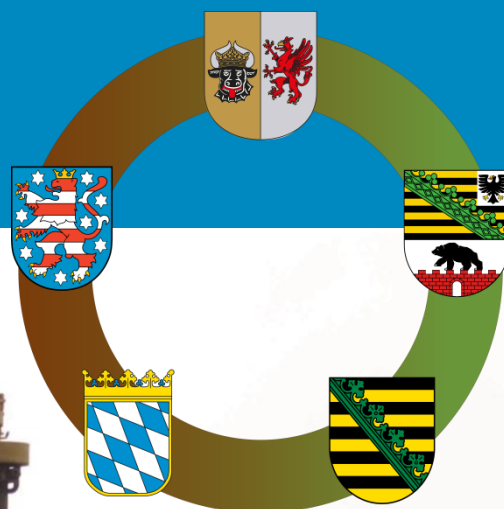


Ergebnisse der verschiedenen Versuchsstandorte

Gülle-Strip-Till



Beteiligte Einrichtungen im Mehrländerprojekt

Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau
Sachsen-Anhalt (LLG)
Projektkoordinierung - Zentrum für Acker- und
Pflanzenbau
Strenzfelder Allee 22, 06406 Bernburg
Ansprechpartner: Dr. J. Bischoff, Dr. N. Tauchnitz
e-mail: joachim.bischoff@llg.mule.sachsen-
anhalt.de
Tel.: 03471 / 334 217

Sächsisches Landesamt für Umwelt,
Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Abteilung Landwirtschaft, Referat Pflanzenbau
Waldheimer Str. 129, 01683 Nossen,
Ansprechpartner: U. Jäckel
e-mail: ulf.jaeckel@smul.sachsen.de
Tel: 03524 / 789231

SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH
Abteilung Landwirtschaftliche
Anwendungsforschung
Am Wieseneck 7, 04451 Borsdorf/OT
Cunnersdorf
Ansprechpartner: Dr. T. Kreuter
e-mail: thomas.kreuter@skwp.de
Tel.: 034291 / 80 203

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und
Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (LFA)
Dorfplatz 1 / OT Gülzow, 18276 Gülzow-Prüzen
Ansprechpartner: Dr. I. Bull
e-mail: i.bull@lfa.mvnet.de
Tel.: 03843 / 789231

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL)
Naumburger Str.98, 07743 Jena
Referat Acker- und Pflanzenbau
Ansprechpartner: K. Marschall
e-mail: karin.marschall@tll.thueringen.de
Tel.: 03641 / 683-267

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
Vöttinger Str. 38, 85354 Freising
Ansprechpartner: Dr. M. Demmel
e-mail: markus.demmel@LfL.bayern.de
Tel.: 08161 / 715830

Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur
und Ressourcenschutz
Lange Point 6, 85354 Freising
Ansprechpartner: R. Brandhuber
e-mail: robert.brandhuber@LfL.bayern
Tel.: 08161 / 715589

Impressum

Herausgeber: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
Naumburger Straße 98, 07743 Jena
Telefon: 0361 574041-0
Fax: 0361 574041-390
Mail: postmaster@tll.thueringen.de

Bearbeiter: Dr. Joachim Bischoff
Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt
joachim.bischoff@llg.mule.sachsen-anhalt.de

Dr. Nadine Tauchnitz
Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt
nadine.tauchnitz@llg.mule.sachsen-anhalt.de

Fotonachweis: Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Redaktionsschluss: 19.04.2017

Copyright:

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle
Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen und der foto-
mechanischen Wiedergabe sind dem Herausgeber vorbehalten.

Vorwort

Im Sinne des vorsorgenden Bodenschutzes, der Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie und der Düngeverordnung muss der Anbau von Feldfrüchten boden- und umweltschonend erfolgen. Dies gilt in besonderer Weise für den Zuckerrüben- und Maisanbau, der oftmals mit Bodenerosion und – insbesondere bei Mais - mit Nährstoffverlagerung und damit verbundener Belastung von Grund- und Oberflächenwasserkörpern als Folge einer unzureichenden Nährstoffaufnahme in Verbindung gebracht wird. Im Hinblick auf die Minderung bzw. Verhinderung von Erosion sowie eine effizientere Stickstoffdüngung bei der Ausbringung von Gülle und Gärresten stellt die Streifenbodenbearbeitung (strip-tillage) zu Mais, zu Zuckerrüben und zu Raps ein vielversprechendes Verfahren dar. Die Streifenbodenbearbeitung bietet die Chance, die erosionsmindernden bzw. -verhindernden Vorteile der Direktsaat mit den Vorzügen einer krumentiefen Lockerung, der wurzeltiefen Einarbeitung von Dünger und einer Saatbettbereitung in den Pflanzenreihen zu kombinieren.

Die Koordinierungsgruppe Pflanzenproduktion der Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern, Brandenburg, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen hat 2010 ein Arbeitsfeld Erosionsschutz durch konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat festgelegt. In diesem Zusammenhang wurden von den landwirtschaftlichen Fachbehörden in Bayern, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen von 2012 bis 2016 an verschiedenen Standorten Feldversuche zur Streifenbearbeitung zu Mais sowie Zuckerrüben durchgeführt. Es wurde mit Strip-Till-Technik unterschiedlicher Anbieter zum einen untersucht, welchen Beitrag das Strip-Till-Verfahren bei der Gülle-/Gärsubstratausbringung mit Nitrifikationsinhibitoren zu Mais zur Erhöhung der Stickstoff(N)-Effizienz bei der Ausbringung von flüssigem organischen Dünger leisten kann. Zum anderen wurde die Saatbettbereitung mit Strip-Till-Technik zu Zuckerrüben sowie zu Raps geprüft.

In nachfolgenden Fachbeiträgen sind die Ergebnisse der Versuche der Bundesländer Bayern, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen zum Strip-Till-Verfahren zusammengestellt. Die Ergebnisse sollen Landwirten als Grundlage für die erfolgreiche Umsetzung des Strip-Till-Verfahrens im Sinne des Schutzes von Mais- und Zuckerrübenflächen vor Erosion sowie für eine gewässerschonende effiziente Nutzung von Stickstoff bei der Düngung von flüssigen organischen Düngern zu Mais bieten.

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	3
2	Einzelbeiträge der verschiedenen Versuchsstandorte	6
2.1	Gülle-Strip-Till zu Mais in Sachsen-Anhalt.....	6
2.2	Gülle-Strip-Till zu Mais in Sachsen (Standort Köllitsch).....	16
2.3	Gülle-Strip-Till zu Mais in Sachsen (Standort Cunnersdorf)	25
2.4	Gülle-Strip-Till zu Mais in Thüringen.....	37
2.5	Gülle-Strip-Till zu Mais in Mecklenburg-Vorpommern.....	45
2.6	Gülle-Strip-Till zu Mais und Strip-Till zu Zuckerrüben in Bayern.....	51
3	Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	57

1 Zusammenfassung

Mit der novellierten Düngeverordnung nehmen nährstoffeffiziente Verfahren der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern immer mehr an Bedeutung zu. Als ein solches wird das Gülle-Strip-Till-Verfahren eingeschätzt. Das Gülle-Strip-Till-Verfahren kombiniert die reduzierte Bodenbearbeitung (Streifenbearbeitung, strip tillage) mit der platzierten Gülle-Düngung (Gülle-Injektion, Unterflurdüngung). Die Streifenbearbeitung ist ein für Reihenkulturen geeignetes Bodenbearbeitungsverfahren, bei dem der Boden nur in der künftigen Saatreihe gelockert wird, während etwa zwei Drittel der Fläche mit Pflanzenmaterial (Mulch) bedeckt bleiben. Damit besitzt das Verfahren viele Vorteile. Das ist zum einen eine Verbesserung der Stickstoff(N)-Effizienz des Düngers durch die Verminderung von N-Verlusten (Ammoniakemissionen, Nitratauswaschung) infolge der gezielten Düngerablage direkt in die Wurzelzone der Pflanzen. Durch den zusätzlichen Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren (NI) ist eine weitere Steigerung der N-Effizienz des Düngers möglich. Zum anderen resultieren aus der reduzierten Bodenbearbeitung und damit verbundenen großflächigen Bedeckung des Bodens mit Pflanzenmaterial eine verbesserte Konservierung der Bodenfeuchte und ein wirksamer Erosionsschutz.

Im vorliegenden Mehrländerprojekt sollte untersucht werden, welchen Beitrag das Gülle-Strip-Till-Verfahren zur Verbesserung der N-Effizienz unter den jeweiligen Klima- und Standortverhältnissen der verschiedenen Versuchsstandorte leisten kann. Hierzu wurden im Zeitraum 2012 bis 2016 Parzellenversuche mit den Prüfgliedern Kontrolle ohne Düngung, Ganzflächige Gülle-/Gärrestausbringung mit sofortiger Einarbeitung im Herbst und Frühjahr mit und ohne NI sowie Gülle-Strip-Till im Herbst und Frühjahr mit und ohne NI angelegt. Beteiligt waren die Bundesländer Sachsen-Anhalt, Sachsen, Thüringen, Mecklenburg-Vorpommern und Bayern. Im Rahmen der Versuche wurden Trockenmasse-Erträge, N-Entzüge der Pflanzen und Nmin-Gehalte im Boden in verschiedenen Tiefen ermittelt sowie Untersuchungen zum Wurzelwachstum durchgeführt.

Die Ergebnisse bei Einsatz des Gülle-Strip-Till-Verfahrens im Herbst zu Mais zeigten an den Versuchsstandorten Bergzow (Sachsen-Anhalt) und Cunnersdorf (Sachsen) auf lehmigen Sandböden bis mittelschwer sandigen Lehmböden, dass der Ammonium(NH₄)-N des Düngers durch Einsatz des NI über die Wintermonate bis zum Zeitpunkt des Pflanzenbedarfs im Frühjahr stabilisiert werden konnte. Hieraus resultierte

ein reduziertes Risiko der Nitrat(NO_3)-Auswaschung. Auf einem Auenlehm am Standort Köllitsch (Sachsen) war die Wirkung des NI 70 bis 90 Tage nach Düngung bei Herbstausbringung mit einem NH_4 -Anteil von 42 % am N_{min} im Vergleich zur Variante ohne NI (NH_4 -Anteil: 11 %) noch deutlich sichtbar, während sich die beiden Varianten im späten Frühjahr (Mitte Mai) mit 7,9 % NH_4 (mit NI) und 2,9 % NH_4 (ohne NI) kaum noch unterschieden. Bei der Frühljahrsausbringung der Gülle/Gärreste war eine Stabilität der NH_4 -Depots von 30 bis zu 40 Tagen nachweisbar. Im Vergleich zu den Strip-Till-Varianten zeigte der NI bedingt durch die größere Angriffsfläche für Mikroorganismen bei der ganzflächigen Gülle-/Gärrestausbringung kaum einen Effekt. Anhand der tiefendifferenzierten N_{min} -Untersuchungen auf den schwach bis mittel lehmigen Böden in Sachsen-Anhalt wurde bei den Strip-Till-Varianten (mit und ohne NI) im Vergleich zur ganzflächigen Gülle-/Gärrestausbringung eine geringere N-Verlagerung in tiefe Bodenschichten und damit ein geringeres Risiko der NO_3 -Auswaschung festgestellt. Zur Ernte der Maispflanzen wurden im ungedüngten Reihenzwischenraum im Vergleich zum gedüngten Streifen höhere N_{min} -Gehalte ermittelt, die auf eine gute Ausschöpfung der Nährstoff-Depots hinweisen.

Die Untersuchungen des Wurzelwachstums zeigten an mehreren Standorten einen positiven Effekt der NH_4 -betonten Ernährung der Maispflanzen anhand eines erhöhten Anteils an Feinwurzeln. Am Standort Cunnersdorf war zudem ein zusätzlicher positiver Effekt des NI-Einsatzes beim Strip-Till-Verfahren auf das Feinwurzelwachstum der Maispflanzen nachweisbar.

Der Vergleich der ermittelten Trockenmasse(TM)-Erträge und N-Entzüge bei den eingesetzten Verfahren ergab an den verschiedenen Versuchsstandorten ein differenziertes Bild. Die Untersuchungen auf dem lehmigen Sandboden in Bergzow (Sachsen-Anhalt) zeigten, dass bei Strip-Till mit Herbstausbringung durch den Einsatz des NI ein mit der Frühljahrsausbringung vergleichbarer TM-Ertrag erzielt werden konnte. Diese Ergebnisse konnten an den Standorten Köllitsch und Cunnersdorf (hier ein geringerer N-Gehalt in der Herbstgülle) nicht bestätigt werden. Auf der Grundlage der Versuche in Sachsen-Anhalt und Sachsen konnte nachgewiesen werden, dass bei Frühljahrsausbringung das Strip-Till-Verfahren gegenüber der ganzflächigen Gülle-/Gärrestausbringung aufgrund höherer erzielter TM-Erträge und N-Entzüge im Vorteil war. Durch Einsatz eines NI wurden am Standort Cunnersdorf

darüber hinaus signifikante Mehrerträge und N-Entzüge erreicht. Das war an den Versuchsstandorten in Sachsen-Anhalt und Köllitsch (Sachsen) nicht der Fall. In den Versuchen bei stark wechselnden Bodenverhältnissen mit hohem Steingehalt in der mecklenburgischen Schweiz (Mecklenburg-Vorpommern) wurden demgegenüber keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten ermittelt. Versuche auf einem schluffigen Lehm in Bayern zeigten niedrigere Zuckerrüben- und Zuckererträge bei der Streifenbodenbearbeitungsvariante im Vergleich zur Mulchsaat mit Saatbettbereitung, während die Maiserträge vergleichbar mit denen der Mulchsaat mit Saatbettbereitung waren.

In allen Versuchen konnte festgestellt werden, dass bei Einsatz der Strip-Till-Technik im Vergleich zur ganzflächigen Bearbeitung (Grubber, Scheibenegge) deutlich mehr Mulch auf der Bodenoberfläche verblieb und dadurch bessere Voraussetzungen für den Erosionsschutz und Wasserrückhalt gegeben waren. Ein höheres Erosionsschutzniveau der Streifenbearbeitung war auch in verschiedenen Versuchen feststellbar (Sachsen-Köllitsch, Bayern, Mecklenburg-Vorpommern).

Auf der Grundlage der durchgeführten Versuche wurden neben den positiven Effekten auch Probleme beim Einsatz der Gülle-Strip-Till-Technik erkannt. Das betraf vor allem fehlerhafte Geräteeinstellungen und Schare, die auf leichten Sandböden zu einer Überlockerung des Bodens und damit fehlendem Bodenschluss für die nachfolgende Saat führten. Problematisch war der Einsatz der Technik zudem bei schweren, sehr bindigen Böden. Hier traten Verdichtungen auf, es erfolgte keine ausreichende Lockerung der Strip-Till-Bereiche und damit war keine optimale Saatbettbereitung möglich. Bei Böden mit hohem Steingehalt und auf sehr hängigem Gelände stieß das Verfahren zudem auf seine Grenzen, da einerseits nur eine unzureichende Lockerung durch vorhandene Steine erfolgte und andererseits das spurgenaue Ablegen der Maissaat über den Gülle/Gärrestbändern durch Hanglage erschwert wurde. Die Versuche haben gezeigt, dass hohe technische Anforderungen an die Genauigkeit bei der Streifenbearbeitung und der darauffolgenden Aussaat gestellt sind, die genau aufeinander abgestimmt eingestellte Geräte und Parallelfahrssysteme erfordern. Die geringere mechanische Unkrautbekämpfung kann zudem zu einem erhöhten chemischen Pflanzenschutzaufwand führen.

2 Einzelbeiträge der verschiedenen Versuchsstandorte

2.1 Gülle-Strip-Till zu Mais in Sachsen-Anhalt

Joachim Bischoff und Nadine Tauchnitz

Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt (LLG), Strenzfelder Allee 22, 06406 Bernburg; e-mail: Joachim.Bischoff@llg.mule.sachsen-anhalt.de, Nadine.Tauchnitz@llg.mule.sachsen-anhalt.de

2.1.1 Einleitung und Zielsetzung

Die neue Düngeverordnung verpflichtet dazu, Wirtschaftsdünger wie Gülle und Gärreste noch effizienter einzusetzen. Mit diesem Hintergrund wurden in letzter Zeit verschiedene Verfahren zur Erhöhung der Nährstoff-Effizienz bei Ausbringung organischer Dünger entwickelt. Das Gülle-Strip-Till-Verfahren, welches die reduzierte Bodenbearbeitung (strip tillage: Streifenbearbeitung) mit der Gülle-Injektion kombiniert, wird als ein nährstoffeffizientes Verfahren eingeschätzt.

Ziel des Projektes war es, zu prüfen, welchen Beitrag das Gülle-Strip-Till-Verfahren in Kombination mit Nitrifikationsinhibitoren zur Erhöhung der Stickstoff(N)-Effizienz bei der organischen Düngung zu Mais leisten kann. Hierzu wurden von der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau (LLG) im Zeitraum von 2012-2016 Feldversuche an verschiedenen Standorten im nördlichen Sachsen-Anhalt durchgeführt.

2.1.2 Methoden

Die Parzellenversuche wurden an den Standorten Bergzow (Landkreis Jerichower Land), Quellendorf (Landkreis Anhalt-Bitterfeld) und Lückstedt (Landkreis Stendal) angelegt. Die Boden- und Klimaverhältnisse der Diluvial (D)- Standorte repräsentieren die schwach bis mittel lehmigen Sande der Grundmoränenlandschaft. Die langjährigen Jahresdurchschnittstemperaturen und Niederschlagsmengen (1981-2010) werden mit 9,2 °C und 539 mm (Bergzow), mit 9.2 °C und 562 mm (Lückstedt) sowie mit 9.7 °C und 533 mm (Quellendorf) angegeben.

Folgende Versuche wurden durchgeführt:

Versuch I (2012-2014)- Standort Bergzow mit den Versuchsvarianten:

Gülle-Strip-Till mit Herbstausbringung in einen stehenden Zwischenfruchtbestand ohne beziehungsweise mit Nitrifikationsinhibitor (NI), Gülle-Strip-Till mit Frühlarsausbringung in einen abgefrorenen Zwischenfruchtbestand ohne/ mit NI.

Versuch II (2014-2016)- Standorte Lückstedt und Quellendorf mit den Versuchsvarianten:

Kontrolle (ohne Gülle), ganzflächige Gülle-/ Gärrestausbringung im Frühjahr ohne/ mit NI, Gülle-Strip-Till im Frühjahr ohne/ mit NI (randomisierte Parzellenversuche mit vierfacher Wiederholung).

Für die Feldversuche mit Herbstdüngung (Ende Oktober) wurde vom zuständigen Landesamt für Landwirtschaft eine Ausnahmegenehmigung eingeholt. Die Gülle-/ Gärrestausbringung im Frühjahr erfolgte etwa 7 bis 14 Tage vor dem Maislegen. Zur ganzflächigen Gülleausbringung wurde eine Gerätekombination mit Güllefahrzeug + Güllefass und Grubber-/ Scheibenegge genutzt. Beim Gülle-Strip-Till-Verfahren wurden Gerätekombinationen mit HIRL-Technik (Prototyp)/KUHN-Striger/ VOGELSANG XTill S verwendet. Die Arbeitsbreite war jeweils 6 m, das sind mit achtreihiger Strip-Till-Technik 75 cm Reihenweite beim Mais. Bei ganzflächiger Ausbringung erfolgte die Einarbeitung der Gülle-/ Gärreste 8 – 10 cm tief, beim Strip-Till-Verfahren als Unterflurdüngung 15 cm tief unter der Maisreihe.



Foto: Die Streifenbodenbearbeitung erfolgte in Verbindung mit Gülle-/ Gärrestinjektion. Zwischen den Streifen bleiben zwei Drittel des Bodens unbearbeitet und mit abgestorbenem Pflanzenmaterial bedeckt.

In den Feldversuchen (Versuch I, II) wurden 20 bis 30 m³/ha Rindergülle beziehungsweise Gärrest-Rindergülle mit 100 bis 136 kg N/ha gedüngt. In den NI-Varianten wurden dem Dünger 5 l/ha Piadin (H-1, 2,4 Triazol u. 3- Methylpyrazol)

bzw. entsprechende Wirkstoffmenge Vizura (DMPP/ Dimethylphenylpiperazinium) zugemischt.

