



**Auswahl, Evaluierung und Optimierung
von Verfahren und Technik zur
Applikation von Flüssigmist bzw.
flüssigen Gärresten in Mais**

Verfahren Flüssigmistapplikation Mais



Endbericht

Projektförderung:	StMELF
Finanzierung:	StMELF
Förderkennzeichen:	A/12/17
Geschäftszeichen:	
Projektlaufzeit:	August 2012 bis Dezember 2016
Projektleiter:	Dr. Markus Demmel
Projektbearbeiter:	Stefan Lutz
Herausgegeben im:	August 2017

**Auswahl, Evaluierung und
Optimierung von Verfahren und
Technik zur Applikation von
Flüssigmist bzw. flüssigen Gärresten in
Mais**

Verfahren Flüssigmistapplikation Mais

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	9
1 Einleitung	11
2 Problemstellung und Zielsetzung.....	12
3 Stand der Technik	13
3.1 Güllefässer und Dosiertechnik	13
3.2 Unterschiedliche Arten von Verteilern für die Gülleausbringung	15
3.3 Emissionsmindernde Ausbringtechnik zur Spätdüngung von Mais mit flüssigen Wirtschaftsdüngern - Praxisbeispiele	16
3.3.1 Forschungsvorhaben Techniken zur Güllespätdüngung in Mais	16
3.3.2 Praxisbeispiele landwirtschaftlicher Betriebe in Bayern	19
3.3.3 Beispiele und Erfahrungen von Herstellern von Gülletechnik.....	21
4 Eigene Untersuchungen 2013-2016.....	22
4.1 Eingesetzte Technik im Versuch	22
4.2 Konzeptionelle Überlegungen zur Versuchsanstellung	25
4.3 Versuchsbeschreibung.....	26
4.4 Versuchsdurchführung	29
4.5 Versuchsergebnisse – Feldaufgang und Bodenbedeckungsgrad.....	34
4.6 Versuchsergebnisse – Trockenmassenerträge	36
4.6.1 Versuchsjahr 2013	36
4.6.2 Versuchsjahr 2014.....	38
4.6.3 Versuchsjahr 2015	40
4.6.4 Versuchsjahr 2016.....	40
4.6.5 Relative Trockenmasserträge der gesamten Versuchsserie.....	42
5 Fazit	45
6 Eigene Veröffentlichungen und Vorträge	46
6.1 Veröffentlichungen.....	46
6.2 Vorträge.....	47
7 Literaturverzeichnis.....	48
8 Anhang	48

Abbildungsverzeichnis

Seite

Abb. 1: ...Güllefass mit angebauten Schläuchen zur Düngung im Maisbestand um 1990.....	17
Abb. 2: ...Unimog mit „Spezial – Güllegrubber“ (Häufelpflug mit Zustreicher)	17
Abb. 3: ...Fendt Geräteträger bei der Gülleausbringung im Maisbestand.....	18
Abb. 4: ...Braud Trägerfahrzeug bei der Güllespändüngung (FAM, Scheyern).....	19
Abb. 5: ...Anlage von Fahrgassen für die Güllespändüngung im Mais	19
Abb. 6: ...Gülleausbringung mit Schleppschlauchverteiler zwischen den Maisreihen	20
Abb. 7: ...Vakutec – Turbofass mit Schleppschlauchgestänge	22
Abb. 8: ...Pumptankwagen mit Breitreifen mit 8000 l Fassungsvermögen für Versuche.....	23
Abb. 9: ...Schleppschuhverteiler, leichter und schwerer Scheibeninjektor.....	24
Abb. 10: Versuchsplan V 701	27
Abb. 11: Strip-Tillage Aggregat mit der Möglichkeit zur organischen Reihendüngung.....	30
Abb. 12: Gülleausbringung mit leichtem Scheibeninjektor: Die vorauslaufenden Scheiben durchschneiden die oberflächliche Mulchschicht (rote Pfeile)	30
Abb. 13: „Haufenbildung“ beim leichten Scheibeninjektor.....	31
Abb. 14: Der Schleppschuhverteiler legt die Gülle jeweils links und rechts der Pflanzen ab	32
Abb. 15: Leichter Scheibeninjektor bei der Güllespändüngung	33
Abb. 16: Schwerer Scheibeninjektor bei der Reihendüngung im 80 cm hohen Bestand	33
Abb. 17: Ernte der Versuchspartellen mit speziellem Partellenhäcksler(LfL-AVB)	34
Abb. 18: Feldaufgänge der unterschiedlichen Bestellverfahren (Unterschiedliche Buchstaben stehen für signifikante Unterschiede).....	34
Abb. 19: Bodenbedeckungsgrad nach der Saat bei den unterschiedlichen Bestellverfahren Einzeljahre und gesamt	36
Abb. 20: Absolute Trockenmasseerträge der unterschiedlichen Bestellsysteme 2013	37
Abb. 21: Absolute Trockenmasseerträge der unterschiedlichen Güllesysteme 2013	37
Abb. 22: Absolute Trockenmasseerträge der unterschiedlichen Techniken zur Güllespändüngung 2013.....	38
Abb. 23: Absolute Trockenmasseerträge der unterschiedlichen Bestellsysteme 2014.....	39
Abb. 24: Absolute Trockenmasseerträge der unterschiedlichen Güllesysteme 2014	39
Abb. 25: Absolute Trockenmasseerträge der unterschiedlichen Techniken zur Güllespändüngung 2014.....	40
Abb. 26: Absolute Trockenmasseerträge der unterschiedlichen Bestellsysteme 2016	41
Abb. 27: Absolute Trockenmasseerträge der unterschiedlichen Güllesysteme 2016	41
Abb. 28: Absolute Trockenmasseerträge der unterschiedlichen Techniken zur Güllespändüngung 2016.....	42
Abb. 29: Relative Trockenmasseerträge der unterschiedlichen Bestellverfahren.....	42
Abb. 30: Relative Trockenmasseerträge der unterschiedlichen Güllesysteme	43
Abb. 31: Vergleich Technik Güllespändüngung Einzeljahre und gesamt	44
Abb. 32: Mittlere Erträge der 21 unterschiedlichen Versuchsglieder über 3 Jahre	44

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tab. 1: ...Übersicht zu den einzelnen Faktoren und Stufen des Versuchs.....	26
Tab. 2: ...Berechnung des N – Bedarfs bei der Unterfußdüngung	29

Zusammenfassung

Ein hohes Erosionsschutzniveau beim Anbau von Reihenkulturen und die gesetzlichen Vorgaben verlangen Veränderungen bei der Verwendung flüssiger Wirtschaftsdünger, die auch mit einer Anpassung und Optimierung der Verfahrenstechnik zur Ausbringung von Gülle und flüssigen Gärresten verbunden sein müssen. Deshalb hat das Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT) der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) in Zusammenarbeit mit dem Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum (LVFZ) Achselschwang, Betrieb Westerschondorf, den Arbeitsgruppen Bodenschutz (IAB 1a), Düngung (IAB 2a) und der Abteilung Versuchsbetriebe (AVB) in den Jahren 2013 bis 2016 einen vollständig randomisierten Großparzellenversuch zum Thema erosions- und emissionsmindernde Bodenbearbeitungs- und Güllestrategien für Silomais durchgeführt.

Das Hauptaugenmerk dieses Versuchsvorhabens lag auf der Suche, Erprobung und Bewertung von Verfahrenstechnik für die Ausbringung organischer Wirtschaftsdünger (Gülle und Gärrest) in wachsende Maisbestände bis zu einer Wuchshöhe von 60 cm, da sowohl ältere Untersuchungen aus den Jahren 1985-1995, als auch aktuelle Studien von LfL IAB 2 a zeigen, dass Mais 60 % des gesamten Stickstoffbedarfs erst ab einer Wuchshöhe von 50 cm aufnimmt. Umfangreichen Überlegungen folgend wurden drei unterschiedliche Geräte (ein Schleppschuhverteiler und zwei Scheibeninjektoren) für eine bodennahe und emissionsmindernde Applikation hinsichtlich Praxistauglichkeit und Unterschieden im Ertrag geprüft. Den Ausgangspunkt der Untersuchungen bildeten drei Bestellverfahren mit hohem bzw. sehr hohem Erosionsschutzniveau, „*Mulchsaat mit Saatbettbereitung*“, „*Mulchsaat ohne Saatbettbereitung*“ und „*Streifenbodenbearbeitung*“. Diese nicht wendenden Bodenbearbeitungsvarianten sollen die schützende Mulchdecke aus abgefrorenen Zwischenfrüchten weitgehend erhalten und die Bodenstruktur möglichst wenig stören, um ein hohes Maß an Erosions- und Verdunstungsschutz gewährleisten zu können. Die Zwischenfruchtmischung wurde nach der Wintergerstenernte kombiniert mit Kreiselegge und Drillmaschine gebaut, um ein möglichst ebenes Saatbett und einen gut entwickelten Bestand zu erreichen. Zudem wurde im Feldversuch der Einfluss verschiedener Ausbringzeitpunkte in Verbindung mit einer Aufteilung der Güllemenge zu zwei Terminen, untersucht. In allen Versuchspartellen wurden insgesamt 30 m³ Gülle pro Hektar ausgebracht, jedoch wurde unterschieden in eine einmalige Gabe vor der Saat, eine aufgeteilte Gabe (15 m³ + 15 m³) und eine Ausbringung der kompletten Menge zum späten Zeitpunkt bei 60 cm Wuchshöhe.

Bei der Gülleausbringung vor der Saat und anschließender Saatbettbereitung traten die geringsten Schwierigkeiten auf. Nur in einem Jahr gab es in den Varianten ohne Saatbettbereitung Probleme bei der Gülleeinbringung aufgrund der Mulchschicht. Für die Güllespätdüngung mussten die Scheibeninjektoren auf höhere Rahmen umgebaut werden, um den erforderlichen Durchgang für die Maispflanzen zu erreichen. Die Schäden an Pflanzen waren gering, allerdings wird vom Traktorfahrer ein sehr genaues Fahren gefordert, besonders wenn das Gelände quer zur Fahrtrichtung eine Neigung aufweist.

Ein signifikanter Ertragsunterschied ist über alle Versuchsjahre hinweg nur zwischen den unterschiedlichen Bestellverfahren (Faktor 1) aufgetreten. Jedoch sind diese Unterschiede nur sehr gering. Beispielsweise kam es beim Relativertrag 2016 zu einem maximalen Unterschied von 3 Prozentpunkten. Nur in den ersten beiden Versuchsjahren waren die Unterschiede etwas größer, so dass sich die Versuchsglieder mit unterschiedlicher Bodenbearbeitung voneinander abheben. Festzustellen ist, dass keines der angewandten Verfahren in den 3 wertbaren Versuchsjahren im Hinblick auf den Ertrag größere

Nachteile mit sich bringt. Die Varianten der Gülleausbringung/Gülleaufteilung (Faktor 2) bzw. der Technik zur Güllespätdüngung (Faktor 3) unterschieden sich in allen Versuchsjahren nur sehr wenig auf nicht signifikanten Niveaus. Es konnten statistisch keine Unterschiede abgesichert werden. Während der im Jahr 2013 für die tiefe Güllespätdüngung gewählte Ein-Scheiben Schlitzinjektor der kanadischen Firma Bourgault gravierende Funktionsprobleme aufwies (nicht abzustellender Schräglauf mit erhöhten Pflanzenverlusten), arbeitete der für diese Variante ab 2014 verwendete Doppelscheiben Injektor VREDO ZB3 in den Jahren 2014 und 2015 problemlos und kam auch mit den großen Mengen an Zwischenfruchtresten zwischen den Maisreihen zurecht. In allen Jahren war der Mulchdeckungsgrad in den unbearbeiteten Parzellen am höchsten, gefolgt von der Streifenbodenbearbeitung und der flächigen Saatbettbereitung. Somit ist es in erosionsgefährdeten Lagen sinnvoll, auf eine geringere Bodenbearbeitungsintensität zurückzugreifen, da auf den meisten Standorten keine oder nur geringe Ertragseinbußen zu erwarten sind. Außerdem kann eine späte Gülleausbringung Arbeitsspitzen im Frühjahr entzerren und Lagerkapazitäten schaffen.

Die Ergebnisse der vorgestellten Untersuchungen bildeten die technische Grundlage und haben maßgeblich zur Ausgestaltung des im Jahr 2015 angelaufenen Forschungsvorhabens „Optimierung der Gülleausbringung unter Berücksichtigung der Novellierung der Düngeverordnung und der NEC-Richtlinie“ A/15/23 geführt.

1 Einleitung

Zukünftig wird es für die landwirtschaftlichen Betriebe in Bayern immer wichtiger werden, vorhandene Ressourcen möglichst effizient einzusetzen, um langfristig ein gesichertes Einkommen aus der Landwirtschaft erzielen und gesetzliche Vorgaben einhalten zu können. Neben den ökonomischen und gesetzlichen Gesichtspunkten spielen allerdings auch Umweltaspekte eine immer wichtigere Rolle. Durch den zunehmenden Klimawandel kommt es immer häufiger zu extremen Witterungssituationen. Bei der spät den Bestand schließenden Reihenkultur Mais können starke Niederschläge in Hanglagen zu Bodenerosion führen. Dies bedeutet, langfristig gesehen, einen irreversiblen Schaden für den betroffenen Landwirt, da fruchtbarer Boden und wertvolle Nährstoffe dauerhaft verloren gehen. Kommt es zu Überschwemmungen in anliegenden Ortschaften, kann der mit dem Wasser abgeschwemmte Boden beträchtliche Schäden an überfluteten Gebäuden herbeiführen. Durch Nährstoffeinträge belastete Oberflächengewässer und hohe Nitratwerte im Trinkwasser führen zu starker Kritik an der Landwirtschaft. Um diese Probleme zu vermeiden und die Akzeptanz für die Landwirtschaft seitens der Bürger zu erhöhen, ist eine umweltschonende Bewirtschaftung der Kulturlandschaft von höchster Priorität. Der Schutz des Bodens und der effiziente Umgang mit Ressourcen (z.B. Pflanzennährstoffe) stehen in enger Verbindung mit dem Ansehen der Landwirte in der Öffentlichkeit. In den Jahren 2008 bis 2014 hat das Institut für Landtechnik und Tierhaltung zusammen mit dem Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz der Bayerischen Landesanstalt erstmalig und umfangreich die Potentiale der Streifenbodenbearbeitung bei den Reihenkulturen Zuckerrüben und Mais untersucht und gezeigt, dass mit diesem neuen Verfahren ein hoher Erosionsschutz in der Fläche mit einer intensiven Saatbettbereitung in der Reihe verbunden werden kann (Demmel et al. 2016). Bei den Versuchen zu Mais war die Streifenbodenbearbeitung mit einer emissionsmindernden Injektion von Gülle in den Streifen verbunden. Im Vergleich zur breitflächigen Ausbringung mit direkter Einarbeitung (Güllegrubber) zeigte sie teilweise positive Ertragseffekte, die mit einem hohen Erosionsschutzniveau verbunden waren. Um die Ausnutzung des Stickstoffes aus Gülle und Gärsubstratresten durch Mais, d.h. die Stickstoffeffizienz, zu erhöhen, sind darüber hinaus weiter veränderte Applikationsregime mit einer Ausbringung des organischen Düngers bis zu einer Wuchshöhe von 100 cm notwendig. Gutser (1987) hat gezeigt, dass Mais etwa 60 % des gesamten Stickstoffbedarfs erst ab einer Wuchshöhe von 50 cm aufnimmt. (1 S. 72, 89 ff.) Sie würden darüber hinaus eine Erweiterung der Zeitfenster für die Applikation ermöglichen. Eine späte Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern in den wachsenden Maisbestand ist aber bisher in Bayern nicht üblich. Sie wäre auch in Anbetracht der neuen Düngeverordnung, die unter anderem längere Sperrfristen beinhaltet, von Vorteil. Die Ausbringung in wachsende Bestände im späten Frühjahr bis in den Frühsommer könnte Arbeitsspitzen brechen und Gülle- oder Gärsubstratlager nochmals leeren. Bei einer „Spätdüngung in Mais“ ist jedoch unbedingt darauf zu achten, dass die erosionsmindernde Mulchdecke einer Mulchsaat oder der Streifenbodenbearbeitung zum Erosionsschutz erhalten bleibt.

