

# GÜLLEDEPOTDÜNGUNG IM MAISANBAU

## Nitrifikationshemmstoffe fördern die Phosphor- und Mikronährstoffverfügbarkeit in der Jugendentwicklung

Dr. Matthias Westerschulte · Lippstadt, Prof. Dr. Hans-Werner Olf · Osnabrück

Nicht zuletzt durch die neue Düngeverordnung gilt es für Betriebe mit hoher Viehbesatzdichte ihre Wirtschaftsdünger möglichst effizient zu verwerten, um die Nährstoffbilanzen zu entlasten und somit die Umwelt zu schonen. Beim Maisanbau auf den leichten Standorten Nordwestdeutschlands setzen Lohnunternehmer und Landwirte deshalb zunehmend auf das „Gülledepot-Verfahren“. Dabei soll durch die platzierte Ablage der Gülle unterhalb der Maisreihe der praxisübliche mineralische Unterfußdünger (UFD) ersetzt werden. Die Erweiterung des Verfahrens um den Einsatz von Nitrifikationshemmstoffen (NI) soll primär die Stickstoffverluste weiter reduzieren. Für den Erfolg dieses innovativen Düngungsansatzes ist jedoch eine sichere Versorgung der Pflanzen mit Phosphor und Mikronährstoffen in der Jugendentwicklung von wesentlicher Bedeutung. Wie sich dies unter kritischen Witterungsbedingungen auswirkt und welche Effekte dabei der Einsatz eines NI mit sich bringt, wird nachfolgend erläutert.

Mais ist als C4-Pflanze in der Jugendentwicklung besonders empfindlich gegenüber kühlen Witterungsbedingungen. Das Wurzelwachstum ist bei Bodentemperaturen unter 15 °C deutlich eingeschränkt. Dies hat eine verringerte Verfügbarkeit der Nährstoffe Phosphor (P), Zink (Zn) und Mangan (Mn) zur Folge. Die Pflanzen reagieren mit reduzierter Biomasseentwicklung und der typischen dunkelvioletten Verfärbung als Erkennungsmerkmal für P-Mangel.

Um dies zu verhindern, wird in der Praxis zusätzlich zur breitflächigen Gülleapplikation leicht

pflanzenverfügbarer, mineralischer NP-UFD zur Saat gedüngt. Dabei wird gezielt Ammonium-N eingesetzt, da die Aufnahme von  $NH_4-N$  durch die Wurzel eine Absenkung des pH-Wertes in der Rhizosphäre zur Folge hat. Dadurch ergibt sich eine bessere Verfügbarkeit von P und Mikronährstoffen in der wurzelnahen Umgebung. Hinzu kommt, dass N und P eine Attraktionswirkung auf die Maiswurzel haben, wodurch diese gezielt zum platzierten Nährstoffband wächst. Das ist gerade für die unter kühlen Bedingungen schwache Maiswurzel zur Sicherung einer guten Jugendentwicklung förderlich.

Allerdings sind auch in der Gülle ausreichend Ammonium-N und pflanzenverfügbarer P enthalten. Diese werden jedoch bei breitflächiger Ausbringung und anschließender Einarbeitung stark an Bodenpartikel gebunden und sind folglich nicht hinreichend verfügbar. Da setzt das Depot-Verfahren an: Durch die Platzierung der Nährstoffe im Gülleband wird der Kontakt zum umgebenden Boden minimiert. Dadurch ist ein ähnlicher Effekt, wie bei der beschriebenen mineralischen NP-UFD zu erwarten. Darüber hinaus werden über den „Mehrnährstoffdünger Gülle“ nun aber auch die Mikronährstoffe platziert gedüngt, was durch die reduzierte Festlegung einen zusätzlich positiven Effekt des Verfahrens erwarten lässt.