2.1.3 Ergebnisse

2.1.3.1 Nmin nach Gülle-Strip-Till mit Herbstausbringung

90 Tage nach der Gärrestdüngung lag der Anteil von Ammoniumstickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$) am Gesamtvorrat des pflanzenverfügbaren Bodenstickstoffs (Nmin) in 0–30 cm bei 76 % ohne, 96 % mit NI und 15 % im unbearbeiteten, ungedüngten Reihenzwischenraum (Abb. 1).

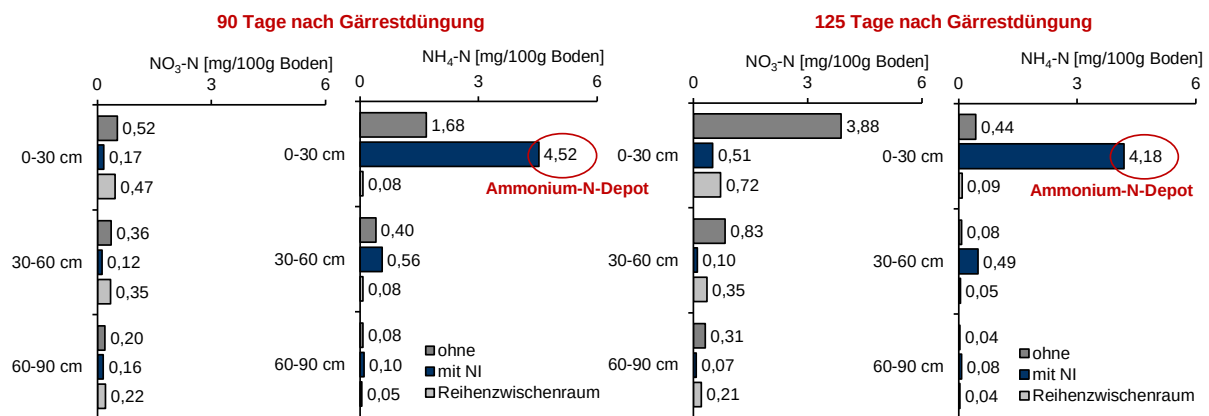


Abb. 1: N_{min} Bodenuntersuchung nach Strip Till mit Gärrestdüngung im Herbst

Die Zugabe eines NI verzögerte die Umwandlung von $\text{NH}_4\text{-N}$ zum auswaschungsgefährdeten Nitratstickstoff ($\text{NO}_3\text{-N}$). 35 Tage nach der Erstbeprobung beziehungsweise 125 Tage nach der Gärrestdüngung Ende Oktober wurden die Nmin -Bodenuntersuchungen wiederholt. Mit zunehmender Bodenerwärmung und Mineralisation veränderten sich die $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anteile der Variante „ohne“ wesentlich, in der Variante „mit NI“ aber nicht. 125 Tage nach der Gärrestdüngung lag der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anteil am Nmin bei 10 % ohne, 89 % mit NI und 11 % im unbearbeiteten, ungedüngten Reihenzwischenraum. Es zeigte sich, dass beim Zusatz eines NI der überwiegende Teil des Gärrest-N auch über die Wintermonate in der stabilen NH_4 -Form im Krukenbereich (0–30 cm) erhalten blieb und nicht in tiefere Bodenschichten verlagert wurde.

2.1.3.2 Nmin nach Gülle-Strip-Till mit Frühjahrsausbringung

Bei einer Gülle-/ Gärrestdüngung im Frühjahr ist damit zu rechnen, dass mit zunehmender Bodenerwärmung die mikrobielle Umwandlung von $\text{NH}_4\text{-N}$ zu $\text{NO}_3\text{-N}$ gefördert wird. Auch hier haben unsere Untersuchungen gezeigt, dass beim Gülle-Strip-Till-Verfahren im Frühjahr der N-Umsatz verzögert wurde, wenn der Applikation ein NI (Piadin/ Vizura) hinzugegeben wurde. Nach Abb. 2 konnte in der Variante „Strip Till + NI“ der überwiegende Teil des N über einen Zeitraum von 38 Tagen nach der Gärrestdüngung als $\text{NH}_4\text{-N}$ im Wurzelraum des Maises erhalten werden.

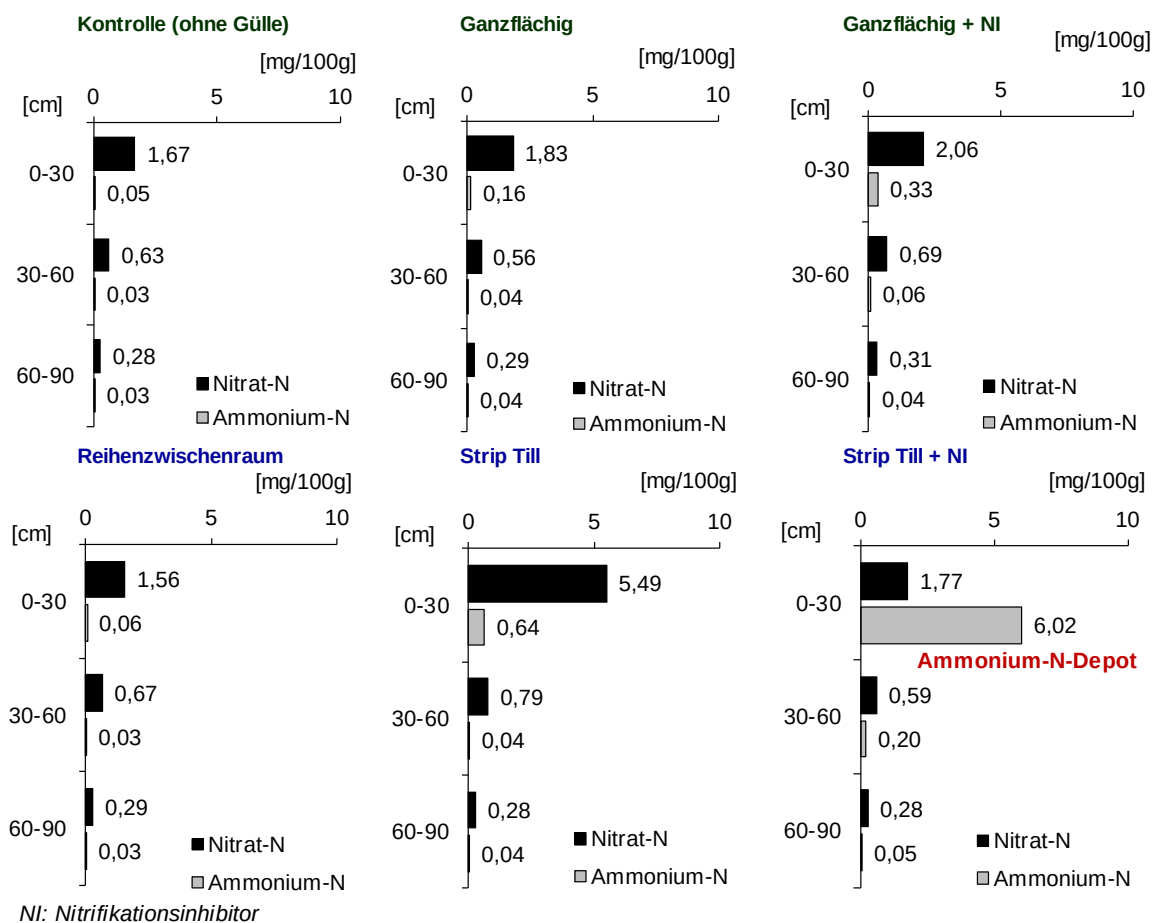


Abb. 2: Nmin-Bodenvorrat nach Gärrestdüngung im Frühjahr 38 Tage nach der Ausbringung

Die Kontrollvariante ohne Gülle zeigte, dass der Nmin-Bodenvorrat sich zu mehr als 90 % aus auswaschungsgefährdetem $\text{NO}_3\text{-N}$ zusammensetzte. Während bei ganzflächiger Gülleausbringung die Wirkung des NI nur wenige Tage anhielt, wurde beim Gülle-Strip-Till die Nitrifikation auch bei einer Frühjahrsdüngung biologisch blockiert. Die Nitrifikationsinhibitoren helfen bei ganzflächiger Gülleausbringung nur wenig, weil

sie bei Temperaturen über 10 °C einem mikrobiellen Abbau unterliegen. Als sehr wirkungsvoll hat sich dagegen die biozide Wirkung hoher NH_4 -Konzentrationen erwiesen. Diese stellen sich dann ein, wenn mit dem Strip-Till-Verfahren unter der Maisreihe Gülle-/ Gärrestdepots angelegt werden (siehe Foto).



Foto: Streifenbodenbearbeitung (Strip Till) und Unterflurdüngung mit Gärrestdepot in 15 cm Bodentiefe

Nach Abb. 3 waren die Gülle- NH_4 -Depots in allen Versuchsjahren mit einem NO_3 -Anteil von 30 bis max. 50 % etwa 40 Tage nach der Düngung stabil. Die enttäuschende Wirkung der NI bei ganzflächiger Gülle-/ Gärrestausbringung ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass im Vergleich zur konzentrierten Ablage des Güllebandes im Strip-Till-Verfahren eine größere Angriffsoberfläche für Mikroorganismen besteht.

Nach Abb. 4 wurden beim Strip-Till-Verfahren in der Krume (0-30 cm) gegenüber ganzflächiger Gülle-/ Gärrestdüngung höhere N-Vorräte als im Unterboden (30-90 cm) nachgewiesen, woraus eine verminderte N-Verlagerung im Boden geschlussfolgert werden kann. Das heißt für die Praxis, dass mit Hilfe des Strip-Till-Verfahrens zusammen mit NI die potentielle Auswaschungsgefährdung bei der Gülle-/Gärrestdüngung insbesondere auf leichten Sandböden bedeutsam reduziert werden könnte.

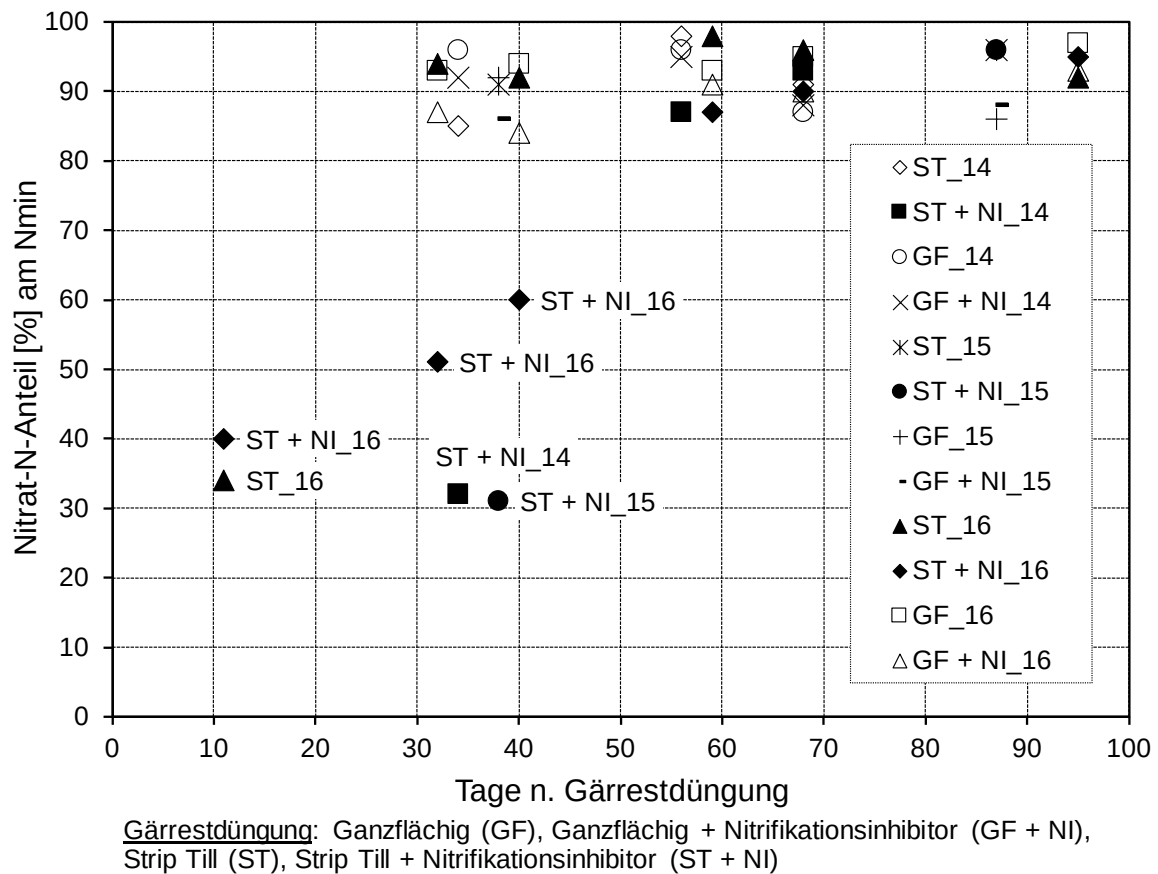


Abb. 3: Nitrifikationsverlauf nach Gärrestdüngung im Frühjahr

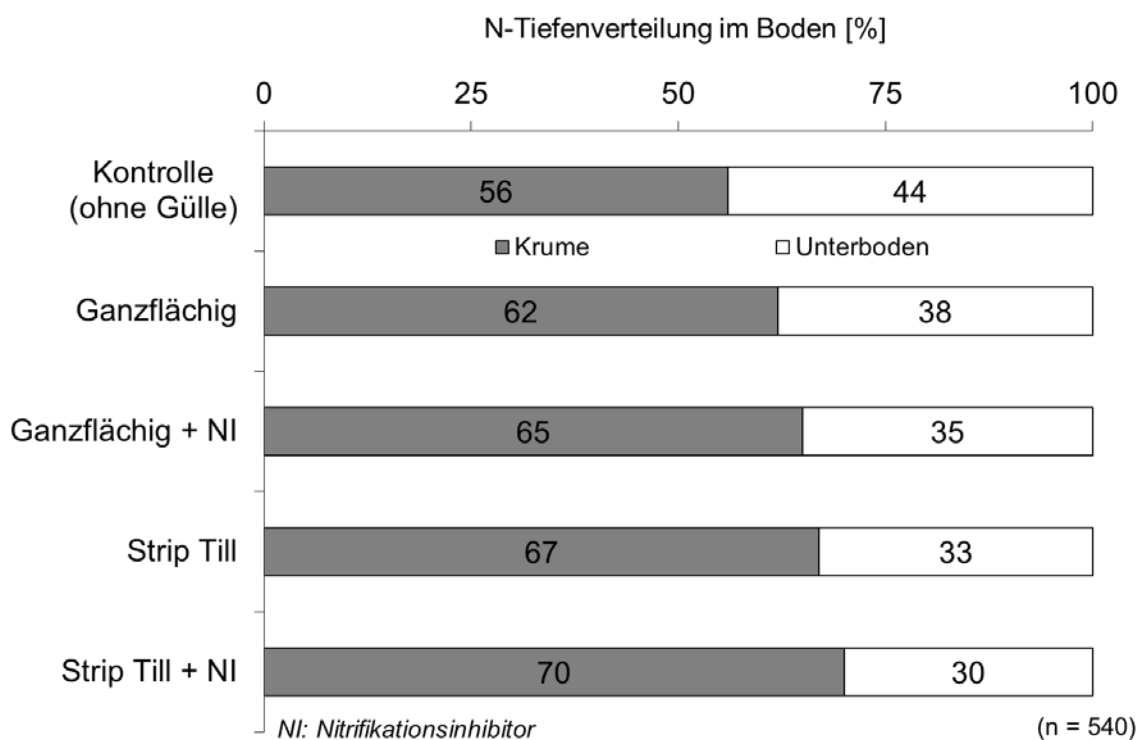
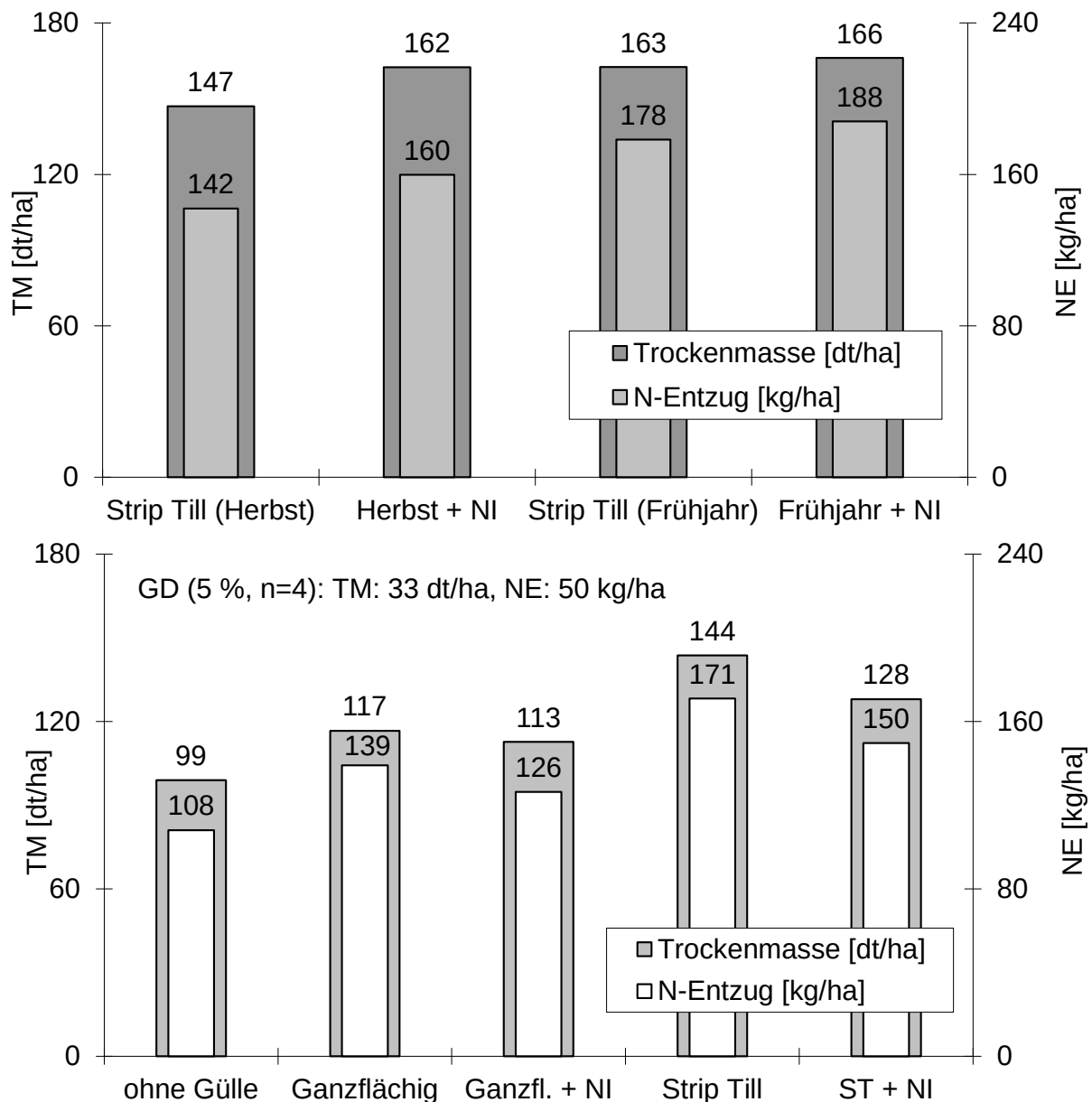


Abb. 4: Nmin-Tiefenverteilung eines lehmigen Sandbodens

2.1.3.3 Trockenmasse-Erträge und Stickstoff(N)-Entzüge

Als wesentliches Ergebnis aus dem Versuch I (Abb. 5, Grafik oben) kann herausgestellt werden, dass mit dem Strip-Till-Verfahren im Herbst (Ende Oktober) vergleichbar hohe Trockenmasseerträge bei Mais erzielt werden konnten wie mit Strip Till im Frühjahr, wenn der Gülle beziehungsweise den Gärresten ein NI zugegeben wurde.



NI: Nitrifikationsinhibitor

Abb. 5: Trockenmasse (TM)-Erträge und Stickstoff-Entzüge (NE) in Versuch I (2012-2014) und Versuch II (2014-2016). Grafiken von oben nach unten.