2 Problemstellung und Zielsetzung

Flüssigmist (Gülle) und Gärreste haben ein großes Potential mineralische Düngemittel zu ersetzen, dadurch die Nährstoffkreisläufe zu schließen und die Nährstoffbilanzen auszugleichen. In Anbetracht steigender Mineraldüngerpreise und Verschärfungen bei den Nährstoffbilanzen wird es immer wichtiger, die wirtschaftseigenen organischen Dünger wie Gülle und Gärreste aus Biogasanlagen möglichst effizient einzusetzen. Dies ist auch für den Wasserschutz von großer Bedeutung. Dazu ist eine verlustarme, boden- und bestandschonende Ausbringung, besonders auch in wachsende Bestände, notwendig. Im Grünland und in Getreidebeständen ist dies mit Schleppschlauch-, Schleppschuh- und Schlitzverteilern bereits möglich und etabliert, auch wenn hinsichtlich der Stickstoffeffizienz, Narbenschäden und Futterschmutzung im Grünland noch Verbesserungspotentiale bestehen. Anders sieht es dagegen beim Mais aus, der mit einem Anteil von 32 % an der bayerischen Ackerfläche zu den wichtigsten Kulturen gehört. Aufgrund geringer technischer Anforderungen wird in Bayern der größte Teil der betriebseigenen organischen Dünger vor der Saat ausgebracht und mit der Saatbettbereitung unverzüglich eingearbeitet, um Ammoniak- und Geruchsemissionen zu vermeiden. Durch die ganzflächige Einarbeitung wird jedoch die Bodenbedeckung bei Mulchsaaten reduziert und der Boden stark gelockert, wodurch der Erosionsschutz zumeist drastisch reduziert wird. Bei der Aussaat erfolgt in der Regel eine mineralische Unterfußdüngung. Um Emissionen zu vermeiden und in Hanglagen ein hohes Erosionsschutzniveau zu erhalten, sind Ausbringverfahren notwendig, die sowohl mit möglichst wenig Bodeneingriff arbeiten, als auch sehr geringe Ammoniakemissionen aufweisen. Außerdem ist es wichtig, durch neue Verfahrenstechniken die Wirkung der organischen Wirtschaftsdünger zu verbessern. Für die Flüssigmistausbringung vor der Saat könnte beispielsweise die Injektion von Gülle bzw. Gärresten bei der Streifenbodenbearbeitung zielführend sein, da bei diesem Verfahren der Boden nur im Abstand von 75 cm auf einer Breite von etwa 20 cm bearbeitet wird. Hierzu wurden in den Jahren 2011 bis 2013 in einem Vorversuch auf der Versuchsstation Puch die technischen Voraussetzungen geschaffen. Dabei sollten nicht nur die bekannten Anbau- und Bestellverfahren (Mulchsaat mit und ohne Saatbettbereitung) sondern auch o. g. neue Technologien wie die Streifenbodenbearbeitung (Strip-Tillage) berücksichtigt werden. Es galt auch, die These zu überprüfen, dass eine einmalige Flüssigmistgabe kurz vor der Saat unter den Saathorizont ein hinsichtlich Dünge- und Umweltwirkung sinnvolles Verfahren darstellt.

Für das Forschungsvorhaben ergaben sich folgende Zielsetzungen: Zuerst sollte ein Überblick bezüglich aller am Markt vorhandenen Verteiltechniken für flüssige Wirtschaftsdünger geschaffen werden. Anschließend sollten die zur Beantwortung der Versuchsfragen geeignet befundenen Techniken ausgewählt und entsprechend der speziellen Anforderungen angepasst bzw. umgebaut werden. Es sollten unterschiedliche Ausbringgeräte für eine Spätdüngung im Maisbestand bis zu einer Wuchshöhe von 1 m (mit Verspätung aufgrund von Witterungseinflüssen muss gerechnet werden) in einem praxisnahen Großparzellenversuch getestet werden. Um einen hohen Erosionsschutz bis zum Reihenschluss gewährleisten zu können, sollte die emissionsarme Verteiltechnik zudem störungsfrei bei hohen Bodenbedeckungsgraden von üppig entwickelten Zwischenfruchtbeständen arbeiten, ohne die Mulchdecke und die Bodenstruktur zu stark zu stören. Die Prüfung der verschiedenen Verfahren sollte hinsichtlich der Funktionalität, der Praxistauglichkeit aber auch hinsichtlich möglicher Unterschiede bei Feldaufgang, Bodenbedeckung und Ertrag erfolgen.

3 Stand der Technik

Die Technik zur Ausbringung von Gülle und Gärresten besteht in der Regel aus einer Kombination von traktorgezogenem Güllefass mit gesteuerter oder geregelter Dosiereinrichtung (Pumpe, Schieber, Bypass) und einem angebauten Verteiler. Zunehmend sind auch Selbstfahrer mit Tankaufbauten anzutreffen. Eher die Ausnahme sind derzeit noch Verschlauchungssysteme, die bisher eine Verbreitung vorwiegend in alpinen Lagen fanden. Bodennah arbeitende emissionsmindernde Verteilertechniken werden heute von allen Herstellern für Gülletechnik angeboten. Weit verbreitet sind Schleppschlauchverteiler in Arbeitsbreiten zwischen 9 und 36 m, die den flüssigen Wirtschaftsdünger bandförmig und oberflächlich ablegen. Mit einem geringen Bodeneingriff arbeiten Schleppschuhverteiler. Zwischenzeitlich hat es im Bereich der bodennahen Applikationstechnik einige Veränderungen und Neuentwicklungen gegeben. Als Beispiel soll hier die von manchen Herstellern angebotene Option genannt werden, den Schleppschlauchverteiler mit speziellen Gummielementen zum Schleppschuh umzurüsten. Die bodennahe Gülleausbringung und die direkte Einarbeitung sowohl vor der Maisaussaat als auch in den wachsenden Maisbestand waren schon in der Vergangenheit ein interessantes Thema für Versuchsansteller. Dies belegen Archivfotos und Aussagen von Mitarbeitern an den Landwirtschaftsämtern. Außerdem gibt es einige Landwirte, die sich schon länger mit dieser Thematik beschäftigen und Pioniere auf diesem Gebiet sind (siehe Kapitel 3.3 Seite 16 folgende).

3.1 Güllefässer und Dosiertechnik

Im Bereich der Gülletechnik gibt es in Deutschland und Europa, wie aus umfangreichen Recherchen in Fachzeitschriften, Prospekten und Internet sowie dem Besuch von Fachmessen hervorgeht, eine große Anzahl von Herstellern, die in einer beigelegten Übersicht zusammengestellt wurden (siehe Anhang). Darunter sind viele kleinere und mittelständische Unternehmen, die sich auf die Herstellung von qualitativ hochwertigen Güllefässern spezialisiert haben. Gerade in der sehr viehreichen Region Emsland (Hannover/ Vechta/ Oldenburg), in der die Schweinehaltung eine große Bedeutung hat, existiert eine größere Anzahl von Landtechnikherstellern, die die komplette Bandbreite der Gülletechnik anbieten. Auch in Süddeutschland befinden sich einige mittelständische Hersteller, die zumeist einen hohen Bekanntheitsgrad genießen. Auf dem Gebiet der Verteilertechnik haben sich Firmen aus den Niederlanden als Spezialisten hervorgetan, da dort im Bereich des Emissionsschutzes strengere Auflagen als in Deutschland existieren und sich die Hersteller zwangsweise schon viel länger mit diesem Thema beschäftigen mussten. Hier wurden auch die ersten Schleppschuh- und Schlitzverteiler konstruiert, gebaut und in größeren Stückzahlen verkauft. Die Firmen arbeiten sehr eng mit den Anwendern zusammen, so dass auch Speziallösungen für unterschiedliche Anforderungen entstehen. Fässer für die Ausbringung von Gülle und Gärresten verfügen über Tankvolumen in einer Größenordnung zwischen 8.000 und 27.000 Liter. In letzter Zeit wurden auch Fässer mit 32.000 Liter Fassungsvermögen angeboten. Die kleineren Tankwagen sind in der Regel mit einer Achse versehen. Demgegenüber werden die meisten Fässer bis 18.000 Liter mit einer Tandemachse versehen. Bei den größeren Tankwagen werden immer öfters drei Achsen verbaut, um die sehr hohen Gesamtgewichte von bis zu 34 Tonnen abstützen zu können. Von einem niederländischen Hersteller (Kaweco) gibt es auch Fässer bis 16.000 Liter Fassungsvermögen, die mit einer Einzelachse ausgestattet sind, die mit vier Rädern ausgestattet ist. Inzwischen werden bei

Tandemachsaggregaten auch teleskopierbare Achsen angeboten, um doppelte Überfahrten zu vermeiden. Hinsichtlich des Tanks bieten, bis auf einige Ausnahmen, die meisten deutschen Hersteller sowohl Stahl - als auch GFK - Tanks an. In den Niederlanden und Dänemark wird fast ausschließlich auf die selbsttragende Bauweise mit massivem Stahltank gesetzt. Als Vorteil des GFK – Tanks wird oftmals das geringe Eigengewicht aufgeführt, jedoch muss dann der Fahrzeugrahmen massiver ausgeführt, um Verteilgeräte in der Heckhydraulik einsetzen zu können. Beispielsweise beträgt das Eigengewicht des DLP 618 Pumptankwagen der Firma BSA in Stahlausführung 8.000 kg und das Eigengewicht des Fasses Typ SKE 18,5 DUSS der Firma ZUNHAMMER mit GFK - Tank mit ebenfalls 18.500 Liter Tankinhalt nur 500 kg weniger (7.500 kg). (2) Überwiegend werden Pump- und Vakuum - Fässer angeboten. Andockstationen und fest angebaute Saugarme erleichtern die Arbeit und beschleunigen den Befüllvorgang. Durch vorgeschaltete Schneidwerke und Steinfangmulden können die Pumpen und Schneidverteiler geschont werden, außerdem werden Faserreste zerkleinert, um Verstopfungen in Schläuchen und Düsen am Verteiler zu verringern. Um die Ansauggeschwindigkeit (vor allem bei Vakuumfässern) zu erhöhen, bieten viele Hersteller den Einbau von Beschleunigerpumpen an, welche nach dem Funktionsprinzip einer Kreiselpumpe arbeiten. Pumpen, Kompressoren und Zentralverteiler sowie weitere Komponenten werden meist von spezialisierten Zulieferern zugekauft. Zu nennen sind hier, die Firmen Börger (Drehkolbenpumpen), BSA (Pumpentechnik), Eisele (Pumpentechnik), Fliegl (Schneckenverteiler), Marchner (Exzentrerschneckenpumpen), Pumpenfabrik Wangen (Exzentrerschneckenpumpen) und Vogelsang (Drehkolbenpumpen, Zentralverteiler DosiMat und ExaCut). Der Antrieb erfolgt meist direkt über die Zapfwelle. Güllefässer, die mit einer automatischen Ausbringmengenregelung ausgestattet sind, verfügen dagegen zunehmend über einen geregelten hydrostatischen Pumpenantrieb, mit dem die ausgebrachte Menge unabhängig von Motordrehzahl und Fahrgeschwindigkeit stufenlos angepasst werden kann. Allerdings sind diese hoch spezialisierten Systeme in Bayern noch wenig verbreitet. Ein neuartiges Verfahren zur exakten Regelung der Nährstoff-Ausbringmenge bieten derzeit drei Hersteller von Gülletechnik an. Entweder direkt am Güllewagen, oder in einer mobilen Pumpstation verbaut messen Nah-Infrarot-Reflexionsmesssysteme (NIR) den Nährstoffgehalt des aktuell am Sensors vorbeiströmenden flüssigen Wirtschaftsdüngers. (3) Einige Güllefasshersteller haben auch eigene Schleppschlauch bzw. Schleppschuhgestänge oder Ackerlandinjektoren im Angebot, die meisten deutschen Hersteller rüsten ihre Fässer jedoch mit dem vom Kunden gewünschten Verteiler aus, von welchem Hersteller auch immer. Festzuhalten bleibt, dass im Bereich der Gülletechnik noch verhältnismäßig viele Hersteller existieren und die Verbreitung meist noch sehr regional ist. Zudem gibt es eine große Bandbreite an Fahrzeugtypen und Ausstattungsvarianten. Zusätzlich zu Ausbringfässern bzw. -technik werden von einigen Herstellern auch Transportfahrzeuge gebaut, da in manchen Regionen der Trend in Richtung getrennter Verfahren geht (Trennung Straßentransport und Ausbringung im Feld). Selbstfahrer bauen die Hersteller meist auf bekannte Trägerfahrzeuge (Claas Xerion oder Holmer Terra Variant) auf. Der von der niederländischen Firma Vredo entwickelte und gebaute Vredo Trac VT 3936 ist nur für die Gülleausbringung konzipiert. Vorteile der Selbstfahrer liegen vor allem in der besseren Wendigkeit und der genaueren Anlenkung von im Heck angebauten Gülleverteilergeräten, außerdem verfügen sie über sehr hohe Zugkräfte.

3.2 Unterschiedliche Arten von Verteilern für die Gülleausbringung

Bis heute dominiert in Bayern der Einsatz von Breitverteilern. Zu dieser Gerätegruppe zählen nach unten abstrahlende Prallkopfverteiler, Schwanenhalsverteiler und die Pendel- oder Schwenkverteiler. Prallteller, Drehstrahlregner, senkrecht angeordnete Schleuderscheiben oder auch ein freier Auslauf auf Verteilbleche sind nach der geltenden Düngeverordnung nicht mehr erlaubt.

Derzeit sind in Bayern überwiegend Schwanenhalsverteiler oder der Schwenkverteiler, der durch eine „großtropfige“ Ausbringung geringe Ammoniakverluste aufweist, im Einsatz.

Allerdings ist mit den genannten Verteilern keine bodennahe Applikation bzw. keine Injektion möglich. Um die gasförmigen Verluste zu verringern wurden zuerst Schleppschlauchverteiler entwickelt, die eine streifenförmige Ablage auf der Bodenoberfläche ermöglichen. Klappbare Schleppschlauchgestänge werden in Arbeitsbreiten von 6 bis 36 m angeboten und können mit Hangausgleich, Tropfstopp und Teilbreitenschaltung ausgeführt werden. Der Schlauchabstand liegt meist zwischen 25 und 30 cm, kann jedoch individuell an die jeweiligen Anforderungen angepasst werden. Bereitet der Einsatz auf dem Acker in Getreidebeständen oder bei anschließender Einarbeitung keine Probleme, so kann es beim Einsatz in Grünland zu Futtermittelschmutzungen kommen.

