

# GÜLLE-STRIP-TILL

*Untersuchungen zu Strip-Till und der Gülle-/Gärsubstrat-Depotdüngung  
im Maisanbau auf einem Sand-Rostgley*

## „Blumentopfeffekt“ bleibt aus

Dr. Joachim Bischoff (LLFG Sachsen-Anhalt)

Maurice Ullmann und Prof. Dr. Olaf Christen (Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg)



Foto: J. Bischoff

Im Unterschied zu einem wurzeltoxischen Cultan-Depot ist das auf dem Foto gut erkennbare Gülledepot vollständig und intensiv durchwurzelt.

Um die Düngewirkung der Wirtschaftsdünger zu optimieren und Nährstoffverluste weitgehend zu reduzieren, suchen Wissenschaftler und Landwirte ständig nach verbesserten Ausbringverfahren. Eine Möglichkeit ist dabei die Kombination der hierzulande noch recht jungen Streifenbearbeitung (Strip-Tillage oder Strip-Till) mit der Gülleunterflurdüngung. Hierzu wurde gemeinsam mit der S&W Agrar GmbH Bergzow in der Saison 2011/12 ein Gülle-Strip-Till-Versuch mit Großparzellen zu Mais angelegt. Bergzow liegt im Jerichower Land im Talsandgebiet des weichselzeitlichen Urstromtals von Elbe und Havel. Die Bodenform, ein Sand-Rostgley, besteht überwiegend aus schwach lehmigem Sand. Die mittlere langjährige Jah-

resniederschlagsmenge beträgt 523 mm, die Jahresdurchschnittstemperatur 8,6 °C (siehe auch LOP September 2011).

### — Großversuch unter Produktionsbedingungen

Bei dem Versuch in Bergzow soll geklärt werden, inwieweit die Streifenbodenbearbeitung mit Gülleunterflurdüngung zur Verbesserung der Stickstoff-Effizienz in Maisfruchtfolgen beitragen kann (Ullmann, 2013). Es wird angenommen, dass aus dem geringeren Anteil an bearbeiteter Fläche und der Bedeckung des unbearbeiteten Reihenzwischenraums ein verbesserter Erosionsschutz und der Erhalt der Bodenfeuchte resultieren. Im Endeffekt soll die Verwertung des Gülle-Stickstoffs durch den Mais erhöht werden, so dass

Mineraldünger eingespart werden kann.

Nach dem Prinzip „erst lockern und düngen, dann säen“ wurden mit dem Strip-Till-Verfahren Gülle/Gärsubstrate als Nährstoffdepots im Boden platziert:

- I. Strip Till mit Herbstausbringung von 20 m<sup>3</sup>/ha Gülle/Gärsubstrat in einen stehenden Zwischenfruchtbestand.
- II. Strip Till mit Herbstausbringung von 20 m<sup>3</sup>/ha Gülle/Gärsubstrat und Nitrifikationshemmer (Piadin) in einen stehenden Zwischenfruchtbestand.
- III. Strip Till mit Frühjahrsausbringung von 20 m<sup>3</sup>/ha Gülle/Gärsubstrat in einen abgefrorenen Zwischenfruchtbestand.
- IV. Strip Till mit Frühjahrsausbringung von 20 m<sup>3</sup>/ha Gülle/Gärsubstrat und Nitrifikationshemmer (Piadin) in einen abgefrorenen Zwischenfruchtbestand.

Je Kubikmeter Gülle/Gärs substrat wurden 0,4 Liter Piadin zugesetzt, bei 20 m<sup>3</sup> waren es 8,0 Liter Piadin je Hektar. Die Ausbringung von Gülle/Gärs substrat erfolgte mit der Vogelsang XTill S (Reihenweite: 75 cm, Arbeitsbreite: 6 m, Bodenlockerung/Unterflurdüngung: 20-25 cm tief, Arbeitsgeschwindigkeit: 8-10 km/h, Flächenleistung: 3-5 ha/h). Bei der Streifenbodenbearbeitung und dem Maislegen wurde das GPS-System Starfire Mobile RTK verwendet, das ein Korrektursignal über D-Mobilfunknetz nutzt.