Das Ergebnis bestätigt die Wirkung von NI, die seinerzeit von AMBERGER (1992) zur Stabilisierung des Gülle-N über die Wintermonate entwickelt worden sind. Bei

Versuchsbeginn im Herbst 2011 war die Herbstausbringung von Gülle-/ Gärresten zum Ende der Vegetationsperiode noch Gegenstand unserer Untersuchungen. Die Herbstausbringung von Gülle-/ Gärresten zum Ende der Vegetationsperiode ist in der neuen Düngeverordnung nicht mehr vorgesehen.

In Versuch II mit einer Frühljahrsausbringung erzielte die Streifenbodenbearbeitung (Strip Till) gegenüber der ganzflächigen Gülle-/ Gärrestausbringung bedeutsame Mehrerträge und auch höhere Stickstoffentzüge (*Abb. 5, Grafik unten*). Der Einsatz von NI führte demgegenüber in beiden Ausbringungsverfahren nicht zu signifikanten Mehrerträgen bzw. höheren N-Entzügen. Ob mit dem Gülle-Strip-Till-Verfahren und einer NH_4 -Depotdüngung Mehrerträge erreicht werden können, hängt auch sehr von den Mineralisationsbedingungen und schließlich vom im Wurzelraum vorhandenen NO_3 ab. Im Prinzip werden von den meisten Pflanzen, also auch von Mais, sowohl $\text{NO}_3\text{-N}$ als auch $\text{NH}_4\text{-N}$ verwertet.

2.1.3.4 Wurzelwachstum

Anhand einer Wurzelanalyse mit der Profilmethode (*siehe Fotos*) konnte sichtbar gemacht werden, dass bei Streifenbodenbearbeitung mit partieller Bodenlockerung nicht nur der gelockerte Bodenbereich in der Saatreihe, sondern auch der Reihenzwischenraum durchwurzelt wurde. Die Varianten mit NI zeigen die Anlage eines gut entwickelten und intensiv durchwurzelter Nährstoffdepots mit einem hohen Anteil von Feinwurzeln. Im Unterschied zum CULTAN-Verfahren nach SOMMER (2003), wo die Wurzeln an der Peripherie des NH_4 -Depots entlangwachsen, ist das auf dem Foto gut erkennbare Gülledepot vollständig und intensiv durchwurzelt. Da bei Strip-Tillage nur eine streifenweise Lockerung des Bodens erfolgt, besteht die Gefahr, dass schroffe Übergänge im Bodengefüge zwischen gelockertem Strip-Till-Bereich und dem nicht gelockerten Reihenzwischenraum auftreten können. Infolgedessen entsteht ein „*Blumentopfeffekt*“, wobei sich das Wurzelwachstum des Maises nur auf den gelockerten Boden beschränkt und kein Durchwurzeln der umgebenden Bodenbereiche erfolgt.



(1) Ammoniumbetonte Stickstoffdüngung zu Mais ist möglich: Die Wurzeln nach Strip-Till, (2) nach Strip-Till mit Gülledepotdüngung und (3) „Blumentopfeffekt“

Durch die Kombination des Gülle-Strip-Till-Verfahrens mit Zwischenfruchtanbau konnte die Bodenstruktur im Reihenzwischenraum verbessert werden. Die intensive Bodendurchwurzelung der Zwischenfrüchte bewirkte, dass auch der unbearbeitete Bereich im Reihenzwischenraum gelockert wurde und dadurch der „*Blumentopfeffekt*“ vermieden wurde.

Fazit

Das Gülle-Strip-Till-Verfahren ist geeignet, die N-Effizienz bei der Ausbringung organischer Wirtschaftsdünger durch eine Verlustminderung zu verbessern und damit den Anforderungen der Düngeverordnung zu genügen. Aus der gezielten Ablage der NH_4 -Depots direkt in die Wurzelzone des Mais resultieren ein höherer Anteil von Feinwurzeln und eine kontinuierliche N-Ernährung. Darüber hinaus konnten eine Verringerung der NO_3 -Verlagerung in tiefere Bodenschichten und hierdurch höhere Erträge und N-Entzüge der Pflanzen erzielt werden. Der Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren kann empfohlen werden, um auch in niederschlagsreicheren und damit auswaschungsgefährdeten Jahren die Auswaschung von NO_3 zu vermeiden.

In der Praxis hat das Gülle-Strip-Till-Verfahren neben vielen Erfolgen aber auch manche Enttäuschung gebracht: Namentlich das Versagen auf schweren und kalten Böden, bei Bodenüberlockerung und damit fehlendem Bodenschluss für die nachfol-

gende Saat, bei Herauslaufen von Gülle aus dem Boden und bei gestörtem Wurzelwachstum. Anlass zur Kritik gaben fehlerhafte Strip-Till-Geräteeinstellungen sowie Schare, die speziell konstruiert wurden, um große Güllemengen im Boden unterzubringen. Dabei wird viel Boden bewegt und an die Oberfläche befördert. Besonders auf leichten Sandböden baut sich dann vor den nachlaufenden Aggregaten ein Wall auf, der mitgezogen wird. Dadurch entsteht ein sogenannter „*Bulldozingeffekt*“: Die Schare hinterlassen Dämme und tiefe Furchen, aber auch einen überlockerten Bodenhorizont. Daher ist eine geeignete Scharform zu verwenden, etwa schmale gerade Schare mit Untergriff oder leicht gekröpfte Schare mit Anstellwinkeln ähnlich dem Parapflug. Diese heben den Boden an, ohne ihn dabei nach oben zu bringen. Darunter erfolgt die Ablage des Gülle- oder Gärrestedepots. Die Depots sollen so zum Mais positioniert sein, dass die Keimwurzeln sie schnell erreichen, ohne dass Verätzungen der Keimwurzeln durch die Gülle oder die Gärreste auftreten.

Literatur

AMBERGER, A. (1992): Mineralische und organische Düngung. Pflanzenproduktion im Wandel, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim.

SOMMER, K. (2003): Grundlagen des "CULTAN"-Verfahrens. Anbauverfahren mit N-Injektion (CULTAN) Ergebnisse, Perspektiven, Erfahrungen. Landbauforschung Völknerode.

2.2 Gülle-Strip-Till zu Mais in Sachsen (Standort Köllitsch)

Ulf Jäckel

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Abteilung Landwirtschaft, Referat Pflanzenbau, Waldheimer Str. 129, 01683 Nossen, e-mail: Ulf.Jaeckel@smul.sachsen.de

2.2.1 Einleitung

Das Gülle- bzw. Gärsubstrat-Strip-Till-Verfahren bietet die Chance, die erosions- und bodenwasserschützenden Wirkungen der Direktsaat mit den Vorteilen einer Lockerung, der wurzeltiefen Einarbeitung von Dünger und einer Saatbettbereitung in den Maisreihen zu kombinieren. Angesichts der im Zusammenhang mit dem Klimawandel vermehrt auftretenden Witterungsextreme und stärkerer Anforderungen an den umweltgerechten und effizienten Umgang mit Gülle bzw. Gärsubstrat eröffnen sich damit praktikable Möglichkeiten insbesondere für den Maisanbau.

2.2.2 Versuchsvarianten

Die Versuche zum Strip-Till-Verfahren wurden in den Jahren 2014 bis 2016 durch das LfULG im Lehr- und Versuchsgut Köllitsch auf einer seit 15 Jahren pfluglos bewirtschafteten Auenlehm-Vega durchgeführt. Der mittlere Jahresniederschlag des Standortes beträgt 542 mm bei 9,0 °C Jahresmitteltemperatur.

Folgende Versuchsvarianten wurden in einem Streifenversuch verglichen:

- Strip-Till-Verfahren mit Herbstausbringung von Gärrest aus Rindergülle in einen stehenden Zwischenfruchtbestand ohne beziehungsweise mit Nitrifikationsinhibitor (NI),
- Strip-Till mit Gärsubstrat-Frühjahrsausbringung in einen abgefrorenen Zwischenfruchtbestand ohne beziehungsweise mit NI,
- Frühjahrsausbringung ohne NI mit Schleppschläuchen und Einarbeitung mit Flügelschargrubber.

Die Gärrestausbringung im Frühjahr erfolgte etwa 7 Tage vor dem Maislegen. Beim Strip-Till-Verfahren wurde hierzu eine Gerätekombination bestehend aus einem traktorgezogenen Tankwagen mit angebautem KUHN-Striger verwendet. Die Arbeitsbreite war 4,5 m, das entspricht mit sechsreihiger Strip-Till-Technik 75 cm Reihenweite beim Mais. Bei der im Vergleich dazu durchgeführten ganzflächigen Ausbringung mit traktorgezogenem Tankwagen und Schleppschläuchen erfolgte innerhalb von 4

Stunden die Einarbeitung der Gärreste mit einem Flügelschargrubber (Lemken Karat, Arbeitsbreite 4,5 m) 12-15 cm tief; beim Strip-Till-Verfahren als Unterflurdüngung erfolgte die Gärrestausbringung 25 cm tief unter der Maisreihe. Es wurden in allen Varianten 18 m³ Gärreste aus Rindergülle mit 40 kg/ha NH₄-N ausgebracht. In den NI-Varianten wurden dem Gärsubstrat vor der Ausbringung 8 l/ha Piadin (H-1, 2,4 Triazol u. 3- Methylpyrazol) zugemischt.

2.2.3 Ergebnisse und Diskussion

2.2.3.1 Stickstoffgehalte im Boden

Zu Winterbeginn, ca. 70-90 Tage nach der Gärrestdüngung im Herbst, lag im Schnitt der Versuchsjahre 2014–2016 der Anteil von Ammoniumstickstoff (NH₄-N) am Gesamtvorrat des pflanzenverfügbaren Bodenstickstoffs (Nmin) in 0–30 cm bei 11,2 % ohne, bei 41,9 % mit NI und bei 13 % im unbearbeiteten, ungedüngten Reihenzwischenraum (Abbildung 1).

Bis Mitte Mai nahm im Schnitt der Versuchsjahre 2014 – 2016 die Wirkung des im Herbst verabreichten NI so weit ab, dass sich die Varianten mit NI (7,9 %) und ohne NI (2,9 %) weitgehend annäherten. Der im Frühjahr mit dem Gärrest ausgebrachte NI konnte über den Zeitraum eines Monats die Nitrifikation des Ammoniums so weit bremsen, dass dessen Anteil am Nmin noch bei ca. 40 % lag, während in den Varianten ohne NI (1,7 %) und mit Grubbereinarbeitung (4,2 %) kaum noch Ammonium im Boden aufzufinden war (Abbildung 2).

Zur Ernte hatte der Mais den Nmin-Vorrat des Bodens weitgehend entleert und damit die Unterschiede zwischen den Varianten nivelliert. Zu diesem Zeitpunkt lag in allen Varianten der Nmin-Gehalt im Reihenzwischenraum leicht höher als in der Reihe, was auf die geringere Durchwurzelung dieses Bereiches zurückzuführen sein kann (Abbildung 3).

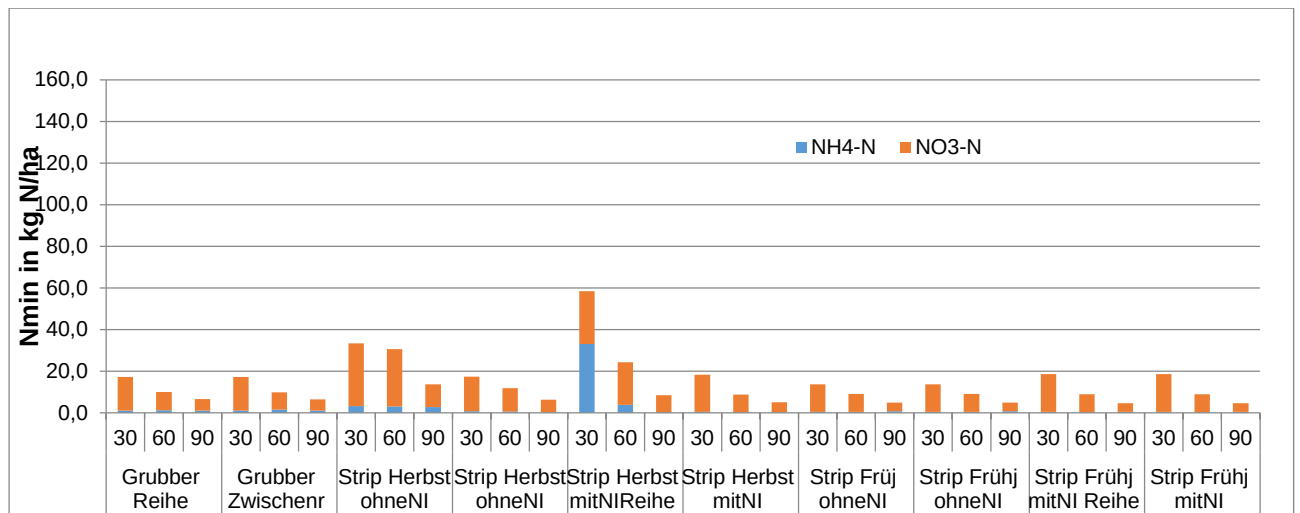


Abb. 1: Nmin-Gehalte 70 bis 90 Tage nach Herbstgüllegabe in 3 Tiefenstufen (0–90 cm Bodentiefe) (Mittelwerte der Versuchsjahre 2014–2016) (Reihe: in der Maisreihe; Zwischenr: zwischen den Maisreihen; ohne bzw. mit NI: ohne/mit Nitrifikationsinhibitor; Strip Herbst: Strip-Till-Einsatz im Herbst; Strip-Frühj: Strip-Till-Einsatz im Frühjahr)

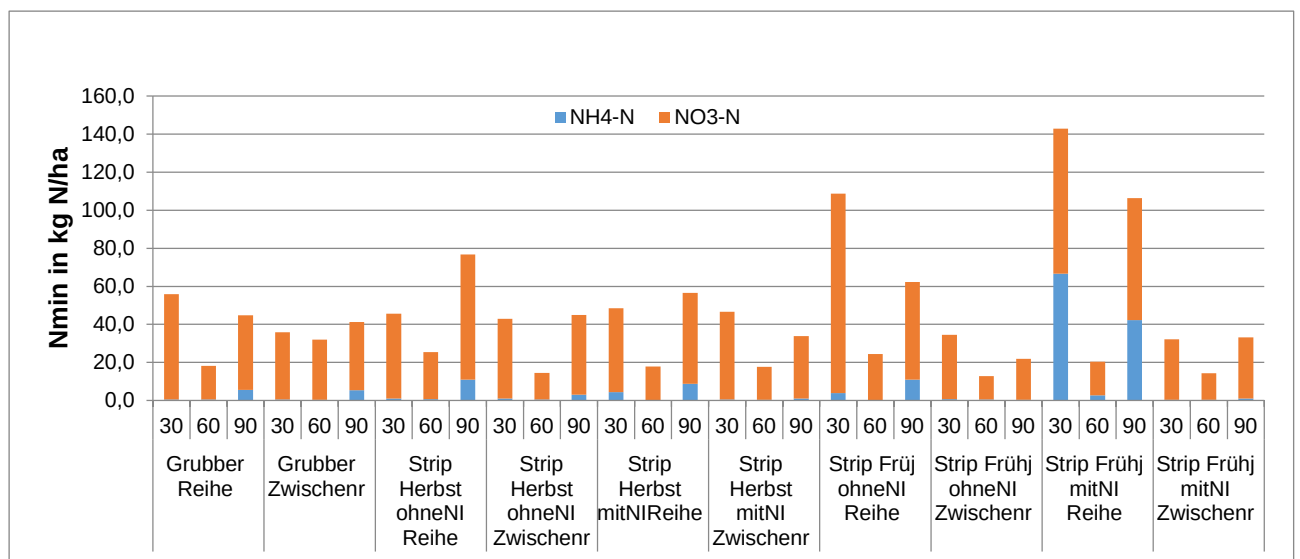


Abb. 2: Nmin-Gehalte 35 Tage nach Frühjahrsgülle- und 30 Tage nach Maissaussaat in 3 Tiefenstufen (0–90 cm Bodentiefe) (Mittelwerte der Versuchsjahre 2014–2016) (Reihe: in der Maisreihe; Zwischenr: zwischen den Maisreihen; ohne bzw. mit NI: ohne/mit Nitrifikationsinhibitor; Strip Herbst: Strip-Till-Einsatz im Herbst; Strip-Frühj: Strip-Till-Einsatz im Frühjahr)

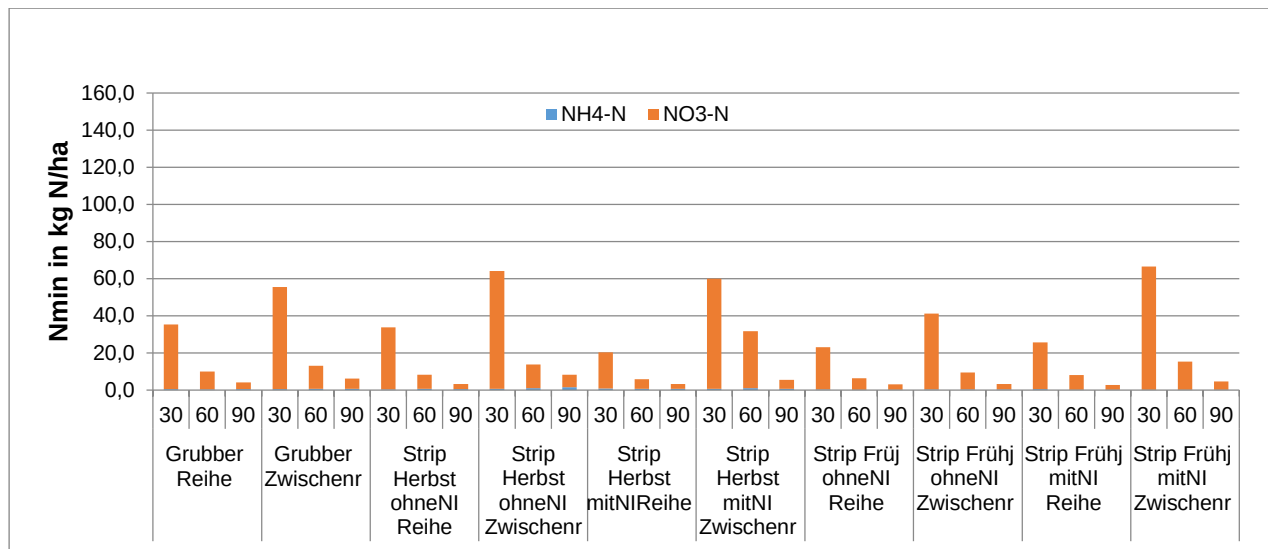


Abb. 3: Nmin-Gehalte nach der Maisernte in 3 Tiefenstufen (0–90 cm Bodentiefe) (Mittelwerte der Versuchsjahre 2014–2016) (Reihe: in der Maisreihe; Zwischenr: zwischen den Maisreihen; ohne bzw. mit NI: ohne/mit Nitrifikationsinhibitor; Strip Herbst: Strip-Till-Einsatz im Herbst; Strip-Fröhj: Strip-Till-Einsatz im Frühjahr)

2.2.3.2 Maiserträge

Im Mittel der drei untersuchten Jahre 2014–2016 konnten die Varianten mit Strip-Till im Herbst ertragsmäßig nicht mit der Variante Strip-Till im Frühjahr und der Variante Gärsubstratausbringung mit Schleppschläuchen und nachfolgendem Grubbereinsatz mithalten. Der Einsatz von NI brachte keine Ertragsvorteile. Insgesamt waren die Jahreseffekte und damit die Witterungsbedingungen stark ertragsbeeinflussend (Abbildung 4 und 5).

