

# Gülledepot unter der Maisreihe

„Cultan-Effekt“ mit Nitrifikationshemmstoff

Das Strip-Till-Verfahren bei Mais in Kombination mit einer Depotdüngung über Mineraldünger oder Gülle wird schon seit einigen Jahren bundesweit in zahlreichen Versuchen in Wissenschaft und Praxis getestet. Allerdings wurde dabei nur selten ein Nitrifikationshemmstoff zugesetzt. Aber gerade das scheint bei der Gülledepotdüngung von entscheidender Bedeutung zu sein. Dies zeigen erste Versuche aus dem Gebiet der Landwirtschaftskammern Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein.

Ludger Laurenz, Coesfeld



Abb. 1: Piadin im Gülledepot unter der Maisreihe (rechts) hat sich im trockenen Frühjahr 2011 überraschend positiv auf das Maiswachstum ausgewirkt

Fotos: Autor

Die Vorteile der Kombination von Strip-Till und Gülledepot-Düngung unter der Maisreihe sind überzeugend: Mehr Erosionsschutz gegen Wind und Wasser, Vermeidung von Ammoniak- und Geruchsemissionen, Verbesserung bei der Dürrestabilität, Einsparung von Energie bei der Grundbodenbearbeitung und Gülleearbeitung, Einsparung von Arbeitszeit, deutliche Verbesserung der Befahrbarkeit bei der Ernte, Verbesserung der Nährstoffeffizienz, eventuell mehr Schutz für die Bodenbrüter. Die Summe der genannten Vorteile kann nach den Beobachtungen aus den aktuellen Versuchen noch aufgestockt werden, wenn dem Gülledepot ein Nitrifikationshemmstoff zugesetzt wird, mit der Chance zur Substitution der bisher vielfach notwendigen P-Unterfußdüngung, besserer Wurzelbildung, insgesamt höherer Nährstoffeffizienz und eventuell sogar mit Mehrerträgen gegenüber bisherigen Dünge- und Bestellverfahren.

## Überraschende Effekte 2011

Im Jahr 2011 legten die Landwirtschaftskammern Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen untereinander abgestimmt erstmals insgesamt 5 Versuche mit dem Vergleich von breit verteilter Gülle und der Gülledepotdüngung unter der Maisreihe an. Es wurde Schweinegülle mit Aufwandmengen von 20 bis 30 m<sup>3</sup>/ha eingesetzt. Die Ammonium-N-Gabe über Gülle lag zwischen 80 und 120 kg/ha N. Das Gülledepot wurde in 15 bis 20 Zentimeter Tiefe einige Tage vor der Saat, in einem Fall auch schon 4 Wochen früher unter der späteren Maisreihe platziert. Die Piadinmenge als Nitrifikationshemmer betrug 3 l/ha. Diese wurde der Gülle zugemischt. Die Frühjahrswitterung war insgesamt niederschlagsarm. N-Verlagerungsverluste können somit ausgeschlossen werden. Im Juni kam die Überraschung: In den Versuchen entwickelte sich der Mais in den Gülledepotvarianten mit Piadin sowohl in Nordrhein-

Westfalen wie in Niedersachsen zunehmend besser als in den Gülledepotvarianten ohne Nitrifikationshemmstoff. Die Effekte waren auf den Sandböden deutlicher als auf den besseren Böden (Abb. 1).

Mit diesem Effekt wurde unter den insgesamt trockenen Verhältnissen nicht gerechnet. Piadineffekte waren bisher nur unter nassen Verhältnissen mit Nitratverlagerung und Nitratverlusten bekannt. Offensichtlich hatte der Mais auf die Hemmstoffzugabe und damit erzeugte Ammonium-Langzeiternährung positiv reagiert. Bodenanalysen im Gülleband unter der Maisreihe zeigten, dass Anfang Juni mit Piadin noch mehr als 80 Prozent des Güllestickstoffs in Ammoniumform vorlag, während ohne Piadin fast nur noch Nitrat gefunden wurde. Die lange Wirkungsdauer erklärt sich aus der hohen Konzentration im Gülledepot, die circa 20-fach höher ist als bei breit eingearbeitetem Piadin. Dies führte offensichtlich zu dem bekannten Cultan-Effekt: Die Langzeit-Ammoniumernährung fördert besonders das Feinwurzelwachstum, senkt die Wurzelatmung, schafft durch Protonenausscheidungen ein saures Milieu an der Wurzelspitze mit positiven Effekten für die Phosphat- und Spurennähstoffaufnahme.

