

MAP-Fällung bei der mineralischen Unterfuß- und Depotdüngung von Gülle oder Gärresten

Die Novellierung der Düngeverordnung hat Restriktionen für den Einsatz stickstoff- und phosphorhaltiger Düngemittel mit sich gebracht. Auch unter dem Aspekt gesteigerter Nährstoffkosten ist es daher angezeigt, insbesondere diese Düngemittel der bestmöglichen Verwertungseffizienz zuzuführen.

Von M.Sc. agr. Christoph Weidemann

Ein etabliertes Mittel zur Effizienzverbesserung bei der Düngung stellt mittlerweile in vielen Kulturen die Unterfußdüngung von mineralischen Düngemitteln oder auch die Depotdüngung von flüssigen organischen Wirtschaftsdüngern dar. Vor allem zu Mais lässt sich eine Unterfußdüngung mit stickstoff- und phosphorhaltigen Düngemitteln nicht mehr wegdenken. Sowohl die Förderung der Jugendentwicklung als auch die positiven Auswirkungen auf Ertrag und Qualität sind in zahlreichen Feldversuchen nachgewiesen worden. Ebenso hat sich die Depotdüngung von Gülle oder Gärresten gegenüber der Breitverteilung in den

letzten Jahren im Versuchswesen und auch in der Praxis als deutlich vorteilhafter herausgestellt. Für beide Verfahrensweisen gibt es aber dennoch Stellschrauben, an denen zur Stickstoff- und Phosphor-Effizienzverbesserung gedreht werden kann.

Verbesserte Stickstoff- und Phosphor-Effizienz durch gezielte Ausfällung von MAP (Struvit):

1. In der mineralischen Unterfußdüngung

Eine wissenschaftliche Arbeit, die am Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel durchgeführt worden ist, hat gezeigt, dass sich bei der Kombination der Düngemittel Diammonphosphat (18 % N; 46 % P₂O₅) und ESTA® Kieserit gran. (25 % wasserlösliches MgO + 20 % wasserlöslicher S) im 1:1-Verhältnis unter Einfluss von Feuchtigkeit ein sogenanntes Struvit bildet (siehe Abbildung 1).

Dabei ist der unmittelbare Kontakt der beiden Düngemittel im Düngerband nicht zwingend erforderlich. Struvit entsteht auch, wenn schon 1-prozentige Lösungen der beiden Düngemittel zusammentreffen. Das Struvit ist ein Magnesium-Ammonium-Phosphat (MAP), das den effizienzverbessernden Vorteil beinhaltet, dass der Stickstoff aus dem DAP als Ammonium gebunden und vor zu schneller Nitrifikation sowie Auswaschungsverlusten geschützt wird. Des Weiteren besitzt das Phosphat aus dem DAP in der neuen Struvit-Verbindung keine Affinität mehr zum Calcium, sodass es besonders auf Böden mit hohem pH-Wert als auch auf frisch gekalkten Böden keinen Alterungsprozessen unterliegt.

Die in der Struvit-Verbindung enthaltenen Nährstoffe (Stickstoff, Phosphor und Magnesium) bleiben dabei vollständig pflanzenverfügbar und stehen der Pflanze vor allem in der Jugendentwicklung über einen längeren Zeitraum zur Verfügung. Auch für die chemisch vergleichbaren Struvit-Formen aus Klär- und Wasserwerken konnte der wissenschaftliche Nachweis erbracht werden, dass zwar die Wasserlöslichkeit des Struvit im Vergleich zu aufgeschlossenen P-Düngemitteln gen null strebt, jedoch ihre Zitronensäurelöslichkeit und damit ihre Pflanzenverfügbarkeit über Wurzelexsudate gleichauf mit Triplesuperphosphat und sogar leicht besser im Vergleich zu Superphosphat ist. Dies resultiert dann auch in einer besseren

Abbildung 1: Struvit-Bildung bei Kombination von DAP und ESTA® Kieserit gran. im 1:1-Verhältnis unter Einfluss von Feuchtigkeit

