H = Wasserstoff, Fe = Eisen, K = Kalium, Mg = Magnesium, Mn = Mangan, Mo = Molybdän, NH₄ = Ammonium, OH = Hydroxid, P = Phosphor, Zn = Zink top agrar; Quelle: N.U. Agrar GmbH

◁ Auf die Nährstoffverfügbarkeit wirkt sich in erster Linie der pH-Wert aus.

Herbizide: Sulfonylharnstoffe sind bei pH-Werten von über 7 deutlich besser löslich als bei zu niedrigen (unter pH 6). Dadurch erklärt sich, warum über den Boden gegen Ungräser wirksame Sulfonylharnstoffe auf Böden bei niedrigen pH-Werten schlechter wirken und warum ein nachfolgender Raps nach der Kalkung verstärkt Schadsymptome zeigt, die auf die Nachwirkung von ALS-Hemmern hinweisen.

NATÜRLICHE PH-SCHWANKUNGEN

Generell versauert ein Boden durch ...

- Kohlensäure (am stärksten): Der Abbau von Biomasse und die Atmung von Wurzeln und Bodenlebewesen setzen Kohlendioxid (CO₂) frei. Daraus entsteht im Boden Kohlensäure (H₂CO₃).
- organische Säuren: Diese werden entweder von Pflanzenwurzeln ausgeschieden oder entstehen beim Abbau organischer Substanz.
- Säureeintrag aus der Atmosphäre.
- Kalziumauswaschung nach Niederschlägen.
- überwiegend aufgenommene positiv geladene Kationen. In der Zelle erfolgt dann ein Ladungsausgleich, die Pflanze gibt H⁺-Ionen ab. Dadurch sinkt der pH-Wert in der Wurzelzone. Ursache ist der verstärkte Eintrag von Kationen aus (organischen) Düngern.

Der pH-Wert kann dagegen auch auf natürliche Weise ansteigen: So war in den mitteldeutschen Trockengebieten nach der Wende ein Anstieg auch ohne Kalkung zu beobachten. Dies ließ sich auf den kapillaren Aufstieg von Kalzium- und Magnesium-Ionen aus dem Unterboden zurückführen.

Der pH-Wert wird neben dem Kalziumgehalt im Boden auch durch Magnesium, Kalium oder Natrium beeinflusst, die ebenfalls als basisch wirksame Kationen den pH-Wert steigen lassen.

Neigt ein Boden trotz eines hohen pH-Wertes stark zur Verschlammung, ist das ein Hinweis auf eine hohe Magnesium- und/oder Natrium- oder auch Ammoniumsättigung (NH₄). Im Gegensatz zum Kalzium verringern Magnesium, Natrium, Kalium und Ammonium die Aggregatstabilität. Der NH₄-haltige Dünger AHL trägt zur Verschlammung der Bodenoberfläche bei, genauso wie hohe Mengen Kali-Dünger oder der Einsatz von Biogas-Gülle mit hohen Gehalten von Kalium, NH₄ und Natrium. Letzteres ist der Fall, wenn Essensreste mitvergoaren wurden.

ANIONEN UND KATIONEN

So bewegen sich Nährstoffe im Boden

Die Nährstoffe bewegen sich im Boden durch ihre Ladung. Sie liegen im Bodenwasser meist als negativ (-) geladene Anionen (Nitrat, Sulfat, Phosphat, Borat, Molybdat) oder als positiv (+) geladene Kationen (Kalzium, Magnesium, Kalium, Ammonium, Natrium) vor. Schwermetalle (Eisen, Kupfer, Mangan, Zink) sind Kationen mit wechselnder Wertigkeit. Auch das durch den Einfluss auf den pH-Wert bekannte Wasserstoff-Ion liegt als H⁺-Kation in der Lösung vor. Anionen werden im Boden wenig gebunden und sind deshalb leicht auswaschbar. Eine Ausnahme bildet das Phosphat, das mit mehrwertigen Kationen eine wenig bis unlösliche Bindung eingeht. Kationen werden hingegen überwiegend an die Austauschergel gebunden. Nur ein geringer Anteil befindet sich in der Bodenlösung. Die Austauscher (Tonminerale, Humus) sind wegen

des Ladungsüberschusses nach außen negativ geladen und binden somit Kationen. Wie stark der Boden Kationen bindet, hängt von deren Wertigkeit ab: Das zweiwertige Kalzium (Ca²⁺) wird durch zwei positive Ladungen stärker gebunden als ein einwertiges Kalium (K⁺). Eine sehr stabile Verbindung geht das dreiwertige Aluminium (Al³⁺) ein.

