

Ausgewogene Düngung für gute Erträge

Kalium und Magnesium verbessern die Wasserausnutzung in trockenen Jahren

Die letzten Jahre waren durch unausgewogene Niederschlagsverteilungen gekennzeichnet, die auch Auswirkungen auf die Kartoffelerträge hatten. Lange, sehr trockene Perioden v. a. im Frühjahr wurden von Phasen mit starken Niederschlägen abgelöst. Für den Anbau einer flach wurzelnden Kultur wie der Kartoffel stellt diese Problematik eine neue, zusätzliche Herausforderung dar. Mit einer auf diese speziellen Verhältnisse abgestimmten Düngung kann die Kartoffel die Stressphasen während der Vegetationszeit abmildern.

Hendrik Führs, Kassel, und Reinhard Elfrich, Everswinkel

Besonderes Augenmerk bei der Düngung sollte auf die Nährstoffe Kalium und Magnesium gelegt werden. Neue Studien belegen, dass diese Nährstoffe die Wassereffizienz, also den Ertrag pro Einheit Wasser, erhöhen. Hierbei stehen Wirkungen der Nährstoffe sowohl im Boden als auch in der Pflanze selbst in engen Beziehungen zueinander.

Bodenwasser pflanzenverfügbar halten

Das pflanzenverfügbare Bodenwasser wird als nutzbare Feldkapazität (nFK) bezeichnet, die in Vol.-% angegeben wird. Mehrjährige Untersuchungen haben nun deutlich gezeigt, dass eine Kaliumdüngung die Feldkapazität verschiedener Böden erhöht hat (Abb. 1, Damm et al., 2011). Damit steht der Pflanze also mehr Wasser während der Kultur zur Verfügung, ein Effekt, der in trockenen Phasen entscheidend zum Ertragspotenzial beitragen kann.

Wie wird dieser Effekt erklärt? Es wird vermutet, dass Kalium in austrocknenden Böden zur Verkittung von Bodenaggregaten beiträgt. Offenbar wird die Porengrößenverteilung des Bodens dadurch zugunsten von Mittelporen verändert. Dieser Anstieg des Mittelporenanteils am Gesamtporenvolumen trägt wesentlich zur Steigerung des pflanzenverfügbaren Bodenwassers bei, denn zu kleine Poren binden das vorhandene Wasser zu stark, um von den Pflanzenwurzeln aufgenommen zu werden. Ein großer Anteil an Grobporen hingegen führt dazu, dass

Abb. 1: Kalium-Düngung erhöht die Feldkapazität (Ton: 3,8–11,9 Masse-%, Schluff: 3,7–29,4 Masse-%, Corg: 0,46–1,69 Masse-%, verändert nach Damm, 2011)

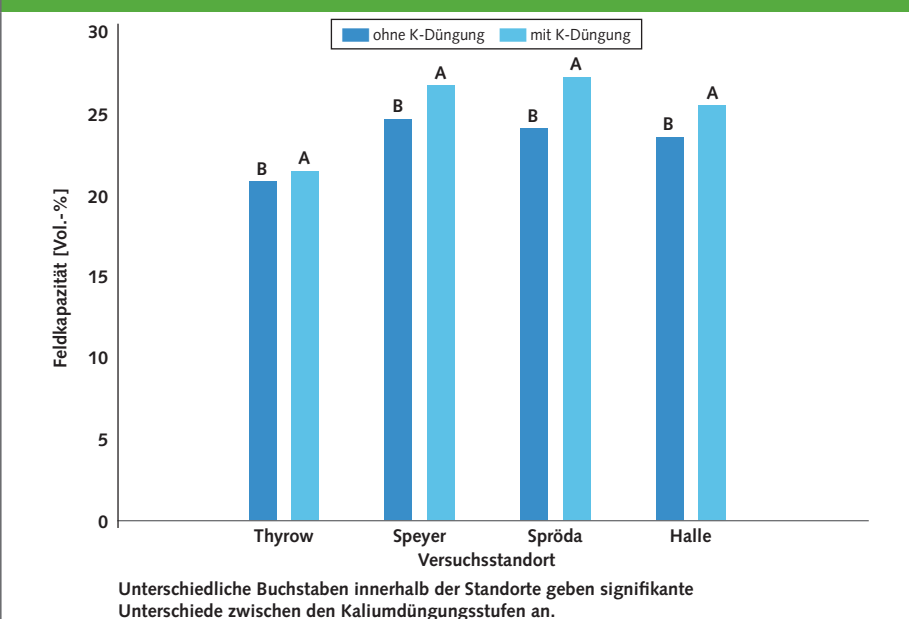


Abb. 2: Kalium reguliert die Blattöffnungen und verhindert so unproduktive Wasserverluste (Grafik: K+S KALI GmbH)