Der Zusatz eines Nitrifikationshemmstoffes (NI) könnte die Verfügbarkeit von Mikronährstoffen und P noch weiter verbessern. Der gedüngte Ammonium-N wird im Laufe der Zeit im Boden durch Nitrifizierte Bakterien zu Nitrat umgewandelt (Nitrifikation). Nitrat ist stark auswaschungsgefährdet und als Ausgangsprodukt der Denitrifikation auch für klimaschädliche Lachgasemissionen verantwortlich. Um diese N-Verluste zu reduzieren, werden der

**Tab. 1: Temperatur und Niederschläge im Jahr 2015 verglichen mit dem langjährigen Mittel**

	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	
<b>Temperatur (°C)</b>								<b>Mittel</b>
2015	9,0	12,3	15,9	18,9	19,3	13,5	9,1	<b>14,0</b>
1994–2014	9,7	13,4	16,2	18,5	17,8	14,1	10,1	<b>14,3</b>
<b>Niederschlag (mm)</b>								<b>Summe</b>
2015	54	40	43	133	187	71	62	<b>589</b>
1994–2014	41	59	66	76	79	79	70	<b>457</b>



**Abb. 1: Lage und Erwurzelung des Gülledepots (Gülle blau angefärbt)**

Gülle häufig NI zugemischt. Diese verzögern die beschriebene Umsetzung von Ammonium zu Nitrat, wobei die Wirkungsdauer von der Bodentemperatur und -feuchtigkeit abhängig ist. Durch die Stabilisierung des Ammonium-N im Gülledepot werden allerdings auch die beschriebenen, positiven Effekte auf die P- und Mikronährstoffverfügbarkeit in der Jugendentwicklung des Mais gefördert. Das ließ sich nun in einem Feldversuch nachweisen.

## Der Feldversuch

Im Rahmen eines DBU-Forschungsprojektes an der Hochschule Osnabrück wurde die Gülledepotdüngung in mehrjährigen Feldversuchen in Kooperation mit den Landwirtschaftskammern NRW, NI und S-H auf Herz und Nieren überprüft. Neben der optimalen Ablagetiefe, der Ertragsleistung auf unterschiedlichen Standorten, der Nährstoffnutzungseffizienz und der Bodenstickstoffdynamik wurde die Pflanzennährstoffversorgung im Verlaufe der Jugendentwicklung detailliert analysiert. Dabei sind die Versuchsergebnisse aus dem Jahr 2015 für die P- und Mikronährstoffversorgung besonders interessant. Der April, Mai und Juni dieses Jahres wurde durch kühle und überwiegend trockene Witterungsbedingungen charakterisiert (Tab. 1). Folglich fand keine Stickstoffauswaschung statt und das Pflanzenwachstum wurde stark durch die eingeschränkte Verfügbarkeit von P und Mikronährstoffen limitiert.

Im Feldversuch wurde das Standardverfahren (Schleppschlauch + NP-UFD) mit dem Depot-Verfahren [mit und ohne NI (ENTEC FL)] und einer ungedüngten Kontrolle verglichen.

## Worauf kommt es bei der Gülledepotapplikation an?

Bei der Gülledepotapplikation wird im absetzigen Verfahren im Frühjahr zunächst die Gülle in den Boden injiziert und anschließend der Mais direkt

über dem Gülleband abgelegt. Wichtig ist dabei, dass die Oberkante des Güllebandes ca. 10–12 cm unterhalb der Bodenoberfläche liegt (Abb. 1). Dadurch wird bei einer Saattiefe von ca. 5 cm ein Abstand von 5–7 cm zum Maiskorn sichergestellt. Das entspricht in etwa dem Abstand des mineralischen UFD beim Standardverfahren. Um Verätzungsschäden insbesondere bei kaliumreichen Güllen zu vermeiden, sollte dieser Sicherheitsabstand nicht wesentlich geringer sein. Weiterhin gilt es, eine homogene Einmischung des NI sicherzustellen. Dafür sind in der Praxis zwei Systeme besonders geeignet: Das Zudosieren über einen Bypass während des Befüllens des Güllefasses oder aber mittels Dosiereinrichtung direkt am Fass.