Steigt die Ca-Konzentration in der Bodenlösung durch Kalkung, kann ein Ca²⁺ zwei K⁺ vom Austauschergel verdrängen. Das Kalium wird damit sehr schnell für die Pflanze verfügbar, ist dann jedoch auswaschungsgefährdeter.

Neben der Wertigkeit bestimmt der Umfang der Wasserhülle der Ionen die Bindungsstärke (Übersicht 3). Je größer die Wasserhülle, umso geringer ist die Bindungsstärke. Mit einer größeren Hülle rückt der Ladungsschwerpunkt des Ions weiter weg vom negativ geladenen Mineral. Deshalb hat Natrium mit einer sehr großen Wasserhülle eine geringere Bindungsstärke als Kalium oder Ammonium. Auch Magnesium hat aufgrund der größeren Wasserhülle eine geringere Bindungsstärke als Kalzium.

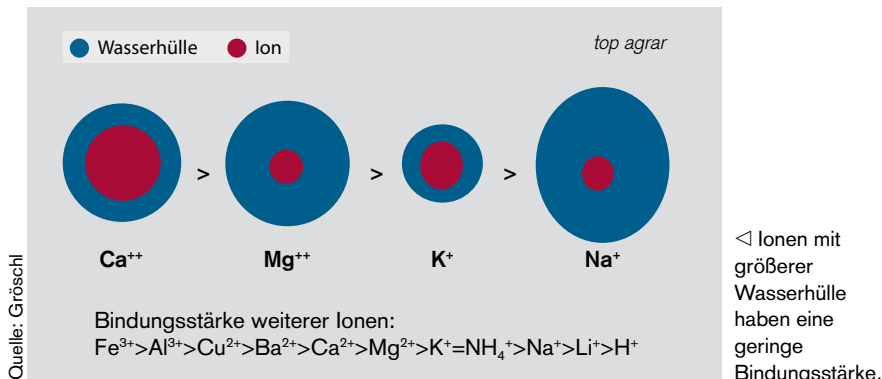
Die Bodenbestandteile können unterschiedlich gut und viele Kationen binden – abhängig von der spezifischen Oberfläche (vgl. Übersicht 4 auf Seite 84). Je größer, umso stärker ist das Bindungsvermögen, aber auch umso mehr Bindungsstellen hat der Boden, an denen Kationen andocken können.

TONMINERALE SIND NICHT GLEICH

Die Tonminerale, aus denen sich die Tonteilchen zusammensetzen, haben verschiedene Bindungsstärken und vor allem eine unterschiedliche Anzahl von Bindungsstellen. Im Laufe der Zeit entwickelten sich die Tonminerale ausgehend vom Glimmer hin zum Illit, zum Vermiculit oder zum Kaolinit. Illite, die z.B. im Löß vorkommen, haben eine Oberfläche von 50 bis 200 m²/g, Vermiculite oder Smectite (Dreischichtminerale) dagegen eine Oberfläche von 600 bis 800 m²/g. Eine sehr geringe Oberfläche von nur 1 bis 40 m²/g haben Kaolinite (Zweischichtminerale).