## Gülledepot und Nitrifikationshemmstoff

Cultan-Effekte sind bisher ausgelöst worden, indem man ein hochkonzentriertes, stabiles und wurzel- und bakterientoxisches Ammoniumdepot in den Boden injizierte, das von den Wurzeln von außen langsam erschlossen wird. In der Literatur ist fast nichts darüber zu finden, dass man den Cultan-Effekt auch



Unterfuß: 30 kg/ha N ( $\text{NH}_4 = 100\%$ ) als SSA  
109 mg/kg Mn, 121 mg/kg Zn  
Pflanzenanalyse (Yara, Dülmen)

Unterfuß: 30 kg/ha N ( $\text{NO}_3 = 50\%$ ,  $\text{NH}_4 = 50\%$ ) als KAS  
41 mg/kg Mn, 56 mg/kg Zn

**Abb. 2: Ammonium im Unterfußdünger, über SSA gegeben, fördert die Mangan- und Zinkaufnahme, Nitrat, über KAS gegeben, bremst die Aufnahme**

mit Gülle als Ammoniumlieferant und dem Zusatz eines Nitrifikationshemmstoffes auslösen kann. Die Beobachtungen zeigen, dass das anscheinend sehr gut funktioniert. Nitrifikationshemmstoffe wirken selektiv und bakteriostatisch im Boden auf die Bakterienart *Nitrosomonas*, die im ersten Schritt der Nitrifikation Ammonium zu Nitrit umwandelt. Im Gegensatz zum „klassischen“ Depot mit wurzeltxischem Kern dringen die Maiswurzeln beim Gülledepot sofort mitten in das Depot ein und bilden dort ein dichtes Feinwurzelgeflecht. Dabei dürfte es auch zu positiven Wechselwirkungen zwischen der Ammoniumaufnahme mit der Kali- und Phosphataufnahme kommen, zumal Kali und Phosphat im Gülledepot in wesentlich höherer Konzentration vorhanden sind als im umgebenden Boden.

Die positiven Effekte einer Ammoniumernährung auf die Spurenelementaufnahme konnten 2011 zufällig durch einen mineralischen Unterfußdüngungsversuch untermauert werden, der neben dem Gülledepot-Versuch in Dülmen-Merfeld angelegt war. Die Maispflanzen in den Parzellen mit 30 kg/ha N, über schwefelsaurem Ammoniak als Unterfußdünger gegeben, hatten im 7- bis 8-Blatt-Stadium mehr als doppelt so viel Mangan und Zink aufgenommen als bei der Unterfußdüngung mit Kalkammonsalpeter (Abb. 2.)

Der Farbunterschied zwischen Nitrat- und Ammoniumernährung in Abbildung 2 spiegelt sich in etwas abgeschwächter Form in allen Versuchen mit dem Gülledepot zwischen der Nitrater-nährung ohne Piadin und Ammonium betonter Ernährung mit Piadin wider.