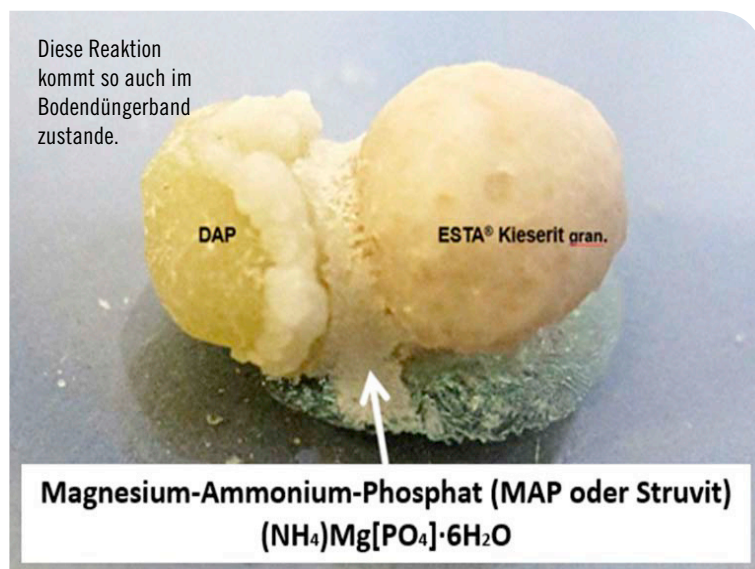
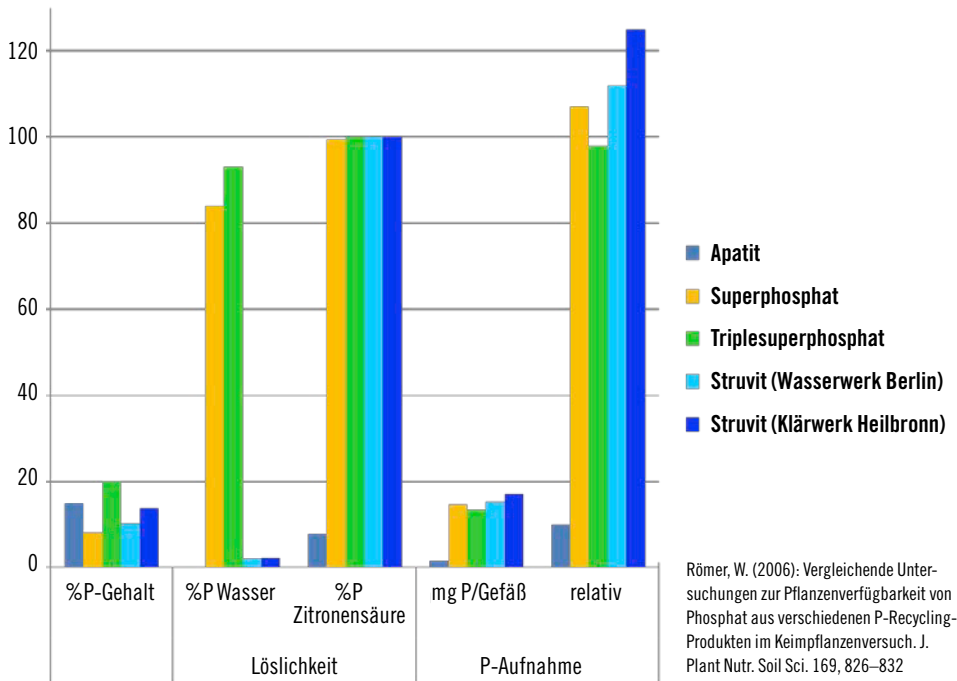


Abbildung 2: Vergleich von verschiedenen P-Düngerformen [Apatit, Superphosphat, Triplesuperphosphat, Struvit (ex Wasserwerk Berlin), Struvit (ex. Klärwerk Heilbronn)] in Bezug auf P-Gehalt, P-Wasser- und P-Zitronensäurelöslichkeit sowie der P-Aufnahme von 21 Tage alten Roggenkeimpflanzen



Römer, W. (2006): Vergleichende Untersuchungen zur Pflanzenverfügbarkeit von Phosphat aus verschiedenen P-Recycling-Produkten im Keimpflanzenversuch. J. Plant Nutr. Soil Sci. 169, 826–832

P-Aufnahme aus Struvit im 21-tägigen Roggenkeimpflanzenversuch (siehe Abbildung 2).