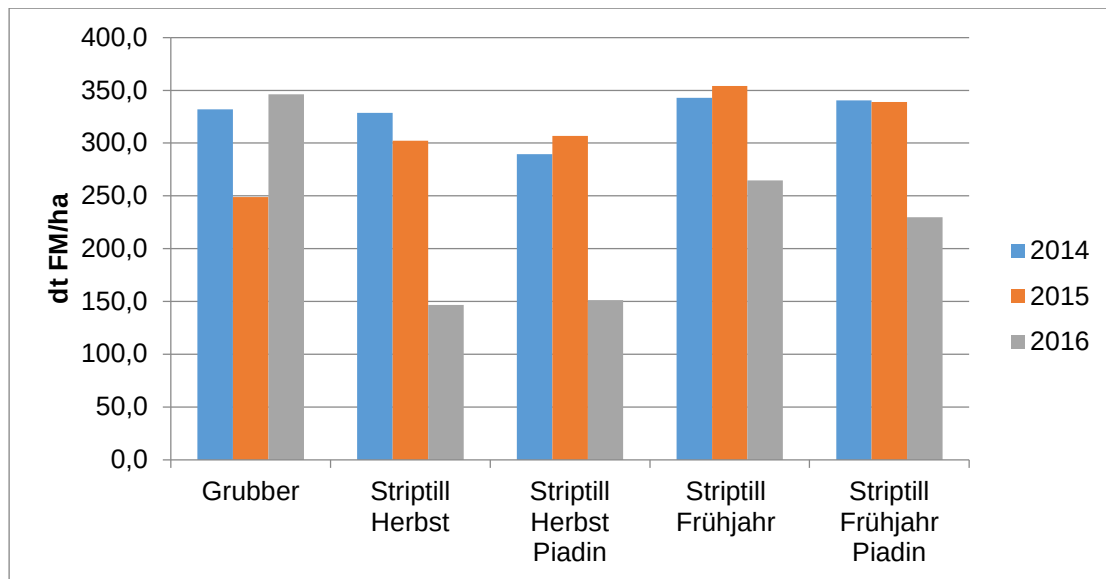


Abb. 4: Frischmasse-Maiserträge 2014 bis 2016 (Piadin: Nitrifikationsinhibitor) (Grubber: Gärsubstratausbringung ganzflächig mit Grubbereinarbeitung; Strip-Till: Gärsubstratausbringung mit dem Strip-Till-Verfahren im Herbst bzw. im Frühjahr)

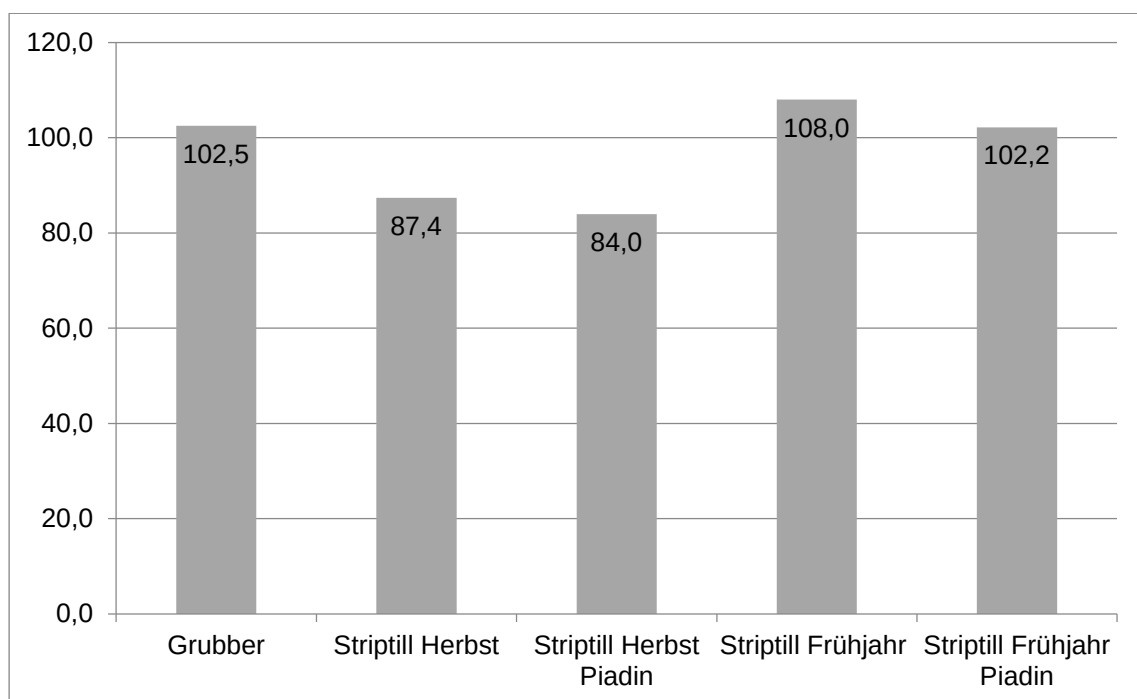


Abb. 5: Relativerträge in Prozent (Mittelwert über alle Jahre und Varianten= 100 %) bei Silomais 2014 bis 2016 (Piadin: Nitrifikationsinhibitor) (Grubber: Gärsubstratausbringung ganzflächig mit Grubbereinarbeitung; Strip-Till: Gärsubstratausbringung mit dem Strip-Till-Verfahren im Herbst bzw. im Frühjahr)

2.2.3.3 Beobachtungen bei der Versuchsdurchführung

Die mit dem Strip-Till-Verfahren verbundene sofortige Einarbeitung der Gärreste war mit wahrnehmbar geringerer Geruchsbelästigung als in der Variante mit ganzflächiger Gärsubstratausbringung mit dem Schleppschlauch und nachfolgender Grubereinbearbeitung verbunden.

Das mehrfache Überrollen des zu feuchten Auenlehmbo­dens verdichtete diesen so­weit, dass durch die Strip-Till-Aggregate in der Fahrspur des Traktor-Tankwagen-Gespans keine ausreichende Lockerung erfolgte und die Strip-Till-Schlitze nicht mehr geschlossen werden konnten (Abbildungen 6 und 7).



Abb. 6: Strip-Till in der Fahrspur



Abb. 7: Strip-Till neben der Fahrspur

Zur Maisaussaat waren diese Streifen dann verkrustet und zeigten keine gute Saattbettqualität. Teilweise waren die Schlitze noch nach der Saat offen (Abbildung 8) und die Maiskörner nicht optimal abgelegt.



Abb. 8: Strip-Till-Schlitz zum Zeitpunkt Maisaussaat in einer von der Herbstbearbeitung stammenden Fahrspur

Der Einsatz der Strip-Till-Technik hinterlässt deutlich mehr Mulch auf der Bodenoberfläche als das Grubbern (Abbildung 9). Dadurch schafft das Strip-Till-Verfahren bessere Voraussetzungen für Erosionsschutz und Wasserrückhalt auf Ackerflächen. Auch für die Regenwürmer steht auf den Strip-Till-Flächen mehr Futter zur Verfügung (Abbildung 10). In Folge davon sind, wie Untersuchungen des LfULG belegen, im Strip-Till-Verfahren bestellte Ackerflächen weitaus weniger von Wassererosion betroffen (Ergebnisse nicht dargestellt).



Abb. 9: Mulchbedeckung nach unterschiedlicher Bearbeitung: links gegrubberte Ackerfläche, rechts Strip-Till-Bearbeitung zur Zwischenfrucht im Herbst



Abb. 10: Regenwurmloch und Mulchmaterial im Frühjahr nach Strip-Till-Einsatz im Herbst



Abb. 11: Maisreihe neben dem Strip-Till-Streifen

Das Strip-Till-Verfahren erfordert cm-genaues Arbeiten, also genau aufeinander abgestimmt eingestellte Geräte und Parallelfahrssysteme. Auf größeren Schlägen können sich sonst kleine Abweichungen zu großen Fehlern aufsummieren, wie in Abbildung 11 zu sehen ist. Hier arbeitete die Maislegetechnik ungenau und konnte so die Strip-Till-Streifen trotz RTK-Steuerung bei der Maisaussaat nicht korrekt treffen.

Fazit

Das Gülle -Strip-Till-Verfahren im Frühjahr kann ertragsmäßig mit ganzflächiger Gülle- bzw. Gärsubstratausbringung und anschließender Einarbeitung mithalten; die Gülle-Ausbringung mit dem -Strip-Till-Verfahren im Herbst zur Zwischenfrucht war demgegenüber hinsichtlich der Ertragshöhe nachteilig. Vorteile des Gülle-Strip-Till-Verfahrens bestehen in einer besseren Mulchabdeckung des Bodens zwischen den Maisreihen und einer merklich geringeren Geruchsbelästigung bei der Gülle- bzw. Gärrestausbringung. Der Einsatz von Nitrifikationshemmern kann die Bildung des verlagerungsgefährdeten Nitrats aus dem wenig austragsgefährdeten Ammonium deutlich verlangsamen. Allerdings hielt dieser Effekt am untersuchten Standort Kollitsch nicht vom Herbst bis in das späte Frühjahr an.

Der Boden sollte auch beim Strip-Till-Verfahren nur im tragfähigen Zustand befahren werden, da sonst keine ausreichende Saatbettqualität in den Fahrspuren erreicht werden kann. Die Maislegetechnik und das Strip-Till-Gerät müssen möglichst exakt d. h. cm-genau aufeinander abgestimmt sein. Dies gelingt nur mit Unterstützung von Parallelfahrssystemen.

Bindige Böden, wie der Auenlehm am Versuchsstandort, eignen sich nur dann für das Strip-Till-Verfahren, wenn der Boden zur Bearbeitung krümelfähig ist. Dabei sind gut etablierte abfrierende Zwischenfrüchte vor dem Strip-Till-Einsatz sowie eine gute Bodenhumusversorgung und pH-Werte um 6 förderlich.

2.3 Gülle-Strip-Till zu Mais in Sachsen (Standort Cunnersdorf)

Michael Fuchs, Johannes Döhler, Thomas Kreuter

SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH, Abteilung Landwirtschaftliche Anwendungsforschung, Am Wieseneck 7, D-04451 Borsdorf/OT Cunnersdorf, e-mail: michael.fuchs@skwp.de, johannes.doehler@skwp.de, thomas.kreuter@skwp.de

2.3.1 Zielstellung

Im Fokus der Untersuchungen stand die Gülleunterflurdüngung zu Mais im Strip-Till-Verfahren in Kombination mit dem Einsatz des Nitrifikationshemmers PIADIN®. Die Versuche liefen im Rahmen eines Länderverbundprojektes (2013-2015). Sie wurden an Standorten in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen parallel von den Landwirtschaftlichen Fachbehörden (LLG, TLL, LfULG) und der Landwirtschaftlichen Anwendungsforschung Cunnersdorf (LAF) der SKWP durchgeführt. Initiator und Leiter des Projekts war die LLG Sachsen-Anhalt (Dr. J. Bischoff). Unter dem Strip-Till-Verfahren versteht man eine streifenweise Bodenbearbeitung vor der Aussaat, bevorzugt in einen Zwischenfruchtbestand im späteren Reihenabstand des Maises (0,75 m), mit gleichzeitiger Ablage eines Gülledepots (Abb. 1). Während nur der Bereich der späteren Saatreihe gelockert wird, bleibt der größte Teil der Fläche unbearbeitet. Erntereste oder Zwischenfrüchte verbleiben dabei im Reihenzwischenraum und schützen den Boden vor Erosion und Verdunstung. Das Gülleband wird durch einen Injektor am Schar in der gewünschten Tiefe abgelegt. Ein großer Teil des Bodens bleibt unbearbeitet, so dass dort Mineralisierungsprozesse nicht zusätzlich gefördert werden. Die Nährstoffeffizienz wird verbessert, Nährstoffverluste werden vermindert. Die Ablage in Wurzelnähe bietet in niederschlagsarmen Gebieten zusätzliche Vorteile, da den Wurzeln trotz oberflächlicher Trockenheit neben Wasser auch Nährstoffe unmittelbar zur Verfügung stehen.

In Anlehnung an das CULTAN-Verfahren kann davon ausgegangen werden, dass die Stickstoffumsetzung von Ammonium- zu Nitrat-N in dem mittels Strip-Till ausgebrachten Gülledepot schon durch die konzentrierte Ablage (hohe punktförmige Ammoniumkonzentration) gehemmt wird. Infolge dessen bleibt die Ammonium-N-Form im Boden über längere Zeit erhalten. Da diese N-Form als Kation infolge sorptiver Prozesse nicht der Verlagerung unterliegt, lassen sich größere N-Mengen, vor Auswaschung geschützt, vor dem eigentlichen Bedarf der Hauptkultur ausbringen. Zur Unterstützung dieses Prozesses und zur noch effizienteren Ausnutzung des in der

Gülle enthaltenen Stickstoffs wurde das Strip-Till-Verfahren mit der Anwendung des Nitrifikationsinhibitors (NI) PIADIN® kombiniert. Dieser wird vor der Ausbringung in die Gülle einmischt. Erste Versuche haben gezeigt, dass sich auf diese Weise der Ammoniumanteil von im Herbst ausgebrachter Gülle über mehrere Monate stabilisieren lässt und durch das Verfahren ökologische Vorteile sowie höhere Erträge und N-Entzüge zu erzielen sind. Der Versuch sollte Hinweise geben, ob sich die Vorteile des Strip-Till-Verfahrens über mehrere Jahre an verschiedenen Standorten bestätigen lassen.

Folgende Fragestellungen waren Inhalt der Untersuchungen:

Ergeben sich für das Strip-Till-Verfahren Ertragsvorteile gegenüber konventioneller Gülleausbringung?

Kann durch Zumischung von PIADIN® eine bessere Ausnutzung des Stickstoffs erreicht werden?

Welche Aufwandmenge von PIADIN® ist bei einer Depotablage notwendig?

- Welchen Einfluss hat der Ausbringungstermin auf N-Effizienz und Ertrag?

2.3.2 Methode

Standort

Die Versuche wurden auf Praxisflächen der Landwirtschaftlichen Anwendungsforschung Cunnersdorf (2013) bzw. auf Fremdf Flächen in der Nähe (2014-2015) durchgeführt. Der Standort liegt in der Leipziger Tieflandbucht auf etwa 135 m NN und ist geprägt durch einen mittelschweren sandigen Lehm Boden (BZ ~50), ostdeutsches Binnenlandklima mit 612 mm durchschnittlichem Jahresniederschlag und 9,4 °C Jahresdurchschnittstemperatur (1987-2016).

Versuchsanlage und Prüfglieder

Im ersten Jahr (2013) wurde der Versuch ohne echte Wiederholungen angelegt, da der Standort Cunnersdorf eine von vier Wiederholungen im Rahmen des Mehrländerprojekts darstellte (Streulagenversuch). Dabei wurde eine Langparzelle in vier unechte Wiederholungen mit je 3m Breite und 8,5 m Länge aufgeteilt. Ab 2014 wurden die Strip-Till-Versuche in Cunnersdorf als randomisierte Blockanlage angelegt. Aus technischen Gründen wurden die Blöcke nicht wie gewöhnlich hintereinander, sondern nebeneinander angeordnet. Es wurden 8 Varianten geprüft (Tab. 1). Bei der

Kontrollvariante erfolgte die Bearbeitung mit dem Strip-Till-Gerät ohne Gülleausbringung. Prüfglied 2 entsprach der konventionellen Variante nach guter fachlicher Praxis (GFP). Dabei wurde die Gülle mit einem Gülleschlitzgerät mit Doppelscheibenscharen der Firma Duport ca. 5 cm tief in den Boden eingeschlitzt.

Tab. 1: Übersicht der Prüfvarianten (ST = Strip-Till)

Nr.	Variante	Termin	N-Stab. [l/ha]	Gülle [m ³ /ha]
1	ohne N ¹	Frühjahr	0	0
2	geschlitzt	Frühjahr	0	25
3	ST	Frühjahr	0	25
4	ST + PIADIN®	Frühjahr	3	25
5	ST + PIADIN®	Frühjahr	6	25
6	ST ²	Herbst	0	25
7	ST + PIADIN® ²	Herbst	4	25
8	ST + PIADIN® ²	Herbst	8	25

¹: nicht 2014; ²: nicht 2015

Die Varianten 3-8 wurden mit dem für das Projekt bereitgestellten Gerät XTill-S der Firma Vogelsang nach dem Strip-Till-Verfahren (ST) durchgeführt. Im Herbst erfolgte die Ausbringung Ende Oktober unmittelbar vor Beginn der Sperrfrist. Im Frühjahr wurde die Gülle je nach Befahrbarkeit und Bodenzustand zwischen Anfang März und Ende April appliziert, aber immer mindestens 10 Tage vor dem Maislegen. Zu jedem Ausbringungstermin wurden zwei unterschiedliche Aufwandmengen von PIADIN® getestet sowie eine Variante ohne Nitrifikationsinhibitor. 2013 und 2014 bestand das Prüfglied ohne Gülle aus denjenigen Spuren, die durch das parallel fahrende Güllefass überfahren wurden. Aufgrund der massiven Bodenverdichtung sind die erhobenen Daten dieses Prüfglieds nur bedingt aussagefähig. Deshalb wurde es 2014 nicht geerntet. Seit 2015 wird ein Frontanbauvorratsbehälter genutzt, aus dem die Gülle direkt nach hinten zum Strip-Till-Gerät gepumpt wird. Die Herbstausbbringung erfolgte ab 2015 nicht mehr, da diese schon 2014 im Rahmen der Novellierung der Düngeverordnung als wenig aussichtsreich einzuschätzen war. Es ist zu beachten, dass die ausgebrachten N-Mengen im Herbst und im Frühjahr trotz identischer Güllemengen deutliche Unterschiede aufwiesen. Ursache hierfür war der saisonbedingt unterschiedliche N-Gehalt der Gülle. Die deutlich höheren N-Gehalte in der Frühjahrsgülle

fürten 2013 zu einem Mehrangebot von ca. 30 kg/ha anrechenbarem N im Vergleich zur Herbstausbringung.



Abb. 1: Gülleausbringung im Frühjahr 2015 im ST-Verfahren in den abgefrorenen Zwischenfruchtbestand

2.3.3 Ergebnisse

2.3.3.1 N_{min}-Untersuchungen

Unmittelbar zum Maislegen, sowie im 2- und 6-Blattstadium wurden mit dem Bohrstock in 0-30 cm Tiefe Proben aus dem Gülledepot entnommen und der Anteil des NH₄-N am Gesamt-N_{min} bestimmt. Der NH₄-N-Anteil zum Zeitpunkt der Ausbringung wurde auf 100% gesetzt.

Abb. 2 zeigt beispielhaft die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen im Jahr 2014. Während der Gülle-N zum Maislegen Ende März in allen Varianten noch fast vollständig als Ammonium-N vorlag, waren drei Wochen später zum 2-Blattstadium in dem Prüfglied ohne Nitrifikationsinhibitor schon mehr als 30 % zu Nitrat-N umgesetzt. Die Umsetzung setzte sich rasant fort, so dass der mineralische Stickstoff in dieser

Variante zum 6-Blattstadium Mitte Mai kaum noch in der auswaschungsgeschützten Ammoniumform vorlag. In den Varianten mit PIADIN® dagegen konnte die Stabilisierung bis zum Zeitpunkt eines nennenswerten Pflanzen-N-Bedarfs aufrechterhalten werden. Die Stabilisierungsdauer nahm mit zunehmender NI-Aufwandmenge zu.

