

# Mais unter trockenen Bedingungen produzieren

Teil 2

## Düngungsstrategien bei Wassermangel

Christoph Felgentreu, DSV · Deutsche Saatveredelung, Bückwitz und Andreas Böbe, DOMO Caproleuna, Leuna

Bei den im Ackerbau relevanten Nährstoffen nimmt Mais im Hinblick auf den Bedarf eine Spitzenposition ein. Die Verfügbarkeit von Nährstoffen im Boden wird dabei von einer Vielzahl an fördernden und hemmenden Faktoren beeinflusst. Eine standortgerechte Düngung muss daher Unterschiede in der Bodengeologie (Bodenart) und Bodenentwicklung berücksichtigen.

Die neuste Fassung der Düngeverordnung (DüV) vom 27.09.2006 schreibt dem Landwirt mindestens alle sechs Jahre eine Bodenuntersuchung vor. Vorgeschrieben ist die Bestimmung des pH-Wertes oder des Calciumgehaltes und des Phosphorgehaltes. Alle anderen Nährstoffe, aber auch die Kationenaustauschkapazität (KAK) und die Basensättigung bleiben unberücksichtigt bzw. sind fakultativ zu untersuchen. Die Landwirte lassen in der Regel den pH-Wert, die K-, P- und Mg-Gehalte sowie zunehmend auch Mikronährstoffe untersuchen. Eine standortgerechte, kulturbezogene und somit harmonische Pflanzenernährung ist unter diesen Gegebenheiten kaum möglich. Auch bleibt der züchterische Fortschritt und damit das genetische Ertragspotenzial heutiger Sorten weitgehend ungenutzt.

Nur genaue Kenntnisse des Bodens am Standort (Bodenart, Humusgehalt) ermöglichen es, die physikalischen, chemischen und biologischen Bodeneigenschaften inklusive des Was-

serangebotes optimal zu nutzen. Ziel ist daher eine ausgewogene Ernährung der Pflanzen mit nachhaltiger Vitalität sowie Sicherung und Verbesserung der Bodenqualität. Dazu ist es notwendig, den Nährstoffbedarf der Pflanzenart und Sorte zu berücksichtigen (Tab. 1).

Der pH-Wert sagt wenig über den Calciumgehalt eines Bodens aus. Dieser ist aber zwingend erforderlich, um Düngemaßnahmen zeitlich, in der Höhe und mit der richtigen Nährstoffform durchführen zu können. Das Calcium-Magnesium-Kalium-Natriumverhältnis sollte in der Basensättigung etwa 69:11:5:3 betragen.

Am Versuchsstandort der DSV in Bückwitz (Brandenburg, Reliktgley, D4, 37-40 BP, 530 mm Jahresniederschlag) zeigen erste Ergebnisse eines Anbauvergleiches bei Biogasmais, der unter Berücksichtigung oben aufgeführter Faktoren gedüngt wurde, deutliche Ertragsvorteile (ca. 60–70 dt TM/ha Mehrertrag) gegenüber der betriebsüblichen Düngemethode nach Gehalts-

klassen und Nährstoffentzug. Der Spitzenertrag der Sorte ABAKUS von 255,8 dt TM/ha in einem Trockenjahr wie 2006 spricht für sich und bestätigt tendenziell die Richtigkeit, aber auch die Notwendigkeit einer Nährstoffbalance im Boden. Dieses Ergebnis spiegelt auf der anderen Seite aber auch das heute schon enorme Ertragspotenzial von Mais auf schwachen und trockenen Standorten wider.

### „Kali-Düngung“ – die Beregnung des armen Bauern

Kalium verbessert bekanntermaßen die Wasserverfügbarkeit, Winterfestigkeit, Standfestigkeit sowie allgemein die Qualität der Ernteprodukte. Zucker- und Stärkebildung im Maiskorn sind ebenfalls an eine gute K-Versorgung gebunden. Einen besonderen Platz nimmt Kalium bei der Abwehr von Schädlingen und Krankheiten sowie bei der Steuerung der Stomata ein. Ein Beispiel ist die gesteigerte Resistenz gegen Stängelfäule nach Kali-Düngung. Die richtige Bemessung und der optimale Zeitpunkt der Kalidüngung ist vergleichsweise schwer, denn die meisten Bodenarten verfügen über große Mengen an Kalium. Wie viel davon pflanzenverfügbar ist, hängt von mehreren Faktoren ab:

Versuchsfeld Bückwitz, Maisdüngerversuch DOMO 2006  
(10 Düngewarianten in 4 Wiederholungen, Silomais-Sorte PROMINENT)