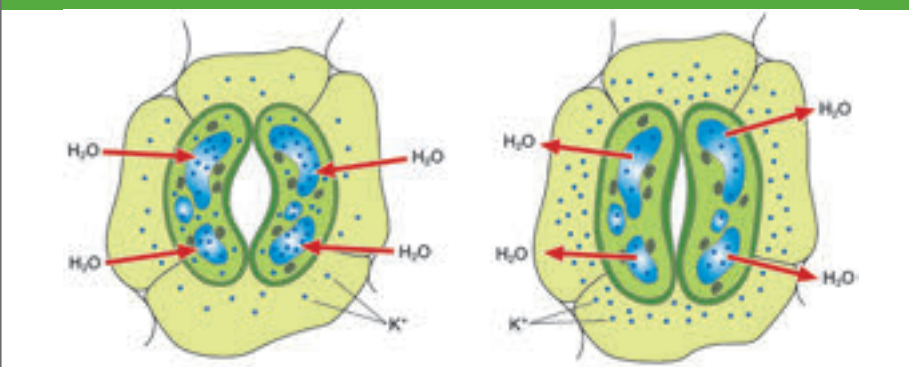
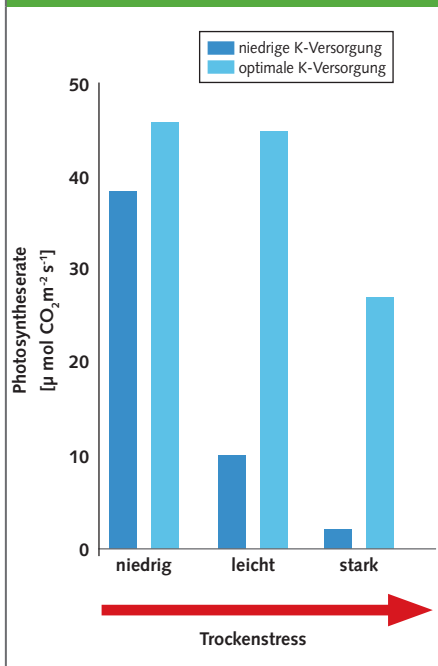


Abb. 3: Kalium erhält die Photosynthese unter Trockenstress (nach S. Gupta, 1989)



der Boden neu zugeführtes Wasser kaum gegen die Schwerkraft halten kann und daher rasch in nicht erreichbare Boden-zonen versickert.

Wasseraufnahme der Pflanze verbessern

Bei anhaltenden Trockenphasen und geringer Bodenfeuchte kann die Pflanze kein Wasser mehr gegen die Kapillarkräfte des Bodens aufnehmen. Als Folge

reißt in den Leitungsbahnen der Pflanze (Xylem) der Wasserstrom von den Wurzeln zum Spross ab. Sichtbares Zeichen ist dann die Welke. Dem kann eine ausreichende Kaliumversorgung entgegenwirken. Kalium ist nicht in der Pflanzensubstanz gebunden. Gerade diese freie Beweglichkeit des Kaliums in der Pflanze erklärt auch seine wichtige Funktion im Wasserhaushalt der Pflanze, denn Kalium ist osmotisch wirksam. Kann eine Pflanze viel Kalium in den Wurzeln akkumulieren, entsteht ein starkes Potenzialgefälle zwischen dem Boden und der Wurzel, welches den Kapillarkräften des Bodens entgegensteht. Je größer dieses osmotische Gefälle ist, desto länger ist eine Wasseraufnahme in Trockenphasen möglich. Daher sollte zur Bemessung der Kalium-Düngung neben dem Versorgungsstatus des Bodens und dem Pflanzenentzug auch die Neigung eines Standortes zu Trockenheit mit berücksichtigt werden.

Unproduktive Wasserverluste minimieren

Der Wasser- und Gasaustausch in Pflanzen erfolgt über die Spaltöffnungen (Poren an der Blattunterseite). Kalium kontrolliert den pflanzlichen Wasserhaushalt u. a. über die Regulation des Öffnungszustandes der Spaltöffnungen. Die Spaltöffnungen werden durch sogenannte Schließzellen geformt. Der Grad der Turgeszenz dieser Schließzellen bestimmt den Öffnungsgrad der Spaltöffnungen und damit den Gas- und Was-

seraustausch. Kalium wiederum reguliert die Turgeszenz der Schließzellen (Abb. 2). Kaliummangel führt zu erhöhter unproduktiver Transpiration, da die Spaltöffnungen aufgrund des gestörten Regulationsmechanismus nicht mehr vollständig schließen. Eine ausreichende Kaliumversorgung reduziert so diese unproduktiven Wasserverluste und erhöht die Wassernutzungseffizienz der Pflanze.