### Bisherige Ergebnisse zu Silomais

Die 5 Versuche mit unterschiedlicher Gülleplatzierung in Nordwest-Deutschland wurden 2011 als Silomais geerntet. In zwei Versuchen auf Sand brachte die Variante mit Nitrifikationshemmer einen 5 bis 10 Prozent höheren Energieertrag gegenüber dem Gülledepot ohne. Beim Gülledepot mit Piadin (ohne mineralische Unterfußdüngung) war der Energieertrag sogar einige Prozent höher als nach Güllebreitverteilung und 30 kg/ha N und 30 kg/ha Phosphat als Unterfußgabe. Bei der Analyse des Futterwertes zeigt sich, dass der Stärkegehalt in den Depotvarianten mit Piadin in einem Versuch geringfügig niedriger lag als in

den Varianten „Gülle breit mit P-Unterfuß“. Ob die Depot-Düngung die Entwicklung der vegetativen Pflanzenteile stärker fördert als die Kornentwicklung, muss in den laufenden und zukünftigen Versuchen noch untersucht werden. Auf den besseren Böden waren 2011 die Ertragsunterschiede zwischen den konventionellen Varianten mit Güllebreitverteilung plus N/P-Unterfußgabe und dem Gülledepot ohne und mit Nitrifikationshemmstoff insgesamt zu gering, um ein Verfahren positiv hervorheben zu können. 2012 ist ein positiver Piadin-Effekt im Gülledepot auf die Pflanzenentwicklung – aber auch auf den besseren Böden deutlich sichtbar.



**Abb. 3: Mais 2012 im 3-Blatt-Stadium über dem Gülledepot, links ohne Piadin, rechts mit 3 l/ha Piadin (Gülledepot: 20 m<sup>3</sup>/ha Mastschweinegülle als Band 15 cm unter der Maisreihe platziert)**

## Bestätigung der Effekte in 2012

In diesem Jahr sind von den Landwirtschaftskammern Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein insgesamt 8 Versuche zum Thema Gülledepot und Nitrifikationshemmstoff unter der Maisreihe angelegt. Darüber hinaus führen Berater und Landwirte viele eigene Versuche zur Überprüfung der Wirkung durch. Insgesamt hat sich der im trockenen Frühsommer 2011 beobachtete Effekt auch in diesem eher nassen Frühsommer 2012 bestätigt. Darüber hinaus konnte viel über die optimale Platzierung des Gülledepots hinzugelehrt werden.

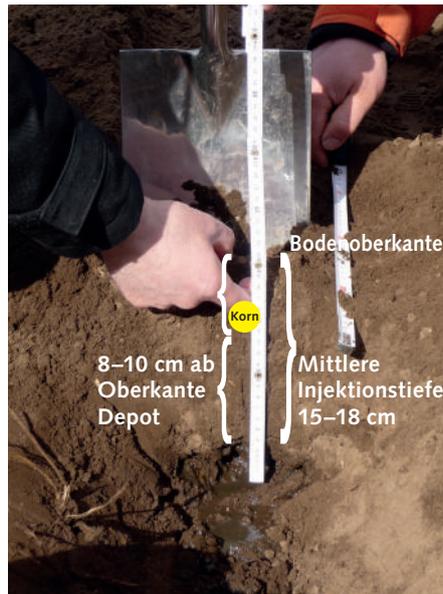
In einigen Versuchen zeigte sich der Hemmstoff-Effekt schon im 2- bis 3-Blatt-Stadium an den kräftiger grün gefärbten Blättern wie auf der rechten Hälfte von Abbildung 3.

## Enges Optimum bei Tiefenplatzierung

In anderen Versuchen war der positive Effekt erst im Juni an der größeren Wuchslänge und dunkleren Blattfarbe zu erkennen. Zahlreiche Wurzelauflösungen und Nachprüfungen der Ablagetiefe des Gülledepots brachten schließlich folgende Erkenntnis: 8 bis 10 Zentimeter Abstand zwischen Maiskorn und Oberkante des Depots (nach der Saat ge-



**Abb. 5:** Das Gülledepot sollte so flach liegen, dass es von den Keimwurzeln erreicht werden kann. Bei zu tief abgelegtem Depot muss die Pflanze zunächst mehrere Wochen hungern, bevor die Haupt- und Kronenwurzeln das Depot gefunden haben



**Abb. 4:** So tief sollte nach bisherigen Erkenntnissen das Gülledepot unter dem Maiskorn platziert werden

messen) sind nach bisherigen Erkenntnissen optimal (Abb. 4).