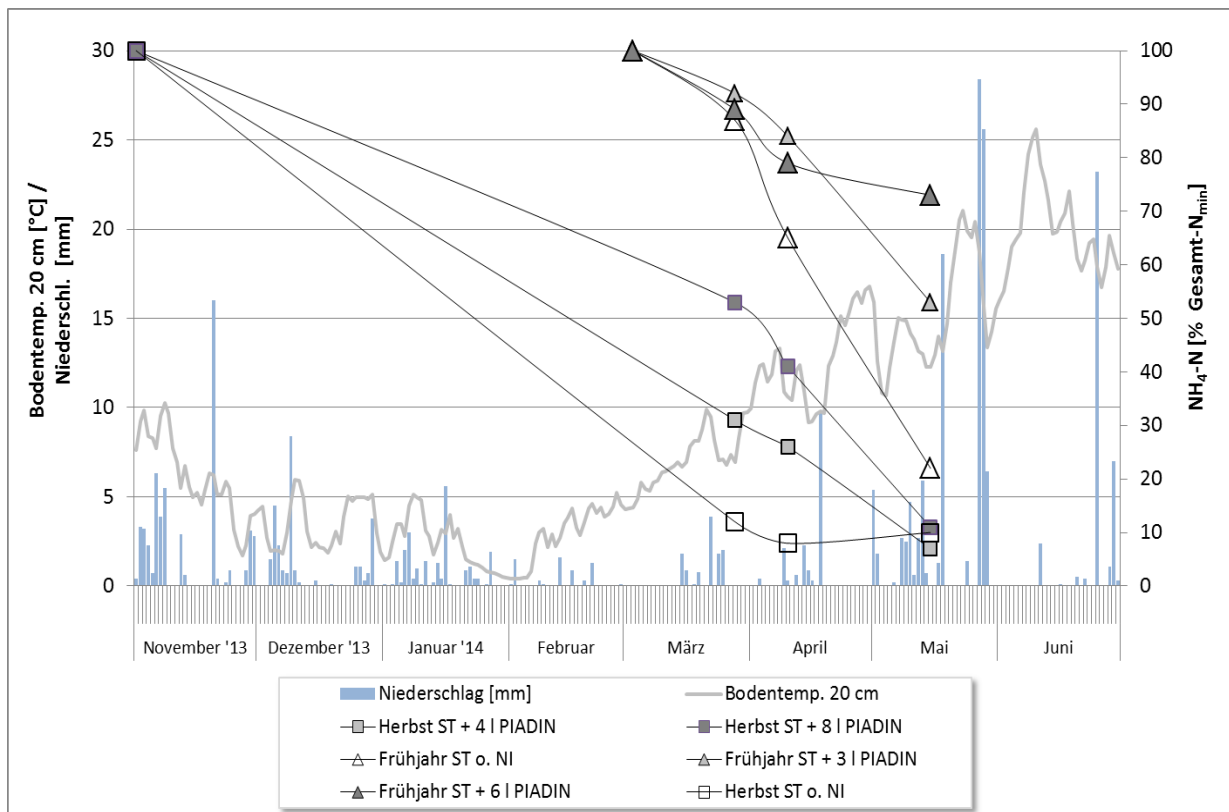


Abb. 2: $N_{\min}$ -Untersuchungen aus dem Gülledepot (2014)

2.3.3.2 Wuchshöhenmessung

Zu vier verschiedenen Zeitpunkten (BBCH 37, 39, 51 und 65) wurde im Versuchsjahr 2013 die Wuchshöhe von zehn zufällig ausgewählten Pflanzen pro Parzelle bestimmt (Abb. 3). Sowohl der Vorteil der ST-Varianten gegenüber der Schlitztechnik als auch der positive Effekt der Zumischung von PIADIN® zur Gülle ließen sich deutlich erkennen. Der Vorteil der Frühjahrsvarianten ist bei gleicher Güllemenge im Wesentlichen auf den saisonbedingt höheren N-gehalt in der Frühjahrgülle zurückzuführen. Im Frühjahr wurden fast 30 kg N/ha mehr ausgebracht als im Herbst. Da die Gülle von einem Praxisbetrieb bezogen wurde und eine Gülleanalyse erst nach der Applikation erfolgen konnte, war eine N-Mengenanpassung nicht möglich.

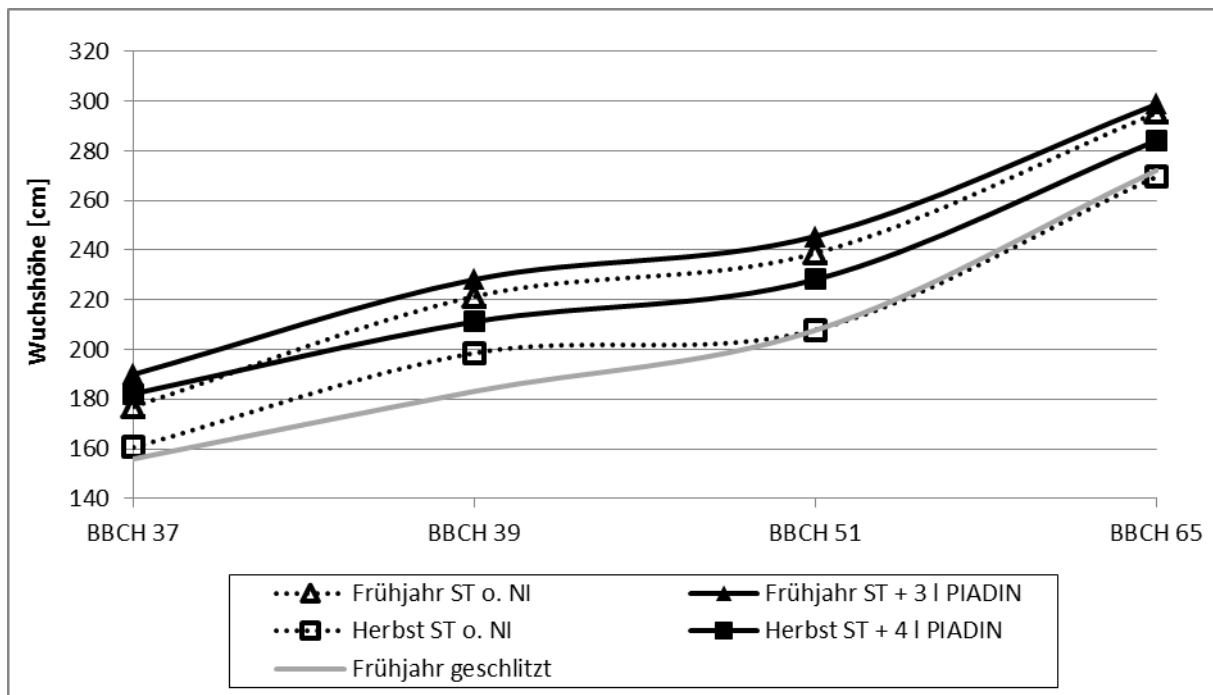


Abb. 3: Ergebnisse der Wuchshöhenmessungen (2013)

2.3.3.3 TM-Ertrag und N-Entzug

Die jeweils mittleren beiden Reihen der Parzellen wurden mit einem Parzellenhäcksler geerntet und der FM-Ertrag erfasst. Die TS- und N-Gehalte des Häckselgutes wurden im Labor bestimmt und daraus der TM-Ertrag sowie der N-Entzug berechnet.

Abb. 4 zeigt die TM-Ertrags- und N-Entzugsergebnisse im Jahr 2013. Im Vergleich zur Standardvariante nach GFP erzielte das ST-Verfahren im Frühjahr 12 % höhere TM-Erträge und 53 % höhere N-Entzüge. Der TM-Ertrag der Herbstvariante erreichte etwa das Niveau der im Frühjahr eingeschlitzten Gülle, aber mit um ca. 30 kg/ha weniger N-Einsatz. Im N-Entzug war die Herbstvariante sogar um 9 % überlegen. Der Einsatz von PIADIN® wirkte sich zusätzlich positiv aus, so dass der Ertrag im Vergleich zur Strip-Till-Variante mit reiner Gülle um ca. 20 % und der N-Entzug um etwa 8 % gesteigert werden konnte. An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass es sich 2013 um ein extrem niederschlagsreiches Versuchsjahr handelte mit dem ein außergewöhnlich hohes Auswaschungspotential einherging.

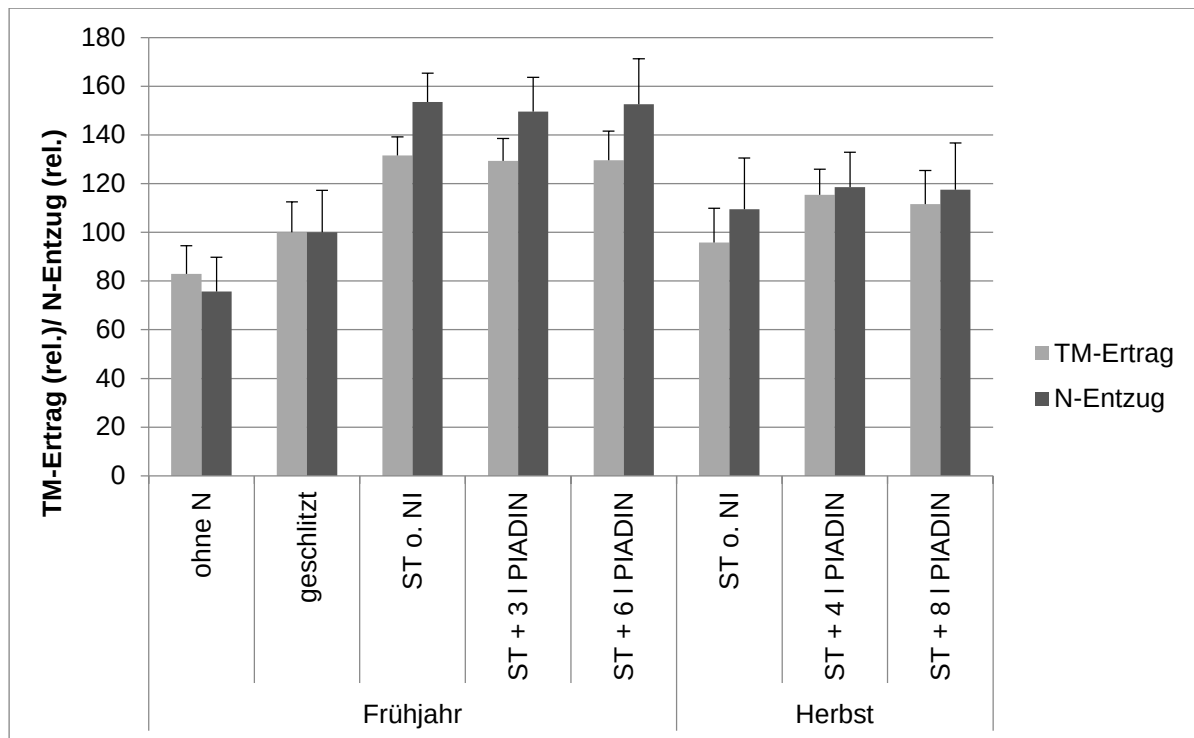


Abb. 4: TM-Ertrag und N-Entzug 2013 (relativ), Mittelwert und Standardabweichung; 100% = 15,2 t/ha bzw. 120,0 kg/ha N

Im Jahr 2014 wurden die Ergebnisse vom Vorjahr weitgehend bestätigt (Abb. 5). Die Frühjahrsvarianten zeigten positive Effekte zugunsten des Strip-Till-Verfahrens. Die Herbstvarianten waren aufgrund etwa 50% geringerer anrechenbarer N-Menge nicht mit den Frühjahrsvarianten vergleichbar. Durch die Zumischung von PIADIN® waren positive Effekte auf TM-Ertrag und N-Entzug zu erkennen. Die geringeren PIADIN®-Aufwandmengen brachten jeweils schon die erwarteten Vorteilswirkungen. Eine nicht erklärbare Ausnahme bildet die Anwendung von 8 l/ha PIADIN® im Herbst.

Im Jahr 2015 wurde der Versuch durch Wildschweinschäden massiv gestört (Schwerpunkt: Prüfglied Gülle ST + 6l PIADIN®), so dass die Ermittlung von Ertragsparametern nur bedingt möglich war.

Die Ergebnisse deckten sich zwar mit den Erfahrungen aus den Vorjahren (Abb. 6), sollen hier aber nur der Vollständigkeit wegen aufgeführt sein und nicht weiter interpretiert werden.

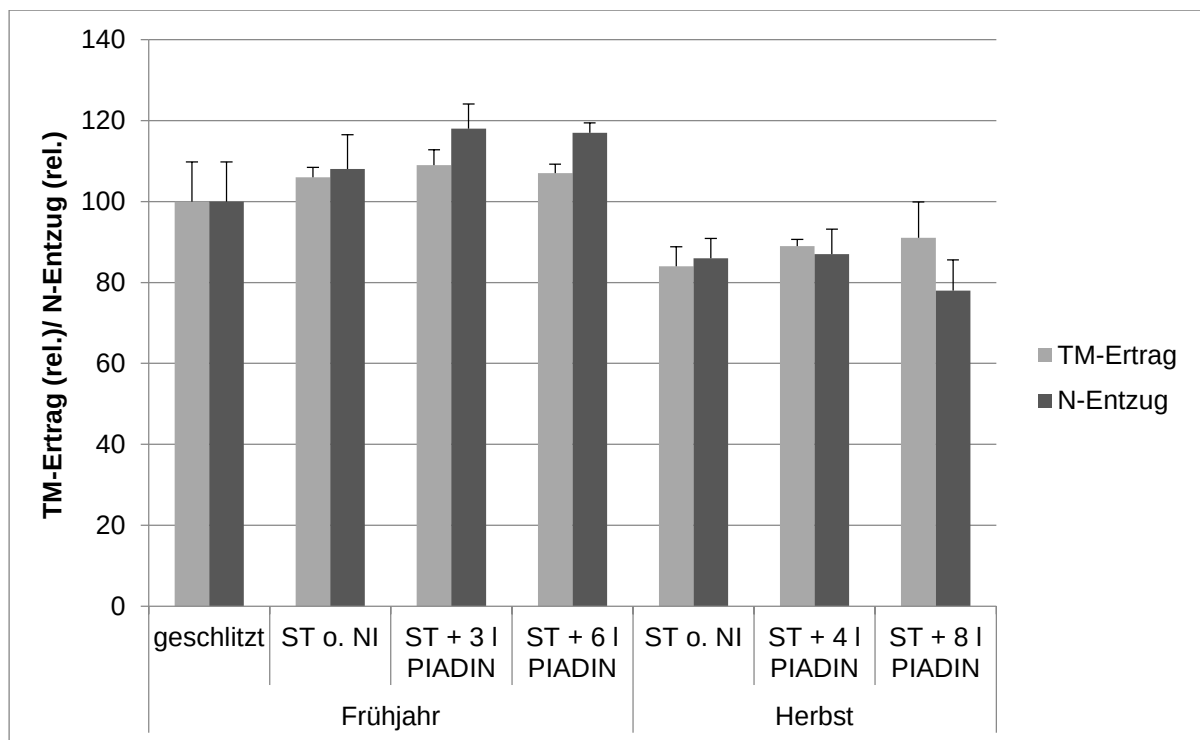


Abb. 5: TM-Ertrag und N-Entzug 2014 (relativ), Mittelwert und Standardabweichung; 100% = 17,0 t/ha bzw. 181,6 kg/ha N

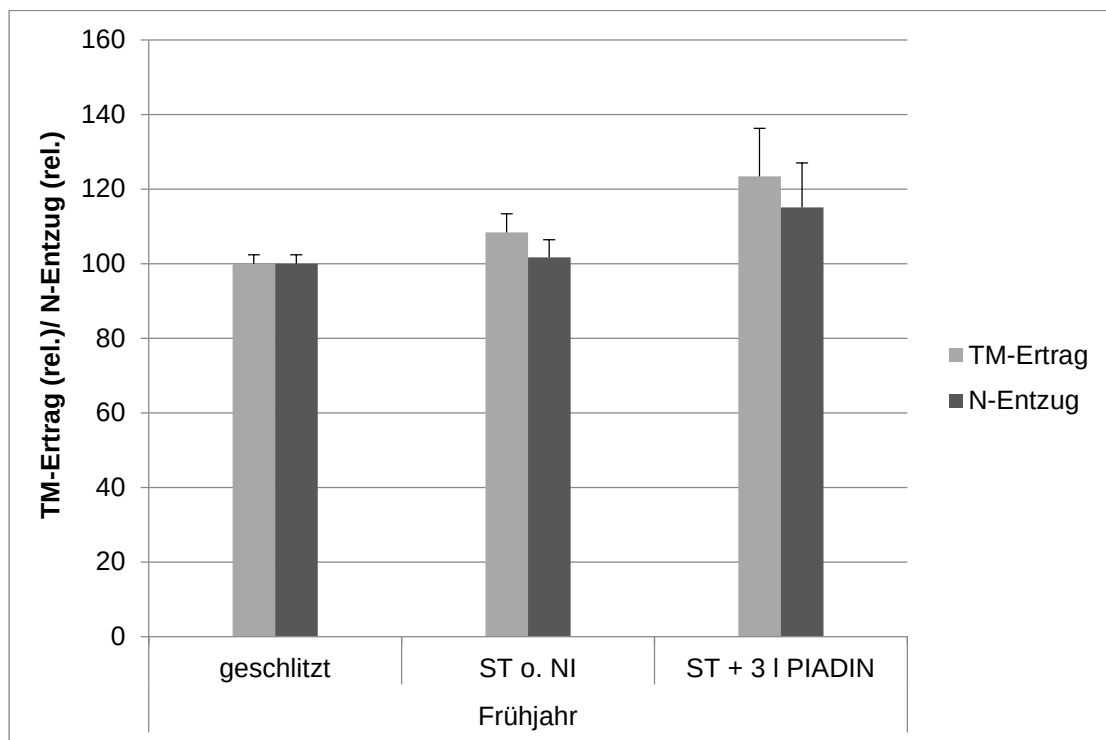


Abb. 6: TM-Ertrag und N-Entzug 2015 (relativ), Mittelwert und Standardabweichung; 100% = 8,8 t/ha bzw. 100,8 kg/ha N

2.3.4 Weiterführende Untersuchungen

Aufwandmenge

Neben den in Tabelle 1 genannten Aufwandmengen wurde geprüft, ob sich durch die konzentrierte Ablage des Gülledepots die Menge an PIADIN® noch weiter reduzieren lässt. Es gibt erste Hinweise, dass dadurch der Stabilisierungszeitraum zwar deutlich abnimmt, aber die positiven Effekte der Ammoniumernährung während des Jugendwachstums bereits zu einer besseren Gesamt-N-Ausnutzung führen. Ob sich diese für den Standort Cunnersdorf gewonnene Tendenz auch in niederschlagsreicheren Jahren oder an leichteren Standorten bestätigt, darf bezweifelt werden und bedarf weiterer Untersuchungen. Ebenso kommt als mögliche Ursache einer schon guten Wirkung verringerter PIADIN®-Aufwandmengen die bekannte bessere P-Verfügbarkeit infolge der Versauerung der unmittelbaren Rhizosphäre bedingt durch die Ammoniumernährung in Frage.

Ablagetiefe

Eine tiefe (20-25 cm) Ablage des Gülledepots sorgt dafür, dass in niederschlagsarmen Perioden noch Restfeuchtigkeit im Boden vorhanden ist, die trotz oberflächlicher Trockenheit noch eine Nährstoffaufnahme ermöglicht. Zudem fördert die Lockwirkung des Ammoniums auf die Wurzel in niederschlagsarmen Regionen eine schnellere und tiefere Durchwurzelung des Bodens.

Eine flache Ablage in 10-12 cm Tiefe hingegen hat in niederschlagsreichen Regionen und auf durchlässigen Böden den Vorteil, dass bereits die Keimwurzel das Nährstoffdepot erwachsen kann und die Pflanze somit unmittelbar nach der Keimung mit Nährstoffen versorgt wird. Auch hier könnte eine frühe verbesserte P-Verfügbarkeit infolge der Ammoniumernährung eine zusätzliche Vorteilswirkung ausüben.

Am Standort Cunnersdorf konnten bisher keine nennenswerten Effekte bei Variation der Ablagetiefe gefunden werden, sofern die Gülle nicht so flach abgelegt wurde, dass der Keimling Schaden nahm. Je höher die ausgebrachte Güllemenge, desto tiefer muss das Depot gelegt werden. Es besteht sonst die Gefahr, dass durch die hinter dem Schar laufenden Andruckrollen die Gülle zu weit nach oben in die Keimzone gedrückt wird.

Wurzelentwicklung

Durch die Hemmung der Nitrifikation durch PIADIN® wird die Umsetzung des Ammonium-N der Gülle zu Nitrat-N verzögert und die Pflanze zunächst betont mit Ammonium ernährt. Phytohormonell gesteuerte Prozesse veranlassen die verstärkte Ausbildung von Feinwurzeln, welche wiederum eine verbesserte Wasser- und Nährstoffaufnahme ermöglichen. Die schon erwähnte Versauerung der Rhizosphäre infolge der ammoniumbetonten N-Ernährung resultiert zudem in einer besseren P-Verfügbarkeit. Somit kann bei immer noch gut mit Phosphat versorgten Böden auf eine P-Unterfußdüngung verzichtet und die P-Bilanz verbessert werden. Abb. 7 zeigt Pflanzen nach der Herbstapplikation von unstabilisierter (links) und mit 4 l/ha PIADIN® stabilisierter Gülle (rechts).



Abb. 7: Wurzelentwicklung von Maispflanzen aus Parzellenversuchen ohne und mit PIADIN®

2.3.5 Vergleich mit anderen Standorten

Die aufgezeigten Vorteile eines PIADIN®-Einsatzes wurden in den letzten Jahren durch zahlreiche landwirtschaftliche Fachbehörden bestätigt (Bischoff et al. 2013, Harms und Holzenkamp 2013, Laurenz 2014). Darüber hinaus waren PIADIN®-Effekte auch Gegenstand wissenschaftlicher Studien an Fachhochschulen und Hochschulen. So verwiesen Schmidhalter et al. (2011) auf komplexe Vorteilseffekte des Einsatzes von PIADIN® in Form einer anhaltenden Ammoniumstabilisierung, einem deutlich erhöhten Silomais-Trockenmasseertrag im dreijährigen Mittel, einer verbesserten N-Aufnahme und der Verminderung von Nitrat- und Lachgasverlusten.

