

# Mais trifft auf zunehmende Trockenphasen

## Wassernutzungseffizienz durch Kalium und Magnesium verbessern

Wie gerade das abgelaufene Jahr gezeigt hat, kommt Mais im Vergleich zu Getreide mit dem sogenannten Klimawandel gut klar. Zeitiger Anschluss an die vorhandene Bodenfeuchte, viel Sonne bis zum Rispschieben und zur Kornausbildung sowie Regen zur Zeit der Blüte zeigen das hohe Ertragsvermögen der Frucht auf. Dennoch gab es auch in 2011 Bestände, die unter der Trockenheit litten. Für die Zukunft ist von einer weniger günstigen Konstellation auszugehen. In Deutschland werden Wetterextreme eine größere Rolle spielen. Insbesondere wird die Anzahl der Sommertage mit hoher Strahlungsintensität und starken Verdunstungsraten zunehmen, während gleichzeitig die Regenmengen in einer für die Pflanzen wichtigen Wachstumsphase sinken. Nachfolgend soll geklärt werden, auf welche Weise die Nährstoffversorgung von Mais die zu erwartenden Stressausprägungen abmildern kann.

Hendrik Führs, Kassel, und Reinhard Elfrich, Everswinkel

Entscheidend für den Wasserhaushalt der Pflanze ist das pflanzenverfügbare Bodenwasser, die nutzbare Feldkapazität (nFK), die in Vol.-% angegeben wird. Neueste Untersuchungen mit langjähriger Kaliumdüngung zeigen einen signifikant steigernden Einfluss des Kaliums auf die Feldkapazität verschiedener Böden. Dies trifft sowohl auf sandige als auch auf schwerere Böden zu. Beispielfhaft seien Feldversuche in Spröda und Bonn genannt (Abb. 1), in denen die nutzbare Feldkapazität durch  $K_2O$ -Düngung um 1,5 bis 2 Vol.-% erhöht werden konnte. Relativ gesehen wird die nFK auf 12 von verschiedenen Hochschulen geprüften Standorten um mehr als 5 Prozent verbessert, gut mit Kalium versorgte Böden liefern folglich länger Wasser nach.

### Porengrößenverteilung

Dieser bodenphysikalische Effekt wird dadurch erklärt, dass Kaliumsalze in austrocknenden Böden spezifisch über Salzausfällungen zur Verkittung von Bodenaggregaten beitragen. Dadurch treten Veränderungen in Bodeneigenschaften auf, die direkt auf das Pflanzenwachstum wirken. Besonders zu nennen ist eine Verschiebung der Porengrößenverteilung des Bodens zu Gunsten von Mittelporen, da durch die verkittende Wirkung des Kaliums Grobporen in Mittelporen unterteilt werden. (Abb. 2). Diese Mittelpo-

ren sind entscheidend für die Pflanzenverfügbarkeit des Bodenwassers, denn zu kleine Poren binden das vorhandene Wasser so stark, dass es durch die Pflanzen nicht entzogen werden kann. Im Gegensatz dazu versickert das Bodenwasser aus den zu großen Grobporen sofort.

### Wasseraufnahme

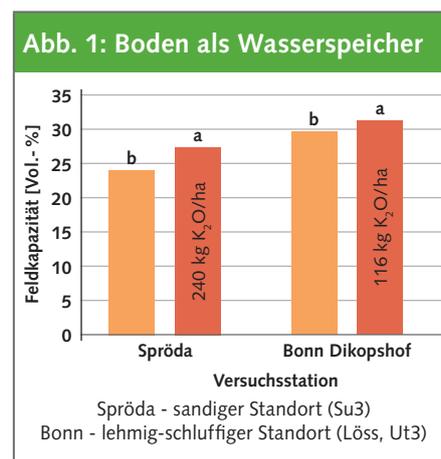
Die potenzielle Wasseraufnahme der Pflanze steht den wasserhaltenden Kräften des Bodens entgegen. Zwischen Feldkapazität und permanentem Welkepunkt existiert mit Blick auf die verfügbare Wassermenge ein weiter Bereich. Die Pflanzenwurzeln können bei einer geringen Bodenfeuchte keine ausreichend hohe Saugspannung entwickeln, um das Wasser aus dem Boden

aufzunehmen. In den Leitungsbahnen der Pflanze (Xylem) reißt der kapillare Wasserstrom von den Wurzeln zu den Blättern ab. Als Folge welkt die Pflanze. Ein osmotisches Gefälle von der Bodenlösung zu den Wurzeln begünstigt die Wasseraufnahme. Neben organischen Verbindungen sind auch Kalium und Chlorid osmotisch wirksame Substanzen. Hohe Kalium- oder Chlorid-Gehalte in den Pflanzenwurzeln verstärken das Potentialgefälle vom Boden zur Pflanzenwurzel und erhöhen so die Wasseraufnahme.