Der Schleppschuhverteiler kann dieses Problem vermeiden. An Federelementen, die im Abstand von 18 bis 25 cm (gängige Maße bei bekannten Herstellern) an einem Querträger befestigt sind, werden die Schläuche nach unten geführt. Die Gülle wird durch einen Art Gummischuh (manchmal auch in Stahlausführung) in einem Schlitz abgelegt, der von einer an der Feder befindlichen Kufe gezogen wird. Ein Druck von ca. 10 kg pro Element reicht aus, um den flüssigen Wirtschaftsdünger im Grünland in den Pflanzenbestand unter die Blätter abzulegen, allerdings wird die Bodenoberfläche meist nur leicht angeritzt. Beim Einsatz im Ackerland ist die Injektionstiefe sehr stark von der Bodenbeschaffenheit und den Witterungsverhältnissen abhängig. Im Gegensatz zu einem Scheibeninjektor ist der Schleppschuhverteiler leichtzügiger und besitzt ein geringeres Eigengewicht, so dass er sich auch für die Nachrüstung älterer Güllefässer eignet. Für Schleppschlauch- und Schleppschuhverteiler ist eine Dreipunkthydraulik im Heck des Güllefasses nicht zwingend erforderlich, sie können auch fest angebaut werden. Es werden Arbeitsbreiten zwischen 5 und 24 m angeboten.

In den Niederlanden bereits seit längerer Zeit im Einsatz, um den hohen Anforderungen der dort geltenden Verordnungen gerecht zu werden, finden Scheibeninjektoren auch in Deutschland eine zunehmende Verbreitung. Eine vorauslaufende Scheibe, oder auch zwei V-förmig angeordnete Scheiben, ziehen einen ca. 5 cm tiefen Schlitz, in den der flüssige Wirtschaftsdünger abgelegt wird. Bei den meisten Geräten ist am Ende des Schlauchs eine Gummidüse zur besseren Platzierung angebracht. Ist das Funktionsprinzip fast immer sehr ähnlich, so unterscheiden sich die Geräte vor allem im Durchmesser (25 bis 50 cm) und der Materialstärke der Scheiben, sowie deren Aufhängung und Ansteuerung. Teilweise gibt es Geräte, bei denen die Scheiben bei Kurvenfahrt mitlenken. Die meisten Scheibenelemente sind mechanisch gefedert, bei teureren „Profimaschinen“ werden auch hydraulische Federungssysteme zur Boden Anpassung eingesetzt. Die Scheiben sind in vielen Fällen paarweise auf einer Achse gelagert, die dann mit dem Trägerrahmen über das Federelement verbunden ist. Unterschiedlich von der Bauart, stehen die Scheiben parallel zueinander oder sie sind paarweise V-förmig zueinander angestellt. Manche Hersteller setzen auch auf einzeln gelagerte und leicht schräg gestellte Scheiben, die dann

meist über einen sehr großen Durchmesser verfügen. Die Gülle wird dabei „hinter“ der Scheibe eingebracht. Der gängige Strichabstand liegt zwischen 18 und 24 cm, die Verteiler werden in Arbeitsbreiten von 4 bis 12 m angeboten. Analog zu den Schleppschlauch- und Schleppschuhverteilern gibt es viele optionale Ausstattungsvarianten. In der Regel werden die Geräte über eine stabile Drei- oder Vierpunkthydraulik im Heck des Ausbringfahrzeugs angebaut, da sie ein deutlich höheres Eigengewicht als Schleppschlauch- und Schleppschuhverteiler aufweisen. Eignen sich Scheibeninjektoren im Ackerland oder mehrjährigen Feldfutterbau bestens, so wird im Dauergrünland teilweise auf negative Auswirkungen auf die Grasnarbe hingewiesen. Auf Grünland wurden in Deutschland im Jahr 2010 fast 90 % der Gülle noch mit Breitverteilern ausgebracht, nur 2 % wurden in Injektionsverfahren appliziert. (4) Trotzdem können Scheibeninjektoren, vornehmlich auch zur direkten Gülleeinarbeitung auf Mulchsaatflächen, in Zukunft eine wichtige Rolle spielen.

Neben den oben beschriebenen speziellen Verteilern existieren sehr unterschiedliche Lösungen für die Ausbringung und direkte Einarbeitung auf unbestelltem Ackerland. Dies sind zumeist Grubber und Scheibeneggen, die mit entsprechenden Verteileinrichtungen und Abgängen (Schläuche) zumeist hinter den Bodenbearbeitungswerkzeugen für die kombinierte Ausbringung geeignet sind.

Zentrales Element jedes Verteilgerätes ist ein Rotations-, Schneid- oder Schneckenverteiler, der den flüssigen Wirtschaftsdünger von der Dosiereinrichtung übernimmt und über seine Abgänge gleichmäßig auf die einzelnen Schläuche bzw. Schleppschuhe, Scheibeninjektoren oder Strip-Tillage Aggregate verteilt.

3.3 Emissionsmindernde Ausbringtechnik zur Spätdüngung von Mais mit flüssigen Wirtschaftsdüngern - Praxisbeispiele

Durch Literaturrecherche und durch Kontakte mit Versuchsanstellern konnten Informationen über bereits durchgeführte Versuche und Untersuchungen zur Gülleausbringung in wachsende Maisbestände gewonnen werden. Durch die Befragung von Mitarbeitern der Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten konnten darüber hinaus Kontakte zu Landwirten und Lohnunternehmern hergestellt werden, die zum Projektbeginn bereits praktische Erfahrungen mit der Ausbringung von Gülle oder Gärresten in wachsende Maisbestände gemacht hatten. Weitere wichtige Ansprechpartner um an Informationen zu kommen, waren auch das Kuratorium Bayerischer Maschinenringe (KBM) und die Hersteller von Gülletechnik.

3.3.1 Forschungsvorhaben Techniken zur Güllespätdüngung in Mais

Ein ehemaliger Mitarbeiter des AELF Miesbach berichtete von Versuchen vor etwa 25 Jahren zur Reihendüngung im Mais mit Gülle. Anfang Juni, bei einer Wuchshöhe von 30 bis 40 cm, wurde mit einem Schleuderfass die Gülle mittels Schläuchen (diese waren an einer waagrechteten Leitung angeschlossen) ausgebracht und anschließend mit einem Hackgerät eingearbeitet. Dies hatte den Vorteil, dass zugleich das Unkraut bekämpft wurde. Da die chemische Unkrautregulierung deutlich schlagkräftiger und kostengünstiger war, wurde dieser gut funktionierende Ansatz nicht weiter verfolgt (Abbildung 1).



Abb. 1: Güllefass mit angebauten Schläuchen zur Düngung im Maisbestand um 1990

In einem weiteren Versuch wurde die Gülle mit einem umgebauten Grubber an einem Unimog, der mit einem aufgebauten Güllebehälter versehen war, eingebracht. Allerdings war es damals noch nicht zu vermitteln, dass für eine 4-reihige Gülleausbringung 110 PS Motorleistung notwendig waren, woraufhin auch diese Versuche eingestellt wurden (Abbildung 2).



Abb. 2: Unimog mit „Spezial – Güllegrubber“ (Häufelpflug mit Zustrreicher)

Im Zuge verschiedener Forschungsvorhaben führte die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft Anfang der neunziger Jahre Feldversuche zur Gülleausbringung in stehende Maisbestände durch. Als Ausbringfahrzeug diente ein Fendt Geräteträger

(Allrad-Hochrad), welcher mit einem aufgebauten Güllefass und einer Drehkolbenpumpe im Frontanbau ausgerüstet wurde (Abbildung 3).



Abb. 3: Fendt Geräteträger bei der Gülleausbringung im Maisbestand

Über die im Heck angeordneten Schleppschläuche wurde die Gülle zwischen den Maisreihen abgelegt und anschließend von den nachlaufenden Häufelkörpern mit Erde bedeckt. (5 S. 79 f.) Die Ermittlung der möglichen Ausbringleistung verschiedener absätziger Verfahren bei der organischen Düngung, sowie der Organisationsablauf, standen bei einem weiteren Versuch im Mittelpunkt. Beim Verfahren „absätzige Gülleausbringung mit direkter Feldrandübergabe an pflegebereiftem Selbstfahrer mit Maisspezialverteiler“ kam der Geräteträger zum Einsatz. (6) Außerdem wurden mit dieser Ausbringeinheit Versuche zur Überprüfung der mengenmäßigen Gleichverteilung computergestützter Flüssigmistausbringsysteme durchgeführt. (7)

In den Jahren 1995 bis 1997 führte das Institut für Landtechnik der Technischen Universität München, im Rahmen des Forschungsverbundes Agrarökosysteme München FAM in Scheyern, Versuche zur Gülleausbringung in Maisbestände durch. (8 S. 53, 55) Ein für den Weinbau konstruiertes Trägerfahrzeug der Firma BRAUD wurde mit einem 4 m³ fassenden Aufbau tank, einer automatischen Ausbringregelung mit hydrostatischem Pumpenantrieb und mit der nötigen Applikationstechnik ausgerüstet (Abbildung 4).

Aufgrund seiner hohen Bodenfreiheit eignete sich das Fahrzeug hervorragend für Maishöhen bis zu 100 cm. Nachdem es im ersten Versuchsjahr aufgrund einer zu geringen Durchgangshöhe im Bereich des Anbaurahmens der Werkzeuge zu Problemen mit Verstopfungen kam, wurde im Folgejahr der Verteiler neu aufgebaut. Pro Maisreihe kamen zwei Schleppschuhverteiler zum Einsatz, die auch bei einer größeren Mengen an Pflanzenrückständen und hohen Maispflanzen störungsfrei arbeiteten. Durch einen Anpressdruck von 5 bis 10 kg, der mittels Federstahlbügel erzeugt wurde, gingen die Gleitschuhe etwa 1 bis 3 cm in den Boden hinein. Bei stark verkrusteten Bodenoberflächen war allerdings kein Eindringen mehr möglich.



Abb. 4: Braud Trägerfahrzeug bei der Güllespädüngung (FAM, Scheyern)

3.3.2 Praxisbeispiele landwirtschaftlicher Betriebe in Bayern

Ein Landwirt aus Mittelfranken sieht das Schaffen freier Lagerkapazitäten, durch die Möglichkeit, Gülle auch noch im Juni auszubringen, als größten Vorteil der Güllespädüngung. Er setzt einen 15 m³ fassenden Pumptankwagen, ausgerüstet mit einem 21 m breiten Schleppschlauchgestänge ein, welcher durch eine Umrüstung auf 480 mm breite Nokian Forstreifen und einer negativen Einpresstiefe auf eine Spurweite von 217 cm kommt. Der Traktor hat 750 mm breite Reifen und kommt auf eine Spurweite von 220 cm. Um mit diesem Gespann eine Reihendüngung durchführen zu können, legt der Landwirt Fahrgassen an. Die Aussaat erfolgt mit einem 7-reihigen Einzelkornsägerät, wobei der Reihenabstand 60 cm beträgt. Für die Anlage einer Fahrgasse werden, wie in Abbildung 5 dargestellt, die Säaggregate der Reihen 3 und 5 um jeweils 15 cm nach innen zur mittleren Reihe 4 hin verschoben und die Aggregate in Reihe 2 und 6 werden ebenfalls um jeweils 15 cm zur äußeren Reihe geschoben. Somit entstehen entsprechend breite Reihenweiten (90 cm), die an die Spurweiten von Zugfahrzeug und Güllefass angepasst sind.

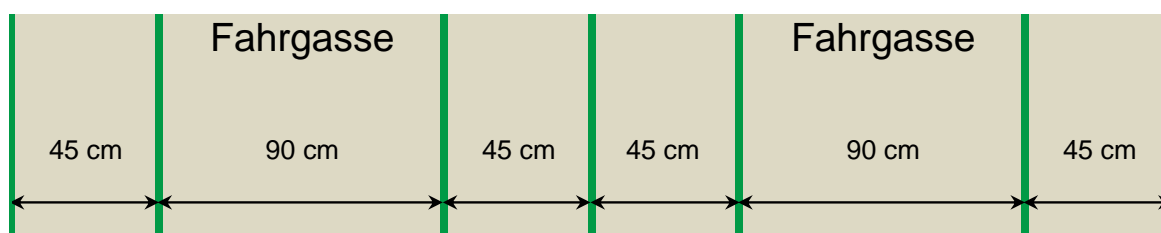


Abb. 5: Anlage von Fahrgassen für die Güllespädüngung im Mais

Der eingesetzte Verteiler verfügt über 80 Abgänge (Schläuche), somit kommt man auf einen Schlauchabstand von ca. 26 cm. Die Schleppschläuche weichen den Maispflanzen problemlos aus, außerdem ist laut Aussagen des Landwirts die Gülleausbringung im wachsenden Bestand sehr geruchsarm, obwohl er Mengen in Höhe von 18 bis 24 m³ ausbringt. Vor der Saat wird in etwa die gleiche Menge appliziert. Bisher kam es (bis aufs Vorgewende) noch zu keinen starken Schäden an den Pflanzen. Der Betrieb nutzt zur Arbeitserleichterung, sowohl bei der Maisaussaat als auch bei der Gülleausbringung, einen GPS – gelenkten Traktor (RTK).

Über das KBM konnte Kontakt zu einem Landwirt im Landkreis Aichach – Friedberg hergestellt werden, der seit mehreren Jahren im Lohn für andere Betriebe Gülle ausbringt. Er berichtete von der zunehmenden Anzahl an Biogasanlagen, die Gärsubstrate auch von weiter entfernten Betrieben beziehen und aufgrund des damit verbundenen hohen Aufkommens an flüssigen Gärresten nach einer praktikablen Lösung für die Ausbringung dieser organischen Wirtschaftsdünger suchten. Um Arbeitsspitzen zu entzerren (insbesondere bei weiten Transportwegen), wurden Versuche zur Düngung in stehende Maisbestände angestellt. Erste Versuche mit einem Schleppschuhverteiler schlugen fehl, da die Gleitkufen bei harten Bodenbedingungen zu wenig Druck auf den Boden brachten, um einen Schlitz zu öffnen. Ein höherer Druck, welcher nur durch weiteres Absenken des Gerätes möglich war, führte dazu, dass die Federelemente – aufgrund des flacheren Anstellwinkels – weiter nach hinten hinausragten und bei Kurvenfahrt die Pflanzen umdrückten. Zudem wurde seitens des Lohnunternehmers befürchtet, dass ein aktiv in den Boden eingreifendes Gerät die Wurzeln zu stark beschädigen würde. Da es außerdem bei Mulchsaaten Probleme mit verstopften Gummidüsen gab, wird seither ein 9 m breiter Schleppschlauchverteiler eingesetzt, der ein niedriges Gewicht aufweist und keine Schäden an den Pflanzen verursacht (Abbildung 6).



Abb. 6: Gülleausbringung mit Schleppschlauchverteiler zwischen den Maisreihen

Anstelle der handelsüblichen Kunststoffspiralschläuche wurde das Gestänge mit güllebeständigen PVC-Druckschläuchen (2 pro Reihe) ausgestattet, an deren Ende sich eine Metalldüse befindet. Diese Schläuche hängen frei zwischen den Reihen und können den Maispflanzen ausweichen. Zum Einsatz kommt ein Pumpfass in Einachsausführung mit 8 m³ Fassungsvermögen, welches aufgrund seiner Größe und der eingebauten Zwanglenkung sehr wendig und bodenschonend ist. Ausgestattet ist es mit 420 mm breiten Reifen, die Spurweite wurde wie beim Traktor auf 225 cm angepasst. Die 180 cm hohe Bereifung verschafft die nötige Bodenfreiheit. Vorteilhaft ist in diesem Fall auch die eher geringe Arbeitsbreite von 9 m, da sich bei größeren Breiten die mögliche Feldlänge deutlich verkürzt hätte. Mithilfe eines Saugarms am Güllefass kann direkt am Feldrand vom Zubringerfahrzeug angesaugt werden. Bei der Spätdüngung mit flüssigen Wirtschaftsdüngern beträgt die Wuchshöhe des Mais zwischen 20 und teilweise sogar 130 cm. Wenn die Reihen geschlossen sind, verhindert das Blätterdach weitgehend die Emissionen aus dem Bestand. Vor der Saat werden zumeist 20 m³/ha und zum späteren Zeitpunkt nochmals 30 m³/ha Gülle ausgebracht. Beobachtungen zufolge entwickelte sich dieser Bestand genauso gut wie eine Kontrollvariante, welche in etwa die gleiche Menge an Mineraldünger zum späten Zeitpunkt erhalten hatte. Das System wird bis dato von den Landwirten sehr gut angenommen. Die Gülleausbringung kann dadurch entzerrt und die Ausnutzung der Technik erhöht werden.