Photosynthese effizient nutzen

Kalium und Magnesium greifen auf unterschiedlichen Wegen in die Kohlenhydrat- und damit Biomasseproduktion ein. Abbildung 3 zeigt eindrucksvoll die positive Wirkung einer ausreichenden Kaliumversorgung der Pflanze auf die Photosyntheserate gerade bei Trockenstress. Die Photosynthese ist von einem effizienten Gasaustausch zwischen Blatt und Atmosphäre abhängig. Ein Grund für den positiven Einfluss von Kalium auf die Photosyntheserate liegt damit in der bereits beschriebenen optimierten Regulation der Spaltöffnungen.

Erst mit Magnesium ist eine effiziente Umwandlung von Lichtenergie in Biomasse möglich. Am bekanntesten ist die Funktion von Magnesium als Zentralatom des Chlorophylls. Das Chlorophyll sammelt die eintreffende Strahlung und wandelt sie in für die Pflanze nutzbare Energie um. Da das Chlorophyll für die grüne Ausfärbung der Pflanzen verantwortlich ist, führt Magnesiummangel zu typischen Blattaufhellungen, den Chlorosen. Eine effiziente Photosynthese benötigt zusätzlich spezifische pH-Gradienten innerhalb der Chloroplasten, um eine Umwandlung der durch das Chlorophyll eingefangenen Lichtenergie in chemische Energie zu ermöglichen. Kalium wie auch Magnesium sind essentiell an dieser pH-Wertregulation in den Chloroplasten beteiligt. Zudem fördert Magnesium spezifisch die Aktivierung des kohlenstoffdioxidassimilierenden Enzyms, der Ribulose-1,5-bisphosphat-Carboxylase/-Oxygenase (kurz RuBisCO).

Eine Voraussetzung für Wachstum und Ertragsbildung ist gerade unter limitierender Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit ein gut ausgebildetes, starkes Wurzelsystem. Eine intensive Durchwurzelung des Bodens erschließt die oft in begrenztem Maße zur Verfügung stehenden Ressourcen und erlaubt so ein Überbrücken von Mangelsituationen.

Abb. 4: Magnesiummangel behindert die Verteilung der Kohlenhydrate in der Pflanze. (nach I. Cakmak et al., 1994)