Neben der Größe der Oberfläche bestimmt die Oberflächenstruktur das Austauschverhalten. Glimmer und davon abgeleitet Illite und Kaolinit haben Einkerbungen. In diese passen nur Kalium- oder Ammonium-Ionen. Damit ist deren Ladungsschwerpunkt näher am negativ geladenen Mineral und die Bindungsstärke nimmt zu. An diesen sogenannten selektiven Bindungsstellen

ÜBERS. 3: BINDUNGSSTÄRKE ABHÄNGIG VOM NÄHRSTOFF



werden Kalium und Ammonium stärker gehalten als Magnesium und Kalzium. Unter feuchten Bedingungen kann die Pflanze dieses Kalium (und Ammonium) verwerten, unter trockenen Bedingungen nicht. Man spricht in diesem Fall von Trockenfixierung.

ALLES IM AUSTAUSCH

Was ist die Kationenaustauschkapazität?

Die Kationenaustauschkapazität (KAK) ist ein Maß für die Zahl an negativen Bindungsplätzen der Ton- und Humuspartikel des Bodens. Mitteuropäische Ackerstandorte können eine Austauschkapazität zwischen 2 und 40 cmol/kg Boden aufweisen. In Einzelfällen werden auch Böden – meist humose, tonige Böden – mit noch höherer Austauschkapazität ackerbaulich genutzt. Diese

waren früher überwiegend Grünlandstandorte.

Die Untersuchung der KAK kann die Anzahl der Kationenbindungsstellen im Boden bestimmen und den Anteil der einzelnen Kationen an den Bindungsstellen erfassen. Diese Spezialuntersuchung geht weiter als die Standardanalysen. Die effektive Kationenaustauschkapazität (KAK_{eff}) gibt die Summe der an Bodenkolloide gebundenen Kationen wieder. In neutralen bis schwach sauren Böden dominieren Kalzium (Ca), Magnesium (Mg), Kalium (K) und Natrium (Na). In sauren Böden besetzen mit abnehmendem pH-Wert zunehmend Wasserstoff (H), Aluminium (Al) und Eisen (Fe) die Bindungsstellen.

KATIONENAUSTAUSCH- UND SPEICHERKAPAZITÄT DES BODENS

Je höher die KAK, desto mehr Kationen kann der Boden speichern. Mit steigender KAK werden deshalb weniger positiv geladene Nährstoffe in tiefere Schichten ein- oder gar ausgewaschen.



Foto: Höner

△ Eine hohe KAK des Bodens erfordert hohe Düngegaben.

Je höher die KAK, umso schwieriger ist es aber auch für die Pflanze, an Kationen zu gelangen. Mit steigender KAK muss deshalb auch eine höhere Kationenkonzentration im Boden einhergehen.

Böden mit geringer KAK können schnell mit Kationen aufgedüngt werden: Im Umkehrschluss geraten sie aber schnell wieder ins Defizit, wenn mehr



HÄLT, WAS ES VERSPRICHT. SEIT 2001.

- Breit wirksam gegen zahlreiche Schädlinge in vielen Kulturen
- Hervorragende Sofort- und Dauerwirkung
- Anwenderfreundlich durch mikroverkapselten Wirkstoff (patentierter Zeon-Technologie)
- B4-Einstufung – bienenungefährlich