Die Unterfußdüngung mit der Kombination aus DAP + ESTA® Kieserit gran. im 1:1-Verhältnis [NP 9 + 23 (+12+10)] ist schon seit mehreren Jahren ein etabliertes Düngesystem, das aufweist, dass man

durch die gezielte Zugabe von Magnesiumsulfat ein entsprechendes Einsparpotenzial an mineralischem Phosphor heben beziehungsweise den Einsatz des NP-Düngemittels noch optimieren kann (siehe Abbildung 3). Im Gegensatz zur klassischen Verfahrensweise der Unterfußdüngung in einem durchgehenden

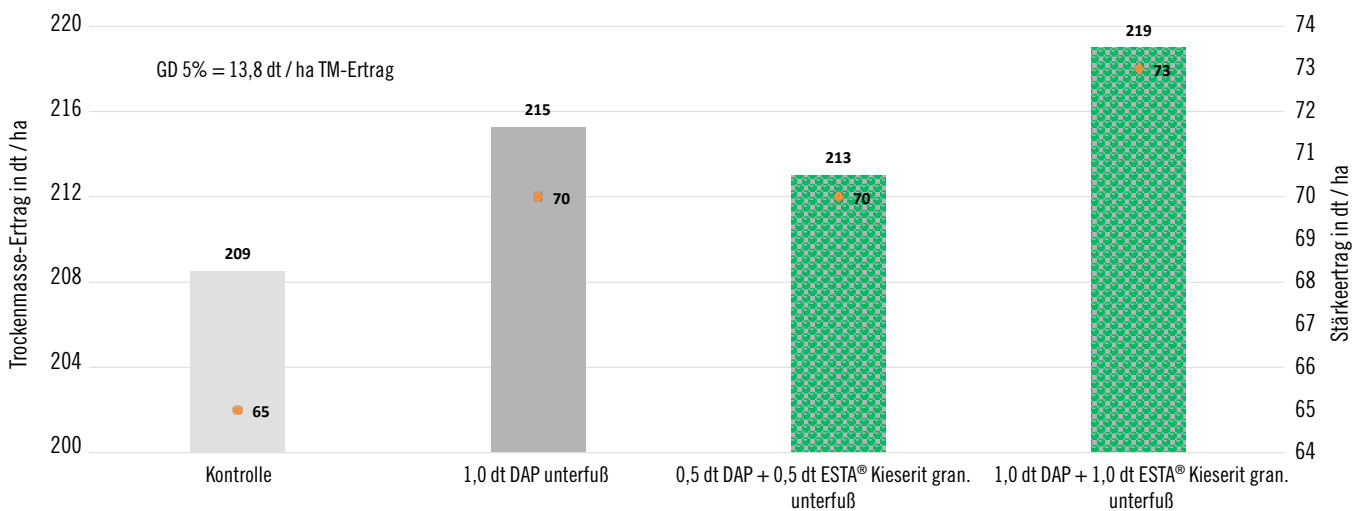
nischen Wirtschaftsdünger enthaltenen Stickstoffs und Phosphors mit in Struvit einzubinden, ist es notwendig, mindestens das 1,4-Fache des P₂O₅-Gehaltes an ESTA®Kieserit fein hinzuzugeben. So müssten überschlägig für die Praxis beispielsweise bei 2 kg P₂O₅ als zielführende Dosierung 3 kg ESTA®Kieserit fein ▶

Düngerband im Boden könnten sich in der Zukunft aber auch Techniken der gezielten Ablage im Mineraldüngerdepot unter dem Saatkorn durchsetzen (siehe Abbildung 4). Dies verspricht noch weitere Einsparpotenziale und eine effizientere Platzierung von Nährstoffen unter der Zielkultur.