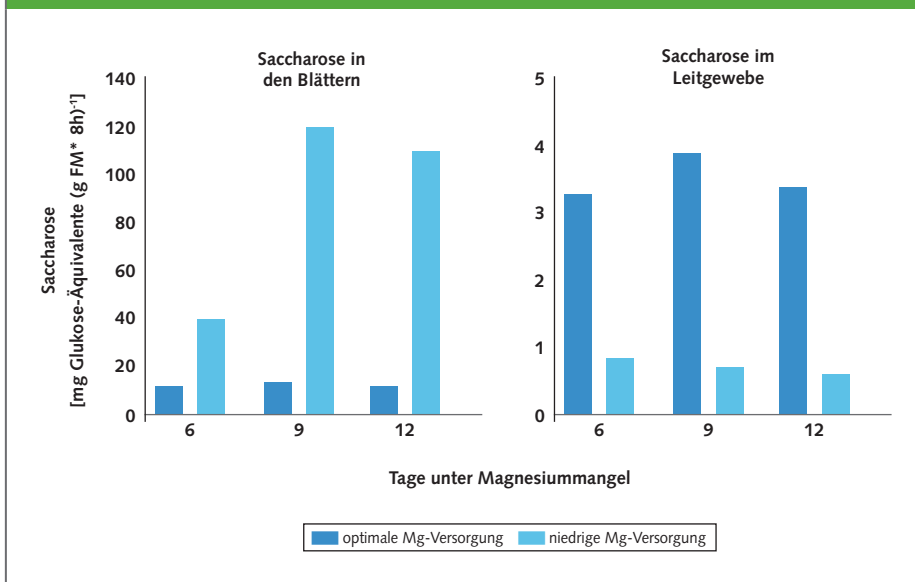


Abb. 5. Feldversuch mit Patentkali der Landwirtschaftskammer



Gutes Wurzelwachstum erfordert jedoch viel Energie und organische Verbindungen in Form von Kohlenhydraten. Das bedeutet, dass die Kohlenhydrate nach der Produktion im Kraut effizient in der Pflanze verteilt werden müssen. Dies ist v. a. in der Knollenwachstumsphase der Fall, wenn die Verteilung in der Kartoffelpflanze vom Ort der Produktion, also dem Blatt (Source oder Quelle), zum Ort des Verbrauchs, also der Wurzel und Knolle (Sink oder Senke), stattfindet. Auch bei diesen Umverteilungsprozessen spielen sowohl Magnesium als auch Kalium eine große Rolle. Gerade unter Magnesiummangel erscheint die Beladung des Leitgewebes mit Kohlenhydraten eingeschränkt. Die Kohlenhydrate in Form von Saccharose akkumulieren in den Blättern, während die Kohlenhy-

dratkonzentrationen in den für die Umverteilung benötigten Leitungsbahnen (Phloem) abnehmen (Abb. 4). Sowohl in Labor- als auch in Feldversuchen lässt sich konkret nachweisen, dass Magnesium die Ausbildung des Wurzelsystems verbessert.

Auch Kalium spielt eine wichtige Rolle bei dem „source-to-sink“-Transport, die erneut mit der freien Beweglichkeit und osmotischen Wirksamkeit des Ions zu tun hat. Denn nach der Beladung der Leitgewebe ist Kalium am Aufbau von Potenzialdifferenzen in der Pflanze beteiligt, die letztlich den gezielten Kohlenhydrat- und Nährstofffluss zum Verbrauchsort ermöglichen.

Diese wichtigen Funktionen untermauern, dass eine ausgeglichene Kalium- und Magnesiumversorgung Störun-

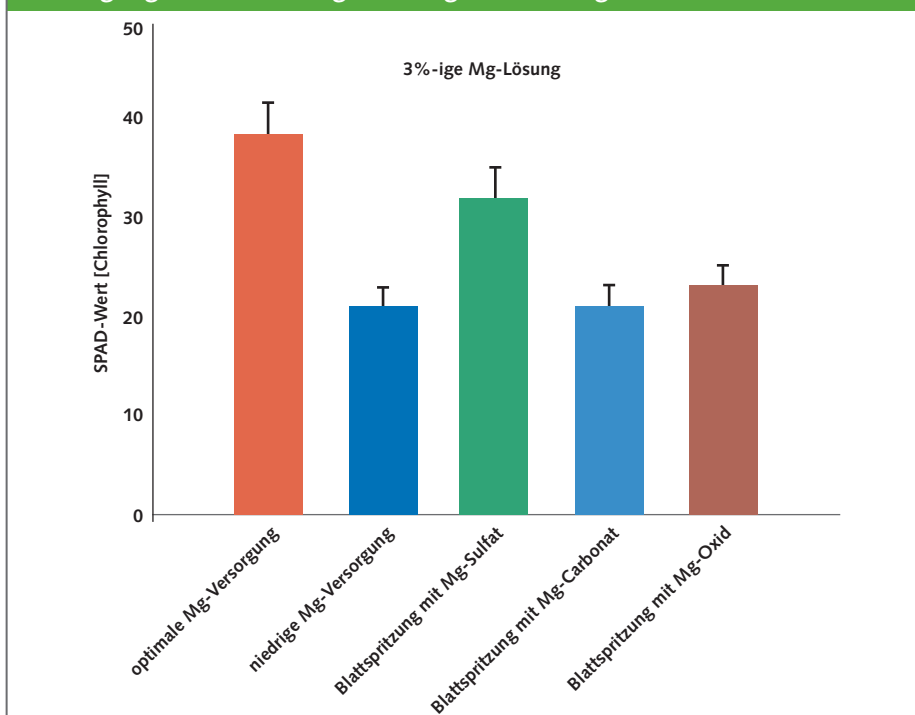
gen des pflanzlichen Wasserhaushaltes und dadurch entstehenden potenziellen Schäden entgegenwirkt. So bleiben Wasser- und Nährstoffaufnahme länger erhalten und die Pflanzen können ihren Stoffwechsel länger effizient betreiben. Dies ist bei flach wurzelnden Kartoffeln gerade auf leichten Standorten und zu Vegetationsbeginn im Frühjahr mit steigender Tendenz zu Trockenheit entscheidend.