**Tab. 1: Durchschnittlicher Nährstoffentzug bei Silo- und Körnermais in kg/ha**

	Körnermais (86% TS)	
	Grünmasse	Körner (10 dt) / Stroh (10 dt)
Stickstoff N	30–40	12–16 / 5–9
Phosphat P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	15–25	6–11 / 5–7
Kalium K <sub>2</sub> O	35–50	4–6 / 15–25
Magnesium MgO	7–13	2–3 / 2–4
Kalk CaO	10–18	2–3 / 5–7
Schwefel S	3–5	– / –

Quelle: DMK, 1999

1. Wurzeleistung der Pflanze: im wurzelnahen Bereich (bis 1,5 cm) kann sogar das nichtaustauschbare Kalium mobilisiert werden, wobei im wurzelfernen Bereichen selbst austauschbares Kalium ungenutzt bleibt
2. Kaliumgehalt der betriebseigenen organischen Dünger (besonders beim Einsatz von Gülle, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-K-Antagonismus ist zu beachten)
3. Verhältnis Kalium zu Stickstoff und Magnesium
4. Wasserversorgung und vieles mehr.

Der Transport der Aminosäuren vom Ort der Entstehung zum Funktionsort ist an das Kalium gebunden (Source-Sink-Gefälle). Aus diesem Grund ist Kalium wesentlich an der pflanzlichen Eiweißbildung beteiligt. Das N/K-Verhältnis ist entscheidend für den Anteil an hochmolekularem oder niedermolekularem Eiweiß. Sichtbarer (Bild 1, Absterben der unteren Blätter), aber auch bereits latenter Kaliummangel verursacht bei Mais irreversible Schäden. Kalium wird von den unteren, älteren Blättern nach oben in den Sprossbereich verlagert. Es steuert das Öffnen und Schließen der Stomata. Mangel an Kalium stört diesen Mechanismus, die Schließbewegungen der Stomatazellen werden verlangsamt. Bei längerem, nachhaltigem Blattwasserungsverlust, wie im Juni und Juli 2006, hält dieser Zustand an, selbst wenn der Blattwassergehalt nach einem Niederschlagsereignis wieder ansteigt! Außerdem wird neben den erhöhten Wasserverlust bei K-Mangel die Wasseraufnahme

gehemmt – der Transpirationskoeffizient ist deutlich erhöht, der unproduktive Wasserverbrauch steigt und damit sinkt die Nettoassimilation. N-Überschuss bei unzureichender K-Ernährung reduziert die Krankheits- und Schädlingsresistenz von Mais. Das Gleichgewicht von N und K ist dabei wichtiger als die absoluten Gehalte in der Pflanze (N/K-Verhältnis 1,23 (1,09 ... 1,38) In der Basensättigung (BS) sollte Kalium 3–5 %, auf Sandböden bis 7 % betragen (nur über Düngung temporär zu erzielen). Kalium muss in der BS immer über der des Natriums liegen. Das Kalium-Magnesiumverhältnis sollte in der Pflanze etwa 2:1 betragen. Eine Überversorgung an Mg führt zum erhöhten Bedarf an N bzw. die N-Effizienz sinkt. Eine zu hohe K-Versorgung blockiert hingegen die Mg-Aufnahme, worauf der Mais mit streifigen Blattauffhellungen und Minderertrag durch eingeschränkte Photosyntheseleistung reagiert.

### Phosphor für junge Pflanzen

Allgemein anerkannt und in der Praxis bewährt ist die Unterfuß-Düngung von Phosphor zu Mais. Hintergrund ist die stark beeinträchtigte Aufnahme von Phosphor durch die noch junge Maispflanze bei niedrigen Bodentemperaturen. Trotz des geringen Bedarfes in der Jugendentwicklung darf es zu keiner Unterversorgung kommen. Die Aufnahme des Phosphor eilt der Ertragsentwicklung voraus! Mit dem Temperaturanstieg und dem dann verbesserten Wurzelwachstum werden die Bodenphosphate besser erschlossen.

Variabel ist man bei der Gabenhöhe und der dazu passenden N-Düngung. Der Stickstoffbedarf des Maises ist ähnlich wie beim Phosphor anfangs sehr verhalten. Unter den P-Düngern haben sich MAP/DAP als am Besten geeignet erwiesen. Durch 100 % Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) wird die Aufnahme des Phosphors anhaltend gesichert. Was liegt also näher, als über eine Kombination von N-Düngern mit hohem Ammonium-Anteil (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) diese Effekte und zusätzlich die das Wurzelwachstum fördernden Eigenschaften zu nutzen.