In einer jüngeren Studie der Fachhochschule Osnabrück zeigten Federolf et al. (2016) eine anhaltende wirksame Minderung der N-Tiefenverlagerung durch die Ammoniumstabilisierung, eine signifikante Steigerung der N-Aufnahme um 6 bis 7 % sowie eine bessere Phosphorerschließung bei PIADIN®-Anwendung auf. Aktuelle Arbeiten dieser Arbeitsgruppe bestätigen darüber hinaus die deutliche Senkung von Lachgasverlusten infolge der Nitrifikationsinhibierung.

Fazit

Durch das Strip-Till-Verfahren konnte die N-Ausnutzung im Vergleich zur konventionellen Gülleausbringung deutlich verbessert werden. N-Verluste als Ammoniak können nahezu vermieden werden. Trotz der zahlreichen Vorteile des Verfahrens ist es in Deutschland wenig etabliert. Die Ursachen sind neben den Investitionskosten der hohe Zugkraftbedarf und die vergleichsweise geringe Flächenleistung. Zudem kann es durch die streifenweise Bearbeitung in kühlen Frühjahren zu einer verzögerten Bodenerwärmung kommen, was in einem schwächeren Jugendwachstum resultiert.

Es konnte nachgewiesen werden, dass der im Herbst mit der Gülle ausgebrachte Ammoniumstickstoff, mittels PIADIN® über den gesamten Winter bis zum eigentlich einsetzenden Pflanzenbedarf im Folgejahr stabilisiert werden konnte. Das Risiko von N-Verlusten konnte dadurch merklich reduziert werden. Im Zuge der Novellierung der Düngeverordnung hat diese Variante inzwischen an Relevanz verloren.

Die Erfahrungen über die Untersuchungsjahre haben gezeigt, dass die ökonomisch optimale Aufwandmenge an PIADIN® bei Gülleausbringung im ST-Verfahren zwar auf ca. 3 l/ha festgelegt werden kann, aber auch von Bodenparametern, Ausbringungszeitpunkt und Witterungsverlauf abhängt. Erfolgt die Ausbringung zeitnah zur

Aussaat in einem kühlen Frühjahr, kann die Aufwandmenge möglicherweise sogar auf weniger als 3 l/ha reduziert werden. Dies muss aber erst noch in weiteren Untersuchungen bestätigt werden.

Durch die Zumischung eines Nitrifikationshemmers wie beispielsweise PIADIN® lässt sich die N-Effizienz der Gülle weiter verbessern. Dies ist witterungsabhängig und in feucht-nassen Jahren auf leichten Böden stärker ausgeprägt als in trockenen Jahren bzw. auf schwereren Standorten. In Extremjahren sind Mehrerträge von bis zu 20 % möglich, in Jahren mit geringem N-Auswaschungs- und Denitrifikationspotential können die Effekte dagegen gering bis nicht vorhanden sein. Insofern kann die Verwendung von PIADIN® als Versicherung für stabile Erträge und eine gute N-Ausnutzung sowie als Möglichkeit zum Verzicht auf eine P-Unterfußdüngung angesehen werden. In jüngeren Studien geht ferner hervor, dass sich durch den PIADIN®-Einsatz auch Lachgasverluste aus dem Gülledepot deutlich mindern lassen.

Literatur

Bischoff, J., Ullmann, M., Christen, O. (2013): Untersuchungen zu Strip-Till und der Gülle/Gärs substratdepotdüngung im Maisanbau auf einem Sand-Rostgley. Landwirtschaft ohne Pflug 8/2013, 40-45

Federolf, C.-P., Westerschulte, M., Ols, H.-W., Broll, G., Trautz, D. (2016): Enhanced nutrient use efficiencies from liquid manure by positioned injection in maize cropping in northwest Germany. – European Journal of Agronomy 75 (2016), S. 130–138

Harms KG, Holzenkamp L (2013): Gülle-Depot zu Mais entlastet Ihr Konto. top agrar 5/2013, S. 52-55

Laurenz L (2014): Gülle-Strip Till zu Mais auf Erfolgskurs. top agrar 3/2014, S. 92-95

Schmidhalter U, Manhart R, Heil K, Schraml M, v.Tucher S (2011): Gülle- und Gärrestdüngung zu Mais. Einfluss eines Nitrifikationshemmers auf Wachstum, Ertrag und Umwelt. – Mais. Die Fachzeitschrift für Spezialisten 2/2011 (38. Jg.), S. 1-4; ISSN 0341-5155. www.maiskomitee.de

2.4 Gülle-Strip-Till zu Mais in Thüringen

Karin Marschall und Uwe Prüfer

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL), Naumburger Str.98, 07743 Jena,
e-mail: Karin.Marschall@tll.thueringen.de

2.4.1 Einleitung und Zielsetzung

Der Erosions- und Gewässerschutz stellt hohe Anforderungen an den Ackerbau. Die geforderte möglichst ganzjährige Bodenbedeckung durch reduzierte oder den Verzicht auf Bodenbearbeitung und die Integration von Zwischenfrüchten in die Fruchtfolge erfordern Anpassungsstrategien bei der Bereitstellung geeigneter Keim- und Wachstumsbedingungen für die Kulturpflanzen, beim Pflanzenschutz und bei der Düngung. Das Gülle-Strip-Till-Verfahren zu Mais bietet die Möglichkeit die Erosionsgefahr beim Maisanbau auf hängigen Flächen zu vermindern, die Saatbetteigenschaften für den Mais im Vergleich zur Mulchsaat (ohne Saatbettbereitung) oder zur Direktsaat zu verbessern und die Gülle zielgerichtet und emissionsmindernd in den Boden einzubringen. Im Thüringer Kulturlandschaftsprogramm (KULAP) wird in der Gewässerschutz-Maßnahme A3 „Betrieblicher Erosionsschutz“ das Strip-Tillage Verfahren als eine Maßnahmenoption angeboten, um das Erosionsrisiko der gefährdeten Ackerflächen zu vermindern. 2013-2015 wurde das Gülle-Strip-Till Verfahren zu Mais von zwei Betrieben in der Gewässerschutzkooperation Ostthüringen in einem Demonstrationsversuch umgesetzt. Dabei wurden die technische Realisierung, die Erosionsminderung und die Ertragsentwicklung bewertet.

2.4.2 Praxisversuch in Schwanditz 2013

Methode

Die Praxisversuchsfläche am Standort Schwanditz (Jahresmitteltemperatur von 8,1°C und einem mittleren Jahresniederschlag von 624 mm) ist aufgrund der Lößauflage (schluffiger Lehm), einer Neigung von 6% (maximal) und einer Hanglänge von 440 m stark erosionsgefährdet (siehe Abbildung). Für den Praxisversuch wurden am 24.04.2013 folgende Varianten nebeneinander in Streifen (Breite: 18 - 24 m) ohne Wiederholung in Hangrichtung angelegt:

- Ganzflächige Gärrestausbringung (50 m³/ha) und Bodenbearbeitung mit dem Grubber (Bearbeitungstiefe 15 cm)

- Strip-Till mit Gärrest-Ausbringung (20 m³/ha), Zusatz von Nitrifikationshemmer (5 l /ha Piadin)
- Strip-Till mit Gärrestausbringung (20 m³/ha)
- Strip-Till mit Gärrestausbringung (30 m³/ha)
- Strip-Till mit Gärrestausbringung (50-60 m³/ha)

(Bearbeitungstiefe ca. 30 cm, Gülleband in ca. 18 cm Tiefe)

Zum Einsatz kam dabei das Strip-Till Gerät XTILL von VOGELSANG (6 m Arbeitsbreite, 75 cm Reihenabstand) in Kombination mit einem Güllefahrzeug. Auf der Fläche standen die Reste einer Zwischenfruchtmischung, die aufgrund von Trockenheit im Herbst nur wenig Biomasse gebildet hatte. Das Ergebnis der Streifenbearbeitung mit dem XTill-Gerät war nicht wie erwartet. Die bearbeiteten Streifen waren relativ breit und bildeten leichte Mulden (siehe Abb. 8).

Der eingesetzte Gärrest hatte einen Stickstoffgehalt von 3,3 kg/m³ Gesamtstickstoff und 2,3 kg/m³ Ammoniumstickstoff.



Abb. 8: Lage des Praxisversuches im Gelände und Anlage der Gülle-Strip-Till Streifen in Hangrichtung mit der 8-reihigen XTill am Standort Schwanditz

Die Aussaat des Maises erfolgte am 15.05.2013 ohne den Einsatz eines automatischen Lenksystems. Durch das Fahren auf Sicht konnten die Maiskörner nicht immer spurgenaue über dem Gülleband platziert werden. Stärkere Abweichungen kamen vor. Im folgenden Jahr zeigte sich unabhängig davon, dass aufgrund der Hügellandschaft im Altenburger Land ein Lenksystem aufgrund von Signalschwäche insbesondere in den Tälern keine zufriedenstellenden Ergebnisse erzielte. Dieser Umstand verhinderte die weitere Anwendung des Gülle-Strip-Till-Verfahrens im Betrieb.

Ergebnisse

Die Monate Mai und Juni 2013 waren insgesamt sehr niederschlagsreich (Monatssummen: 150 mm und 138 mm). Herbizidanwendungen konnten im Juni nicht durchgeführt werden, da der Boden durch die Feuchtigkeit nicht befahrbar war. Am 02.06.2013 fiel ein Starkregen mit einer Tagessumme von ca. 48 mm auf die Fläche. Die Bodenoberfläche verschlammte und auf allen Varianten wurde Boden abgetragen. Gelockerter Boden der Strip-Till-Bearbeitung (in Hangrichtung) wurde abgetragen und in den Streifen hangabwärts transportiert. Auf den nicht-gelockerten Zwischenbereichen erodierte aufgrund der Bedeckung (Zwischenfruchtmulch) weniger Boden als im gelockerten Bereich. Auf der mit dem Grubber ganzflächig bearbeiteten Fläche verschlammte und erodierte der Boden über die ganze Breite.



Abb. 9: Verschlämmung und Erosion auf dem ganzflächig bearbeiteten (Grubber) und auf den mit Strip-Tillage bearbeiteten Streifen (Fotos aufgenommen am 12.06.2013)

Die erosionsmindernde Wirkung der Streifenbearbeitung wurde insgesamt durch folgende Bedingungen abgeschwächt. Sie zeigen in diesem Fall auch Grenzen des Verfahrens auf:

Die Streifenbearbeitung musste technologisch- und standort-bedingt in Hangrichtung erfolgen.

Die Streifenbearbeitung hinterließ breite Streifen, die leichte Mulden bildeten (bevorzugte Abflussbahnen). Eventuell hätten die Aggregate des Gerätes optimaler eingestellt bzw. andere Schare verwendet werden können.

Witterungsbedingt war verhältnismäßig wenig Mulchmaterial im Reihenzwischenraum vorhanden.

Der Vergleich der Trockenmasseerträge des Silomaises in Abhängigkeit von der Düngermenge und Einsatz von Nitrifikationshemmer beim Gülle-Strip-Till- Verfahren zeigt bei der Variante mit der doppelten Düngermenge - 50-60 m³/ha Gärrest - einen etwas höheren Ertrag (10-15 dt/ha Trockenmasse mehr), der sich im Feld auch visuell in größeren Maispflanzen widerspiegelte. Die anderen Düngungsvarianten unterschieden sich im Ertrag kaum.

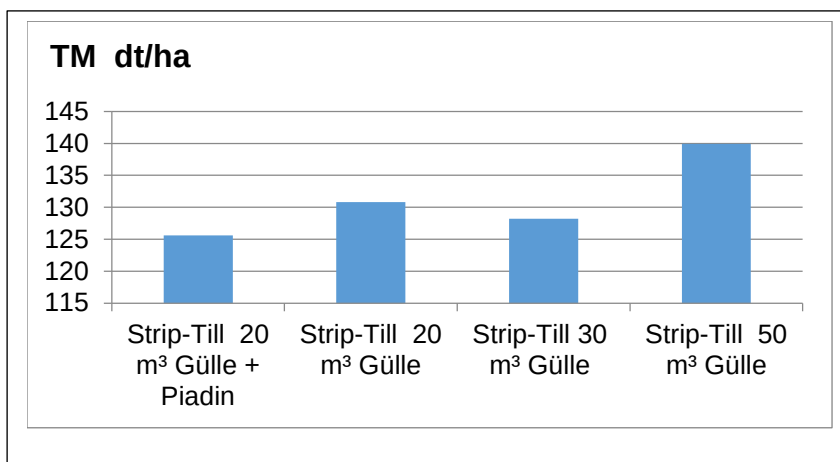


Abb. 10: Trockenmasse des Silomaises in Abhängigkeit der Düngermenge beim Gülle-Strip-Till-Verfahren

Die Nmin-Gehalte des gelockerten Oberbodens (in der Reihe) nach der Ernte sind bei allen Varianten gleich (Abb. 11). Im darunterliegenden Unterboden sind die Nmin-Gehalte bei der doppelten Düngermenge höher. Dies kann bei aller Unsicherheit (einmaliger Versuch, keine Wiederholungen etc.) als Hinweis gewertet werden, dass bei den Varianten mit den geringeren Gärrestmengen (20 und 30 m³/ha) der verfügbare Stickstoff des Düngers restlos dem Boden entzogen und tendenziell auch Stickstoff aus den Reihenzwischenbereichen von den Pflanzen aufgenommen wurde (siehe Abb. 11).

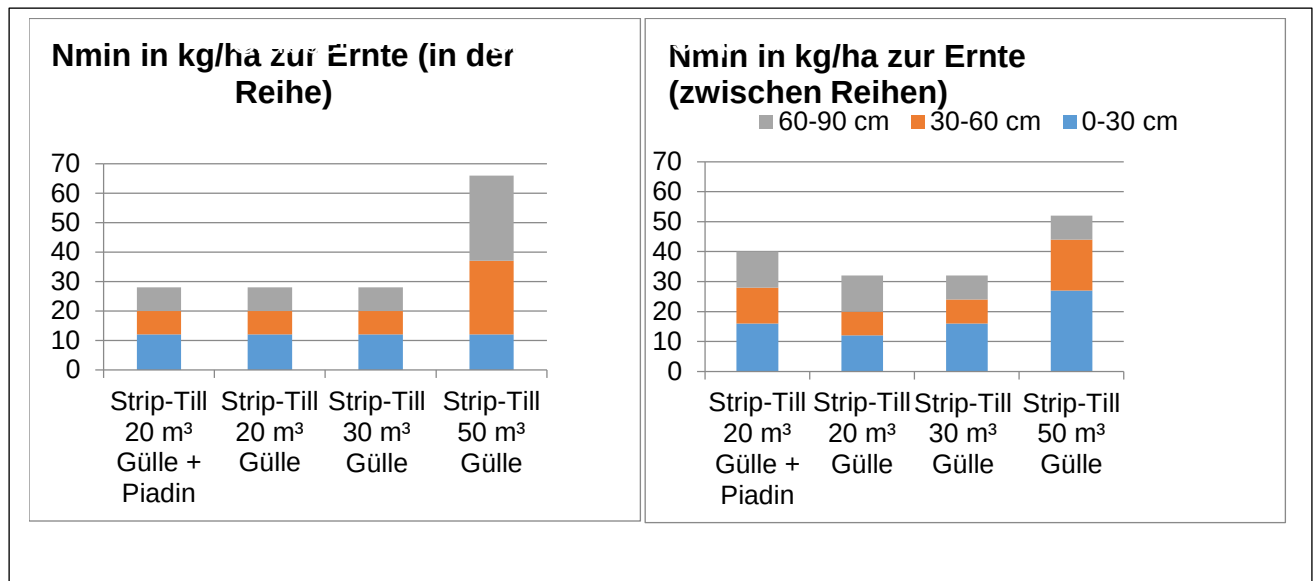


Abb. 11: Nmin-Gehalte des Bodens (nach der Ernte, im gelockerten Streifen und zwischen den Streifen) in Abhängigkeit der Düngermenge beim Gülle-Strip-Till-Verfahren

2.4.3 Praxisversuche in Pahren 2013-2015

Methode

Auf der Praxisversuchsfläche am Standort Krölpa (Jahresmitteltemperatur von 7,1°C und einem mittleren Jahresniederschlag von 623 mm) liegt ein toniger Lehm aus Schifferverwitterung vor. Die Fläche hat eine relativ gleichmäßige Neigung von ca. 5-6 % und eine Hanglänge von 450 m und ist erosionsgefährdet. Für den Praxisversuch wurden im Herbst und im Frühjahr folgende Varianten nebeneinander in Streifen (Breite: 12 m) in Hangrichtung mit einer Wiederholung angelegt:

- Strip-Till mit Gülle-/Gärrestausbringung (20 m³/ha)
- Strip-Till mit Gülle-/Gärrestausbringung (20 m³/ha), Zusatz von Nitrifikationshemmer (5 l/ha Piadin)
- Ganzflächige, flache Bodenbearbeitung, flächige Gülle-/Gärrestausbringung (20 m³/ha) (nur im Frühjahr)

Die Streifenbearbeitung wurde mit einem XTILL-Gerät von VOGELSANG (Arbeitsbreite 3 m und 75 cm Reihenabstand) in Kombination mit einem Güllefahrzeug durchgeführt. Die Bearbeitungstiefe war ca. 22 cm und das Gülleband in ca. 18 cm Tiefe eingebracht worden. Auf der Fläche stand ein Zwischenfruchtgemenge, das aufgrund der Trockenheit ein begrenztes Wachstum hatte. Das Strip-Till-Gerät hinter-

ließ im Herbst und Frühjahr ein gutes Arbeitsbild (keine Muldenbildung im gelockerten Bereich). Der Mais wurde am 21.05.2013 ausgesät.

Die Versuche wurden 2014 und 2015 auf anderen Praxisflächen des Betriebes (Läwitz bzw. Förthen) wiederholt (jeweils ohne Varianten-Wiederholung).

Ergebnisse

Feuchte Witterungsverhältnisse im Mai und Juni sowie ein Starkniederschlag von ca. 38 mm (Tagessumme) am 02.06.2013 konnten auch am Standort Krölpa genutzt werden, um die erosionsmindernde Wirkung des Strip-Tillage-Verfahrens visuell zu bewerten (siehe Abb.12). Durch die gute Bodenbedeckung der Reihenzwischenräume beim Strip-Tillage konnte eine Verschlammung der Bodenoberfläche nur in den gelockerten Bereichen festgestellt werden. Die im Herbst angelegten Streifen waren durch das Zusammenfallen der Zwischenfrucht im Winter etwas schmäler als die Frühjahrsstreifen. Ihre Angriffsfläche für Regen und Oberflächenabfluss war dadurch noch etwas geringer. Insgesamt war die Bodenerosion auf den Strip-Till-Varianten, trotz der in Hanglinie angelegten Streifen, nur sehr gering. Im Vergleich zur ganzflächig bearbeiteten Fläche (siehe Abb.13) ist deutlich weniger Bodenoberfläche verschlammmt. Die nur flache, ganzflächige Bodenbearbeitung mit Mulchresten an der Bodenoberfläche wirkte in geringerem Maße jedoch auch erosionsmindernd.



Abb.12: Vergleich der Streifenbearbeitungen im Frühjahr hinsichtlich Bodenbedeckung und Verschlammung der Bodenoberfläche nach einem Starkregenereignis, starke Schäden durch Schneckenfraß im rechten Bild sichtbar (Fotos aufgenommen am 04.07.2013)



Abb.13: Ganzflächige flache Bodenbearbeitung mit 45 cm Reihenabstand als Praxisvariante neben den Strip-Till-Varianten

Vergleicht man die Trockenmasseerträge des Silomaises der Jahre 2013 bis 2015 in Abhängigkeit der Bearbeitung und Düngung, so wird ersichtlich, dass das Gülle-Strip-Till-Verfahren mit dem praxisüblichen, ganzflächigen Verfahren ertragsbezogen mithalten kann (Abb.7). Die Herbstvarianten können hierbei jedoch nicht direkt mit den Frühjahrsvarianten verglichen werden, da die Stickstoffgehalte der Gülle/Gärreste im Frühjahr und Herbst nicht identisch waren. Eine Steigerung der Güllemenge im Gülle-Strip-Till-Verfahren um 10 m³/ha (siehe Ergebnisse 2015) brachte keine Ertragssteigerung. Vermutlich ertragsmindernd wirkte sich jedoch der stellenweise starke Schneckenbefall in den Strip-Till-Varianten aus (siehe Abb.12, rechtes Bild), der bei den vorliegenden Untersuchungen quantitativ nicht bewertet wurde.