### Wurzelwachstum

Die Photosynthese ist der zentrale Prozess, der die Kohlenhydrat- und damit Trockenmasseproduktion steuert. Hier greift Magnesium auf mehreren Wegen ein. Zunächst ist Magnesium das Zentralatom des Chlorophylls. Dies erklärt die typischen Blattaufhellungen (Chlorosen), die unter Magnesiummangel auftreten. Darüber hinaus spielt Magnesium aber auch eine zentrale Rolle bei der  $CO_2$ -Fixierung während der Photosynthese, da es aktivierend auf das  $CO_2$ -fixierende Enzym wirkt.

Für ein gesundes Pflanzenwachstum unter trockenen Bedingungen ist es notwendig, dass die gebildeten Kohlenhydrate in der Pflanze vom Ort der Produktion (source – Blatt) zum Ort des Ver-





In Zukunft wird die Anzahl der Sommertage mit hoher Strahlungsintensität zunehmen, während gleichzeitig die Regenmengen in einer wichtigen Wachstumsphase sinken

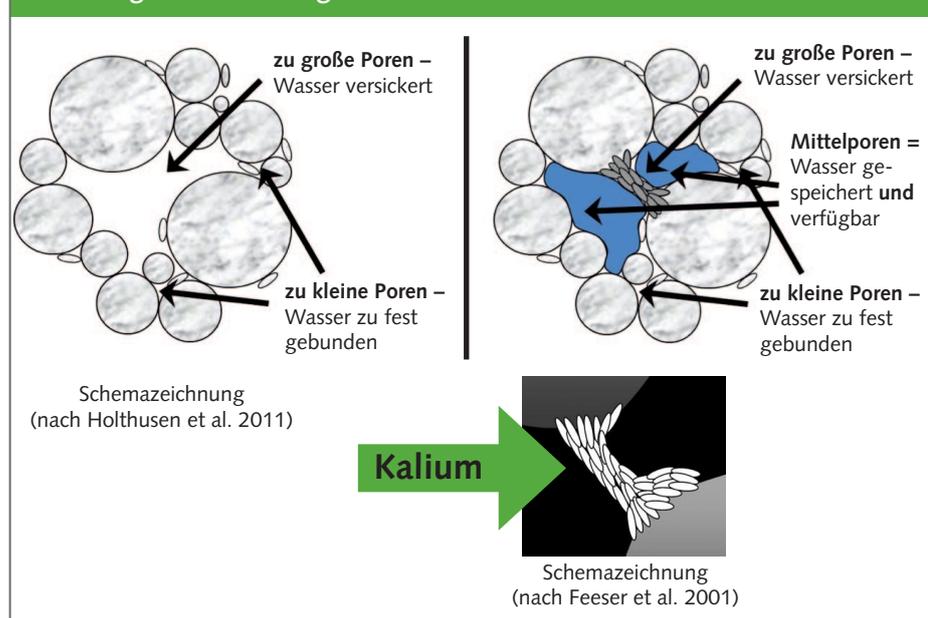
Foto: agrar-press

brauchs (sink – Wurzel, Früchte) optimal verteilt werden. Die Wurzel kann insgesamt als „sink“ für Kohlenhydrate betrachtet werden, da sie für ein gutes

Wachstum große Mengen Kohlenhydrate benötigt. Bei diesen Umverteilungsprozessen spielen sowohl Magnesium als auch Kalium eine große Rolle. Stu-

dien belegen, dass eine Unterversorgung von Pflanzen mit Magnesium zu einer Anreicherung von Kohlenhydraten im Blatt führt, während die Kohlenhydratkonzentration in den Leitgeweben (Phloem) abnimmt. Offenbar ist die Beladung des Leitgewebes mit Kohlenhydraten bei Magnesiummangel eingeschränkt. In Feldversuchen lässt sich konkret nachweisen, dass Magnesium die Ausbildung von Grob- und Feinwurzeln verbessert. Besonders das leicht lösliche Magnesiumsulfat (Kieserit) bewirkt eine intensive Durchwurzelung des Bodens auch in tiefere Schichten (Abb. 3). Mit einer ausreichenden Mg-Versorgung kann folglich in Trockenphasen eine potenzielle Störung des Wasserhaushaltes abgemildert werden, und die Pflanzen können ihren Stoffwechsel länger aufrechterhalten. Für den „Source-to-sink“-Transport nach der Beladung der Leitgewebe wird zusätzlich Kalium benötigt. Kalium ist am Aufbau von Potentialdifferenzen in der Pflanze beteiligt, die letztlich den gezielten Transport der Kohlenhydrate und Nährstoffe zum Verbrauchsort ermöglichen.