3.3.3 Beispiele und Erfahrungen von Herstellern von Gülletechnik

Zu Versuchszwecken setzt die niederländische Firma KAWECO (Kamps de Wild) schon seit mehreren Jahren ein Güllefass mit 30 m³ Fassungsvermögen, ausgestattet mit 480 mm breiter Bereifung (580 mm wäre auch möglich) und einem angebauten Schleppschlauchverteiler zur Güllespätdüngung in stehenden Maisbeständen ein. Es sind Wuchshöhen bis zu 1 m möglich.

Die Firma BRIRI aus Bawinkel nutzt bei der Güllespätdüngung im Mais (bis zu ca. 1 m Höhe) ebenfalls einen selbst produzierten Schleppschlauchverteiler. Auf Wunsch können die Fässer auch mit einem Schleppschuhverteiler (Bomech) ausgestattet werden. Soll eine Reihendüngung zwischen den Maispflanzen durchgeführt werden, muss der Abstand zwischen den Schleppschuhen auf den jeweiligen Reihenabstand angepasst werden und das Güllefass mit einer Pflegebereifung ausgerüstet werden. Die Spurweite bei den Fässern von BRIRI beträgt dann 2,25 m. Die Spur des Traktors muss ebenfalls angepasst werden.

Das Lohunternehmen Dittmer setzt seit Frühjahr 2012 ein 20 m³ Güllefass der Firma Wienhoff mit 24 m Schleppschlauchverteiler zur Ausbringung von flüssigem Wirtschaftsdünger in Maisbeständen bis zu 60 cm Höhe ein. Durch eine Spurweite von 2,25 m und 650er Bereifung, sowohl beim Güllefass als auch beim Zugfahrzeug, sind fast keine Schäden an Pflanzen und Boden zu erkennen. Für eine hohe Schlagkraft verbleibt das Fass am Feld und wird aus einem „Feldrandcontainer“ betankt, der im Pendelverkehr mittels Zubringerfässern befüllt wird.

Auf Nachfrage bei der Firma BOMECH wurde bestätigt, dass es mit den Schleppschuhverteilern ohne Probleme möglich ist, Gülle bzw. Gärreste in wachsende Pflanzenbestände (Getreide, Mais) bis zu einer Höhe von 1 m einzubringen. Zwei Kunden aus Norddeutschland bieten im Lohn bereits seit einigen Jahren eine Güllespätdüngung im Mais mit Schleppschuhverteilern an. In den Niederlanden ist es schon seit längerem üblich, eine organische Düngung in den Maisbestand zwischen den Reihen durchzuführen.

Der Druck von 10 kg pro Feder hilft Pflanzenmulch zu durchschneiden und den Boden zu öffnen, um die Gülle oder den Gärrest im Schlitz zu platzieren.

Weitere interessante Informationen lieferte ein Kundenberater der österreichischen Firma VAKUTEK, der in seiner Tätigkeit als Nebenerwerbslandwirt seit dem Jahr 2000 Gülle mit einem Schleppschlauchverteiler in Maisbestände ausbringt. Er berichtete von positiven Erfahrungen mit der Ausbringung von Schweinegülle, die in seinem Fall die mineralische Düngung komplett ersetzt. Allerdings konnte er auch beobachten, dass es bei höheren Güllemengen und späteren Ausbringzeitpunkten zu einer deutlich späteren Abreife kommt und bzw. die Kornfeuchte wesentlich höher ist. In seinem Fall erfolgt die Güllespät Düngung mit einem herkömmlichen Schleppschlauchverteiler, das Güllefass wird mit Pflegerädern und passender Spurweite „maistauglich“ gemacht. Das 4- bis 6-Blattstadium ist seines Erachtens der geeignetste Zeitpunkt für die organische Düngung (Abbildung 7).



Abb. 7: Vakutec – Turbofass mit Schleppschlauchgestänge

Die Praxisbeispiele zur Güllespät Düngung in Mais haben gezeigt, dass auch in Bayern einzelne Anwendungen des Verfahrens existieren. Gegenüber den ersten Forschungsvorhaben in den 80er und 90er Jahren des letzten Jahrhunderts kommen ausschließlich Schleppschlauchverteiler zum Einsatz. Verteiltechnik, die die flüssigen organischen Wirtschaftsdünger aktiv in den Boden einbringt, wurde zu Beginn des eigenen Forschungsvorhabens in der Praxis nicht angewendet.

4 Eigene Untersuchungen 2013-2016

4.1 Eingesetzte Technik im Versuch

Aufgrund der vorangegangenen Überlegungen sollten drei unterschiedlich intensiv in den Boden eingreifende Geräte für die Verteilung und Einbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern in den wachsenden Maisbestand (bis zu 1 m Wuchshöhe) eingesetzt und untersucht werden. Diese drei Spät Düngungstechniken sollten im Versuch mit drei erosionsmindernden Bestellverfahren für Mais kombiniert werden. Diese waren die Mulchsaat mit und ohne Saatbettbereitung und die Streifenbodenbearbeitung. Für die Gülleausbringung vor der Saat in Kombination mit der Streifenbodenbearbeitung war

bereits aus einem früheren Versuch ein Strip Tillage Gerät des amerikanischen Herstellers Yetter vorhanden.

Da an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft kein für Parzellenversuche geeignetes Güllefass vorhanden war, das mit dem einem Strip Tillage Gerät zur Gülleinjektion oder mit Scheibeninjektoren eingesetzt werden konnte, und sich herausstellte, dass es auch nicht im Rahmen des überbetrieblichen Maschineneinsatzes ausgeliehen werden konnte, musste ein solches im Rahmen des stark begrenzten Budgets des Forschungsvorhabens beschafft werden. Hierzu erfolgten Gespräche mit zwei bayerischen Herstellern von Gülletechnik über den kostengünstigen Erwerb eines gebrauchten Gülleffasses mit elektronischer Ausbringmengenregelung mit Durchflussmesser, das als Versuchsträger zum Einsatz kommen sollte. Zusätzlich musste das Fass über eine Anbaumöglichkeit für verschiedene Verteilgeräte mittels Dreipunkthydraulik verfügen. Die Firma Zunhammer aus dem oberbayerischen Traunreut konnte der LfL zum Ende des Jahres 2012 ein gebrauchtes, zehn Jahre altes Fass anbieten, das die Vorgaben erfüllte. Im Frühjahr 2013 konnte der 8000 Liter fassende Pumptankwagen (in Einachsausführung), ausgestattet mit einer Dreipunkthydraulik übernommen werden, nachdem einige Umbauten (Pumpe mit geringerer Fördermenge, Rückbau des Andockarms auf manuelle Kupplung) und Reparaturen (Austausch Durchflussmengensensor) durchgeführt wurden (Abbildung 8).



Abb. 8: Pumptankwagen mit Breitreifen mit 8000 l Fassungsvermögen für Versuche

Im Folgenden wird kurz die Funktionsweise der vollautomatischen Regelung der Ausbringmenge über ein „Bypassventil“ erläutert, mit dem das Versuchs-Güllefass ausgestattet ist. Die Regelung erfolgt mit Hilfe eines UNI-Control S Rechners der Firma Müller Elektronik), der einen Linear-Stellmotor ansteuert, welcher die Stellung des Kugelhahns zum Bypass verändert. Die benötigten Berechnungsdaten erhält der Rechner von drei verschiedenen Sensoren. Ein magnetisch induktiver Durchflussmesser (Fabrikat KROHNE) ermittelt stets die aktuelle Durchflussmenge der Gülle in m³ pro Zeiteinheit. Die Fahrgeschwindigkeit wird von einem Radsensor an der Achse des Pumptankwagens gemessen und ein Drehzahlsensor an der Eingangswelle überwacht fortlaufend die Pumpendrehzahl. Um auch mit einer für den Versuch benötigten geringen Arbeitsbreite

von 3 m arbeiten zu können, wurde eine kleinere Drehkolbenpumpe mit einer Leistung von 2800 l/min eingebaut. Außerdem wurde für die Spätdüngung ein Reduziergetriebe (1:3) eingebaut, so dass die Pumpenleistung bei einer Zapfwellendrehzahl von 540 U/min nur mehr 930 l/min beträgt. Das Fass wurde für die Ausbringung im Maisbestand mit einer Pflegebereifung 270/95 R 44 ausgerüstet, so dass die Spurweite etwas über 1,50 m beträgt und die 4-reihigen Parzellen zwischen den äußersten Maisreihen befahren werden können. Für die Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger vor der Saat steht eine bodenschonende Bereifung in den Dimensionen 750/60-30,5 zur Verfügung. Im Heck des Güllefasses befindet sich eine Dreipunkthydraulik, an die mittels Kuppeldreieck die verschiedenen Gülleverteiler angebaut werden können.

Obwohl sich in der Praxisumfrage gezeigt hatte, dass bisher zur Spätdüngung mit flüssigen Wirtschaftsdüngern in Mais ausschließlich Schleppschlauchverteiler genutzt werden, wurde auf diese Variante in den Versuchen verzichtet, da ihre Funktion belegt ist, aber erwartet werden muss, dass die Ammoniakemissionen bei der Ausbringung im Frühsommer (hohe Temperaturen) und geringer Wuchshöhe (offener Bestand) sehr hoch sind.

Deshalb wurden drei unterschiedlich intensiv in den Boden eingreifende Verteilgeräte für den Versuch ausgewählt. Es sollten ein Schleppschuh als einfach aufgebaute, gewichts- und kostensparende Variante, sowie ein leichter, flach arbeitender und ein schwerer, tief arbeitender Schlitzverteiler zum Einsatz kommen.

Nach umfangreichen Marktrecherchen fiel die Wahl beim Schleppschuhverteiler und den leichten Scheibenschlitzinjektoren auf Aggregate der Firma BOMECH. Vom kanadischen Hersteller Bourgault wurden vier „schwere“ Scheibeninjektoren beschafft, welche über einen Scheibendurchmesser von 60 cm verfügen und von denen erwartet werden konnte, dass sie auch hohe Applikationsmengen vollständig einarbeiten können. Nach Lieferung der Applikationstechnik wurden durch die hauseigene Werkstatt Trägerrahmen für die einzelnen Elemente gebaut und an die Dreipunkthydraulik des Güllefasses angepasst (Abbildung 9).

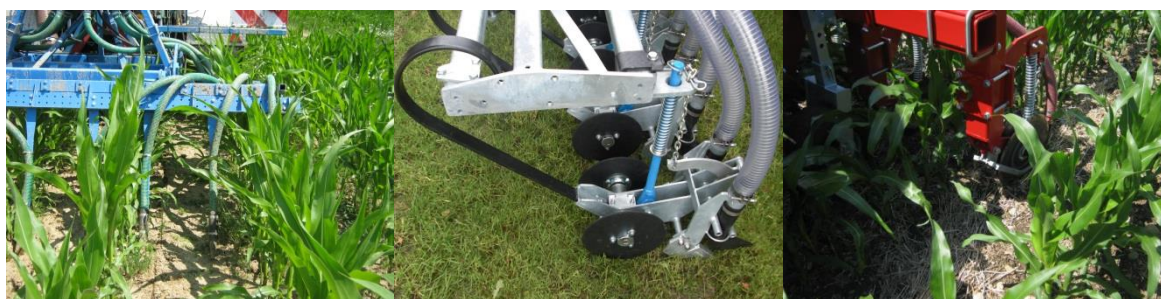


Abb. 9: Schleppschuhverteiler, leichter und schwerer Scheibeninjektor

Bei allen drei Verteilgeräten stellte sich im Versuch die Frage, wieweit sie in den Boden respektive in die Mulchschicht eindringen können, ob sich das Pflanzenmaterial aufstauen und es so zu Verstopfungen kommen und wie tief der flüssige Wirtschaftsdünger in den Boden gebracht würde.

Nachdem sich der Scheibeninjektor der Firma Bourgault im ersten Versuchsjahr als ungeeignet erwies (es kam aufgrund der bauartbedingten Breite von ca. 550 mm zu erheblichen Pflanzenschädigungen, außerdem verursachten die unsymmetrisch angeordneten Elemente einen starken Seitenzug auf das Güllefass), musste er durch ein neues Aggregat ersetzt werden. Hierbei handelt es sich um einen speziell für die

Ausbringung von Gülle und Gärresten in Maisbeständen, bis zu einer Wuchshöhe von 100 cm, konstruierten Gülleinjektor, der mit dem Doppelschneidscheibensystem der niederländischen Firma VREDO ausgerüstet wurde. Ab 2014 konnte das Gerät, aufgrund seiner störungsfreien Arbeit, auch bei hohen Mulchauflagen überzeugen. Es gab keine Probleme mit sehr zähem Stroh, welches beim leichten Scheibeninjektor nicht durchgeschnitten wurde und somit in den meisten Fällen ein Aufstauen von Pflanzenmaterial und Erde verursachte. Dieser Vorteil gründet unter anderem im größeren Durchmesser der Scheiben. Zusätzlich sind diese Scheibenpaare V-förmig angeordnet, wodurch ein Schlitz entsteht der auch größere Güllemengen aufnehmen kann.

4.2 Konzeptionelle Überlegungen zur Versuchsanstellung

Im Folgenden werden einige grundlegende Überlegungen dokumentiert, die zu einer erfolgreichen Versuchsdurchführung notwendig erschienen, da sich der durchgeführte Großparzellenversuch deutlich vom üblichen Versuchsdesign der Mais-Sortenversuche oder anderer Parzellenversuche der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft unterscheidet.

Da keine spezielle Parzellenversuchstechnik eingesetzt werden konnte und die Geräte mit Eingriff in den Boden eine gewisse Strecke benötigen, um die endgültige Arbeitsgeschwindigkeit und Arbeitstiefe zu erreichen, mussten die Versuchspartellen mindestens 70 m lang sein. Aufgrund der nur in begrenztem Umfang zur Verfügung stehenden Versuchsflächen, wurde, analog zu den übrigen Maisversuchen der LfL, eine Partellenbreite von 3 m (vier Reihen, Ernte der zwei Kernreihen) festgelegt. Hinsichtlich der sicherlich interessanten Frage zu Führung und Abdrift der Geräte bei großen Arbeitsbreiten kann diese Versuchsanordnung damit keine Antworten liefern.

Die Überlegung, zur Spätdüngung Fahrgassen mit festen Spuren anzulegen, hätte den Vorteil, dass eine breitere Bereifung eingesetzt werden könnte, die im Gegensatz zur Pflegebereifung einen geringeren Bodendruck aufweisen würde. Dabei hätten aber die Versuchspartellen breiter sein müssen. Damit wäre jedoch der Flächenbedarf angewachsen und es wäre mehr flüssiger Wirtschaftsdünger gleicher Qualität notwendig gewesen. Aus diesen Gründen wurde dieser Ansatz wieder verworfen.