2. In der Depot- beziehungsweise Strip-Till-Düngung von flüssigen organischen Wirtschaftsdüngern (Gülle oder Gärresten)

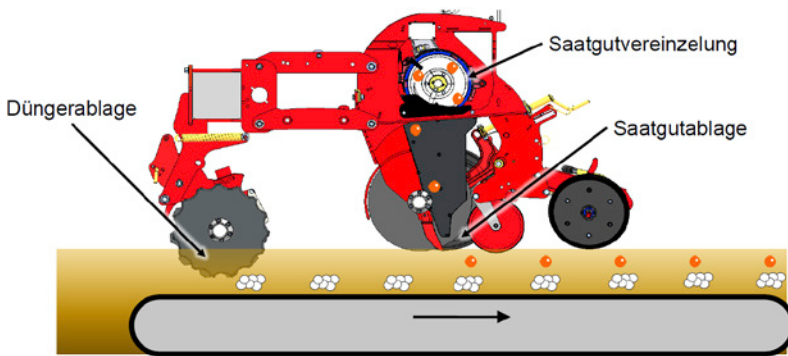
Auch in Gülle oder Gärresten kann die Ausfällung von Struvit beziehungsweise MAP über die gezielte Einmischung von ESTA® Kieserit fein (27% wasserlösliches MgO + 22% wasserlöslicher S) erreicht werden (siehe Abbildung 5, links), was insbesondere für rote Gebiete und P-Kulissen von größter Bedeutung ist. Um möglichst viel des im flüssigen organischen Wirtschaftsdünger enthaltenen

Abbildung 3: Dreijähriges Ergebnis des stationären Silomais-Unterfußdüngungsversuchs an der Versuchsstation Ostfeld der Fachhochschule Kiel (Schleswig-Holstein, 2019-2021)



In allen Varianten wurden vor der Aussaat einheitlich 45 m³ Biogasgärrest/ha oberflächlich per Schleppschlauch appliziert und sofort eingearbeitet. Der Biogasgärrest wurde mit einem Nitrifikationshemmstoff stabilisiert. Die Stickstoff-Düngung wurde ceteris paribus auf 190 kg N/ha ausgeglichen. Boden: IS; pH 5,9 (B); 25 mg P₂O₅ (C); 14 mg K₂O (B); 7,3 mg Mg (B).

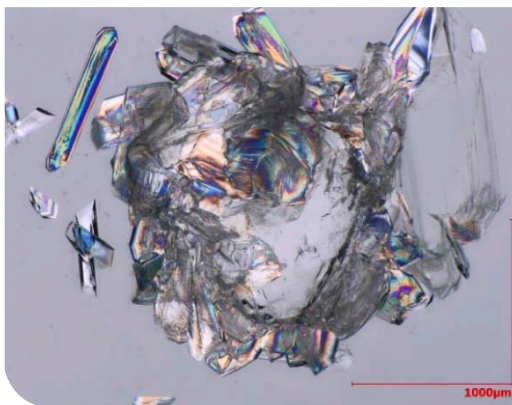
Abbildung 4: Punktgenaue Düngerapplikation zur Maisausaat



ohne Dünger 100 % klassisch 75 % punktgenau

PUDAMA-Projekt der TH-Köln 2020 (Prof. Meinel, Prof. Kath-Petersen, Dr. Bouten).

Abbildung 5: Struvit-Bildung in Anwesenheit eines ESTA® Kieserit fein-Kristalls



Links: in synthetischer Güllelösung (Foto: Dr. Kirsch, K+S Analytik- und Forschungszentrum, Unterbreizbach, 2020). Rechts: MAP beziehungsweise Struvit in gefällter Form hat eine sandartige Struktur mit typischer Nährstoffzusammensetzung von 5% N, 23% P₂O₅ und 12% MgO.

pro m³ zugemischt werden. Die höhere Oberfläche des feinen Kieserits, im Vergleich zum granulierten Produkt, verspricht dabei eine deutlich bessere Reaktionsumsetzung. Bei der technischen Realisierung der Zumischung von ESTA®Kieserit fein in Gülle oder Gärreste muss die zeitnahe Ausbringung die Zielsetzung sein, da durch die Struvitausfällung ein fester Rückstand in einer Struktur ähnlich zum Sand ent-

steht (siehe Abbildung 5, rechts). Der Ausfällungsprozess beginnt dabei nach wenigen Minuten, wobei die Kristalle erst nach und nach in ihrer Größe zu wachsen beginnen und durchaus einen Größendurchmesser von etwa 3 Millimeter nach rund 20 Stunden erreichen können. Idealerweise erfolgt die Zudosierung von ESTA®Kieserit fein bei der Fassbefüllung, besser aber noch direkt in den Flussstrom zum Ver-