## Jugendentwicklung: Effekt der Gülleplatzierung

Da die Nährstoffreserven des Maiskorns etwa ab dem 3- bis 4-Blattstadium erschöpft sind, ist es wichtig, dass die Wurzeln zu diesem Zeitpunkt die gedüngten Nährstoffe erreichen. Beim Standardverfahren wird dies durch höhere P-, Zn- und Mn-Konzentrationen in der Pflanze gegenüber der ungedüngten Kontrolle belegt (Abb. 2). Dass die Maiswurzeln aber auch das Gülledepot bereits im 3-Blattstadium erreichen, zeigen die Zn- und Mn-Konzentrationen. Dennoch ist die Vitalität und Biomasseentwicklung beim Depot ohne NI gegenüber dem Standardverfahren deutlich geringer (Abb. 2 und 3). Dies ist auf die unter den beschriebenen Witterungsbedingungen eingeschränkte P-Verfügbarkeit zurückzuführen. Beim Depot ohne NI liegt die Konzentration in der Pflanze z.T. leicht unter der kritischen Grenze von 3,0–4,0 g P/kg (Abb. 2). Dafür gibt es mehrere Gründe: Die räumliche Ausdehnung des platzierten Düngers ist bei mineralischer UFD (Querschnitt im Boden: ca. 1 cm<sup>2</sup>) deutlich geringer als im Gülleband (Querschnitt im Boden: ca. 25 cm<sup>2</sup>). Dadurch ergibt sich eine wesentlich hö-

here Nährstoffkonzentration im Düngerband bei der mineralischen UFD. Das Gülleband hingegen muss erst hinreichend durchwurzelt werden, um über die zunehmende Wurzellängendichte eine gute P-Versorgung zu gewährleisten. Weiterhin beeinflusst der deutlich höhere pH-Wert der applizierten Gülle gegenüber dem umgebenden Boden (Tab. 2) die P- und Mikronährstoffaufnahme negativ. Dieser Unterschied im pH-Wert kann je nach Witterung über mehrere Wochen bestehen bleiben.

**Tab. 2: Versuchsdaten über den Boden und die eingesetzte Mastschweingülle**

### Boden

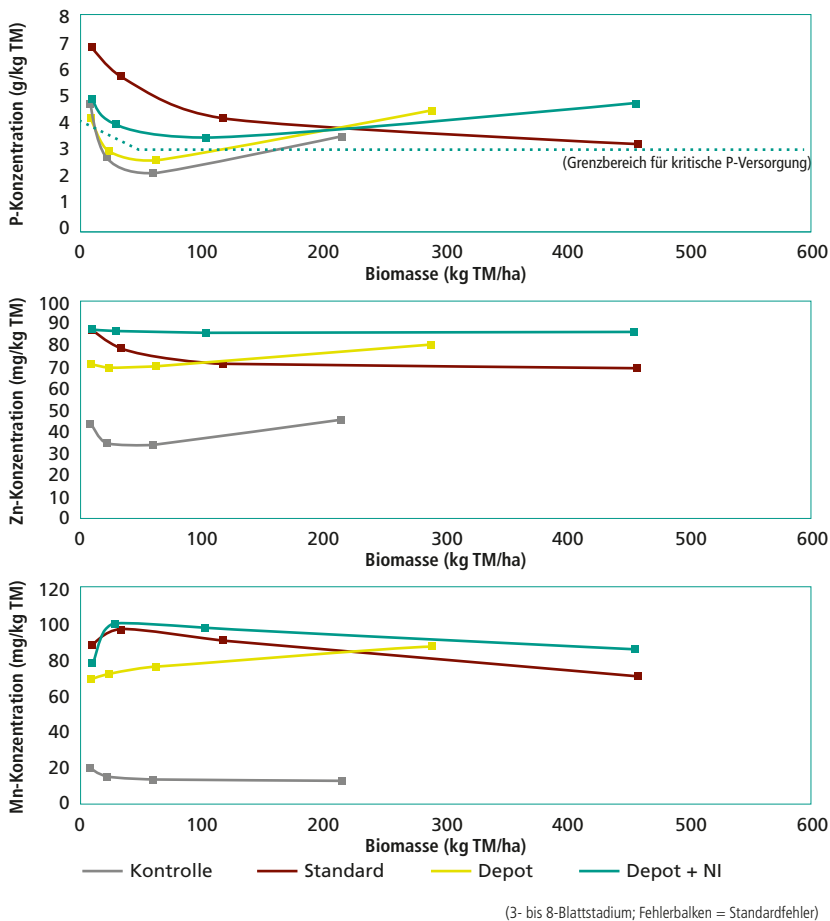
- > Bodentyp: Plaggenesch-Podsol
- > Bodenart: Sand
- > pH (CaCl<sub>2</sub>): 5,5
- > Humusgehalt (%): 2,8
- > C/N: 16,5
- > Gesamt-N (%): 0,10
- > P (mg/100 g): 7,8 (GK = C)
- > Zn (mg/kg): 11,4
- > Mn (mg/kg): 53,8
- > N<sub>min</sub> (kg/ha) (0–60 cm): 45