KaZe H 2/2020

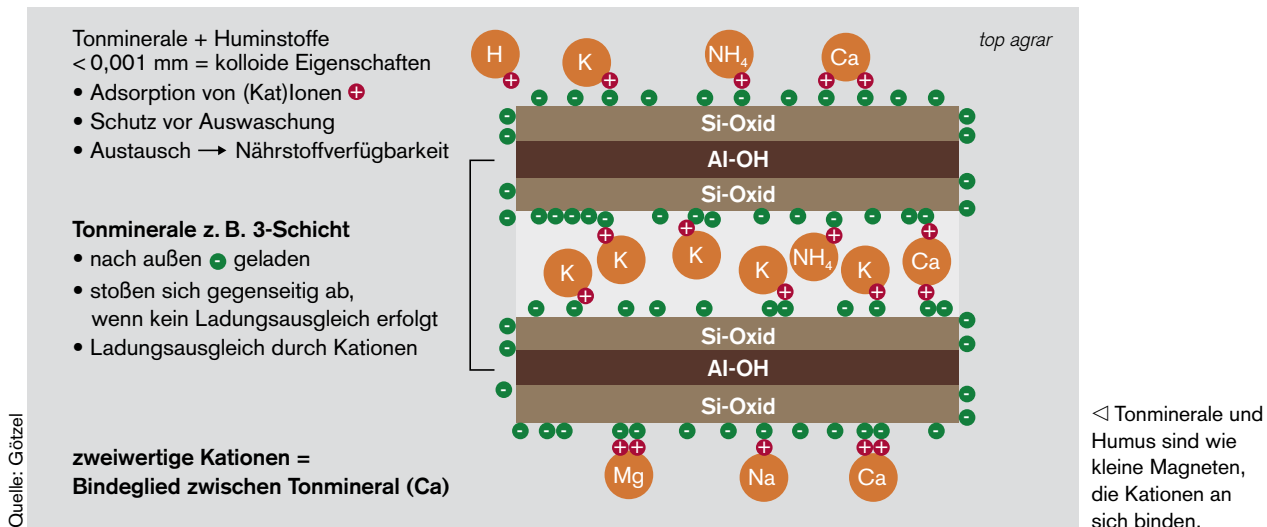


Pflanzenschutzmittel vorsichtig verwenden.
Vor Verwendung stets Etikett und Produktinformationen lesen.

www.syngenta.de
BeratungsCenter
0800/32 40 275 (gebührenfrei)
Jetzt auch per WhatsApp: 0173-4691 328

®

ÜBERSICHT 4: SO BINDEN NÄHRSTOFFE AN EINEM DREISCHICHTTONMINERAL



entzogen als gedüngt wird. Dagegen können Böden mit hoher KAK lange vom Kationenvorrat zehren. Sind sie aber einmal ausgelaugt, ist das Optimum nur mit hohem Aufwand wiederherzustellen. Auf Böden mit hoher KAK sind in jedem Fall höhere Düngergaben erforderlich.

Weil sich die Wurzelzone nicht nur auf die Krume beschränkt, ist für die Nährstoffdynamik auch die KAK unterhalb der Krume entscheidend. In der Regel ist sie in der Krume infolge des dort meist höheren Humusgehaltes am höchsten. In Einzelfällen kann sie aber im Bt-Horizont einer Parabraunerde aufgrund des dort hohen Tongehaltes ansteigen. Darunter nimmt die KAK dann fast immer stark ab.

HUMUS BINDET MEHR KATIONEN ALS TON

Gut zersetzte organische Substanz besitzt eine höhere KAK als Tonminerale. Humus kann vier- bis fünfmal so viele Kationen binden wie Ton. Eine Besonderheit der organischen Austauscher ist die pH-Abhängigkeit. Je geringer der pH-Wert des Bodens, umso geringer ist auch die KAK der organischen Substanz. Dagegen können organische Austauscher bei pH-Werten unter 5 auch Anionen (z. B. Nitrat, Sulfat) sorbieren. Durch den Anstieg des pH-Wertes von 5,5 auf 7,0 verdoppelt sich die KAK der organischen Substanz. Somit wird die Kationenspeicherfähigkeit eines humosen Bodens durch Kalkung positiv beeinflusst. Durch saure Dünger (SSA) kann die Kationenbindung punktuell und temporär verringert werden. Da-

durch wird die Pflanzenverfügbarkeit einzelner Nährstoffe, z. B. von Kalium oder Ammonium, kurzfristig verbessert.

KATIONEN: ANTEILE UND WIRKUNG

Zweiwertiges Kalzium (Kalk) verbessert und stabilisiert die Bodenstruktur durch die Bildung stabiler Aggregate. Die Ca^{2+} -Ionen verbinden Ton und Humusteilchen wie eine Brücke zu größeren Bodenkrümeln. So entstehen mehr Luft- und Wasserporen mit der Folge, dass die Wasseraufnahme und -speicherfähigkeit steigt und sich gleichzeitig die Durchlüftung des Bodens für das Wurzelwachstum verbessert. Das Mg^{2+} hat aufgrund seiner großen Wasserhülle, die wie Schmiere wirkt, keine strukturstabilisierende Wirkung. Auf schweren Böden, die oft unter Belastung durch häufigen Starkregen oder schwere Erntetechnik stehen, brechen diese Magnesiumbindungen schnell auf. Der Boden verschmiert.