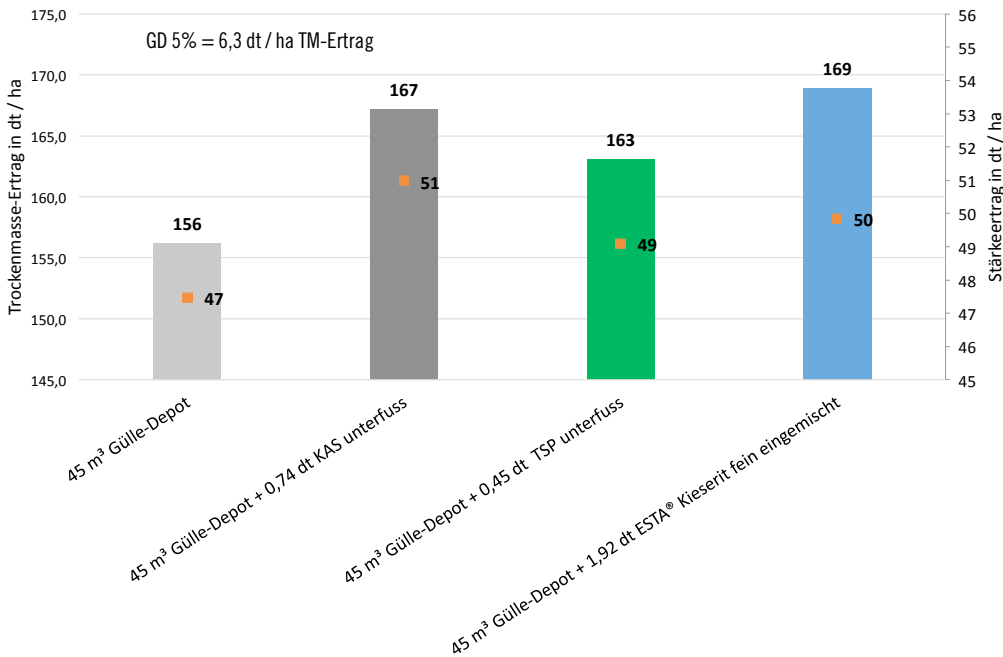
FOTOS: WERKBILDER

Abbildung 6: Beispiele für technische Lösungen, um ESTA® Kieserit fein einzudosieren



Links: Einsaugen von ESTA® Kieserit fein durch eine „Einspülschleuse“ am Ansaugstutzen des Güllefasses (Foto: Hummert, 2020). Mitte: selbstgebaute „Einmischstation“ für Nitrifikationshemmer und ESTA® Kieserit fein beim Befüllvorgang (Foto: Wesseling, 2021). Rechts: schlagkräftiges 2.000-Liter-Gefäß für ESTA® Kieserit fein mit Wiegeeinrichtung und kontrollierter Zudosierung in den Flussstrom zum Verteilerkopf auf einem Güllegrubber-Gespänn (Foto: C. Röring).

Abbildung 7: Versuchsergebnis der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein am Standort Wallsbüll zur Silomais-Gülle-Depot-Düngung im Jahr 2021



In allen Varianten wurden 45 m³ Rindergülle/ha im Depot-Düngungsverfahren als Gülleband im Boden etwa 15 Zentimeter unterhalb der Erdoberfläche appliziert. Die Ergänzungen von Kalkammonsalpeter (KAS) und Triplesuperphosphat (TSP) erfolgten im klassischen Unterfußdüngungsverfahren bei der Aussaat. ESTA® Kieserit fein wurde direkt vor der Fassbefüllung mit der Rindergülle vermischt. Die Rindergülle wurde zusätzlich mit einem Nitrifikationshemmstoff stabilisiert. Die Stickstoff-Düngung wurde ceteris paribus auf 170 kg N/ha ausgeglichen. Boden: h1'S; pH 5,4 (C); 15 mg P₂O₅ (C); 7 mg K₂O (B); 11 Mg (C).

teilerkopf der Güllegrubber- oder Strip-Till-Technik. Einige technische Lösungen zur Einmischung von ESTA®Kieserit fein in den Prozess der flüssigen Wirtschaftsdüngerabfuhr wurden mittlerweile von findigen Landwirten gebaut und bis hin zur professionellen und schlagkräftigen Praxisreife entwickelt (siehe Abbildung 6). Hier verbleibt aber sicherlich auch noch in Zukunft Spielraum für Ingenieure der Verfahrenstechnik, um praxistaugliche Lösungen für unterschiedlichste Gerätschaften der Gülleapplikation in den Boden zu entwickeln. Im Feldversuchswesen wurde diese Art der Wirtschaftsdüngeroptimierung auch schon gemeinsam mit der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein erprobt. Am Standort Wallsbüll konnte zum Beispiel in diesem Jahr die Zumischung von insgesamt 1,92 Dezitonnen (dt) ESTA®Kieserit fein pro Hektar (ha) zu