### „Geheimnis“ der N-Düngung

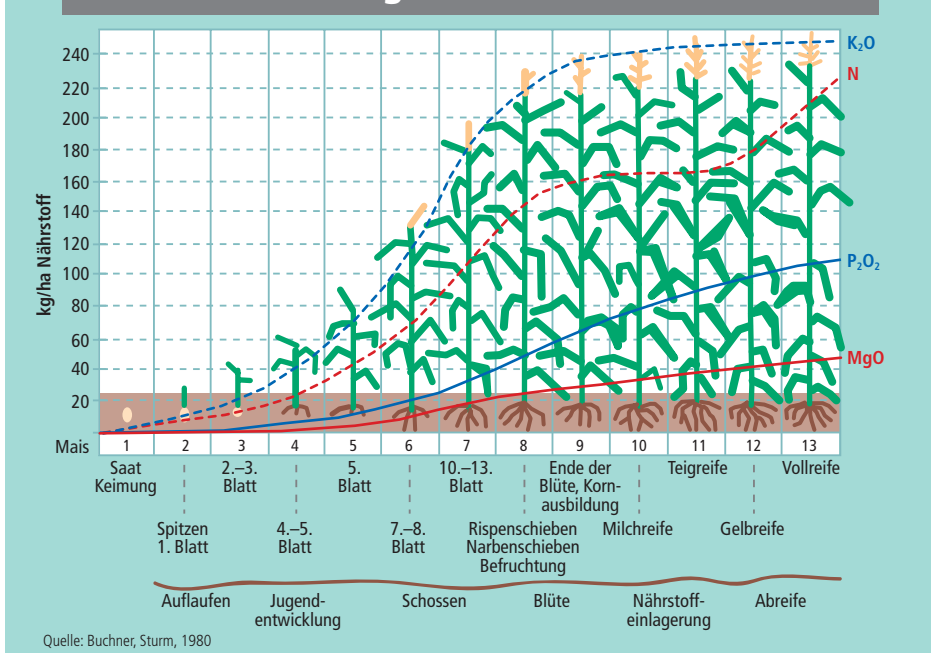
NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-Stickstoff erwies sich in Versuchen in durch Trockenheit und Spätfrösten gefährdeten Ge-



Bild 1: Düngerversuch Biogasmals Standort Bückwitz 2006

# Mais

**Abb. 1: Verlauf der Nährstoffaufnahme und Entwicklungsstadien von Körnermais**



bieten als geeignete Stickstoffform für ein sicheres Jugendwachstum. Mais ist sehr früh in der Lage, N als  $\text{NH}_4^+$  aufzunehmen. Durch die Unterfuß-Platzierung gelingt es, Stickstoff kontrolliert der Entwicklung der Pflanze bereitzustellen, im Gegensatz zu  $\text{NO}_3^-$ , das über den Wasserstrom unkontrolliert in die Pflanze gelangt und so die notwendige Frostresistenz vermindert.

Solo-Unterfuß-Gaben von groben Schwefelsaurem Ammoniak in Böden mit hohen P-Gehalten sind gut geeignet, die P-Aufnahme durch die Pflanze abzusichern. Gute Erfahrungen am Standort Bückwitz wurden mit folgender Düngestrategie erzielt:

150 kg NPS (ssA+DAP) = NPS 29 – 34,5 – 18.  
Vor dem Hintergrund der durch die DüV erhobenen Obergrenzen bei Phosphorgehalten der Böden ist dies ein Mittel, die Phosphoraufnahme durch die Pflanze zu sichern.

Das „Geheimnis“ der  $\text{NH}_4^+$ -Dünger liegt in der Senkung des pH-Wertes im Wurzelraum. Neben einer Instabilisierung einiger Bodenphosphate werden weitere Bodennährstoffe für die Pflanze verfügbarer. Das sind für den Maisanbau die wichtigen Mikronährstoffe Zn, B, Cu und Mn.

Mischungen von MAP/DAP und N- Düngern mit möglichst hohem  $\text{NH}_4^+$ -Anteil fördern diese positiven Ergebnisse. Grobes Ammoniumsulfat (Domogran 45) sichert eine 100 %  $\text{NH}_4^+$ -Gabe mit lang anhaltender  $\text{NH}_4^+$ -Verfügbarkeit. Hinzu kommt die Bereitstellung von Schwefel in Sulfatform. Der Düng-Schwefel sichert zu Vegetationsbeginn den im Winter verlorenen mobilen S in den oberen Bodenschichten ab. Die Sicherung des Aufbaus von wichtigen Aminosäuren und Enzymssystemen schützt die junge Pflanze von Beginn an.