Abb. 2: Schematische Darstellung des Einflusses einer Kaliumdüngung auf die Porengrößenverteilung in Böden





Eine intensive Durchwurzelung ist bei steigender Tendenz zu Trockenheit entscheidend

Foto: Wurzelatlas Bd. 7, DLG-Verlag

Die Funktionen der beiden Nährstoffe bei Kohlenhydratproduktion und -verteilung und damit dem Wurzelwachstum zeigen, weshalb gerade unter trockenen Bedingungen eine ausreichende Magnesium- und Kaliumversorgung nötig ist. Nur ein gutes Wurzelwachstum und da-

mit die Erschließung zusätzlicher Wasser- und Nährstoffressourcen des Bodens kann die Pflanze vor frühzeitig auftretendem Trockenstress schützen. Dies ist bei dem flachwurzelnden Mais gerade zu Vegetationsbeginn im späten Frühjahr mit steigender Tendenz zu Trockenheit entscheidend.

### Unproduktive Wasserverluste

Mais ist als C4-Pflanze tropischer Herkunft bereits sehr gut an trockene Bedingungen angepasst. Die anatomischen und physiologischen Besonderheiten erlauben es der Pflanze, auch bei geschlossenen Blattöffnungen (also vermindertem Gas- und Wasseraustausch) weiterhin effizient Photosynthese zu betreiben. Dieses ist auch der Grund für die vergleichsweise hohe Wassernutzungseffizienz dieser Kultur im Vergleich zu C3-Pflanzen. Kalium übernimmt eine wichtige Funktion bei der Kontrolle des pflanzlichen Wasserhaushaltes über die Regulation der Spaltöffnungen. Diese Poren werden durch sogenannte Schließzellen geformt. Wird Kalium in die Schließzellen transportiert, fließt aufgrund der entstehenden Potentialdifferenz Wasser nach. Der Turgor in den Schließzellen steigt und die Stomata öffnen sich. Die Spaltöffnungen schließen, wenn das Kalium wieder aus den Schließzellen herausgepumpt wird. Unter Kaliummangel ist dieser Mechanismus gestört, was zu erhöhter unproduktiver Transpiration führt.

### Düngungspraxis

Mais entzieht dem Boden während der Vegetation circa 270 kg K<sub>2</sub>O pro ha. Aufgrund der sehr hohen Wachstumsraten hat ein Maisbestand seinen größten Bedarf an Kalium von Anfang Juni bis Mitte/Ende Juli. In diesem Zeitraum nimmt der Bestand circa 90 Prozent des gesamten Kaliumbedarfs auf – zusätzlich sollten zwei Drittel der erforderlichen Magnesium-Menge zur Verfügung stehen, denn bis zu 2,5 kg/ha MgO sind in der Wachstumsphase täglich erforderlich. Diese temporär hohe Magnesiumaufnahme kann selbst bei hohen Bodenwerten kaum sichergestellt werden, entscheidend ist daher die Zufuhr schnell löslicher Magnesiumformen. Wird nun Kalium dem Mais isoliert oder als Gülle/Gärs substrat zugeführt, so ist aufgrund antagonistischer Effekte Magnesium besonders zu beachten. Gerade Gärreste können hinsichtlich der Magnesium-Lieferung aufgrund absolut niedriger

### Wassernutzungseffizienz

#### Kalium und Magnesium sparen Wasser durch:

- Erhöhung des Speichervolumens des Bodens für Wasser
- verbessertes Wurzelwachstum
- Wasseraufnahme entgegen osmotischem Gefälle
- effizienter Stofftransport in der Pflanze und erhöhte Ertragsbildung
- weniger unproduktive Verdunstung