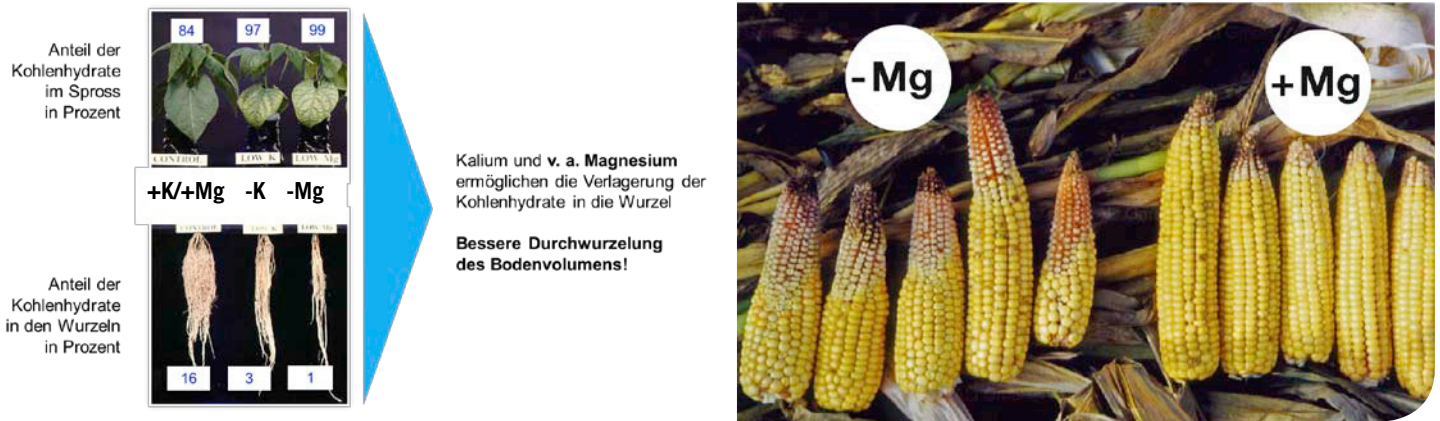
einer dort verwendeten Rindergüllen-Aufwandmenge von 45 Kubikmetern (m³)/ha im Depotdüngungsverfahren einen signifikanten Vorteil gegenüber der Kontrollvariante ohne Zugabe von Magnesiumsulfat erbringen (siehe Abbildung 7). Auf die bedarfsgerechte mineralische Ergänzung von Stickstoff in Form von 0,74 dt/ha Kalkammonsalpeter (KAS) im klassischen Unterfußdüngungsverfahren sowie auch die Ergänzung von Triplesuperphosphat (TSP) kann in diesem Falle verzichtet werden. Die Vermengung des feinen Kieserits wurde dabei unter ständigem Rühren, vor der Ansaugung ins Gerätefass, in einem nebenstehenden IBC-Container vorgenommen. Die Ablage des Güllebandes im Boden ist etwa 15 Zentimeter unterhalb der Erdoberfläche erfolgt, wobei hier der relativ hohe pH-Wert der Gülle oder des Gärrestes die Struvit-Bildung noch begünstigt (siehe Abbildung 8). ▶

Abbildung 8: Fassbefüllung der Versuchsparzellenmaschine und Blick in den Boden



Links: Fassbefüllung des Versuchsgerätes mit dem Gülle-ESTA®-Kieserit-fein-Gemisch. Rechts: Das abgelegte Gülleband im Boden. Hier wirkt sich der relativ hohe pH-Wert von Gülle oder Gärresten im Gegensatz zur oberflächigen Ausbringung (NH₃-Verluste) sogar positiv aus, da die Struvit-Bildung im pH-Bereich zwischen 7 und 9 begünstigt wird (Fotos: C. Weidemann).

Abbildung 9: Magnesium-Mangelercheinungen



Links: Einfluss von Magnesium- und Kaliummangel auf die Verteilung von Kohlenhydraten in Spross und Wurzeln sowie auf das Wurzelwachstum von Buschbohnen (Quelle: Cakmak et al., 1994b, J. Exp. Bot.). Rechts: Einfluss der Magnesiumversorgung auf die Kornfüllung von Maiskolben (Foto: K+S).