Aufgrund der vier Reihen breiten Versuchspartellen war es auch nicht möglich, das „Versuchsgüllefass“ (und den Traktor) bei der Spätdüngung auf eine Spurweite von 225 cm (3 Maisreihen zwischen den Rädern) einzustellen, wie es in der Praxis (ohne Fahrgassen) üblich ist. Dies hätte einen asymmetrischen Anbau der Verteiler und einen schrägen Zug und schlechte Geräteführung verursacht. Das Güllefass wurde durch entsprechende Pflegebereifung (270/95 R 44 Taurus RC 95) mit negativer Einpresstiefe der Felgen auf eine Spurweite von 170 cm gebracht, so dass es knapp innerhalb der beiden Randreihen läuft.

Da im Versuch die Spätdüngung auch unter extremen Bedingungen, das heißt bis zu einer Höhe von 60 cm (mit Höhen bis zu 100 cm war aufgrund witterungsbedingter Verschiebungen zu rechnen) getestet werden sollte, war es wichtig, dass sowohl bei den Verteilgeräten als auch beim Güllefass und Traktor die Durchgangshöhe ausreichend ist. Bei den Verteilern wurden dazu entsprechende Umbauten durchgeführt und durch die hohe Pflegebereifung am Fass konnte genügend Durchgang geschaffen werden. Einzig beim Zugfahrzeug waren keine Veränderungen möglich.

4.3 Versuchsbeschreibung

Ausgehend von den vorangegangenen Überlegungen wurde im Jahr 2013 gemeinsam mit der Abteilung Versuchswesen und Biometrie ein vollständig randomisierter Versuch mit den 3 Faktoren „Bestellverfahren“, „Güllesystem“ und „Technik Güllespädung“ und jeweils 3 Stufen pro Faktor geplant (Tabelle 1).

Tab. 1: Übersicht zu den einzelnen Faktoren und Stufen des Versuchs

Faktor	Stufenbezeichnung	Erklärung	Abkürzung
1 Bestellverfahren	Saatbettbereitung flächig	Mulchsaat mit Saatbettbereitung	KE
	Keine Saatbettbereitung	Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	KBB
	Streifenbodenbearbeitung	Bearbeitung von Streifen im Abstand von 75 cm	ST
2 Güllesysteme	30/0	Komplette Güllegabe vor der Saat	30/0
	15/15	Aufgeteilte Güllegabe, 15 m ³ vor der Saat und 15 m ³ bei ca. 60 cm Wuchshöhe	15/15
	0/30	Komplette Güllegabe bei ca. 60 cm Wuchshöhe	0/30
3 Technik Güllespädung	Schleppschuh	Schleppschuhverteiler Fabrikat Bomech	Schlepp
	Scheibeninjektor leicht	Scheibeninjektor in leichter Ausführung mit paarweise auf einer Achse angeordneten Scheiben	S-leicht
	Scheibeninjektor schwer	Scheibeninjektor in schwerer Ausführung mit paarweise v-förmig zueinander angestellten Scheiben	S-schwer

Ausgangspunkt sind drei zukunftsweisende Bestellverfahren, die ein hohes Erosionsschutzniveau gewährleisten: „Mulchsaat mit Saatbettbereitung“, „Mulchsaat ohne Saatbettbereitung“ und „Streifenbodenbearbeitung“. Diese nicht wendenden Bodenbearbeitungsvarianten sollen den Pflanzenmulch der abgefrorenen Zwischenfrüchte

Die benötigten Versuchsflächen wurden vom LVFZ Achselschwang, Landkreis Landsberg am Lech, zur Verfügung gestellt. Auch bei der notwendigen Versuchstechnik konnte in großem Umfang auf das LVFZ zurückgegriffen werden. Das zentrale Zugfahrzeug zur Versuchsanlage (Deutz Agrotron M 610), wurde vom LVFZ gestellt und durch das Projekt mit einem hochgenauen Lenksystem mit RTK DGPS ausgerüstet, um bei den Versuchsvarianten mit Streifenbearbeitung eine exakte Ablage der Maiskörner in den bearbeiteten Streifen zu ermöglichen. Da alle Bestellarbeiten im Versuch mit Hilfe des hochgenauen automatischen Lenksystems durchgeführt wurden, konnte sehr viel Zeit für das exakte Vermessen der Parzellen gespart werden und die Anlage des vollständig randomisierten Großparzellenversuchs wurde stark erleichtert. Auch der zweite Traktor für die Spätdüngung und die Gülle für den Versuch wurden vom LVFZ bereitgestellt. Darüber hinaus bestellte das LVFZ die Zwischenfrüchte auf den Versuchsflächen, säte den Klee auf den Wendeflächen und half bei der Ernte.

Bei allen anfallenden Arbeiten unterstützten die Mitarbeiter und der Betriebsleiter des Betriebs Achselschwang-Westerschondorf die Versuchsansteller umfangreich und unkompliziert. Hierfür gilt ein besonderer Dank.

In den Jahren 2013 und 2016 wurde der Versuch auf dem Schlag „Dreiweiden“, Gemarkung Finning angelegt. Der Standort befindet sich im nördlichen Teil einer Jungmoräne des Isar-Loisach-Gletschers und liegt auf einer Höhe von 650 m über NN. 2014 wurde der Versuch auf dem „Hechenwanger Acker“, Gemarkung Hechenwang, angelegt. Auch dieser Schlag befindet sich im Bereich einer Jungmoräne mit Endmoränenzügen aus der Würmeiszeit und liegt auf einer Höhe von 590 m über NN. Kennzeichnend ist der kiesige, sandig bis tonig-schluffige Boden, der zum Teil mit Vorstoßschotter durchsetzt ist. An beiden, westlich des Ammersees gelegenen Standorten, beträgt die durchschnittliche Jahrestemperatur 7,8° C und der mittlere Jahresniederschlag liegt bei 950 bis 1200 mm. Es gibt durchschnittlich 235 Vegetationstage. Die im Voralpenland gelegene ackerbauliche Grenzregion ist vom Grünland geprägt, der Ackerbau und der Anbau von Silomais für die Milchviehfütterung haben jedoch einen hohen Stellenwert und eine lange Tradition.

Dem Standort angepasst wurde die Sorte **Ronaldinio S 240** angebaut (Aussaatstärke: 9,5 Pfl./m²).

Vorfrucht war in allen Fällen Wintergerste. Nach der Wintergerstenernte wurde nach zweimaliger Stoppelbearbeitung mit dem Grubber die Aussaat der Zwischenfrucht vorgenommen. Diese erfolgte kombiniert mit Kreiselegge und Drillmaschine, um einen möglichst guten Feldaufgang und ein ebenes Saatbett zu erreichen. Bei der späteren Gülleausbringung zu Mais, vor allem bei den Varianten „Mulchsaat ohne Saatbettbereitung“ ist eine ebene Bodenoberfläche sehr hilfreich und vermeidet Verstopfungen bei Injektionsgeräten. Die gewählte Zwischenfrucht MS 100 A besteht aus 79 % Leguminosen (Alexandrinerklee, Serradella, Saatwicke) und 21 % Kresse, Phacelia und Ramtillkraut.

Zusätzlich zur Güllegabe in Höhe von 30 m³/ha wurde nach Rücksprache mit der Arbeitsgruppe IAB 2a Düngung ausgehend von der unten stehenden Berechnung eine Unterfußdüngung als mineralische Startgabe in Höhe von 30 kg N/ha bei allen Varianten durchgeführt. Absichtlich wurde das Düngungsniveau unter den empfohlenen Werten gehalten, damit sich eventuelle Unterschiede in der Stickstoffverwertung durch die unterschiedlichen Varianten deutlicher zeigen.

Tab. 2: Berechnung des N – Bedarfs bei der Unterfußdüngung

Sollwert Silomais (Gelbes Heft)	180 kg N / ha
Abzgl. Langjährige organische Düngung	20 kg N / ha
Abzgl. Vorfrucht N	0 kg N / ha
Bedarf	160 kg N / ha
<i>Abzgl. Unterfußdüngung</i>	<i>30 kg N / ha</i>
Bedarf	130 kg N / ha
Abzgl. N _{min}	60 kg N / ha
Bedarf	70 kg N / ha
Abzgl. Wirtschaftsdünger Gülle	30 kg N / ha
Defizit zum Sollwert (ist versuchsbedingt gewünscht)	40 kg N / ha

4.4 Versuchsdurchführung

Die Organisation und die Durchführung der Versuche oblag ILT 1 a, unterstützt durch die Mitarbeiter des Betriebs Achselschwang-Westerschondorf, sowie durch die Abteilungen IAB 2a (Düngung), IPZ 4a (Sorte, Bestandesdichte) und AVB 2 (Ernte und Trocknung). Die Arbeiten von der Saat der Zwischenfrucht bis zur Ernte der Versuchspartellen gestalteten sich in allen Jahren gleich.

Im Frühjahr wurde die Versuchsfläche vermessen, anschließend wurden Bodenproben (Standard und N_{min}) gezogen.

In allen Jahren konnte, dank der hohen Niederschlagsmengen im Sommer, eine sehr dichte Mulchauflage durch sehr gut entwickelte Zwischenfruchtbestände erreicht werden. Dadurch war die Altverunkrautung im zeitigen Frühjahr zumeist gering, so dass es eventuell nicht nötig gewesen wäre, eine Herbizidbehandlung durchzuführen. Um zu verhindern, dass eine sich auf der großen Versuchsfläche unterschiedlich entwickelnde Verunkrautung die eigentliche Versuchsfrage, die Auswirkung unterschiedlicher Verfahrenstechniken und Zeitpunkte der Gülleausbringung auf den Ertrag, überdecken würde, wurde jedoch in allen Jahren eine Unkrautregulierung mit einem Totalherbizid vor der Maisausaat durchgeführt.

Mitte April wurde die organische Düngung vor der Saat in Verbindung mit der Saatbettbereitung der Versuchsfläche (Mulchsaat mit Saatbettbereitung) durchgeführt. Begonnen wurde immer mit der Variante „Streifenbodenbearbeitung“. Die Streifenbodenbearbeitung kombiniert die Vorteile einer ganzflächigen Bodenbearbeitung mit denen einer Direktsaat. Im bearbeiteten Streifen kommt es durch die intensive Lockerung zu einer schnellen Bodenerwärmung und es stehen optimale Bedingungen für eine exakte Saatgutablage zur Verfügung. Gleichzeitig bietet der nicht bearbeitete Streifen zwischen den Reihen, bedeckt mit einer Mulchschicht aus abgestorbenen Pflanzenresten, einen guten Schutz vor Wasser- und Winderosion sowie unerwünschter Verdunstung.

Über spezielle Zinken mit angeflanschten Güllerohren wurde der flüssige Wirtschaftsdünger in der gewählten Tiefe abgelegt. (Abbildung 11).



Abb. 11: Strip-Tillage Aggregat mit der Möglichkeit zur organischen Reihendüngung

Ab dem zweiten Versuchsjahr wurde das Strip-Tillage Gerät vom Fabrikat Yetter durch ein Gerät der Firma Orthman ersetzt. Wie die Untersuchungen in den Jahren 2008-2014 gezeigt haben, ist eine sorgfältige Einstellung aller Aggregate entscheidend für den Arbeitserfolg bei der Streifenbodenbearbeitung. Zuerst müssen die notwendigen Einstellungen (richtige Länge des Oberlenkers, Höhe der Räumsterne, Arbeitstiefe des Zinkens und Federspannung) vorgenommen werden, anschließend muss die korrekte Ablagetiefe des Güllebands überprüft werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Zinken so eingestellt sind, dass die Gülle in einer Tiefe von 15 bis 17 cm abgelegt wird. Bei einer späteren Saattiefe von 3 bis 5 cm soll der Abstand vom Saatkorn zum Gülleband in etwa 12 cm betragen. Bei den in Reihe 1 und 4 laufenden Aggregaten wurde – mit Hilfe der Einstellfedern – der Druck erhöht, da sich diese genau in der Spur des Ausbringespans befinden. Anschließend wurden die Parzellen bearbeitet, die 30 bzw. 15 m³/ha Gülle vor der Saat erhalten.

Im zweiten Schritt wurde der leichte Scheibeninjektor zur Ausbringung der Gülle auf den Versuchspartellen ohne Saatbettbereitung und mit flächiger Saatbettbereitung in den Mengen 30 bzw. 15 m³/ha vor der Aussaat eingesetzt. Um bei den Partellen, in denen die Gülle anschließend nicht unverzüglich mit der Kreiselegge eingearbeitet wird, möglichst geringe Emissionen zu haben, wurde hierzu der leichte Scheibeninjektor verwendet. Bis auf das Versuchsjahr 2014 funktionierte der leichte Scheibeninjektor zufriedenstellend und es kam zu keinen erwähnenswerten Störungen. Die Pflanzenreste wurden von den Schneidscheiben sauber durchtrennt und die Gülle in einen ca. 2 cm tiefen Schlitz abgelegt (Abbildung 12).



Abb. 12: Gülleausbringung mit leichtem Scheibeninjektor: Die vorauslaufenden Scheiben durchschneiden die oberflächliche Mulchschicht (rote Pfeile)

Im Frühjahr 2014 schnitten die Schneidscheiben die Pflanzenreste nicht ausreichend ab und schoben folglich einen immer größer werdenden Haufen an Mulchmaterial vor sich her (Abbildung 13). Durch Vermischung mit Erde blockierten schließlich die Scheiben und es kam zu Verstopfungen an den Gölledüsen. Hervorgerufen durch eine zu milde Witterung im Winter und die vermutlich etwas feuchteren Bedingungen war das auf der Oberfläche verbliebene Pflanzenmaterial nicht mürbe genug. Bei Arbeiten mit einem schweren Scheibeninjektor im Rahmen eines anderen Versuchs in der Nähe von Furth im Wald kam es zu selbigem Problem. Die Gülle musste mit dem Schleppschuhverteiler ausgebracht werden. Dieses Problem trat jedoch nur im Jahr 2014 auf.



Abb. 13: „Haufenbildung“ beim leichten Scheibeninjektor

In der Regel wurde danach die Gülle mit der Kreiselegge in den zu bearbeitenden Varianten (Mulchsaat mit Saatbettbereitung) eingearbeitet und dann wurden die übrigen Parzellen mit flächiger Saatbettbereitung ebenso bearbeitet.

Etwa 10 bis 14 Tage nach der Gülleausbringung erfolgte die Maisaussaat mit einem 4-reihigen, Mulchsaat tauglichen Einzelkornsäugerät mit vorlaufenden Schneidscheiben und Räumsternen mit Hilfe eines Traktors mit hochgenauer automatischer Lenkung. Nur im Jahr 2013 wurde die Aussaat bereits 2 Tage nach der Gülleausbringung durchgeführt, da eine langanhaltende Regenphase mit großen Niederschlagsmengen angekündigt war.

Nachdem der Feldaufgang sowie der Bodenbedeckungsgrad bestimmt war, erfolgte durch den Betrieb eine Herbizidbehandlung. Die Fahrgassen wurden genauso wie bei der Anwendung des Totalherbizides quer zur Saatrichtung angelegt, damit alle Parzellen gleichmäßig befahren werden. Dies hat auch den Vorteil, dass die 10 m langen Ernteparzellen bei einer Arbeitsbreite von 24 m nicht befahren werden.

Anfang Juni wurden mit einem Schmalspurtraktor und einer 1,20 m breiten Fräse, mit Hilfe einer gespannten Richtschnur, die bereits im Frühjahr ausgemessenen, 10 m breiten, Ernteparzellen abgetrennt.

Anschließend erfolgte die Ansaat der Wege und Wendeflächen mit Alexandrinerklee. Zeitgleich wurde wegen starkem Schwarzwilddruckes ein Wildschutzzaun errichtet. In regelmäßigen Abständen wurden die Kleeflächen gemulcht und der Wildschutzzaun ausgemäht.