### **Partielle statt ganzflächiger Bodenbearbeitung**

Unser bisheriges Verständnis der Bodenbearbeitung geht davon aus, dass der von Kulturpflanzen unterschiedlich beanspruchte Boden durch die Bearbeitung wieder homogenisiert werden muss. Bei Strip-Till wird der Boden lediglich in der zukünftigen Saatreihe partiell gelockert, während der Reihenzwischenraum unbearbeitet und mit abgestorbenem Pflanzenmaterial als Erosions- und Verdunstungsschutz bedeckt bleibt. Die Streifenbodenbearbeitung soll die Vorteile der Direktsaat mit denen einer krumentiefen Bodenlockerung verbinden. Nach **Tab. 1** wurde im Reihenzwischenraum unter der schützenden Mulchdecke der abgestorbenen Zwischenfrüchte mehr Bodenwasser als im Strip-Till-Bereich nachgewiesen, bei Frühjahrsbearbeitung mehr als nach Strip-Till im Herbst.

In Trockengebieten ist es für eine ausgeglichene Wasserbilanz wichtig, dass der Bodenwasservorrat nach dem Anbau von abfrierenden Sommerzwischenfrüchten durch die Winterniederschläge wieder aufgefüllt wird. Der Bodenwasservorrat ist im Frühjahr umso größer, je länger die schützende Mulchdecke der abgefrorenen Zwischenfrüchte an der Bodenoberfläche erhalten bleibt. Damit der Boden das Regenwasser auch aufnehmen und in den Wurzelraum weiterleiten kann, darf das Bodengefüge keine Schadverdichtungen und Störschichten aufweisen.

### **Kein „Blumentopfeffekt“**

Wird der Boden nur noch streifenweise gelockert, stellt sich eine entscheidende Frage: Ist der „technische Standraum“ gleich dem „biologischen Standraum“? Wenn das Wurzelwachstum des Maises auf den gelockerten und gedüngten Bodenbereich beschränkt bleibt und kein Durchwurzeln der umgebenden Bodenbereiche erfolgt, hungert der Mais, sobald der Wasser- und Nährstoffvorrat des Strip-Till-Bereiches erschöpft ist.

Dieser unerwünschte Effekt („Blumentopfeffekt“) kann bei großen Unterschieden im Bodengefüge zwischen gelockertem und gedüngtem Strip-Till-Bereich und dem nicht gelockerten, ungedüngten Reihenzwischenraum entstehen. Zur Beantwortung der Frage wurden sowohl im Strip-Till-Bereich als auch im Reihenzwischenraum Stechzylinderproben genommen. Die Ergebnisse der Frühjahrsbeprobung in den Herbstvarianten sind in **Tab. 2** dargestellt.

**Tab. 1:** Ergebnisse der gravimetrischen Bodenfeuchtemessung.

Bodentiefe [cm]	Termin der Streifenbodenbearbeitung (Strip Till)			
	Herbst	Frühjahr	Herbst	Frühjahr
	Bodenfeuchte [M.-%]		Bodenfeuchte [l/m <sup>2</sup> ]	
<b>Strip-Till-Bereich</b>				
0 - 30	7,26	6,95	36,4	34,8
30 - 60	6,43	6,11	33,8	32,1
60 - 90	3,18	4,46	17,2	24,1
<b>Reihenzwischenraum</b>				
0 - 30	8,16	8,43	42,1	43,5
30 - 60	5,99	6,91	32,4	37,3
60 - 90	3,52	5,93	19,5	32,9

**Tab. 2:** Ergebnisse der Stechzylinderproben (Analytik im Bodenlabor der TLL).

Bodentiefe [cm]	GPV [Vol.-%]	TRD [g/cm <sup>3</sup> ]	LK [Vol.-%]	kf [cm/Tag]
<b>Strip-Till-Bereich</b>				
6 - 12	21,4	1,65	13,2	106
16 - 22	23,1	1,68	14,3	485
24 - 30	24,4	1,70	17,2	1256
<b>Reihenzwischenraum</b>				
6 - 12	23,2	1,66	13,8	240
16 - 22	21,7	1,70	12,2	262
24 - 30	19,0	1,80	9,4	252