Der Einsatz von Düngern mit einem hohen  $\text{NH}_4^+$ -Anteil setzt gute Kationenverhältnisse voraus. Hilfreich ist ein pH-Wert der Gehaltsklasse D bzw. F, da hohe Mg- und K-Werte einen Ca-Mangel ( $\text{NH}_4^+$ -Antagonist) überdecken. Ca-Mangel (niedriger pH-Wert) verursacht einen Mg/ $\text{NH}_4^+$ -Antagonismus. Hier ist der Einsatz von  $\text{NO}_3^-$ -Anteilen notwendig. Leider verzichtet man an dieser Stelle auf alle positiven Effekte der ausgeglichenen Nährstoffversorgung und Wassereffizienz. Literaturangaben belegen die großen Ertragsreserven einer ausgewogenen Pflanzenernährung. Mit Harnstoff wurden diese positiven Effekte in den Versuchsjahren 2005/06 nicht erzielt.

## N-Effizienz von Mais

### N-Bedarf pro dt/TM:

Körner-Mais	1,8 ... 2,5 kg N/ha
Silo-Mais	2,5 ... 3,5 kg N/ha

## Fruchtfolge und Betrieb

Die Bemessung der Menge der Nährstoffe zur Unterfuß- Düngung sollte sich nach dem Phosphorbedarf richten. Wichtig ist dabei, dass die Pflanze nach dem Entleeren des Düngedepots nicht in einen P-leeren Boden wächst. In diesem Fall ist mit Ertragsdepression zu rechnen. Der Haupt-P-Bedarf sollte grundsätzlich über eine kontinuierliche Fruchtfolgedüngung gesichert werden.

Hinweise bestätigen, dass mit der P-Platzierung Informationen zum Zn-Gehalt im Boden sehr hilfreich sind. Grunderfahrungen mit CULTAN (platzierte  $\text{NH}_4^+$ -betonte N-Düngung) verbessern das Verständnis zur Thematik der Depotdüngung.



Bild 2 und 3: Mais konventionell gedüngt (links), Cultan-Düngung (rechts), Agrikultur Schönefeld

Erhöhtes Wurzelwachstum fördert die aktive Nährstoffaufnahme aus dem Bodenvorrat. Bekanntermaßen ist unter den Bedingungen einer optimalen Nährstoffversorgung eine Pflanze sehr wassersparend zu ernähren und wesentlich stressstabiler (Bild 2 + 3).

Nährstoffbindung (Remobilisierung) durch Zwischenfrüchte unterstützt hier die Verweildauer und bietet einen Schutz vor Nährstoffauswaschungen (auch in der vegetationslosen Zeit). Die geförderte Bodenaktivität unterstützt die Nährstoffbereitstellung für die Folgefrucht. Fehler in der N-Düngung haben ihre Ursache in schlechten Kationenvorräten und -verhältnissen. Die „zweite“ N-Gabe sollte sich an den betrieblichen Bedingungen ausrichten. Am Versuchsstandort Bückwitz wurde ausschließlich mit KAS gearbeitet.

Zu empfehlen ist für:

#### Betriebe ohne Gülle

- Harnstoff, Granulat dem Prill bevorzugen, vor der Aussaat eingrubbern
- wie a) aber mit grobem SSA – auf Böden mit viel freiem Calcium
- Flüssigdünger injiziert (CULTAN) mit Gänsefußschar oder Punktinjektion (jede 2. Reihe)

#### Betriebe mit Gülle

- Gülle vor der Aussaat in den Boden einarbeiten
- CULTAN-Düngung durch Injektion in jede 2. Reihe (bis 5–6-Blattstadium)
- Schleppschuhausbringung

### Mikronährstoffe nicht vernachlässigen

Eine ausgewogene Versorgung des Bodens mit Mikronährstoffen ist Voraussetzung für das Ausschließen bzw. Reduzieren von latentem Mangel, welcher insbesondere auf Trockenstandorten zu größeren Ertragsausfällen bei Mais führt. Tabelle 3 zeigt den Bedarf an wichtigen Nährstoffen.

Die Aufnahme des für Mais (Indikatorpflanze für Zn-Mangel!) wichtigen Zink korreliert stark mit der Versorgung von P und dem pH-Wert. Der Zinkbedarf liegt bei 20–70 mg/kg TS in der Maispflanze.