Je nach Saatzeitpunkt und Entwicklungsgeschwindigkeit des Mais erfolgte Anfang bis Mitte Juli die Güllespättdüngung. Der Mais hatte dabei eine Höhe zwischen 60 und 100 cm. Erfahrungsgemäß besitzen die Maispflanzen nach Mittag (ab ca. 14.00 Uhr) eine höhere Elastizität, folglich wurde diese Maßnahme zumeist erst am Nachmittag durchgeführt. Für die Güllespättdüngung stand kein Traktor mit automatischem Lenksystem zur Verfügung (Spurweite). Als Zugmaschine diente ein Fendt GT 365 mit Allradantrieb, da dieser die benötigte Spurweite von 1,60 m hat.

Der Schleppschuhverteiler für die Güllespättdüngung verfügt über 8 Elemente, welche so angeordnet sind, dass jeweils links und rechts jeder Maisreihe ein Schleppschuh die Gülle im Schlitz ablegt (Abbildung 14).



Abb. 14: Der Schleppschuhverteiler legt die Gülle jeweils links und rechts der Pflanzen ab

Der Abstand zu den Pflanzen beträgt ca. 10 cm, um die Gülle möglichst nah an den Maispflanzen platzieren zu können. Hierbei besteht aber auch die Gefahr, dass bei einer leichten Lenkbewegung ein Pflanzenkontakt zustande kommt und Verletzungen passieren. Je weiter der Verteiler abgesenkt ist, um den Druck auf die Federn zu erhöhen, desto flacher wird der Anstellwinkel der etwa 70 cm langen Blattfedern. Folglich scheren die Schleppschuhe am Geräteende weiter aus und es kann vorkommen, dass Pflanzen bei Lenkbewegungen oder bei Kurvenfahrt umgedrückt werden. Außerdem führten beim Schleppschuh größere Unebenheiten oder Steine dazu, dass sich die Blattfeder in Schwingung versetzte und Maispflanzen beschädigt wurden. Teilweise verhängten sich auch die oberen Blätter der Pflanzen in den Schlauchschellen, so dass die Blätter abgerissen wurden oder stark ausfransten. Durch technische Abänderungen (wie z. B. eine Vergrößerung des Abstands der einzelnen Schleppschuhe zur Maisreihe) konnten diese Probleme größtenteils beseitigt werden. Die Durchgangshöhe am Rahmen ist ausreichend und auch sonst zeigt sich der Schleppschuhverteiler durch seinen einfachen Aufbau nur wenig störungsanfällig.

Durch seine sehr kurze Bauweise ließ sich der leichte Scheibeninjektor bei der Reihendüngung problemlos einsetzen (Abbildung 15).



Abb. 15: Leichter Scheibeninjektor bei der Güllespätdüngung

Um eine exakte Gülleverteilerung zu erreichen, sind für die vierreihige Ausbringung jeweils fünf Scheibenpaare am Rahmen angebracht. Dadurch befindet sich jeweils links und rechts von jeder Maisreihe eine Injektionseinheit. Die äußeren Scheiben der ersten und fünften Reihe, welche folglich neben den Maispflanzen der Nachbarparzellen laufen, sind nicht am Gülleverteiler angeschlossen. Auch dieses Gerät lief ohne große Störungen, allerdings gingen die Scheiben auf den teilweise steinigen Versuchsflächen nicht tiefer in den Boden als der Schleppschuhverteiler. Nur im Jahr 2014 bereitete die hohe Mulchauflage dem leichten Scheibeninjektor bei der Güllespätdüngung die gleichen Probleme wie im Frühjahr. Vor allem in den „Strip-Tillage Varianten“ und den Varianten ohne Saatbettbereitung sammelte sich das Pflanzenmaterial zwischen der Achse und der Bodenoberfläche bis die Scheiben blockierten.

Mit dem schweren Scheibeninjektor, der pro Element über zwei V-förmig zueinander angestellte Scheiben mit einem Durchmesser von 450 mm verfügt, konnte die Gülle tiefer appliziert werden. Aber auch mit diesem Gerät konnte die Güllemenge von 30 m³/ha nicht komplett im Schlitz untergebracht werden (Abbildung 16).



Abb. 16: Schwerer Scheibeninjektor bei der Reihendüngung im 80 cm hohen Bestand

Auch dieses Gerät arbeitet mit fünf Einheiten, die jeweils mittig zwischen den Maisreihen angeordnet sind, da der Platz zwischen den Reihen für zwei Injektionseinheiten zu gering ist. Für eine genaue Verteilerung sind an den drei mittleren Düsen jeweils zwei Abgänge des Gülleverteilers angeschlossen, an den beiden äußeren Scheibenpaaren mündet jeweils nur ein Schlauch. Das Gerät konnte unter allen Bedingungen störungsfrei eingesetzt werden.

Im Gegensatz zu anfänglichen Befürchtungen, verursachte keines der eingesetzten Geräte feststellbare Schäden am Wurzelwerk der Maispflanzen. Auch die Anzahl der abgebrochenen oder beschädigten Pflanzen (durch überstehende Bauteile, ungenaues

Fahren oder zu geringen Durchgang) hielt sich im vertretbaren Bereich. Probleme gab es nur im Jahr 2016: Aufgrund der stärkeren Hangneigung in einigen Bereichen der Versuchsfläche kam es in einigen Parzellen zu Pflanzenbeschädigungen durch Abdrift der Gülleverteilergeräte. Die Aussaat und somit auch das Befahren zur Gülleausbringung in den stehenden Maisbestand erfolgten quer zum Hang (Hangneigung bis zu 18%).

Ende September wurden die Versuche mit dem Parzellenhäcksler als Silomais geerntet, nachdem zuvor die Kernparzellen mit einem „großen“ Feldhäcksler freigestellt wurden (Abbildung 17).



Abb. 17: Ernte der Versuchspartellen mit speziellem Parzellenhäcksler (LfL-AVB)

4.5 Versuchsergebnisse – Feldaufgang und Bodenbedeckungsgrad

Besonders für den Faktor „Bestellverfahren“ ist das Merkmal „Feldaufgang“ von großem Interesse (Abbildung 18).

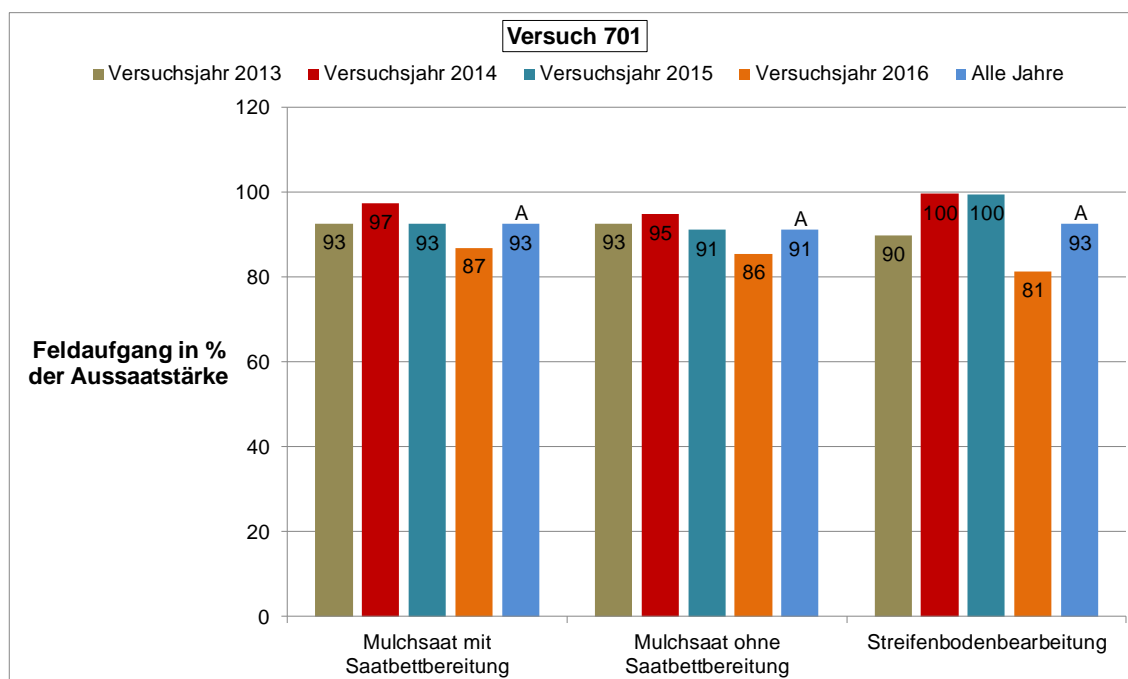


Abb. 18: Feldaufgänge der unterschiedlichen Bestellverfahren (Unterschiedliche Buchstaben stehen für signifikante Unterschiede).

Der Feldaufgang ist, neben einer zügigen Bodenerwärmung und einer gleichmäßigen Saatgutablage, von der Niederschlagsmenge sowie der Keimfähigkeit des Saatguts abhängig. Bodenverdichtung oder nasse Stellen können ebenso die Ursache für einen niedrigeren Feldaufgang sein. Im ersten Versuchsjahr war der Feldaufgang bei der Streifenbodenbearbeitung etwas niedriger als in den übrigen Varianten, wahrscheinlich, da die Maissaat wetterbedingt bereits am Folgetag stattfand. Wenn der Boden nach der Streifenbearbeitung noch nicht abgesetzt und der Schlitz nicht gleichmäßig geschlossen ist, kann es passieren, dass Saatkörner zu tief abgelegt werden und in Kontakt mit der Gülle kommen. Es kann dann zu Verätzungen am Keimling kommen. In den Jahren 2014 und 2015 führte die Streifenbodenbearbeitung zu den höchsten Feldaufgängen. Die Bedingungen bei der Bodenbearbeitung waren gut und die Aussaat erfolgte in ein abgesetztes Saatbett. 2016 war der Feldaufgang durch ein Starkregenereignis mit Abschwemmungen (trotz Mulchsaat) insgesamt etwas niedriger. Bei einer gemeinsamen Analyse aller Jahre sind keine signifikanten Unterschiede sichtbar. Beobachtungen zeigten, dass der Feldaufgang in allen Varianten geringfügig höher war, wenn vor der Saat nur geringere Mengen oder keine Gülle ausgebracht wurde. Die Ursache hierfür kann nur bei den Bodenbelastungen durch das zusätzliche Überfahren mit dem Güllefass liegen.

Für den Ertrag ist der Feldaufgang jedoch nicht absolut entscheidend, da der Mais Fehlstellen durch verstärktes Wachstum der benachbarten Pflanzen ausgleichen kann.

Der Bodenbedeckungsgrad (bestimmt mit der Schnurmethode nach der Maisaussaat) ist vorrangig von einer guten Entwicklung der Zwischenfruchtbestände abhängig. Hier spielen die Wahl der Mischungspartner, die Bodenverhältnisse sowie die Wasserversorgung eine entscheidende Rolle. Die Herbstwitterung trägt ebenfalls entscheidend zur Bestandesentwicklung bei.

Außer im ersten Versuchsjahr, konnten in jedem Jahr sehr gut entwickelte Zwischenfruchtbestände etabliert werden. Im Jahr 2013 wurde die betriebsübliche Mischung aus Senf und Buchweizen angebaut. Nicht nur wegen des geringeren Bodenbedeckungsgrads am Standort, sondern auch aufgrund der großen Probleme mit dem in Einzeljahren wieder austreibendem Buchweizen ist diese Mischung weniger zu empfehlen. Ab 2014 kam die Zwischenfruchtmischung MS100A zum Einsatz. Bis auf das Ramtillkraut, welches meist schon beim ersten Frost abgefroren ist, haben alle Mischungsbestandteile zu einer guten Bodenbedeckung im Frühjahr beigetragen.

Wie Abbildung 19 zeigt, variiert das Niveau der Bodenbedeckungsgrade von Jahr zu Jahr stark. Nach einer sehr schlecht entwickelten Zwischenfrucht (2013), unterschieden sich die Bestellvarianten kaum und es konnten keine sicher vor Erosion schützenden Bodenbedeckungsgrade erreicht werden. Abgesehen von diesem ersten Versuchsjahr (Besonderheit siehe oben) konnte auch mit der „Mulchsaat mit Saatbettbereitung“ ein durchschnittlicher Bodenbedeckungsgrad von etwa 20% erreicht werden. Bodenbedeckungsgrade über 30%, mit hohem Erosionsschutzniveau, („Conservation Tillage“) können demgegenüber nur mit Mulchsaat ohne Saatbettbereitung erzielt werden. Über alle Jahre konnten signifikante Unterschiede im Bodenbedeckungsgrad zwischen den Bestellvarianten festgestellt werden. Die Mulchsaat ohne Saatbettbereitung bietet gefolgt von der Streifenbodenbearbeitung einen klar höheren Erosionsschutz wie die Mulchsaat mit Saatbettbereitung. In erosionsgefährdeten Lagen ist deshalb eine geringere Bodenbearbeitungsintensität dringend anzuraten.

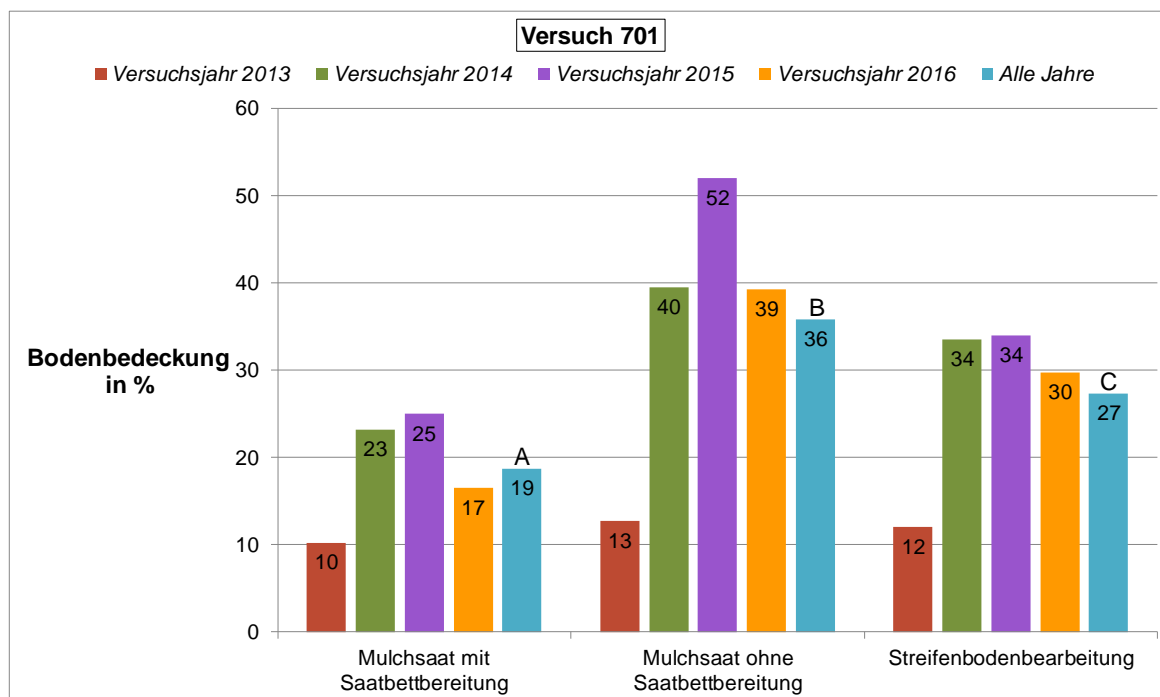


Abb. 19: Bodenbedeckungsgrad nach der Saat bei den unterschiedlichen Bestellverfahren Einzeljahre und gesamt

4.6 Versuchsergebnisse – Trockenmassenerträge

Im Folgenden werden die absoluten Ergebnisse der Ermittlung der Trockenmassenerträge in den einzelnen Versuchsjahren sowie eine Auswertung der relativen Erträge der drei Jahre umfassenden Versuchsserie vorgestellt (Erträge 2015 konnten nicht gewertet werden). Die Ergebnisse werden jeweils separat für die drei Faktoren Bestellverfahren, Güllesystem und Technik der Spätdüngung dargestellt. Unterschiedliche Buchstaben stehen für signifikante Unterschiede.