Damit sich die Maiswurzeln ungestört im Boden ausbreiten können, ist es wichtig, dass das Bodengefüge keine schroffen Übergänge aufweist. Als Mindestanforderungen an den physikalischen Bodenzustand gelten  $\geq 8$  Vol.-% Luftkapazität in der Ackerkrume,  $\geq 5$  Vol.-% Luftkapazität im Unterboden sowie  $\geq 10$  cm/Tag gesättigte Wasserleitfähigkeit. Die Luftkapazität ist das luftführende Porenvolumen im gesättigten Zustand (bei Feldkapazität), die gesättigte Wasserleitfähigkeit das Maß für die Wasserdurchlässigkeit des Bodens.

Durch die partielle statt ganzflächige Bodenbearbeitung werden das Porenvolumen, die Bodenlagerungsdichte und damit der Luft- und Wasserhaushalt nur in bestimmten Bereichen mechanisch beeinflusst. Die ausgleichende Wirkung durch die Durchwurzelung der Zwischenfrüchte hat jedoch zu einem homogenen Bodengefüge geführt, wobei wir keine drastischen Gefügeänderungen zwischen den bearbeiteten Streifen und den Reihenzwischenräumen feststellen konnten. Das liegt an der ausgeprägten Porenkontinuität des weitverzweigten Bioporensystems, das durch eine große Leistungsfähigkeit

und vor allem Langzeitstabilität gekennzeichnet ist. Ein wichtiger Aspekt der Streifenbearbeitung ist die rasche Bodenerwärmung für die Maisaussaat.

Allerdings besteht auch die Gefahr einer Überlockerung der Bearbeitungszone. Insbesondere die stark überhöhten kf-Werte im Strip-Till-Bereich (16–22 cm und 24–30 cm/Tag) geben einen Hinweis darauf, dass die Setzungsvorgänge des krumentief gelockerten Bodens über Winter noch nicht abgeschlossen waren.

### Ammoniumdepots in der Krume stabilisieren

Die Stabilisierung des Gülle-/Gärsubstrat-Depots mit einem Nitrifikationshemmer verzögert bei ammoniumhaltigen organischen Düngern die mikrobielle Umwandlung von Ammoniumstickstoff zu Nitratstickstoff. Unsere Untersuchungen in den **Tabellen 3** und **4** zeigen, dass bei Zugabe von Piadin der überwiegende Teil des Stickstoffs der Gülle beziehungsweise des Gärsubstrats über Winter in Form des pflanzenverfügbaren, aber weniger auswaschungsgefährdeten Ammoniumstickstoffs erhalten bleibt. Der Anteil von

NH<sub>4</sub>-N (0–30 cm) am Gesamtvorrat des pflanzenverfügbaren Bodenstickstoffs (N<sub>min</sub>) lag 90 Tage nach der Herbstaussbringung von Gülle/Gärssubstrat bei 76 % ohne Piadin, 96 % mit Piadin, aber nur bei 15 % im unbearbeiteten und ungedüngten Reihenzwischenraum.

Die Zugabe von Piadin zu Gülle/Gärssubstrat verzögert die Umwandlung des stabilen, jedoch pflanzenverfügbaren Ammoniumstickstoffes (NH<sub>4</sub>-N) zum verlustgefährdeten Nitratstickstoff (NO<sub>3</sub>-N). Das Kation NH<sub>4</sub>-N wird an den Bodenteilchen austauschbar und dennoch pflanzenverfügbar gebunden. Durch die verzögerte Umsetzung bleibt es im Krumbereich über Winter erhalten und ist damit im Gegensatz zu Nitrat vor einer unerwünschten Verlagerung in tiefere Bodenschichten geschützt.

Die N<sub>min</sub>-Bodenuntersuchungen wurden 35 Tage nach der Erstbeprobung beziehungsweise 125 Tage nach der Gülleinjektion wiederholt. Mit zunehmender Bodenerwärmung und Mineralisation veränderten sich die Ammonium-N-Anteile im Stickstoffdepot in der Variante „ohne Piadin“ deutlich, in der Variante „mit Piadin“ aber nicht. 125 Tage nach Gülleinjektion lag der Anteil von NH<sub>4</sub>-N am N<sub>min</sub> bei 10 % ohne Piadin, 89 % mit Piadin sowie 11 % im unbearbeiteten und ungedüngten Reihenzwischenraum.