Ein hoher Magnesiumanteil am Austauscher kann unter sehr trockenen Bedingungen aber auch Vorteile bringen. Die Diffusionswege bleiben länger erhalten, die Pflanzen halten somit unter extrem trockenen Bedingungen länger durch. Zudem ist das Quell- und Schrumpfverhalten durch die höhere Magnesiumbelegung stärker ausgeprägt. Das bietet bei verringerter Intensität der Bodenbearbeitung Vorteile. Unter diesen Bedingungen kann ein Magnesiumanteil von 15 % am Austauscher sinnvoll sein.

Auf Böden mit einer mittleren bis hohen KAK (über 10 cmol/kg) sollte eine

nahezu 100%ige Basensättigung angestrebt werden. Aufgrund der strukturfördernden Wirkung muss das dominierende Element stets das Kalzium sein. Sind in einem strukturstabilen Boden 80 % der Austauscher mit Kalzium belegt, können noch 10 % Magnesium und 5 bis 8 % Kalium andocken.

Je nach Zusammensetzung des Austauscherkomplexes ist eine Mindestmenge an Kalium notwendig, um die Pflanze ernähren zu können. Auf einem stark humosen Sandboden mit geringem Anteil an Tonmineralen kann trotz einer KAK unter 10 cmol/kg der Kaliumanteil am Austauscher nur bei 2 % liegen, ohne dass Defizite für die Pflanze zu erwarten sind. Ein toniger, aber humusarmer Kaolinitboden benötigt wenigstens 6 % Kalium am Austauscher, um die K-Versorgung sicherzustellen.

Je trockener der Standort, umso höher muss die Basensättigung am Austauscher sein, damit die gedüngten Nährstoffe in der Bodenlösung und damit verfügbar bleiben. Unter sehr nassen Bedingungen ist insbesondere auf leichten Böden dagegen eine knappere Basensättigung (90 %) von Vorteil. Diese verhindert Auswaschung, vor allem von Ammonium und Kalium.

Aufgrund der Komplexität der Materie im Austauscherkomplex können die Werte 75 bis 80 % Kalzium, 10 % Magnesium, 5 bis 8 % Kalium nur als Orientierung dienen. Die Bestimmung der KAK und deren Belegung zeigt vielmehr Eigenschaften oder Probleme des Standorts im Hinblick auf die Verfügbarkeit und die Strukturwirkung der Kationen auf.

KAK IN DER PRAXIS

Spezialfall Kalium

Immer wieder sind in einem trockenen Frühjahr Anzeichen von Kaliummangel zu erkennen. Der Mangel lässt sich auch durch Pflanzenanalysen nachweisen, obwohl die Bodenversorgung mit K laut CAL-Analyse im hohen C-Bereich liegt. Das ist häufiger der Fall, wenn

- die Böden (sehr) hohe Tongehalte aufweisen,
- der pH-Wert auf schweren Böden unter 6,5 liegt,
- aber auch bei sehr hohen pH-Werten (pH über 7,5) bei gleichzeitig hoher Mg-Versorgung.

Die Gründe dafür: Das einwertige Kalium (K^+) konkurriert mit anderen ein- und zweiwertigen Kationen um die Bindungsstellen an den nach außen negativ geladenen Austauschern und bei der Aufnahme in die Pflanze. Sind die Austauscher mit basisch wirkenden Kationen abgesättigt, schwimmt mehr Kalium in der Bodenlösung. Es kann somit leichter aufgenommen, aber auch leichter verlagert werden. Die Absättigung der Austauscher spiegelt der pH-Wert wider, abhängig vom Ton- (und Humus-) Gehalt.