### Mastschweingülle

- > TM (%): 6,5
- > Gesamt-N (g/kg): 5,4
- > NH<sub>4</sub>-N (g/kg): 3,5
- > P (g/kg): 1,4
- > Zn (mg/kg): 58,1
- > Mn (mg/kg): 52,9
- > C/N: 4,7
- > pH (CaCl<sub>2</sub>): 7,6
- > Menge (m<sup>3</sup>/ha): 24

# MAIS

**Abb. 2: Phosphor(P)-, Zink(Zn)- und Mangan(Mn)-Konzentrationen in Abhängigkeit von der Biomasse während der Jugendentwicklung**



Durch die zunehmende Erwurzelung des Depots und die Anpassung des pH-Wertes an den umgebenden Boden steigen im Verlauf der Jugendentwicklung die P-, Zn- und Mn-Konzentrationen in der Pflanze deutlich an (Abb. 2).

NH<sub>4</sub>-N betonte Ernährung der Pflanze wirkt sich positiv auf die Nährstoffverfügbarkeit aus. Dies gilt insbesondere für Gülle mit hohem pH-Wert.

## Jugendentwicklung: Effekt des Nitrifikationshemmstoffes

Bei der platziert abgelegten Gülle mit NI ist im Vergleich zur Variante ohne NI eine deutlich höhere P-, Zn- und Mn-Konzentration vom 3-Blattstadium an festzustellen. Dies hat eine stark verbesserte Biomasseentwicklung über die gesamte Jugendentwicklung zur Folge (Abb. 2 und 3). Wie ist diese Wirkung zu erklären? In Abb. 4 wird deutlich, dass durch die Hinzugabe des NI vom Nachauflauf bis zum 10-Blattstadium höhere NH<sub>4</sub>-Gehalte im Gülledepot vorliegen. Im 6-Blattstadium ist der NH<sub>4</sub>-Gehalt mit 82 zu 40 mg/kg im Depot sogar mehr als doppelt so hoch. Dies hat mehrere Effekte zur Folge: Die Senkung des pH-Wertes in der Rhizosphäre durch eine

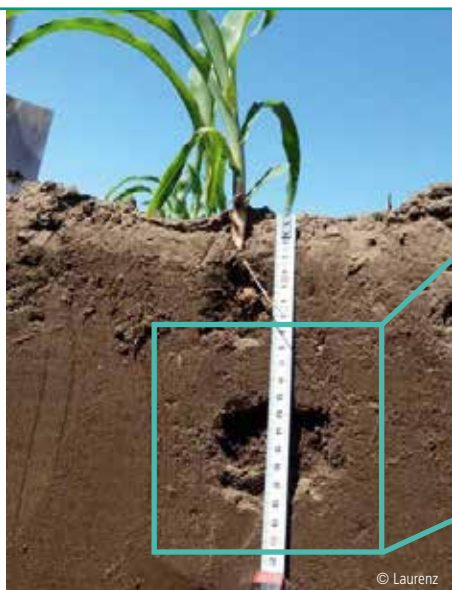
Weiterhin fördert der gesteigerte NH<sub>4</sub>-Gehalt im Gülleband ein kleinräumig intensiveres Feinwurzelsystem. Dieses trägt zur verbesserten Aufnahme der im Boden wenig mobilen Nährstoffe P, Zn und Mn bei. Darüber hinaus hat die gesteigerte Wurzellängendichte eine höhere Konzentration von Wurzelexsudaten zur Folge. Diese können vielfältige positive Wirkungen auf die Nährstoffverfügbarkeit haben. Weiterhin können Reduktionsprozesse im intensiver durchwurzelten Bereich die Mn-Verfügbarkeit steigern. Diese vielfältigen Effekte erklären die deutlich verbesserte Jugendentwicklung durch den Einsatz eines NI.