### Boden-N-Vorräte bewerten

Um die ertragswirksame Stickstoffmenge (kg N/ha) ermitteln zu können, haben wir den Strip-Till-Bereich und den Reihenzwischenraum getrennt untersucht und konnten feststellen, dass die mit dem Strip-Till-Verfahren dem Boden zugeführten Nährstoffe über Winter in der Ackerkrume verbleiben. Die pflanzenverfügbare Stickstoffmenge (kg N/ha) wurde durch Multiplikation des Stickstoffgehalts im Feinboden der Krume (mg N/100g) mit der mittleren Trockenrohdichte und der Bodenschichttiefe errechnet.

Der N-Gehalt im Gülle-Depot (125 Tage nach Anwendung) betrug 4,7 mg N/100 g Boden, die Differenz zum N-Gehalt im un-



Bearbeitungsstreifen im Zwischenfruchtbestand.

gedüngten Reihenzwischenraum 3,9 mg N/100 g Boden. Zur Erhöhung des N-Gehalts der Ackerkrume um 3,9 mg N/100g Boden sind bei einer ganzflächigen N-Düngung 176 kg N/ha nötig. Mit dem Strip-Till-Verfahren wurden bei 20 m<sup>3</sup> Gülle/Gärssubstrat (5,3 kg N/m<sup>3</sup>) 106 kg N/ha platziert in die Wurzelzone des Mais ausgebracht. Bei der Bewertung wurde der pflanzenverfügbare Gülle-/ Gärssubstrat-N als voll ertragswirksam angerechnet. Üblicherweise erfolgt die Bewertung des Gülle-/Gärssubstrat-N aufgrund von „unvermeidlichen“ Stickstoffverlusten nur anteilig über ein Mineraldüngeräquivalent.

Nach **Tabelle 5** wurde das Gülle-/Gärssubstrat-Depot in 25 cm Tiefe bei Frühljahrsausbringung von den Maiswurzeln 33 Tage nach der Aussaat erreicht. Die Maispflanzen befanden sich in EC 16. Wurde dagegen die gleiche Menge Gärssubstrat im Herbst ausgebracht, dauerte es 42 Tage nach Aussaat, bis das Depot erreicht wurde.

Es war festzustellen, dass die Wurzeln der Piadinvarianten zielstrebig und gerader nach unten in Richtung des Gülledepots wachsen („Lockwirkung“). Sie erreichten das Depot schneller als die Wurzeln der Varianten ohne Piadin.

Die Piadin-Variante zeichnete sich sowohl bei der Herbst- als auch Frühljahrsausbringung von Gülle mit Strip-Till durch mehr Wurzelmasse und Wurzeltiefgang aus. Der Feinwurzelanteil war größer als bei den Varianten ohne Piadin. Die Maiswurzeln haben den verfügbaren Standraum bis in etwa 65 cm Tiefe durchwachsen. Die Seitenausbreitung – von der Basis der Einzelpflanze aus gemessen – war größer als die halbe Maisreihe.

#### Ernährungszustand mit Blattanalyse kontrollieren

Die Blattanalyse dient dem Vergleich des Nährstoffgehaltes mit Werten der Literatur, um nachweisen zu können, wie die Pflanzen versorgt sind. Nach **Tabelle 6**

**Tab. 3:** Pflanzenverfügbarer Bodenstickstoff im Strip-Till-Bereich.

Bodentiefe [cm]	ohne Piadin		mit Piadin	
	NO <sub>3</sub> -N [mg/100 g]	NH <sub>4</sub> -N [mg/100 g]	NO <sub>3</sub> -N [mg/100 g]	NH <sub>4</sub> -N [mg/100 g]
<b>Beprobungstermin Ausgang Winters</b>				
0 – 30	0,52	1,68	0,17	4,52
30 – 60	0,36	0,40	0,12	0,56
60 – 90	0,20	0,08	0,16	0,10
<b>Beprobungstermin zur Maisaussaat</b>				
0 – 30	3,88	0,44	0,51	4,18
30 – 60	0,83	0,08	0,10	0,49
60 – 90	0,31	0,04	0,07	0,08
<b>Beprobungstermin unmittelbar nach Maisernte</b>				
0 - 30	0,07	0,02	0,15	0,03
30 - 60	0,04	0,03	0,05	0,03
60 - 90	0,05	0,02	0,04	0,03