Gehalte und ungenügender Verfügbarkeit nachteilig sein. Ein Ausgleich kann über Mg-haltige Kali-Dünger geschehen (Abb. 4). Verbreitet wird im Maisanbau Magnesiumsulfat (Kieserit) flächig oder mit 1 bis 2 dt/ha in Kombination zu Unterfußdüngern eingesetzt. Chloridhaltige Düngemittel sind – breitflächig vor der Saat ausgebracht – vorteilhaft, in Form einer Unterfußdüngung, z. B. mit NPK oder Gülle, aber eher problematisch. Die Wurzeln beim Mais scheinen hier empfindlich zu reagieren, ein Thema gerade in Jahren wie 2011 mit langer Trockenphase nach der Saat. Da Magnesium überwiegend mit dem Bodenwasser in die Pflanze gelangt, ist eine ausreichende Transpiration erforderlich. Daher kommt es in Zeiten hoher Luftfeuchten, aber auch ausgetrockneter Böden, oftmals zu Chlorosen beim Mais. Hier ist eine Behandlung mit in Wasser gelöstem Magnesiumsulfat, z. B. als Kombina-

Abb. 3: Wurzelverteilung nach Kieserit-Anwendung im Versuch Oberwarmersteinach

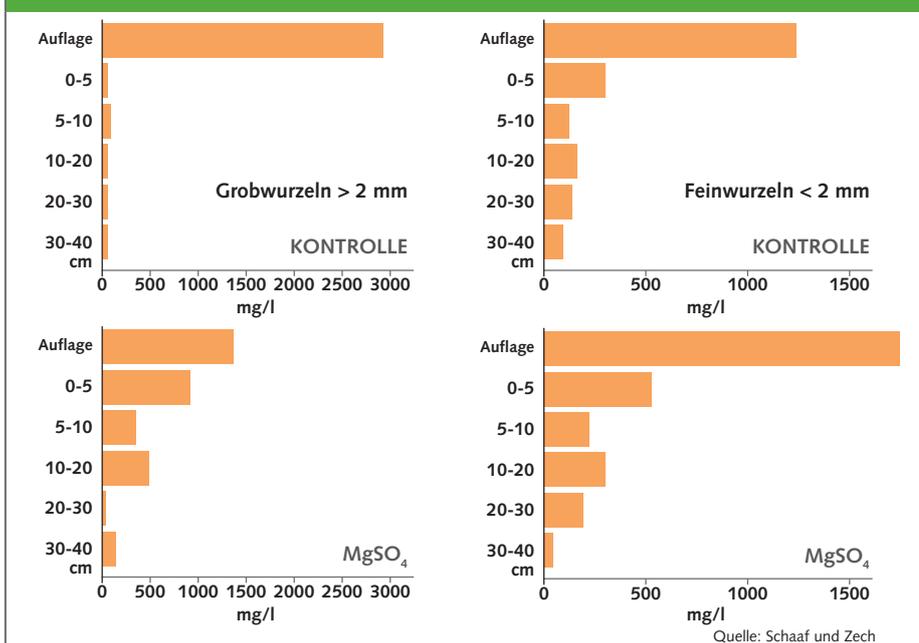


Abb. 4: K-/Mg-Wirkung Energiemais Straelen 19.08.2011



tion zu Behandlungen gegen HTR-Blattflecken, ratsam.

## Fazit

Im Prinzip gibt es drei pflanzliche Faktoren, die die Wassernutzungseffizienz entscheidend prägen und die durch eine

Kalium- und Magnesiumdüngung beeinflusst werden können: Zunächst einmal die Trockenmasseproduktion durch Photosynthese, dann der anschließende Assimilattransport in der Pflanze von dem Ort der Bildung (Blatt) zum Ort des Bedarfs (Wurzeln) und nicht zuletzt die Regulierung des Wasser- und Gashaushaltes über die Erhaltung eines osmo-

tischen Gefälles zwischen Boden und Wurzel und der Steuerung der Blattöffnungen. Alle drei Prozesse sind eng miteinander verknüpft (Kasten Wassernutzungseffizienz). Hinsichtlich der Bodenphysik zeigen neuere Studien, dass neben diesen pflanzlichen Faktoren eine Kali- und Magnesiumdüngung die Feldkapazität des Bodens und damit die Wasserverfügbarkeit für Pflanzen erhöhen kann. <<

*Eine Literaturliste liegt bei den Autoren vor.  
Zu regionenspezifischen Klimaszenarien s.:  
<http://www.pik-potsdam.de/services/infothek/klimawandel-und-schutzgebiete>*

## ■ KONTAKT ■ ■ ■

### Dr. Hendrik Führs

K+S KALI GmbH, Kassel  
hendrik.fuehrs@kali-gmbh.com

### Reinhard Elfrich

Regionalberatung Nordwest,  
K+S KALI GmbH, Everswinkel  
Telefon: 02582 9363  
Telefax: 02582 9364  
reinhard.elfrich@kali-gmbh.com