## Jugendentwicklung: Gülledepot + NI versus Gülle breit + UFD

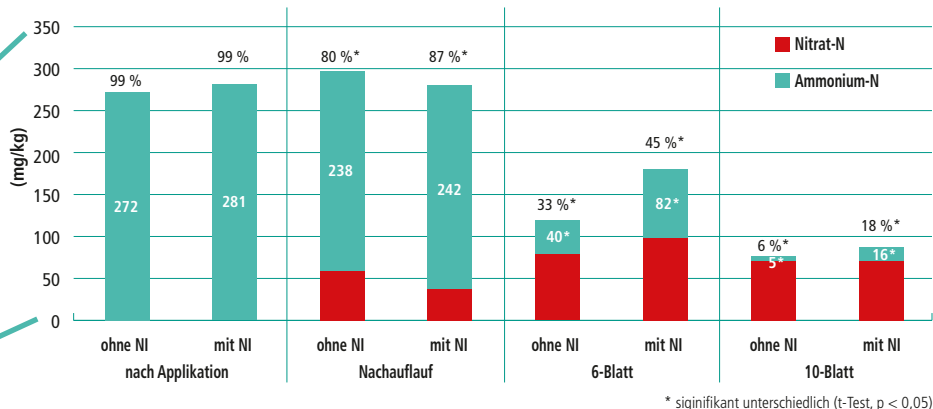
Durch die beschriebene Wirkung des NI wird die Nährstoffversorgung der jungen Maispflanzen unter den kühlen Bedingungen so stark verbessert, dass die Biomasseentwicklung mit dem Standardverfahren vergleichbar ist (Abb. 2). Zwar ist die P-Konzentration bis zum 6-Blattstadium geringer als beim hochkonzentrierten, mineralischen UFD. Allerdings ist sie oberhalb des kritischen Bereiches, sodass das Pflanzenwachstum nicht negativ beeinflusst wird (Abb. 2 und 3). Im weiteren Verlauf der Jugendentwicklung kehrt sich der Trend um und die P-Versorgung ist beim Depotverfahren mit NI deutlich besser als bei Güllebreitverteilung mit UFD. Auch diese Entwicklung ist durch Verknüpfung unterschiedlicher Wirkmechanismen zu erklären: Beim Depotverfahren nimmt die Wurzellängendichte (Abb. 1) und die damit zusammenhängenden

**Abb. 3: Blick in den Pflanzenbestand zum 4- und 8-Blattstadium (NI = Nitrifikationshemmstoff)**





**Abb. 4: Stabilisierung des Ammoniumstickstoffs im Gülledepot durch den Nitrifikationshemmstoff**

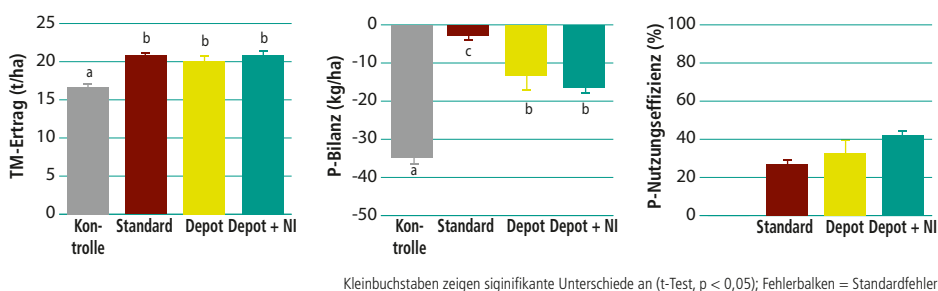


positiven Effekte zu, verbunden mit einer steigenden P-Aufnahme aus dem Gülleband. Beim Standardverfahren ist es hingegen so, dass der mineralisch gegebene Stickstoff (23 kg/ha) bis zum 8-Blattstadium vollständig von den Pflanzen aufgenommen wurde. Dadurch ist der positive Einfluss einer platzierten NH<sub>4</sub>-N P Düngung auf die P-Verfügbarkeit ab diesem Zeitpunkt nicht mehr gegeben. Da der Zwischenreihenbereich jedoch noch nicht intensiv genug erwurzelt ist, sind die breitflächig per Schleppschlauch applizierten Gülle-Nährstoffe noch nicht ausreichend verfügbar.