Hohe P-Gaben können unter Umständen zu Zn-Mangel führen. Zink ist wichtig für die Kälte-

**Tab. 3: Gehalt an Nährstoffen und Spurenelementen bei Mais (nach NEHRING 1970)**

	Mengenelemente (g/kg TS)						Spurenelemente (mg/kg TS)					
	N	Na	K	Mg	Ca	P	S	Fe	Mn	Co	Cu	Mo
<b>Ganzpflanze</b>	14	0,4	17,8	2,7	4,5	2,2	2,7	184	29	65	4,4	0,3
<b>Körner</b>	17	0,1	3,6	1,7	0,3	3,2	1,2	30	6	70	3,4	0,2

\* Milchreife Quelle: Pickert, Bayer CS 2003, Leitfaden Mais

resistenz. Nach Kenntnis der Bodengehalte ist über eine begleitende Boden- und Blattdüngung Zn-Mangel auszuschließen. Ein gutes Wurzelwachstum sichert die weitere Zn-Aufnahme. Zink übernimmt vielseitige Aufgaben im Stoffwechsel, u.a. wird die Photosyntheseleistung und der Auxingehalt gefördert. Mechanismen zur Ausbildung von Resistenzen werden durch Zink mit beeinflusst.

Cu-Mangel hemmt den  $\text{NH}_4^+$ -Einbau sowie die Katalyse des Cystein zu Cystin (auch Zn!). Hoher unkontrollierter N-Anteil beeinflusst das N/Cu-Verhältnis negativ, da Cu direkt an den N-Stoffwechsel geknüpft ist. Ältere (mehr) und jüngere (weniger) Blätter weisen Unterschiede auf, wenn eine ungenügende Cu-Ernährung vorliegt! Kupfer ist direkt und indirekt an allen wichtigen Stoffwechselreaktionen beteiligt. Ein Fehlen reduziert die Ausnutzung von N, P, K, Mg, Ca und Mo. Mittels begleitender Boden-/Blattdüngung ist hier zu reagieren. Ein möglicher Cu/Mn-Antagonismus wird auf diesem Weg gleichzeitig reduziert bzw. behoben. Mais reagiert bei Trockenheit mit Cu-Mangel, ein Problem hinsichtlich der Fruchtbarkeit.

Als weiterer wichtiger Nährstoff gilt Bor. So wird die Kolbenfüllung, -reife, der Grünmasseertrag, Resistenzbildung gegenüber Virus-, Pilz- und Insektenbefall durch Bor gefördert. Bei guter B-Versorgung wird eine Anpassung an die Wasserverhältnisse erreicht, wahrscheinlich über die Steuerung der K-Aufnahme.

Unbedingt zu beachten ist der Antagonismus zwischen Calcium und Bor. Hohe Ca-Werte (pH-Werte im Boden) erfordern hohe Gaben, um eine gute Bor-Wirkung zu erreichen. Dagegen kann Bor bei knappen Ca-Vorräten schnell zur Toxizität führen. Vierter Nutznießer der Unterfuß-Startdüngung ist Mangan. Mangan redu-

ziert den Anteil löslicher N-Verbindungen und fördert somit die Eiweißanteile, wichtig bei hohen  $\text{NO}_3^-$ -Gaben!

$\text{NH}_4^+$ -ernährte Pflanzen zeigen erst deutlich später einen Mn-Mangel an.

Die Molybdänaneignung von Mais wurde in den Versuchen nicht berücksichtigt. Man kann jedoch bei Mais von einem guten Mo-Aneignungsvermögen ausgehen.

### Umdenken notwendig

Das Verfahren Maisproduktion unter trockenen Bedingungen verlangt neben einer zielgerichteten Nährstoffversorgung ein Umdenken im Umgang mit dem Kapital Boden.

Dem gewählten Anbausystem Mais ist das passende Düngesystem zuzuordnen. Mit Abnahme des Wasserangebotes wird ein Überdenken der gewohnten Praxis notwendig. Eine Ammonium betonte Startgabe mit Phosphor als Unterfuß-Düngung kombiniert mit der Platzierung der 2. N-Gabe mittels hoch  $\text{NH}_4^+$ -haltiger Anteile bewirkt eine lange  $\text{NH}_4^+$ -Phase. So wird es in Zukunft möglich, eine kontinuierliche N-Versorgung dieser wichtigen Reihenkultur zu sichern.



**Christoph Felgentreu**

Fon 03 39 70/9 91 0  
Fax 03 39 70/9 91 99

felgentreu@dsv-saaten.de

#### Andreas Böbe

Fon 01 71/7 53 07 86  
andreas.boebe@domo.org