weist die Blattanalyse für Stickstoff und Phosphor einen optimalen Ernährungszustand aus, wenn mit dem Strip-Till-Verfahren die Nährstoffdepots unter Zugabe von Piadin im Frühjahr in den Wurzelbereich platziert wurden. Der Stickstoffgehalt liegt über den empfohlenen Werten von BERGMANN (1993) und zeigt, dass sich die Maispflanzen aus dem Ammonium-N-Depot ernähren können.

Auch bei der Phosphorversorgung spiegelt sich ein ähnliches Bild wider, denn auch hier weist die Frühjahrsvariante mit Piadin den höchsten Gehalt auf, wobei die Werte aller vier Varianten leicht über dem empfohlenen Versorgungsbereich liegen. Der Kaliumgehalt der Maispflanzen bewegt sich in allen vier

Varianten im unteren Bereich der optimalen Versorgung mit Tendenz zu geringeren Gehalten in den Piadinvarianten. Es könnte hier eine Konkurrenz mit anderen Kationen vorliegen.

**Positive Umweltwirkung**

Die Verwertung der Gülle-/Gärs substratnährstoffe durch den Mais war in Verbindung mit einem Anbau von Zwischenfrüchten gegeben. Der durchschnittliche Stickstoffzug des Maises (Gesamtpflanze) betrug auf dem schwach lehmigen Sandboden 170 kg/ha N. Hinsichtlich des Silomaisertrages wirkte sich die Ausbringung von Gülle (ohne Piadin) im Frühjahr (192 dt/ha TM) günstiger aus als im Herbst (178 dt/ha TM).



Jörg Schulze Wext begutachtet die Bodengare unter den abgefrorenen Zwischenfrüchten.

Damit ergab sich bei der Gülleausbringung im Frühjahr gegenüber der Herbstvariante auch ein höherer Stickstoffentzug. Der Einsatz von Piadin führte im Versuchsjahr 2011/12 nur bei einer Herbstgabe zu einer beschleunigten Jugendentwicklung und einem Mehrertrag von 2 dt/ha TM. Anders als bei den Untersuchungen von Dr. Ludger Laurenz (LWK Nordrhein-Westfalen) war 2012 in Bergzow bei der Frühjahrsausbringung von 20 m<sup>3</sup>/ha Gülle/Gärs substrat kein Ertragsvorteil durch den Nitrifikationshemmer nachweisbar.

**Tab. 4:** Pflanzenverfügbarer Bodenstickstoff im Reihenzwischenraum.

Bodentiefe [cm]	NO <sub>3</sub> -N [mg/100 g]	NH <sub>4</sub> -N [mg/100 g]
<b>Beprobungstermin Ausgang Winters</b>		
0 – 30	0,47	0,08
30 – 60	0,35	0,08
60 – 90	0,22	0,05
<b>Beprobungstermin zur Maisaussaat</b>		
0 – 30	0,72	0,09
30 – 60	0,35	0,05
60 – 90	0,21	0,04
<b>Beprobungstermin unmittelbar nach Maisernte</b>		
0 - 30	0,18	0,05
30 - 60	0,16	0,04
60 - 90	0,10	0,03

**Tab. 5:** Verlauf des Wurzelwachstums bei Mais.

	Stadium	Herbst ohne	Herbst mit Piadin	Frühjahr ohne	Frühjahr mit Piadin
<b>Wurzeltiefgang [cm] Tage nach Aussaat (d n. A.)</b>					
14 d n. A.	EC 13	11,7	12,9	13,8	16,3
24 d n. A.	EC 14	12,3	16,0	15,3	16,5
33 d n. A.	EC 16	20,8	22,1	24,1	25,3
42 d n. A.	EC 18	23,0	25,4	28,2	28,4
56 d n. A.	EC 33	30,1	31,1	41,0	41,2