Nährstoffe gezielt aufbringen

Kartoffeln entziehen dem Boden pro Tonne Knollenertrag ca. $60 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$. In der Phase der Knollenbildung und der Knollenentwicklung ist der tägliche Bedarf am größten. Da diese Bedarfspeaks kaum aus den Bodenvorräten gedeckt werden können, sollte eine entsprechend angepasste Düngung durchgeführt werden. Eine Düngung sollte bei der Gehaltsklasse „C“ immer auf den Entzug berechnet werden, da nur so im Sinne einer nachhaltigen Bewirtschaftung eine langfristige Verarmung des Standortes vermieden werden kann. Für die Düngungsintensität maßgebend ist neben der reinen Ertragswirkung die vorgesehene Verwertung, hier sind verschiedene Qualitätskriterien, z. B. Geschmack, Stärke, Verfärbungen, durch Kalium und auch Magnesium zu beeinflussen. Die Kartoffel gilt als chloridempfindliche Kultur, daher spielt die Wahl eines geeigneten Kaliumdüngers in sulfatischer Form eine außerordentlich wichtige Rolle.

Hinsichtlich des Magnesiumbedarfes zählt die Kartoffel mit zu den anspruchsvollsten Kulturen. Dieses ist weniger dem Gesamtbedarf, sondern eher der kurzzeitig hohen Aufnahme wie auch dem geringen Aufschlussvermögen des bodenbürtigen Magnesiums geschuldet. Selbst bei guter Bodenversorgung mit Magnesium wird dieser Nährstoff unzureichend aufgenommen, wenn Ammonium-N, Calcium oder Kalium parallel appliziert sind. Daher sind Kalidünger nicht isoliert, sondern in Kombination mit wasserlöslichen Magnesiumformen zu bevorzugen. Hier gibt es ein Manko beim Kaliumsulfat, aber auch bei vielen NPK- und auch organischen Nährstoffträgern. Im Patentkali liegt das K-Mg-Verhältnis in von Lehrbüchern genannter Form von 3:1 vor. Ein Feldversuch der Landwirtschaftskammer Niedersachsen dokumentiert, wie in einem Trockenjahr nach Anwendung von Patentkali Kartoffelpflanzen im Vergleich zur Kontrolle län-

Abb. 6: Eine Blattdüngung mit Magnesiumsulfat ist das Mittel der Wahl zur Vorbeugung bzw. Behebung von Magnesiummangel (Daten: I. Cakmak)



ger durchhalten und sich insgesamt vitaler präsentieren (Abb. 5). Um Bedarfsspitzen der Kultur zu bedienen, gibt es die Möglichkeit, Magnesium als Blattdüngung z. B. mit EPSO Top® zusammen mit Pflanzenschutzanwendungen (5 x 10 kg ha⁻¹ bis zum Blühende) aufzubringen. Unter den Blattdüngern gibt es – unabhängig davon, ob sie in fester oder flüssiger Form angeboten werden – deutliche Unterschiede hinsichtlich der Löslichkeit. Direkt verfügbare Magnesiumsulfate sind bei Chlorophyll-Messungen gegenüber alternativen Mg-Bindungen klar im Vorteil (Abb. 6). In diesem Zusammenhang ist es empfehlenswert, auch über Mikronährstoffe wie Bor und Mangan nachzudenken. Zusätzliche Sicherheit im Hinblick auf die Mikronährstoffversorgung bietet daher EPSO Microtop®, das zusätzlich zu Magnesiumsulfat auch Bor und Mangan auf die Pflanze bringt.

Fazit

Um den zukünftigen klimatischen Herausforderungen im Kartoffelanbau gerecht zu werden, ist eine darauf abgestimmte Kulturführung angeraten. Ein wichtiger Faktor ist eine hohe Wassernutzungseffizienz, also die Fähigkeit, hohen Ertrag auch unter temporär limitierter Wasserverfügbarkeit zu bilden. Die Wassernutzungseffizienz wird entscheidend geprägt durch eine optimale Kalium- und Magnesiumdüngung, da beide Nährstoffe die Kohlenhydratproduktion durch Photosynthese und deren anschließende Verteilung in der Pflanze ermöglichen. Eng damit verwoben ist die wichtige Funktion der Nährstoffe in der Regulierung des Wasser- und Gashaushaltes über die Erhaltung eines osmotischen Gefälles zwischen Boden und Wurzel und die Steuerung der Blattöff-

nungen. Mit Blick auf den Produktionsfaktor Boden zeigen neuere Studien, dass neben diesen pflanzlichen Faktoren eine langjährige Kaliumdüngung die Feldkapazität des Bodens und damit die Wasserverfügbarkeit für die Kultur verbessern kann. <<

■ KONTAKT ■■■

Reinhard Elfrich

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

Dr. Hendrik Führs

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