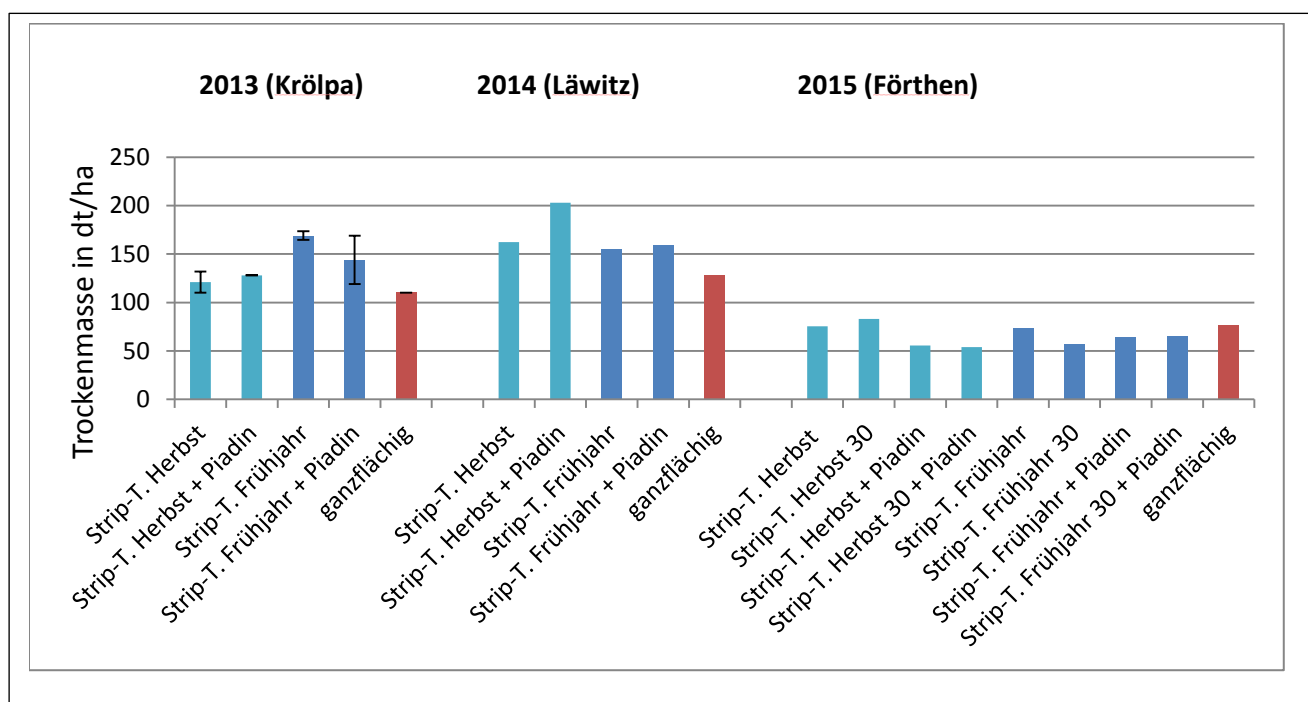


Abb. 14: Trockenmasse des Silomaises in Abhängigkeit der Düngermenge beim Gülle-Strip-Till-Verfahren

2.4.4 Schlussfolgerungen

Gülle-Strip-Till leistet einen Beitrag zum Boden- und Gewässerschutz. Die Streifenbearbeitung erreichte aufgrund der Bodenbedeckung zwischen den Streifen (mind. 30 % des Bodens sind bedeckt) insgesamt eine Verkleinerung der ungeschützten Bodenoberfläche im Vergleich zu ganzflächiger Bearbeitung mit weniger Bedeckung. Erosionsgefährdet bleiben jedoch die gelockerten Streifen, insbesondere wenn sie in Hangrichtung angelegt werden müssen (aus technologischen Gründen häufig nicht zu vermeiden). Der Oberflächenstruktur des gelockerten Bodens kommt daher besondere Bedeutung zu. Der Boden sollte möglichst nicht zu viel bewegt werden und keine Mulden bilden. In den Reihenzwischenräumen kann der Mangel an Zwischenfruchtmulch den Erosionsschutz vermindern.

2.5 Gülle-Strip-Till zu Mais in Mecklenburg-Vorpommern

Ines Bull und Tobias Thiel

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (LFA), Dorfplatz 1 / OT Gülzow, 18276 Gülzow-Prüzen, e-mail: i.bull@lfa.mvnet.de

2.5.1 Einleitung und Zielsetzung

Der Erosionsschutz ist eine wichtige Herausforderung im modernen Ackerbau. Die Ursachen und Abläufe von Erosionsereignissen sind weitgehend erforscht. Eine Möglichkeit Erosionsrisiken zu verringern, besteht in der Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität. Durch die langsamere Abtrocknung und Bodenerwärmung im Frühjahr kann der Pflugverzicht - vor allem bei Minimalbodenbearbeitung oder Direktsaat - in einzelnen Jahren und unter bestimmten Standortbedingungen zu Wachstumsverzögerungen und Ertragsnachteilen führen.

Mit der Streifenbodenbearbeitung (Strip-Tillage) werden zurzeit innovative Verfahren in die Praxis eingeführt, die die Vorteile von reduzierter und intensiver Bodenbearbeitung kombinieren. Während eine tiefere Lockerung im Bereich der Saatreihen die Ansprüche der Pflanze an das Saatbett und eine schnellere Abtrocknung und Erwärmung gewährleisten soll, bleiben die Reihenzwischenräume mit möglicher Mulchauflage unbearbeitet.

Zu Strip-Till-Verfahren mit gleichzeitiger Gülle- oder Gärrestausbringung vor der Aussaat von Silomais liegen schon vielversprechende Versuchsergebnisse aus anderen Bundesländern vor. Die Verringerung von Ausbringungsverlusten, besonders Ammoniakemissionen, gegenüber einer oberflächigen Ausbringung erscheint plausibel. Die Reduzierung der Bodenbearbeitung auf den unmittelbaren Bereich der Saatreihe vermindert die Erosionsgefahr.

Zu diesen neuen Verfahren werden seit einigen Jahren Untersuchungen in anderen Bundesländern durchgeführt. Die Anwendung auf schüttfähigen Sand- und Lößböden gilt inzwischen als praxisreif. An der weiteren Verfahrensoptimierung arbeiten aktuell verschiedene Institute und Maschinenbauer in Deutschland. Auch in Mecklenburg-Vorpommern (MV) wird der Technikeinsatz von verschiedenen Lohnunternehmen angeboten. Zu einem Einsatz unter Standortbedingungen, die von den bisher empfohlenen abweichen, liegen jedoch kaum belastbare Erkenntnisse aus MV vor. Mit den vorliegenden Untersuchungen sollen deshalb Erfahrungen zum Einsatz

auf Grund- und Endmoränenstandorten unter den klimatischen Bedingungen Mecklenburgs erarbeitet werden.

2.5.2 Methoden

Das Verfahren der Streifenbodenbearbeitung zu Mais mit gleichzeitiger Depotdüngung von Gärresten wird unter extremen Bedingungen in der Endmoränenlandschaft der Mecklenburgischen Schweiz geprüft. Die Besonderheiten in dieser Region bestehen in stark wechselnden Bodenverhältnissen, einem hohen Steingehalt, in der unterschiedlichen Hangneigung und in häufig auftretenden Trockenphasen während der Frühjahrs- oder Sommermonate.

Für das Verfahren der Streifenbodenbearbeitung wird vor Mais generell empfohlen, den Boden im Herbst mit Zwischenfrüchten vorzubereiten. Eine intensive Durchwurzelung schafft die gewünschte ganzflächige Lockerung und Bodengare. In der Folge Mais nach Mais ist solcher Zwischenfruchtanbau jedoch nicht realistisch. Späte Erntetermine verhindern eine ausreichend frühe Aussaat der Zwischenfrucht. In dem vorliegenden Praxisversuch wird deshalb die Wirkung verschiedener pflugloser Anbauverfahren auf den Maisertrag in Selbstfolge ohne Zwischenfrüchte geprüft (Tab. 2).

Tab. 2: Prüfvarianten am Standort Alt Gaarz

Prüfglied	Bezeichnung	Bearbeitungstiefe
Pflugfurche Herbst	PH	25 cm
Pflugfurche Frühjahr	PF	20 cm
nicht wendend, flach	Gf	< 10 cm
nicht wendend, tief	Gt	> 15 cm
Strip Till	ST	20 cm
Strip Till, stabilisiert	ST +	20 cm

Die N-Düngung erfolgte in allen Prüfvarianten ausschließlich mit Gärresten des Betriebes. Dazu wurden jeweils 35 m³ im Frühjahr vor der Saat ausgebracht und in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung sofort eingearbeitet (Tab. 3). In Abhängigkeit vom N-Gehalt der Gärreste ($N_t \approx 4 \text{ kg m}^{-3}$) lag die jährliche N-Düngung zwischen 130 und 160 kg ha⁻¹. Die N-Bilanz war in jedem Fall zumindest leicht negativ.

Der Versuch ist in einer randomisierten Blockanlage mit vierfacher Wiederholung angelegt. Jegliche Bearbeitung wird mit praxisüblichen Maschinen durchgeführt. Dadurch ergeben sich Parzellengrößen von jeweils 1.800 m², aus denen jeweils ein

Kernbereich geerntet wird. Das Erntegut jeder Parzelle wird einzeln auf einer nahe gelegenen Hofwaage gewogen und anschließend beprobt. Der Versuch wurde als statischer Versuch mit ortsfest gleichbleibender Bodenbearbeitung angelegt, um mehrjährige Nachwirkungen der Varianten zu erfassen. Zum ersten Mal wurde der Versuch hier im Herbst 2012 angelegt, so dass jetzt 4-jährige Ergebnisse vorliegen.

Tab. 3: Variantenabhängige Gärrest-Ausbringung und -Einarbeitung

Prüfglied	Ausbringung	Einarbeitung
Pflugfurche Herbst	breitflächig auf die Pflugfurche	sofort mit Grubber
Pflugfurche Frühjahr	breitflächig auf unbearbeiteten Boden	sofort mit Pflug
nicht wendend, flach	breitflächig auf unbearbeiteten Boden	sofort mit Grubber
nicht wendend, tief	breitflächig auf unbearbeiteten Boden	sofort mit Grubber
Strip Till	als Depot mit der Bodenbearbeitung	
Strip Till, stabilisiert	als Depot mit Nitrifikationshemmstoff mit der Bodenbearbeitung	

2.5.3 Ergebnisse und Diskussion

Für die Bodenbearbeitung besteht die Aufgabe, auch bei kleinräumig wechselnden Verhältnissen ein möglichst einheitliches Saatbett für den Mais zu schaffen. Der hohe Steinbesatz einer typischen Endmoräne erschwert jede Form der Bodenbearbeitung. Bei den im Versuch eingesetzten Strip-Till-Maschinen, der XTill von der Firma Vogelsang bzw. der VERMAC von Orthman, werden die Aggregate durch die Steinsicherung ausgehoben. Die Bodenbearbeitung und Gärrestausbringung bleiben an diesen Stellen eingeschränkt.

Bei Starkregenereignissen trat Erosion nach jeder Form der Bodenbearbeitung auf. Das Entstehen von Erosionsrinnen und von Verschlammungen wird vor allem durch die Niederschlagsmenge und die Hangneigung ausgelöst. In Maisselbstfolge kann keine Mulchschicht schützen.

Die typische Hängigkeit des Geländes in der Endmoräne erschwert das spurgenaue Ablegen der Maissaat über den Gärrestbändern. Durch ein Verziehen der Maschinen kam es im Versuch trotz GPS-Nutzung zu einem Versatz.

Phytosanitäre Probleme der Maisselbstfolge werden durch die reduzierte Bodenbearbeitung verstärkt. Auch ein ganzflächiges Mulchen und Bearbeiten mit der Scheibenegge zerstört die Stoppeln nicht ausreichend, so dass mit abnehmender Bearbei-

tungsintensität mehr Stoppelreste auch nach der nächsten Maisaussaat an der Oberfläche liegen. Zusätzlich führt die geringere mechanische Unkrautbekämpfung zu einem erheblich höheren Bedarf an chemischer Behandlung.

Die Alternative besteht in der Einordnung des Maisanbaus in eine Fruchtfolge und Anbau nach einer Zwischenfrucht. Der oberflächlich liegende Mulch ist in diesem Fall von positiver Wirkung

Die Wurzelentwicklung der Maispflanzen zeigte in den Versuchsjahren eine Beeinflussung durch die Bodenbearbeitung. So war im ersten Versuchsjahr die seitliche Wurzelentwicklung in die Strip-Till-Parzellen eingeschränkt. Ab dem zweiten Versuchsjahr waren solche Unterschiede nicht mehr eindeutig.



Abb. 15: Unterschiedliche Wurzelentwicklung bei Silomais nach der Ernte in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung

Sowohl beim Vergleich der Trockenmasse- als auch der Energieerträge sind keine großen Unterschiede zwischen den Varianten erkennbar. In keinem Versuchsjahr schnitten die Strip-Till- schlechter als die Pflug-Varianten ab. Bekannt ist, dass die Nährstoffversorgung aus dem Gülledepot den Maispflanzen Vorteile gegenüber einer breitflächig eingearbeiteten Güllemenge bringt. Dieser Effekt kann hier jedoch nicht von dem Einfluss der Bodenbearbeitung getrennt werden (Abb. 16).

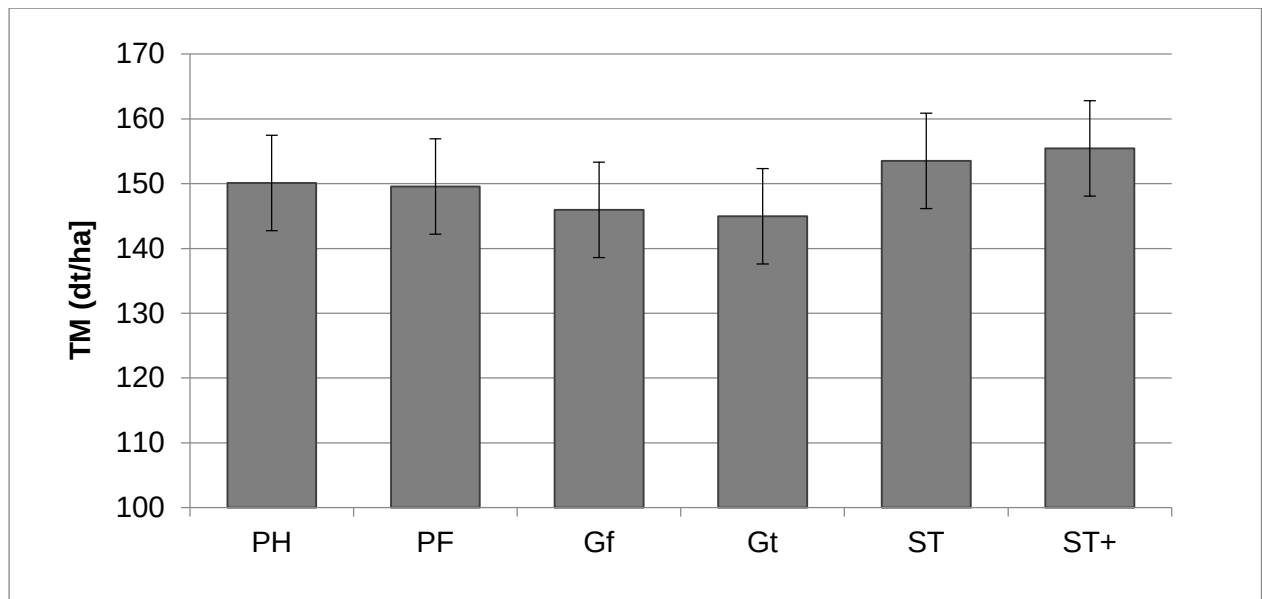


Abb. 16: Trockenmasse-Ertrag nach Bodenbearbeitung und Gärrestausbringung Silomais, Alt Gaarz 2013-2016, Bezeichnung der Varianten: PH = Pflug Herbst, PF = Pflug Frühjahr, Gf = Grubber flach, Gt = Grubber tief, ST = Strip Till ohne Nitrifikationshemmstoff, ST+ = Strip Till mit Nitrifikationshemmstoff. Die Fehlerbalken bezeichnen die Grenzdifferenz GDt 0,05)

2.5.4 Schlussfolgerungen

Eine Bewertung des Verfahrens der Streifenbodenbearbeitung sollte alle Aspekte des Anbaus einschließen. Dazu gehören neben den Ertragsleistungen sowohl die durch das Verfahren veränderten Aufwendungen für die Bodenbearbeitung, den Pflanzenschutz, die ggf. notwendige Anpassungen in der Fruchtfolge als auch die schwer quantifizierbaren ökologischen Leistungen. In Kombination mit Zwischenfruchtanbau bzw. Winterbegrünung lassen sich Vorteile zum Erosionsschutz und zur Verbesserung der Bodenstruktur erzielen. In der Kulturfolge Mais nach Mais können jedoch Probleme entstehen, welche die Vorteile des Verfahrens überlagern.

Zu dem Verfahren der Streifenbodenbearbeitung mit gleichzeitiger Gülle-/Gärrestausbringung zu Silomais können folgende Einschätzungen abgeleitet werden:

- erprobtes Verfahren zu Silomais auf ebenen schüttfähigen Böden,
- wichtig ist ein leicht krümelnder, abgetrockneter Bodenzustand,
- betriebsfremde Spezialtechnik erhöht das Risiko nicht terminoptimaler Bearbeitung

- hohe technische Anforderung der Genauigkeit bei Strip Till und Aussaat erforderlich,
- Schwierigkeiten im hängigen Gelände durch Maschinenversatz,
- Schwierigkeiten bei hohem Steinbesatz aufgrund eingeschränkter Bearbeitung,
- sehr guter Schutz vor Winderosion,
- geringerer Schutz vor Wassererosion in Hangrichtung,
- Empfehlung bei Kulturwechsel, am günstigsten nach Zwischenfruchtanbau,
- keine Empfehlung für Monomaisanbau aufgrund phytosanitärer Probleme,
- ohne vorherige Zwischenfrucht ggf. erhöhte Kontrolle von Unkräutern notwendig.

Literatur

Hermann, W.; Bauer, B.; Bischoff, J. (2012): Strip Till. Mit Streifen zum Erfolg. DLG-Verlag

2.6 Gülle-Strip-Till zu Mais und Strip-Till zu Zuckerrüben in Bayern

Dr. Markus Demmel¹, Hans Kirchmeier¹, Robert Brandhuber²

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), ¹Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Str. 38, 85354 Freising, e-mail: markus.demmel@LfL.bayern.de, ²Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, Lange Point 6, 85354 Freising, e-mail: robert.brandhuber@LfL.bayern.de

2.6.1 Einleitung

Konservierende Bestellverfahren für Reihenfrüchte mit einem hohen Erosionsschutzniveau, wie die Mulchsaat ohne Saatbettbereitung, sind in vielen Regionen Deutschlands wenig verbreitet, obwohl oft ein hohes Erosionsrisiko besteht. Eine Ursache hierfür liegt in der langsamen Bodenerwärmung unter der Mulchdecke und der Notwendigkeit, vor der Saat ausgebrachte Gülle einzuarbeiten. Demgegenüber wird erwartet, dass im Zusammenhang mit dem Klimawandel die Häufigkeit von Starkregereignissen und Trockenperioden ansteigen wird.