Darüber hinaus kommt ein weiterer Vorteil des Depot-Verfahrens zur Geltung. Neben den unterdurchschnittlichen Temperaturen war es im Mai und Juni 2015 sehr trocken (Tab. 1). Dadurch wurde die Nährstoffaufnahme weiter erschwert. Dies machte dem Mais vor allem auf den sandigen Standorten im Nordwesten Deutschlands zu schaffen. Unter solchen Bedingungen ist es von Vorteil, dass das Gülledepot einige Zentimeter tiefer im Boden – somit im Bereich höherer Bodenfeuchte – liegt als der mineralische UFD. Darüber hinaus verfügt das Gülleband durch den hohen Anteil organischer Substanz über eine gute Wasserspeicherkapazität. Dadurch lässt sich die unter trockenen Bedingungen bessere Nährstoffverfügbarkeit erklären.

Besonders auffällig ist der Verlauf der Zn-Konzentration in den jungen Maispflanzen. Während dieser beim Standardverfahren im Verlauf der Jugendentwicklung abfällt, bleibt er beim Depot + NI konstant hoch (Abb. 2). Dies gilt in der Tendenz auch für die Mn-Versorgung. Da diese Nährstoffe lediglich über die Gülle gegeben wurden (abge-

**Abb. 5: TM-Ertrag, Phosphor-Bilanz und -Nutzungseffizienz**



sehen vom Bodennährstoffpool), lässt sich eine deutliche Verbesserung der Mikronährstoffverfügbarkeit für das Depot-Verfahren mit NI ableiten.

**Ertrag, P-Bilanzen und -Nutzungseffizienz**

Im weiteren Vegetationsverlauf kam es im Juli und August zu überdurchschnittlichen Niederschlagsmengen und Temperaturen (Tab. 1). Neben der zunehmenden Erwurzelung des Zwischenreihenbereiches, wurde dadurch die Nährstoffverfügbarkeit insgesamt verbessert. Somit zeigt sich ein für den Maisanbau auf langjährig begüllten Standorten übliches Phänomen: Die deutlichen Unterschiede in der Jugendentwicklung werden durch Nährstofffreisetzung aus dem Humus über den Sommer bis zur Ernte kompensiert. Das Standardverfahren und das Depotverfahren mit NI liegen mit knapp 21 t TM/ha Ertrag gleich auf, gefolgt vom Depotverfahren ohne NI mit gut 20 t TM/ha (kein signifikanter Unterschied). Die ungedüngte Kontrolle bringt einen um 3–4 t TM/ha geringeren Ertrag als die gedüngten Varianten. Durch die Substitution des mineralischen UFD konnten die P-Bilanzen durch die Gülledepotapplikation um 10–13 kg/ha reduziert werden. Daraus ergibt sich

eine um rund 15% höhere P-Nutzungseffizienz bei Depotapplikation mit NI gegenüber der Güllebreitverteilung mit mineralischer UFD (Abb. 5).

**Fazit**

Abschließend lässt sich festhalten, dass es unter sehr ungünstigen Witterungsbedingungen (kühl und trocken) bei Gülledepotapplikation im Vergleich zum Standardverfahren zu einer kritischen Versorgung mit P, Zn und Mn in der Jugendentwicklung von Mais kommen kann. Allerdings lässt sich durch einen Nitrifikationshemmstoff die Verfügbarkeit dieser wenig mobilen Nährstoffe stark verbessern. Dadurch wird eine dem Standardverfahren vergleichbare Jugendentwicklung gewährleistet. Insgesamt bietet das Verfahren Betrieben mit hohem Wirtschaftsdüngeranfall eine gute Möglichkeit, ihre positiven Nährstoffbilanzen zu entlasten, ohne dabei ihre Erträge zu gefährden.



**Dr. Matthias Westerschulte**  
Fon +49 2941 296 467