**Tab. 6:** Blattanalysen zum Fahrenschieben des Maises im Vergleich mit Literaturangaben.

Nährelement	Herbst ohne	Herbst mit Piadin	Frühjahr ohne	Frühjahr mit Piadin	Literatur
<b>Nährstoffgehalte in Prozentanteil [%] der Trockenmasse</b>					
Stickstoff (N)	3,73	3,82	3,79	4,20	3,30 ... 4,00
Phosphor (P)	0,42	0,42	0,42	0,46	0,22 ... 0,40
Kalium (K)	2,81	2,73	3,03	2,85	2,50 ... 4,50
Magnesium (Mg)	0,16	0,16	0,16	0,15	0,16 ... 0,50

Wichtig für eine positive Umweltwirkung ist, dass der Düngerstickstoff von den Maispflanzen möglichst vollständig oder zumindest zu einem einheitlichen Grad aus dem Strip-Till-Bereich und dem Reihenzwischenraum aufgenommen wurde. Der Rest-N<sub>min</sub> nach der Ernte betrug im Strip-Till-Bereich weniger als 20 kg N/ha und im Reihenzwischenraum weniger als 30 kg N/ha. Das ist vergleichsweise wenig und zeugt damit von einer guten Nährstoffeffizienz.

## **Fazit**

Die intensiven Bemühungen von Jörg Schulze Wext haben auf den Sandböden der S. u. W. Agrar GmbH Bergzow für eine nachhaltige Steigerung der Bodenfruchtbarkeit gesorgt. Dank der hohen Bodenkultur mit permanenter Bodenbedeckung bestätigen sich auch unter den Ausnahmebedingungen des Jahres 2013 die positiven Effekte des Gülle-Strip-Till-Verfahrens.

Die Kombination von Streifenbearbeitung (Strip-Till) mit einer platzierten Gülle-/Gärs substrat-Depotdüngung in die Wurzelzone (Gülle-Strip-Till-Verfahren) bietet ein hohes Potenzial, Nährstoffverluste und Geruchsemissionen zu reduzieren. In einem Großparzellenversuch wurde in 2011/12 das Gülle-Strip-Till-Verfahren zu Mais bei Herbst- und Frühjahrsapplikation, mit und ohne Nitrifikationshemmer (Piadin) eingesetzt.

Die Untersuchungen zeigten, dass bei der Streifenbearbeitung mit einer partiellen Lockerung nur in der Saatreihe nicht nur der gelockerte Bodenbereich, sondern auch der Reihenzwischenraum durchwurzelt wurde. Im nicht bearbeiteten Reihenzwischenraum wurde im Vergleich zum bearbeiteten Streifen eine höhere Bodenfeuchte nachgewiesen. Die Gülle-/Gärs substrat-Depotdüngung mit Piadin führte sowohl bei Herbst- als auch bei Frühjahrsausbringung zu einer höheren Wurzelmasse und mehr Wurzeltiefgang.

Die Varianten mit Piadin zeigten zudem die Anlage eines gut entwickelten und intensiv durchwurzelt Nährstoffdepots mit einem hohen Anteil von Feinwurzeln. Durch Zugabe von Piadin blieb der überwiegende Teil des Stickstoffs über Winter und auch während der Ertragsbildung des Maises in Form des pflanzenverfügbaren, aber weniger auswaschungsgefährdeten Ammoniumstickstoffs erhalten und wurde nicht in tiefere Bodenschichten verlagert. Weiterführende Untersuchungen sollen darüber hinaus in einem länderübergreifenden Kooperationsprojekt die gasförmigen N-Verluste (NH<sub>3</sub> und N<sub>2</sub>O) beim Einsatz des Gülle-Strip-Till-Verfahrens untersuchen. Das Projekt wird von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert. ■

## **Strip-Till Literatur:**

BERGMANN, W. (1993):

*Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav Fischer Verlag, Jena.*

ULLMANN, M. (2013):

*Einfluss des Gülle-Strip-Till-Verfahrens mit und ohne Nitrifikationsinhibitor (Herbst- und Frühjahrsinjektion) zu Mais auf dem Sand-Rostgley-Standort Bergzow im Jerichower Land. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Masterarbeit.*