4.6.1 Versuchsjahr 2013

Aufgrund der extremen Witterungsverhältnisse im Frühjahr und Frühsommer 2013 konnten, wie auch in vielen anderen Regionen Bayerns, keine ortsüblichen Erträge erzielt werden. Der Ertrag belief sich im Durchschnitt über alle Varianten auf 90 dt/ha Trockenmasse und lag damit etwa 80 dt/ha unter den langjährigen Erträgen am Standort. Einen signifikanten Unterschied gibt es nur beim Vergleich der unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten, wo sich die Variante „Mulchsaat mit Saatbettbereitung flächig“ mit einem um etwa 20 dt/ha TM höherem Ertrag (+25%) von den anderen beiden Varianten abhebt (Abbildung 20).

Dies ist vermutlich dem geringeren Unkrautdruck in der Jugendentwicklung geschuldet, der aufgrund der starken Regenfälle nach der Maissaat, vor allem in den Parzellen ohne flächige Saatbettbereitung auftrat. Durch die anhaltenden Regenfälle und die kalte Witterung lief der am 8. Mai gesäte Mais erst zum Ende des Monats (28. Mai) vollständig auf. Eine Herbizidbehandlung war, den nassen Bodenverhältnissen geschuldet, jedoch erst am 17. Juni möglich. In den beiden ertragsmäßig schlechteren Varianten war, im Gegensatz zu den Parzellen mit flächiger Saatbettbereitung, eine deutlich stärkere Konkurrenzsituation durch Unkraut, vor allem Distel, und Buchweizen (Zwischenfrucht) vorhanden. Da der Mais in der Jugendentwicklung sehr anfällig ist, hat sich hier die

mechanische Unkrautbekämpfung in Form der Saatbettbereitung mit der Kreiselegge offensichtlich positiv auf das Wachstum ausgewirkt.

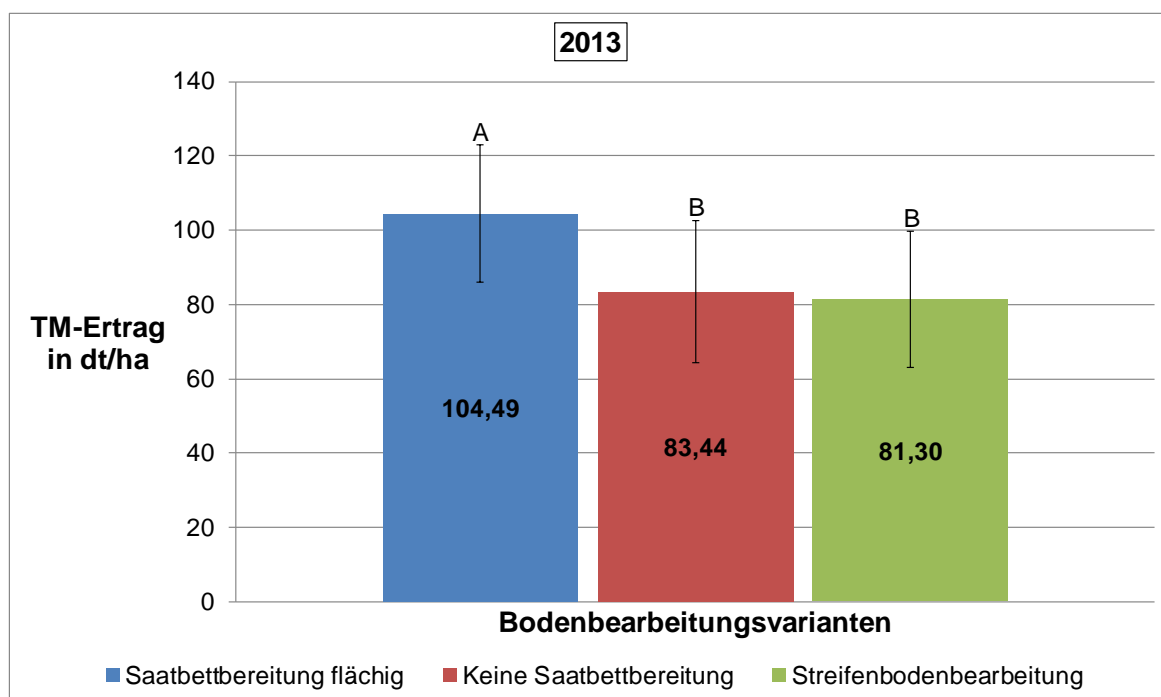


Abb. 20: Absolute Trockenmasseerträge der unterschiedlichen Bestellsysteme 2013

Beim Vergleich der unterschiedlichen Güllesysteme konnten keine großen Differenzen festgestellt werden. Die Versuchsglieder mit einer einmaligen Güllegabe vor der Saat weisen einen geringfügig niedrigeren Ertrag auf, jedoch sind hier keine signifikanten Unterschiede vorhanden (Abbildung 21).

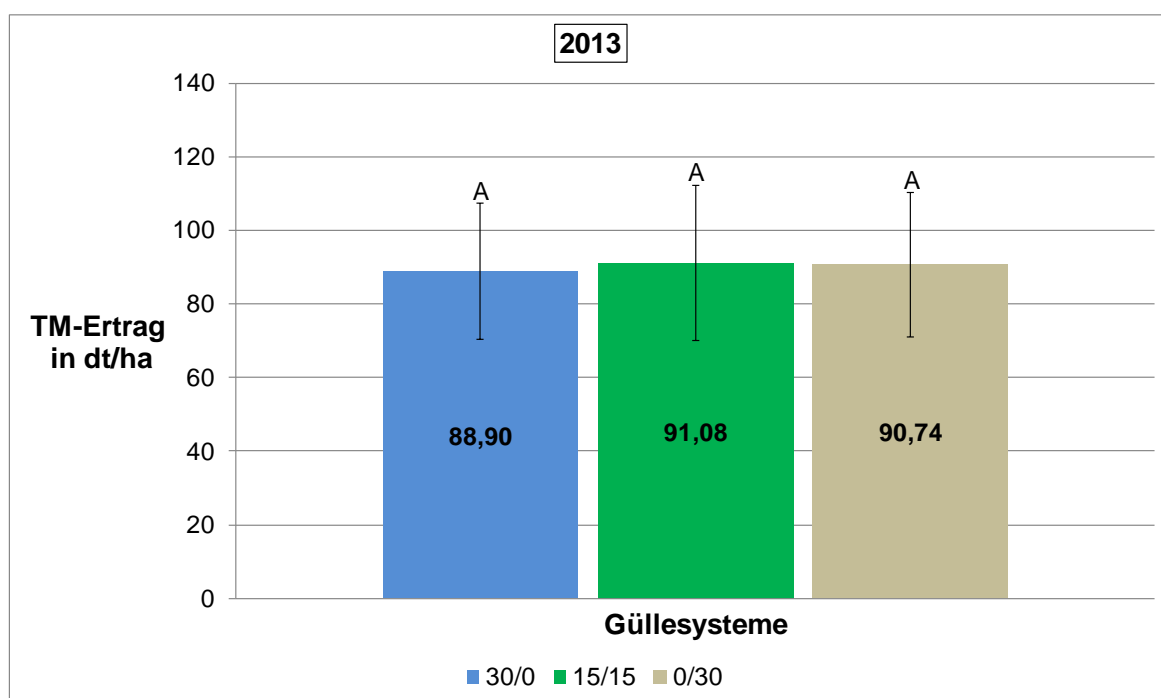


Abb. 21: Absolute Trockenmasseerträge der unterschiedlichen Güllesysteme 2013

Beim Einsatz der drei unterschiedlichen Techniken zur Spätdüngung traten zwar geringe, signifikant aber nicht abzusichernde Ertragsunterschiede auf. Der schwere Scheibeninjektor schnitt geringfügig schlechter ab, dies liegt an der hohen Anzahl an beschädigten Pflanzen (siehe Kapitel 3.4). Die anderen Geräte arbeiteten zufriedenstellend (Abbildung 22).

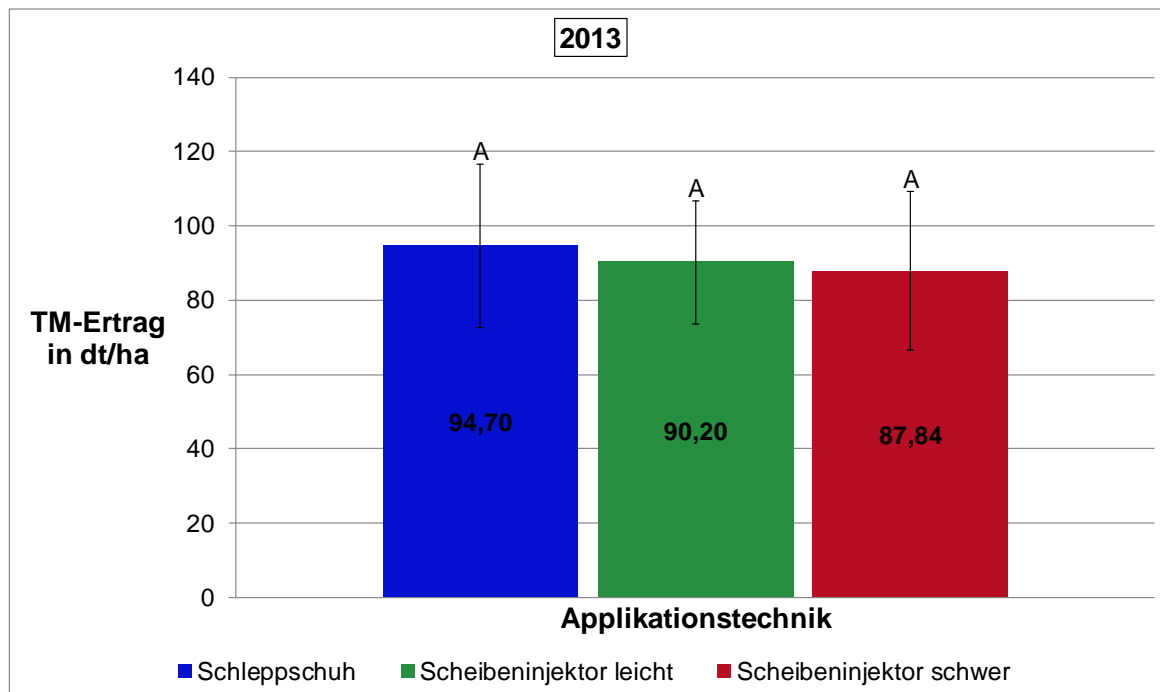


Abb. 22: Absolute Trockenmasseerträge der unterschiedlichen Techniken zur Güllespätdüngung 2013

4.6.2 Versuchsjahr 2014

Der Witterungsverlauf im Jahr 2014 war für das Wachstum des Maises sehr förderlich, das spiegelt sich auch in den sehr hohen Trockenmasseerträgen zwischen 180 und 200 dt TM/ha wieder.

Wiederum konnten nur Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Stufen des Faktors Bestellsysteme festgestellt und signifikant abgesichert werden (Abbildung 23). Im Gegensatz zu 2013 wiesen in 2014 die Varianten mit Streifenbodenbearbeitung im Mittel den signifikant höchsten Ertrag auf. Zwischen den Varianten mit Mulchsaat mit Bodenbearbeitung und den Varianten mit Mulchsaat ohne Saatbettbereitung gab es nur tendenziell einen geringen Vorteil zugunsten der Mulchsaat mit Saatbettbereitung.

Demgegenüber wiesen die Güllestrategien zwar kleine Unterschiede im Bereich von 4 dt TM /ha zwischen den Stufen auf (4 dt TM /ha entsprechen etwa 2% bei 200 dt TM/ha), es konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Abbildung 24).

Auch bei den Erträgen der unterschiedlichen Techniken zur Güllespätdüngung waren keine Unterschiede feststellbar (Abbildung 25).