Bei hohen Tongehalten ist ein Mehrfaches an Kationen gegenüber sandigen Böden notwendig, um die Bindungsstellen abzusättigen. Deshalb muss auch der pH-Wert in tonigen Böden wesentlich höher sein als in Böden mit geringen Ton-(mineral-)gehalten. Bei niedrigen pH-Werten wird mehr Kalium aus der Bodenlösung an die Kolloide gebunden.

Durch Trockenheit wird die Bindung verstärkt. Das Kalium ist dann schlechter verfügbar. Auf Standorten mit höheren Tongehalten tritt deshalb verstärkt durch niedrige pH-Werte augenscheinlicher K-Mangel (auch NH_4 -Mangel) auf, bevor Trockenschäden zu erkennen sind.

Zwischen Kalium und Ammonium bestehen enge Wechselbeziehungen: 2 kg Kalium verdrängen 1 kg Ammonium vom Austauscher und umgekehrt. Ist NH_4 am Austauscher vorhanden, kann es durch Kalium in Lösung gebracht und damit pflanzenverfügbar gemacht werden.

Für die Verfügbarkeit des Kaliums ist der Gehalt pro % Ton maßgeblich: Je nach Bodenart sollte der Boden in Trockengebieten zwischen 1,0 und 1,5 mg K/100 g Boden und pro % Ton enthalten. Bei ausgeglichenem Wasserhaushalt sind 0,7 bis 1,0 mg K/100 g Boden und pro % Ton ausreichend. Auf Standorten ohne Wasserstress können niedrigere Gehalte (0,7 bis 1,0 mg K/100 g Boden und pro % Ton) für die notwendige K-Aufnahme ausreichen. Werden im Unterboden höhere K-Gehalte gemessen, die bei etwa 60 % der Werte in der Krume liegen, und ist der pH-Wert in Ordnung, genügen sogar 0,6 bis 0,8 mg K/100 g Boden und pro % Ton.

Liegt die Kaliumversorgung der Bodenanalyse im C-Bereich, sollte wenigstens der Netto-Entzug durch die Kultur gedüngt werden, um die notwendige K-Konzentration in der Bodenlösung zu sichern. Optimale K-Gehalte abhängig von der Bodenart und der Wasserverfügbarkeit können Sie Übersicht 5 entnehmen.

ÜBERSICHT 5: OPTIMALE KALIUMGEHALTE

Bodenart	S, IS	sL, L	tL, IT	T
Tongehalt	bis 10 %	10–20 %	20–30 %	über 30 %
Standorte mit regelmäßiger Frühjahrstrockenheit				
K-Gehalt (mg K/% Ton)	1,5	1,2	1,1	1,0
mg K/100 g Boden	9–15	15–25	25–30	>30
mg K_2O /100 g Boden	11–18	18–30	30–35	>35
Standorte mit meist ausgeglichenem Wasserhaushalt				
K-Gehalt (mg K/% Ton)	1,0	0,9	0,8	0,7
mg K/100 g Boden	6–10	10–18	18–25	>25
mg K_2O /100 g Boden	8–12	12–20	22–30	>30

top agrar; Quelle: N.U. Agrar GmbH

◀ Der optimale Kaliumgehalt hängt von Wasserverfügbarkeit und Tongehalt ab.

DIE ZEITEN N-DERN SICH.

Mit Hybridgerste
ernten Sie auch in Zukunft
immer sichere Erträge!

MIT
MAXIMALER
N-EFFIZIENZ
HYVIDO.DE

FRÜH
BESTELLEN UND
BIS ZU 8 EURO
PRO EINHEIT
SPAREN!

www.syngenta.de
BeratungsCenter
0800/32 40 275 (gebührenfrei)

Jetzt auch per WhatsApp:
01 73 - 46 91 328

 **Hyvido**® 

Die Angaben zu den Sorten beruhen auf Ergebnissen der offiziellen Sortenversuche und/oder eigenen Erfahrungen. Da die Sortenleistung auch von den jeweiligen Umweltbedingungen abhängig ist, sind die Angaben nicht ohne Weiteres replizierbar.

® = Eingetragene Marke einer Syngenta Konzerngesellschaft