Immer dann, wenn das Gülledepot mit etwa 15 bis 18 cm Ablagetiefe wie in Abbildung 4 relativ flach lag und die Keimwurzeln (Abb. 5) das Depot erreichen konnten, war am Rand des Depots und im Depot selbst massives Keimwurzelwachstum mit starker Feinwurzelbildung wie in Abbildung 6 zu beobachten. In den Streifen ohne Hemmstoffzusatz war kaum stärkeres Wurzelwachstum feststellbar.

Immer dann, wenn das Gülledepot zu tief lag im Bereich von 20 bis 25 Zentimetern, konnten die Keimwurzeln das Depot nicht erreichen. Hier entwickelten sich die Pflanzen ohne mineralische Unterfußdüngung zunächst ebenso schlecht wie in den nichtgedüngten Parzellen und hungerten, bis schließlich die Hauptwurzeln mehrere Wochen später das Gülledepot erreichten und auf das Ammonium mit der Bildung eines Wurzelknäuels wie in Abbildung 7 reagierten.

Wichtig für eine zügige Jugendentwicklung ist anscheinend die Tatsache, dass schon die Keimwurzeln das Depot erreichen können, bevor dann später die Haupt- und Kronenwurzeln in das Depot eindringen und ebenfalls mit starker Wurzelbildung positiv auf die Zugabe eines Nitrifikationshemmstoffes reagieren. Noch im August und September ist in den Piadinvarianten sowohl 2011 wie 2012 ein dichteres, tief reichendes Wur-

zelsystem zu beobachten als in den Varianten ohne Piadin (Abb. 8)

Zu geringer Abstand zwischen Oberkante Gülleband und Maiskorn ist wegen der Gefahr von Salzschäden gefährlich, wie 2011 in einem Versuch mit Pflanzenausfällen und Mindererträgen festzustellen war. Der Abstand zwischen Maiskorn und Gülleband war stellenweise unter 5 cm gesunken. Bei der Einbringung des Gülledepots in den Boden ist darauf zu achten, dass keine Gülle im Lockerungsschlitz in die Nähe des Maiskorns aufsteigt.

## Gülledepot mit Hemmstoff fördert Jugendentwicklung

Mithilfe der Gülledepotdüngung und dem Zusatz eines Nitrifikationshemmstoffes kann man die bisher in Deutschland vielfach erforderliche mineralische Unterfußdüngung zumindest teilweise, eventuell sogar vollständig ersetzen. Das spiegeln die Versuche bisher wider. In den Versuchen war die Jugendentwicklung der Maispflanzen in der Variante „Gülledepot mit Piadin und ohne mineralische P-Unterfußgabe“ immer dann annähernd so gut wie in den Varianten „Gülle breit mit 23 kg/ha P205 unterfuß“, wenn das Gülledepot mit Piadin relativ flach und zentral unter der Saatreihe platziert wurde und schon von den Keimwurzeln erreicht werden konnte. Der positive Piadineffekt auf die Jugendentwicklung war in fast allen Versuchen mehr oder weniger deutlich. In den Versuchen, in denen in der frühen Jugendentwicklung kein positiver Piadineffekt sichtbar war, zeigten Auflösungen, dass das Depot entweder für die Keimwurzeln zu tief abgelegt war oder zu weit seitlich der Kornreihe lag.

## Gülledepotdüngung verzögert Blüte und Reife

Typisch für die Gülledepotdüngung zu Mais scheint eine gewisse Blüh- und Reifezeitverzögerung zu sein. Die Verzögerung ist bei Zusatz von Piadin deutlich kleiner als ohne Piadin. Mit Piadin betrug die Blühverzögerung gegenüber „Gülle breit mit 23 kg/ha P205 unterfuß“ nur 2 bis 3 Tage, ohne Piadin bis zu einer Woche. Auch Anfang September, bei Erstellung dieses Artikels, waren die Piadin-Varianten noch vitaler und blattreicher mit offensichtlicher Abreifeverzögerung. Inwieweit diese Abreifeverzögerung