Nährstoffgehalte in Gärresten, n = 249 Proben aus 2005 bis 2008, verändert nach Dr. Kluge, LUFA Augustenberg, 2009

Nährstoffgehalte (kg/t Frischsubstanz)	Nährstoffverfügbarkeit (CaCl ₂)	Bewertung
Stickstoff (N): 4-5 davon Ammonium (NH ₄ -N): 2-3	40 – 60 % 70 – 90 %	mittel hoch
Phosphor (P ₂ O ₅): 1,5 – 2,0	60 – 70 %	mittel – hoch
Kalium (K ₂ O): 4,5 – 5,5	90 – 100 %	sehr hoch
Magnesium (MgO): 0,6 – 1,0	15 – 20 %	niedrig
Schwefel (S): 0,3 – 0,4	–	sehr niedrig!

Nährstoffausgleich bei Magnesium und Schwefel erforderlich!

Magnesiumversorgung von Mais sicherstellen, Nährstofflücken organischer Wirtschaftsdünger schließen

Neben diesen Stickstoff- und Phosphor-Effizienz verbessernden Aspekten der Struvit-Bildung kommt dieser Unterfuß- und Depot-Düngungsstrategie mit Magnesiumsulfat auch eine wesentliche Bedeutung bei der gezielten und bedarfsgerechten Magnesium- und Schwefelernährung von Mais zu. Silomais hat zum Beispiel bei einem Ertragsniveau von 450 dt Frischmasse/ha einen Magnesiumbedarf von 50kg MgO/ha. Dieser nimmt bei steigendem Ertragsniveau weiter zu, sodass ein Energiemais mit sehr hohen Erträgen von 800 dt Frischmasse schon mehr als 90 kg MgO/ha benötigt. Daneben braucht Mais mindestens 20 kg Schwefel/ha. In organischen Wirtschaftsdüngern sind zwar Magnesium und Schwefel enthalten, dies aber nur in geringen Gehalten und aufgrund der Bindung in der organischen Substanz mit niedriger bis sehr niedriger Verfügbarkeit (siehe Tabelle). Auch aus Sicht der klassischen Pflanzenernährung macht es Sinn, Gülle oder Gärreste mit pflanzenver-

fügbarem Magnesiumsulfat zu ergänzen. Fehlt es dagegen an Magnesium oder auch Kalium, kommt es schon vor dem Sichtbarwerden der Mangelsymptome zu empfindlichen Störungen des Stoffwechsels und der Translokationsprozesse von Photosynthese-Assimilaten in Wurzeln und Ertragsorganen (siehe Abbildung 9).

Fazit:

- ▶ Die Ausfällung von Magnesium-Ammonium-Phosphat (MAP) beziehungsweise Struvit durch eine gezielte Zugabe von Magnesiumsulfat in der mineralischen Unterfußdüngung von NP-Düngemitteln oder der Depotdüngung von flüssigen organischen Wirtschaftsdüngern kann eine deutliche Effizienzverbesserung der umweltrelevanten Nährstoffe Stickstoff und Phosphor bewirken.
- ▶ Hierbei ist insbesondere die 1:1-Kombination von DAP mit ESTA®Kieserit gran. in der mineralischen Unterfußdüngung sowie die Zumischung des 1,4-Fachen des P₂O₅-Gehaltes des flüssigen organischen Wirtschaftsdüngers an ESTA®Kieserit fein empfehlenswert.
- ▶ Durch diese Düngungsstrategie werden neben den positiven Effekten der Struvit-Bildung auch die Nährstofflücken von Gülle oder Gärresten im Bereich Magnesium und Schwefel geschlossen. Infolgedessen kann die bedarfsgerechte Ernährung der Kultur sichergestellt werden. ◀

Autor

M.Sc. agr. Christoph Weidemann
 K+S Minerals and Agriculture GmbH
 Regionalberatung Schleswig-Holstein, Hamburg, Nord-West-Mecklenburg, Bremen und nördliches Niedersachsen
 Stauenwiese 11 · 23717 Stendorf
 ☎ 01 76/12348 345
 ✉ christoph.weidemann@k-plus-s.com