Aus Untersuchungen geht hervor, dass die Streifenbodenbearbeitung – Strip Tillage – die Vorteile einer intensiven Bodenbearbeitung in der Reihe mit denen der Direktsaat im Bereich zwischen den Reihen verbindet. Das Ergebnis ist ein sehr geringes Erosionsrisiko, ein guter Schutz der Bodenstruktur und der Bodenfeuchte und zu meist höhere Erträge als bei der Direktsaat. Mit der Verfügbarkeit und der Verbreitung von hochgenauen automatischen Lenksystemen auf Traktoren wird die Streifenbodenbearbeitung von immer mehr Landwirten im Mittleren Westen der USA angewendet. Es gibt aber auch entsprechende Entwicklungen in Europa. Speziell in Frankreich und Deutschland wurde in den vergangenen Jahren mit Untersuchungen zur Streifenbodenbearbeitung bei Mais, Zuckerrüben und Raps begonnen.

2.6.2 Stand des Wissens

Bereits in den Jahren 1984-1987 wies Estler (1989) in Untersuchungen in Bayern nach, dass eine streifenweise Bodenbearbeitung im Bereich der Maisreihe das Problem der langsamen Bodenerwärmung bei der Mulchsaat ohne Saatbettbereitung lösen kann [1]. Wegen des oft feuchten Bodens, der geringen Flächenleistung und der schlechten Bodenanpassung konnte sich die damals praktizierte Frässaat jedoch nicht durchsetzen.

Seit Anfang des neuen Jahrtausends gewinnt in den Maisanbaugebieten der USA die Streifenbearbeitung – Strip Tillage – zu Mais und Sojabohnen zunehmend an Verbreitung (REEDER, 2002). Die Bodenbearbeitung erfolgt zumeist getrennt von der Saat im Herbst oder im Frühjahr, oft verbunden mit der Mineraldüngerapplikation. Versuche weisen eine schnellere Bodenerwärmung, eine bessere Keimung und einen höheren Ertrag als bei Direktsaatvarianten nach. Erste Untersuchungen in Deutschland wurden ab 2007 bei Zuckerrüben auf dem Ihinger Hof durchgeführt und ab 2009 auf Mais ausgedehnt (HERMANN, 2008, 2010). Umfangreiche Untersuchungen zu Mais, auch in Verbindungen mit der Güllebringung werden seit 2009 in Bayern (DEMMELE et al. 2012) und Sachsen Anhalt (BISCHOFF, 2012) durchgeführt. Hierzu werden spezielle Geräte mit passiven Werkzeugen eingesetzt.

Im Fokus stehen in Deutschland die klassischen Reihenkulturen Mais und Zuckerrüben, aber auch Raps in weiter Reihe. Besonderes Interesse findet die Verknüpfung der Streifenbodenbearbeitung mit mineralischer und organischer Reihen- bzw. Unterfußdüngung.

Bei der zum Einsatz kommenden Technik kann grundsätzlich zwischen modifizierten Bodenbearbeitungsgeräten (z.B. Grubber) und speziellen, aufwändiger gestalteten Reiheneinheiten mit unterschiedlichen Werkzeugen unterschieden werden. Der mit der Aussaat kombinierten Streifenbodenbearbeitung (z.B. Reihenfrässaat) steht das in Bodenbearbeitung und Aussaat getrennte Verfahren gegenüber.

2.6.3 Eingesetzte Technik und Untersuchungen

Die eigenen Untersuchungen wurden 2009 auf drei Standorten (2x Strip Tillage zu Zuckerrüben, 1x zu Mais mit Gülleapplikation) in Bayern begonnen. Die Betriebe wirtschaften langjährig pfluglos und nutzten bereits hochgenaue automatische Lenksysteme.

In den Strip Tillage Versuchen kamen zur Streifenlockerung zwei unterschiedliche Werkzeugkombinationen aus den USA zum Einsatz. Zu Projektbeginn war diese Technik in Europa nicht verfügbar. Die Werkzeugkombinationen bestehen aus vorauslaufenden Schneidscheiben zum Trennen des organischen Materials und einem Paar Räumsternen, die wie ein Schneepflug das Pflanzenmaterial aus dem etwa 20 cm breiten Bearbeitungsbereich entfernen. Die eigentliche Lockerung erfolgt bis in

eine Tiefe von 15-20 cm; in Variante 1 (Yetter „Maverick“®) mittels eines Meißelschars, wobei ein Paar Hohlscheiben verhindert, dass die aufgeworfene Erde aus dem Lockerungsbereich herausgeworfen wird. In Variante 2 (Dawn „Pluribus“®) werden doppelt V-förmig angestellte und gewellte Scheibenseche zur Lockerung eingesetzt. Den Abschluss bildet jeweils eine Art Krümelwalze. Die Werkzeugkombinationen sind Parallelogramm geführt und weisen Gewichte zwischen 150 und 300 kg pro Reihe auf. Sie werden an in Deutschland gefertigte 3-6 m breite Geräterahmen montiert (Bild 1).

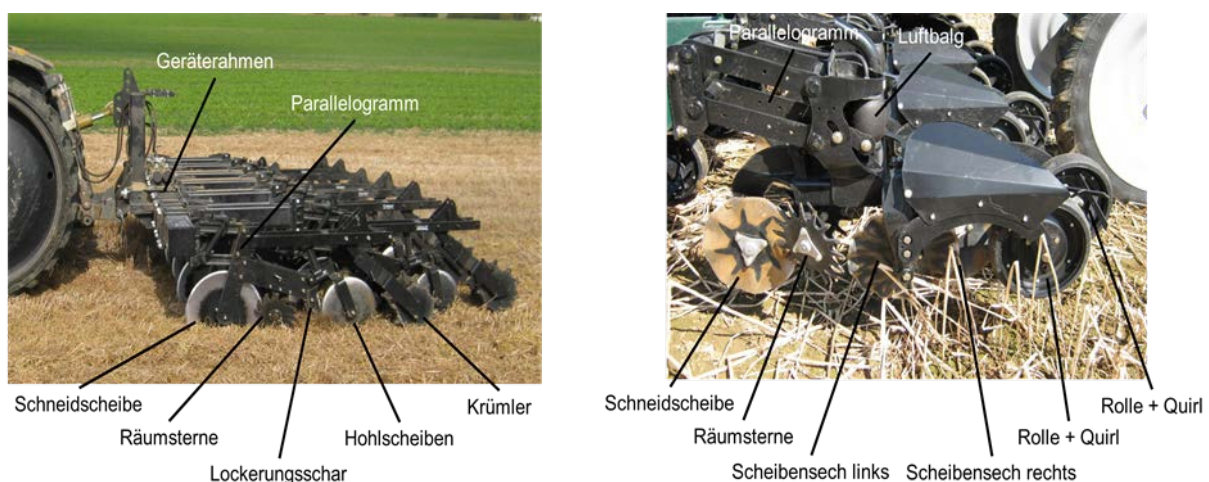


Bild 1: Streifenbodenbearbeitungsaggregate mit Zinken (links) und Schneidscheiben (rechts)

2.6.4 Ergebnisse und Diskussion

Die beiden unterschiedlichen Streifenbodenbearbeitungsaggregate wurden mit Arbeitsgeschwindigkeiten zwischen 8 und 10 km/h (12 km/h) eingesetzt. Während die Streifenlockerung vor den Zuckerrüben jeweils im Herbst direkt in die Getreidestoppeln oder nach einer Stoppelbearbeitung und Zwischenfruchtaussaat erfolgte, wurde sie vor Körnermais in Kombination mit der Gülleausbringung in den Streifen jeweils etwa 10 Tage vor der Saat durchgeführt.

Da die Aggregate aus drei oder mehr unterschiedlichen Werkzeugen aufgebaut sind, verfügen sie über vielfältige Einstellmöglichkeiten. Eine Anpassung der entsprechenden Einstellungen ist bei unterschiedlichen Einsatzbedingungen notwendig. Durch die Kombinationsmöglichkeiten ist die Einstellung anspruchsvoll und zumeist nicht benutzerfreundlich realisiert. Hier sind Verbesserungen notwendig.

Tabelle 1 zeigt die Zuckererträge der Untersuchungen mit Streifenbodenbearbeitung in den Jahren 2010-2014.

Tab. 1: Bereinigte Zuckererträge der Untersuchungen mit Streifenbodenbearbeitung in den Jahren 2010-2014

Variante	bereinigter Zuckerertrag 2010 [t/ha]		bereinigter Zuckerertrag 2011 [t/ha]		bereinigter Zuckerertrag 2012 [t/ha]		bereinigter Zuckerertrag 2013 [t/ha]		bereinigter Zuckerertrag 2014 [t/ha]		Mittl. bereinigter Zuckerertrag [t/ha]	
	Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 1	Betrieb 2	Betrieb 1	Betrieb 2
Strip-Tillage mit Zinken direkt in Stoppeln	10,6	10,6	12,9	12,9	-	-	-	9,5	-	16,4	11,8	12,4
Strip-Tillage mit Zinken nach Stoppelbearbeitung	11,9	10,5	14,4	14,0	14,1	16,5	11,3	9,6	17,1	16,6	13,8	13,4
Strip-Tillage mit Scheiben direkt in Stoppeln	7,0 *	10,6	12,9	14,1	-	-	-	9,8	-	16,6	10,0	12,8
Strip-Tillage mit Scheiben nach Stoppelbearbeitung	11,0	12,9	15,0	12,9	14,8	16,7	12,4	9,5	16,2	17,5	13,9	13,9
Mittelwert Strip-Tillage direkt in Stoppeln	8,8	10,6	12,9	13,5	-	-	-	9,7	-	16,5	10,9	12,6
Mittelwert Strip-Tillage nach Stoppelbearbeitung	11,5	11,7	14,7	13,5	14,5	16,6	11,9	9,5	16,6	17,1	13,8	13,7
Betriebsüblich-Mulchsaat mit Saatbettbereitung	12,3	11,0	16,8	14,3	15,6	16,7	12,9	7,0	18,7	17,2	15,3	13,2

Ertragsausfall durch extremen Schneckenfrass

Während auf dem Betrieb 1 (schluffiger Lehm) die bereinigten Zuckererträge bei der Streifenbodenbearbeitung grundsätzlich niedriger waren als bei der betriebsüblichen Mulchsaat mit Saatbettbereitung, übertrafen die Zuckererträge der Strip Tillage Varianten nach einer Stoppelbearbeitung und Zwischenfruchtaussaat auf Betrieb 2 (schluffiger Lehm) die der betriebsüblichen Mulchsaat mit Saatbettbereitung. Auf beiden Standorten schnitt dabei das Strip Tillage Gerät mit Schneidscheiben etwas günstiger ab als das mit Lockerungszinken.

Auch bei der Kombination der Streifenbodenbearbeitung mit der Güllebringung in den Streifen zu Körnermais auf dem Betrieb 3 in Wurmannsquick (sandiger Lehm) konnte die erwartete Funktion und Arbeitsqualität erreicht werden. Güllemengen bis zu 35 m³/ha (größere wurden nicht getestet) konnten problemlos „eingebracht“ werden, ohne dass Gülle aus dem Schlitz austrat.

Tabelle 2 zeigt die Körnermaiserträge der Untersuchungen mit Streifenbodenbearbeitung bei der Maisbestellung auf dem Versuchsstandort bei Wurmannsquick.

Tab. 2: Körnermaiserträge der Untersuchungen 2010 - 2014 in Wurmannsquick

Variante	Körnermaisertrag					mittlerer Körnermaisertrag [t/ha]
	2010 [t/ha]	2011 [t/ha]	2012 [t/ha]	2013 [t/ha]	2014 [t/ha]	
Strip-Tillage mit Zinken (mit Gülle) direkt in Stoppeln	10,2	10,7	11,9	6,4	11,1	10,1
Strip-Tillage mit Zinken (mit Gülle) nach Stoppelpbearbeitung	11,3	10,7	13,0	7,7	11,2	10,8
Strip-Tillage mit Scheiben (mit Gülle) direkt in Stoppeln	9,9	9,7	11,5	5,9	10,2	9,4
Strip-Tillage mit Scheiben (mit Gülle) nach Stoppelpbearbeitung	10,0	10,3	11,7	7,4	11,0	10,1
Mittelwert Strip-Tillage (mit Gülle) direkt in Stoppeln	10,1	10,2	11,7	6,2	10,7	9,8
Mittelwert Strip-Tillage (mit Gülle) nach Stoppelpbearbeitung	10,7	10,5	12,8	7,6	11,1	10,5
Betriebsüblich – Gülleausbringung mit Einarbeitung (Kurzscheibenegge) + Mulchsaat	9,9*	11,7*	12,5	8,2	11,1	10,7

*zusätzlich 46 kg N/ha mineralisch

Die betriebsübliche Variante ist durch den Einsatz eines Strohstriegels nach dem Drusch und einer tieferen Bearbeitung mit dem Grubber im Herbst gekennzeichnet. Im Frühjahr wurde am Tag der Streifenbodenbearbeitung (mit Gülleinjektion) in der betriebsüblichen Variante die Gülle flächig ausgebracht und mit der Kurzscheibenegge direkt eingearbeitet. Zudem erhielt die betriebsübliche Variante 2010 und 2011 jeweils 46 kg N/ha mehr als die Streifenbodenbearbeitungsvarianten („Kommunikationsfehler“).

Es konnten (trotz der Unterschiede in der mineralischen Stickstoffdüngung 2010 und 2011) in keinem der drei Jahre signifikante Ertragsunterschiede zwischen den unter-

schiedlichen Verfahren festgestellt werden. Tendenziell liefern die Strip Tillage Varianten mit einer Stoppelbearbeitung nach der Getreideernte höhere Kornerträge als bei der Streifenbearbeitung direkt in die Stoppel. Ebenso weisen die Strip Tillage Varianten mit Lockerungszinken etwas höhere Erträge auf als die Varianten mit Schneidscheiben.

Fazit

- Die Streifenbearbeitung – Strip Tillage – besitzt das Potential, die positiven Eigenschaften von Direktsaatsystemen („No-Till“) mit denen intensiv mulchender Systeme zu verbinden und die entsprechenden Nachteile zu überwinden.
- Zahlreiche Untersuchungen aus den USA zeigen positive Effekte (Bodenerwärmung, Erträge) im Vergleich zur Direktsaat.
- Die aus den USA kommende eingesetzte Gerätetechnik arbeitete auch in der Kombination mit der Gülleausbringung in die Streifen problemlos, die optimale Einstellung der Arbeitswerkzeuge ist in Zukunft jedoch zu vereinfachen.
- Zuckerrüben- und Zuckererträge der Streifenbodenbearbeitungsvarianten waren zumeist niedriger als bei der Mulchsaat mit Saatbettbereitung.
- Maiserträge waren bei höherem Erosionsschutzniveau vergleichbar mit denen der Mulchsaat mit Saatbettbereitung.
- Die Inkompatibilität typischer Spur- und Reihenweiten in Westeuropa führt zu deutlichen Mindererträgen in den überfahrenen Maisreihen.
- Grundsätzlich führte die Streifenbodenbearbeitung zu deutlich höheren Erosionsschutzniveaus als die Mulchsaat mit Saatbettbereitung. In extremen Hanglagen stößt aber auch Strip Tillage an seine Grenzen (Geräteführung, „Drainageeffekt“). Hier kann nur eine Mulchsaat ohne Saatbettbereitung empfohlen werden.
- Die Untersuchungen werden fortgesetzt, die Optimierung der Geräte, der Arbeitsqualität bei engen Reihenabständen und viel organischem Material und die Integration in das Zwischenfruchtmanagement, wie auch in unterschiedliche Nährstoffregime im Rahmen der novellierten Düngeverordnung bilden neue Schwerpunkte.

Danksagung

Das Forschungsvorhaben „Anpassung von Ackerbausystemen an den Klimawandel“ wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten im Rahmen des Aktionsplans „Klima Programm Bayern 2020“ gefördert.

Literatur

- Demmel, M. und H. Kirchmeier, 2012: Streifenbodenbearbeitung und Gülleapplikation – Strip Tillage ermöglicht neue Strategien. In: LOP, Nr. 12, S. 12-18
- Bischoff, J., 2012: Weite Reihen – tiefe Wurzeln? LOP Landwirtschaft ohne Pflug, Heft 3, 2012, S. 29-25.
- Estler, M., 1989: Landtechnische Maßnahmen zur Verminderung der Bodenerosion bei Reihenfrüchten in Hanglagen. Schriftenreihe des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. 83 S.
- Hermann, W., 2008: Strip-Till: Streifenlockerung bei Zuckerrüben, Raps und Mais - Alternative zur Mulch- und Direktsaat. In: LOP Landwirtschaft ohne Pflug, Heft 7, S. 31-34
- Hermann, W., 2010: Streifenlockerung – eine neue Lösung für Rüben. top agrar, Heft 2, S. 62-65
- Hermann, W., Link-Dolezal, J. und Claupein, W., 2010: Nur einzelne Streifen lockern – Strip Till – den Boden nur dort lockern, wo Maisreihen stehen. dlz, Heft 4, S. 38-41
- Reeder, R.C., 2002: Maximizing Performance in Conservation Tillage Systems – an Overview. ASAE Paper No. 021134, 2002 ASAE Annual Meeting / CIGR XVth World Congress, ASABE St. Joseph, MI, USA

3 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Das Gülle-Strip-Till-Verfahren ist ein geeignetes Verfahren, um die N-Effizienz bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern zu verbessern und damit den Anforderungen der Düngeverordnung gerecht zu werden. Die Ablage hochkonzentrierter NH_4 -Depots in die Wurzelnähe ermöglicht eine NH_4 -betonte Ernährung der Pflanzen. Hieraus resultiert eine verstärkte Ausbildung von Feinwurzeln, die eine verbesserte Wasser- und Nährstoffaufnahme ermöglicht. Die Versauerung der Rhizosphäre infolge der NH_4 -betonten N-Ernährung führt zudem zu einer besseren Phosphor(P)-Verfügbarkeit, so dass unter Umständen auf eine P-Unterfußdüngung verzichtet werden kann. Die Ablage des Düngers direkt in die Wurzelzone bietet weiterhin vor

allen in niederschlagsarmen Gebieten zusätzliche Vorteile, da den Wurzeln trotz oberflächlicher Trockenheit Nährstoffe unmittelbar zur Verfügung stehen. Weitere Vorteile der Streifenbearbeitung ergeben sich aus einem erhöhten Verdunstungs- und Erosionsschutz bei Bedeckung eines Großteils der Bodenoberfläche mit einer Mulchschicht.

Mögliche Nachteile des Verfahrens werden in hohen Investitionskosten und einer vergleichsweise geringen Flächenleistung, einem möglichen Mehraufwand des chemischen Pflanzenschutzes aufgrund der reduzierten mechanischen Unkrautbekämpfung und den hohen technischen Anforderungen an die Genauigkeit bei Strip-Till und Aussaat gesehen. Zudem kann mit der Streifenbearbeitung in kühlen Frühjahren eine verzögerte Bodenerwärmung verbunden sein, die zu einem schwächeren Jugendwachstum führt.

Die Erfahrungen aus den verschiedenen Versuchen haben gezeigt, dass für einen erfolgreichen Einsatz der Strip-Till-Technik folgende Hinweise (Empfehlungen) zu beachten sind:

- ✓ Einsatz geeigneter Scharformen (z. B. schmale gerade Schare mit Untergriff oder leicht gekröpft mit Anstellwinkeln ähnlich dem Parapflug) zur Vermeidung des „Bulldozingeffektes“ vor allem auf leichten Böden: Schare hinterlassen Dämme und tiefe Furchen und überlockerten Bodenhorizont
- ✓ Ablagetiefe: Positionierung der NH_4 -Depots so, dass die Keimwurzeln sie schnell erreichen, ohne dass Verätzungen durch Gülle/Gärreste auftreten, Einhaltung Abstand von etwa 7 bis 10 cm zwischen Saatgut und Gülledepot
- ✓ Kombination des Gülle-Strip-Verfahrens mit dem Anbau von Zwischenfrüchten, um schroffe Übergänge im Bodengefüge zwischen dem gelockerten Bereich und dem nicht gelockerten Reihenzwischenraum („Blumentopfeffekt“) zu vermeiden
- ✓ Einsatz auf bindigen Böden nur, wenn Boden tragfähig und krümfähig ist
- ✓ exakte Abstimmung von Maislegetechnik und Strip-Till-Gerät aufeinander (Parallelfahrssysteme, RTK)
- ✓ Vermeidung Einsatz Strip-Till auf hängigem Gelände (Maschinenversatz)
- ✓ ökonomisch optimale Aufwandmenge des Nitrifikationsinhibitors PIADIN® bei Gülleausbringung im Strip-Till-Verfahren ca. 3 l/ha (abhängig von Bodenparametern, Ausbringungszeitpunkt und Witterungsverlauf)