rung negativ oder eventuell sogar wegen der längeren Ausnutzung der Vegetation vorteilhaft ist, müssen die Versuchsauswertungen zeigen. Erst nach Auswertung neuerer Versuchsserien können Aussagen darüber getroffen werden, wie der Stärkeertrag/Kornertrag durch das Gülledepot beeinflusst wird. Eventuell muss die Hemmstoff-Menge (bisher fast immer 3 l/ha) erhöht werden, um die Ammoniumphase noch weiter zu verlängern und die bekannte Reifeverzögerung durch Nitratstickstoff zu verringern. Eventuell gehört zum Gülledepot die Wahl etwas frühreiferer Sorten.

### Strip-Till und Gülledepot unter der Maisreihe

Grundsätzlich sind die positiven Gülledepoteffekte mit Piadin bisher tendenziell größer, je sandiger und geringer bonitiert die Böden sind. Das kommt der Tatsache entgegen, dass das Gülledepot mit Gülleausbringung im April nur auf gut schüttfähigen, leicht bearbeitbaren Böden praktikabel ist. Nach unseren bisherigen Erkenntnissen kann das Gülledepot mit Nitrifikationshemmstoff mindestens bis zu 4 Wochen vor der Saat angelegt werden. Unter niederschlagsarmen Verhältnissen scheint nach ersten Erkenntnissen der LLFG Sachsen-An-



Abb. 6: Starke Feinwurzelsbildung an den Keimwurzeln durch ein optimal platziertes Gülledepot mit Piadin



Abb. 7: Starke Feinwurzelsbildung an den Hauptwurzeln im Bereich des Gülledepots mit Piadin



Abb. 8: Der Piadinzusatz zum Gülledepot wirkt sich auf das gesamte Wurzelsystem positiv aus

halt auch die Anlage des Gülledepots mit Piadin schon im Herbst möglich zu sein. Grundsätzlich kann man nach bisherigen Beobachtungen mit allen flüssigen ammoniumhaltigen Wirtschaftsdüngern einen positiven Gülledepot-Piadin-Effekt erzeugen. Der Wirtschaftsdünger sollte allerdings gut ausgefault sein. Noch warmes Gärsubstrat oder frische Kuhgülle direkt aus dem Stall wird von den Wurzeln gemieden. <<

## Fazit

Durch die Gülleinjektion als Depot unter der Maisreihe werden Ammoniak- und Geruchsemissionen nahezu auf null reduziert. Der Zusatz eines Nitrifikationshemmstoffes fördert die Jugendentwicklung, das Wurzelwachstum und den Ertrag, unterdrückt Lachgasverluste und sichert die N-Versorgung der Maispflanzen in Perioden mit Starkniederschlägen. Mit Nitrifikationshemmstoff entsteht ein lang anhaltendes Ammoniumdepot mit verbesserter Haupt- und Spurennährstoffverfügbarkeit. Dadurch kann die bisher vielfach notwendige mineralische P-Unterfußdüngung teilweise oder ganz ersetzt werden. Die charakteristische Blüh- und Reifeverzögerung beim Gülledepot gegenüber der Güllebreitverteilung ist nach Piadinzusatz wesentlich geringer und muss eventuell durch die Wahl frühreiferer Sorten kompensiert werden. Der Zusatz von Piadin zum Gülledepot hilft die N-Ausnutzung aus flüssigen Wirtschaftsdüngern wie Gülle oder Gärsubstrat deutlich zu verbessern. Durch die Gülledepotdüngung mit Nitrifikationshemmstoff unter der Maisreihe, nach Pflugfurche oder pfluglos im Strip-Till-Verfahren kann der Klima-, Boden- und Wasserschutz entscheidend verbessert werden.

## KONTAKT

Dr. Ludger Laurenz

Landwirtschaftskammer NRW, Beratung Pflanzenproduktion, Arbeitskreis Biogas 48653 Coesfeld

Telefon: 02541 910247

Telefax: 02541 910279

ludger.laurenz@lwk.nrw.de