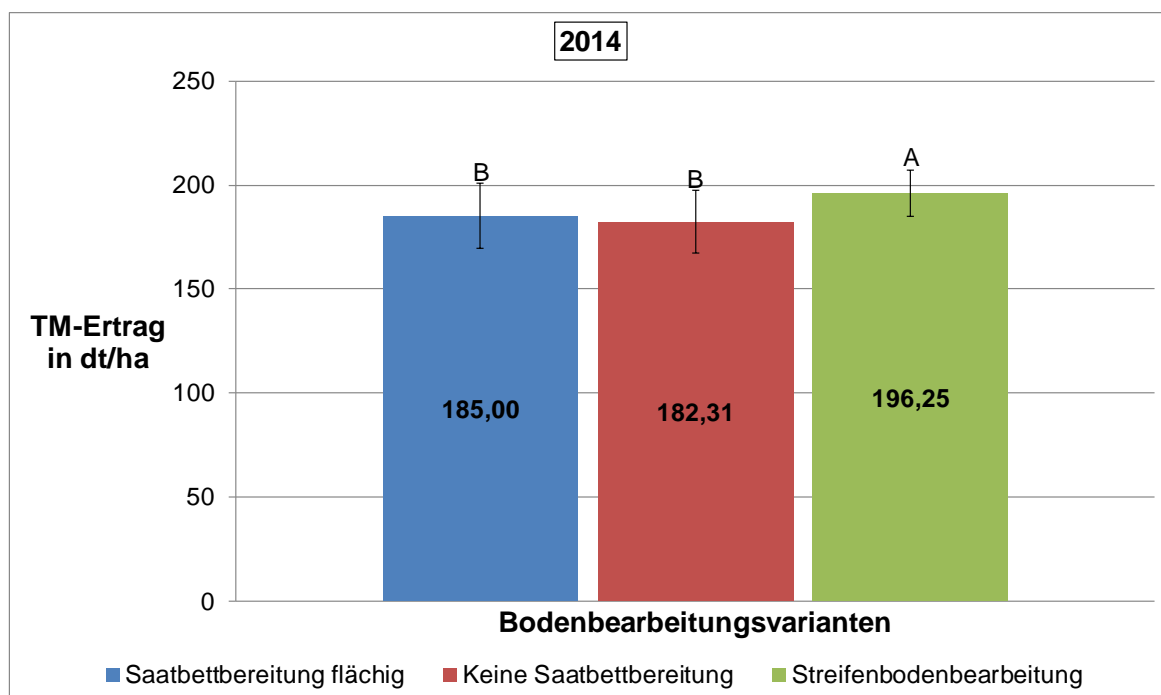


Abb. 23: Absolute Trockenmasseerträge der unterschiedlichen Bestellsysteme 2014

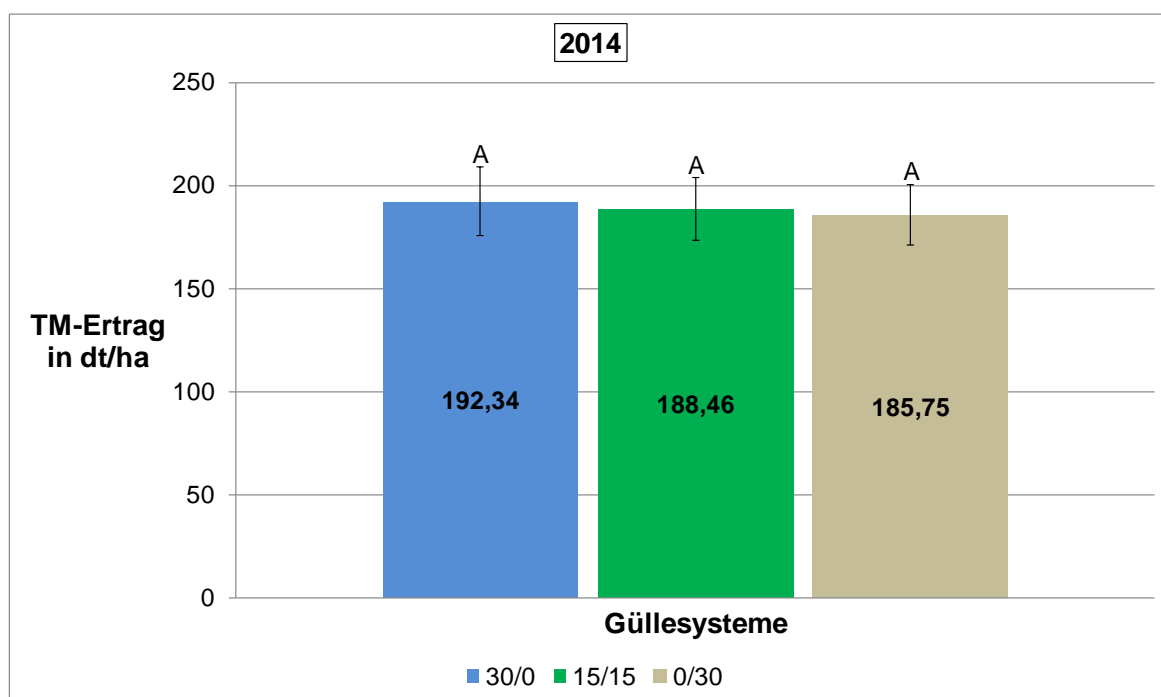


Abb. 24: Absolute Trockenmasseerträge der unterschiedlichen Gülesysteme 2014

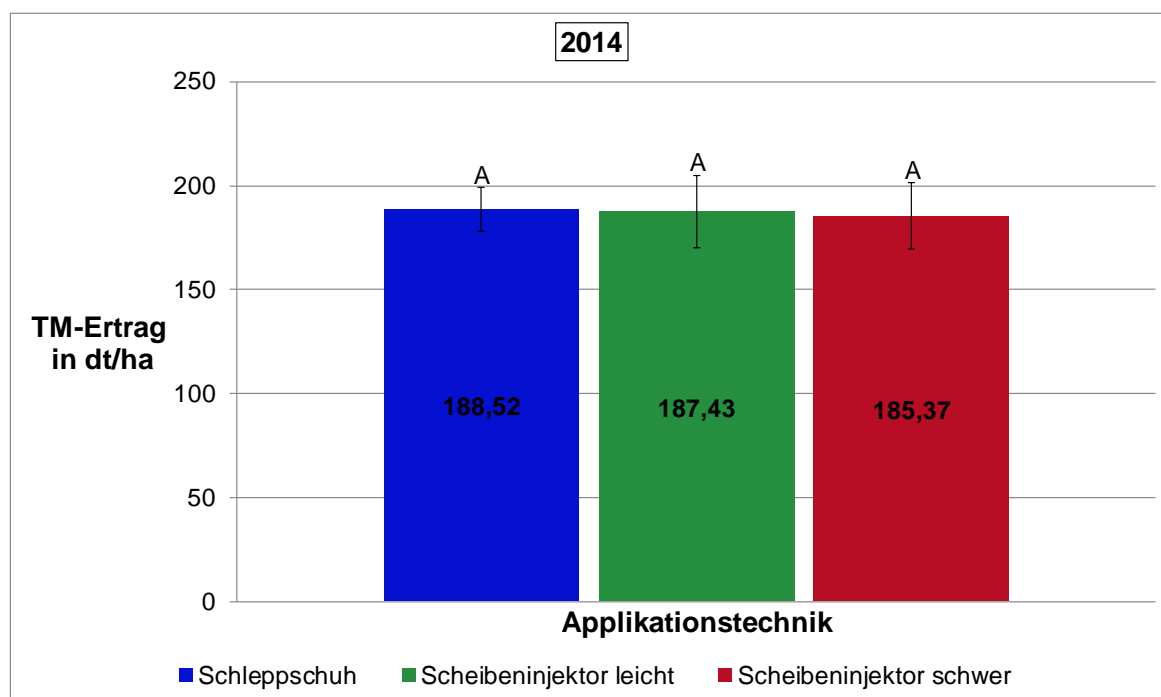


Abb. 25: Absolute Trockenmasseerträge der unterschiedlichen Techniken zur Güllespätdüngung 2014

4.6.3 Versuchsjahr 2015

Aufgrund der extremen Hitze im Juli und Anfang August 2015, sowie der fast vier Wochen andauernden Trockenperiode (die Niederschlagssumme lag im Juli mit 43,3 mm um 62 Prozent unter dem langjährigen Mittel an der LfL Wetterstation Westerschondorf), wurden auch die Maispflanzen am Versuchsstandort Achselschwang-Westerschondorf stark in Mitleidenschaft gezogen. Als dann am 14. August ein starkes Gewitter mit 45 Liter Regen pro m² und Sturm niederging, brachen bei vielen Pflanzen die Stängel teilweise unterhalb des Kolbens ab, so dass nach einer statistischen Kontrolle das Versuchsjahr 2015 nicht in die Auswertung aufgenommen werden konnte.

4.6.4 Versuchsjahr 2016

Das Frühjahr 2016 zeichnete sich durch eine eher kühle Witterung aus. Die Niederschläge bewegten sich bis auf den etwas trockneren Monat März im üblichen Bereich, mit Mai und Juni folgten dann zwei niederschlagsreiche Monate. Im Januar gab es allerdings überdurchschnittlich hohe Niederschläge, so dass der Boden im Frühjahr ausreichend mit Wasser versorgt war. Die Saat erfolgte Anfang Mai, bald darauf zog am 30. Mai ein starkes Wetter mit Hagelschlag über die Versuchsfläche und schädigte die noch kleinen Maispflanzen. Glücklicherweise erholten sich die Maispflanzen auf den Versuchsflächen schnell und gleichmäßig und es konnte am 30. September ein nur leicht unterdurchschnittlicher Silomaisertrag in Höhe von 143,55 dt TM/ ha geerntet werden.

Trotz eines sehr geringen absoluten Ertragsvorteils zugunsten der Mulchsaat ohne Saatbettbereitung (gefolgt von der Mulchsaat mit Saatbettbereitung), konnten im Jahr 2016 keine signifikanter Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Bestellsystemen festgestellt werden (Abbildung 26).

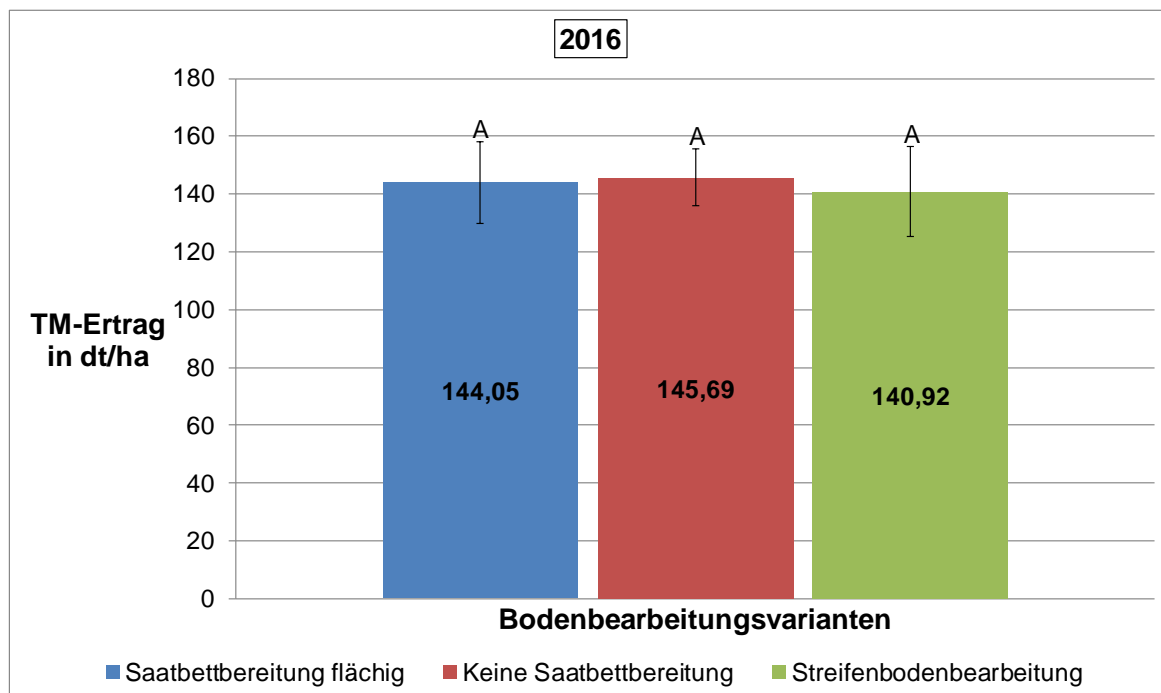


Abb. 26: Absolute Trockenmasseerträge der unterschiedlichen Bestellsysteme 2016

Bei den unterschiedlichen Stufen des Faktor „Güllesysteme“ wiesen die Varianten mit Applikation der kompletten Güllegabe als Spätdüngung tendenziell Mehrerträge von etwa 3 % gegenüber den übrigen Varianten auf. Statistische Unterschiede konnten aber nicht abgesichert werden. Das Ergebnis bestätigt, dass auch eine komplette Gabe der Gülle zum späten Zeitpunkt keine Ertragseinbußen mit sich bringen muss (Abbildung 27).

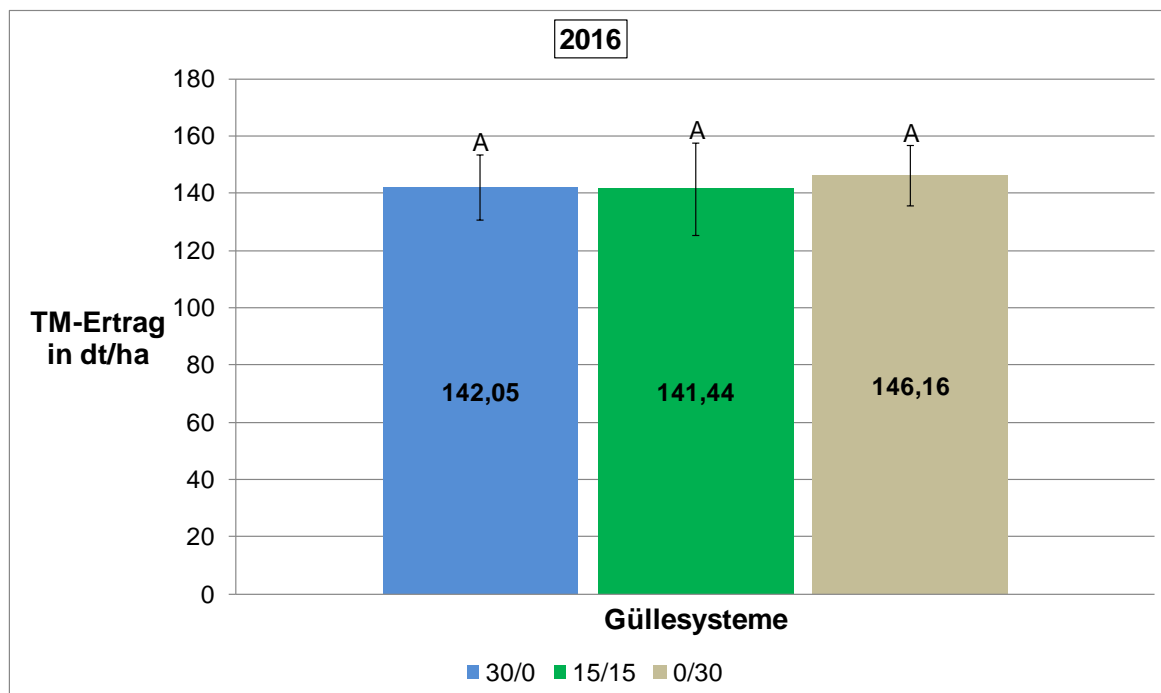


Abb. 27: Absolute Trockenmasseerträge der unterschiedlichen Güllesysteme 2016

Auch bei den unterschiedlichen Techniken für die Güllespädüngung traten nur minimale Ertragsunterschiede auf, die signifikant nicht relevant sind (Abbildung 28).

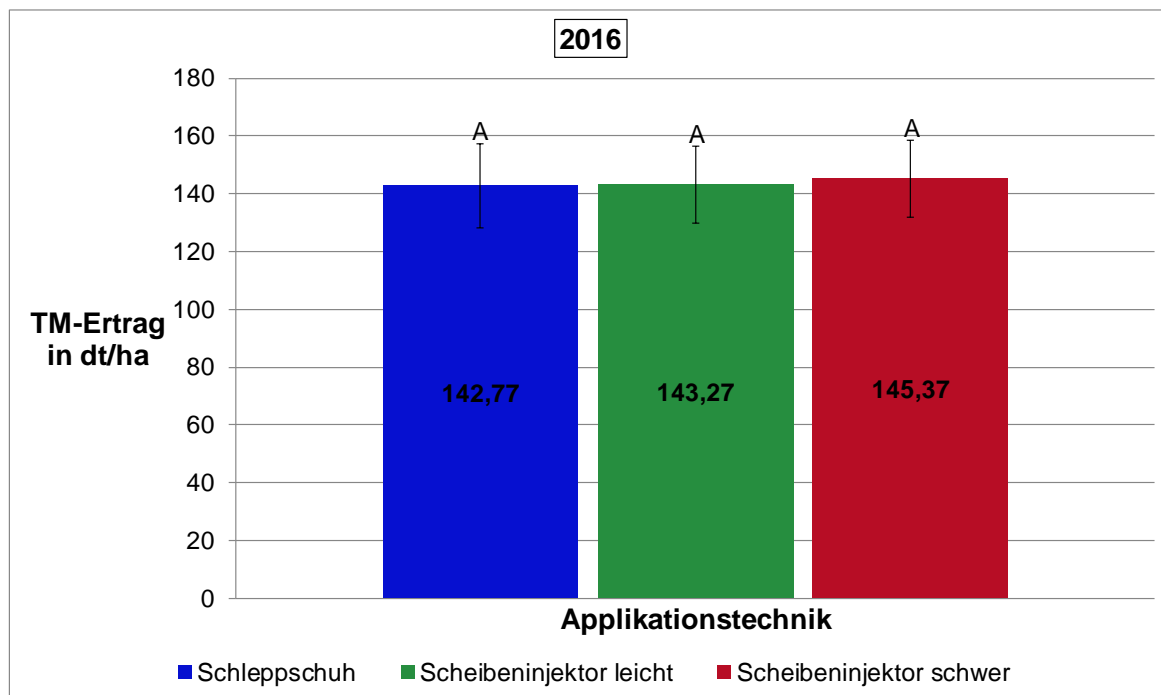


Abb. 28: Absolute Trockenmasseerträge der unterschiedlichen Techniken zur Güllespädüngung 2016

4.6.5 Relative Trockenmasseerträge der gesamten Versuchsserie

Nachfolgend sind für die einzelnen Versuchsfaktoren die Ergebnisse der relativen Trockenmasseerträge der gesamten dreijährigen Versuchsserie dargestellt (Abbildung 29).

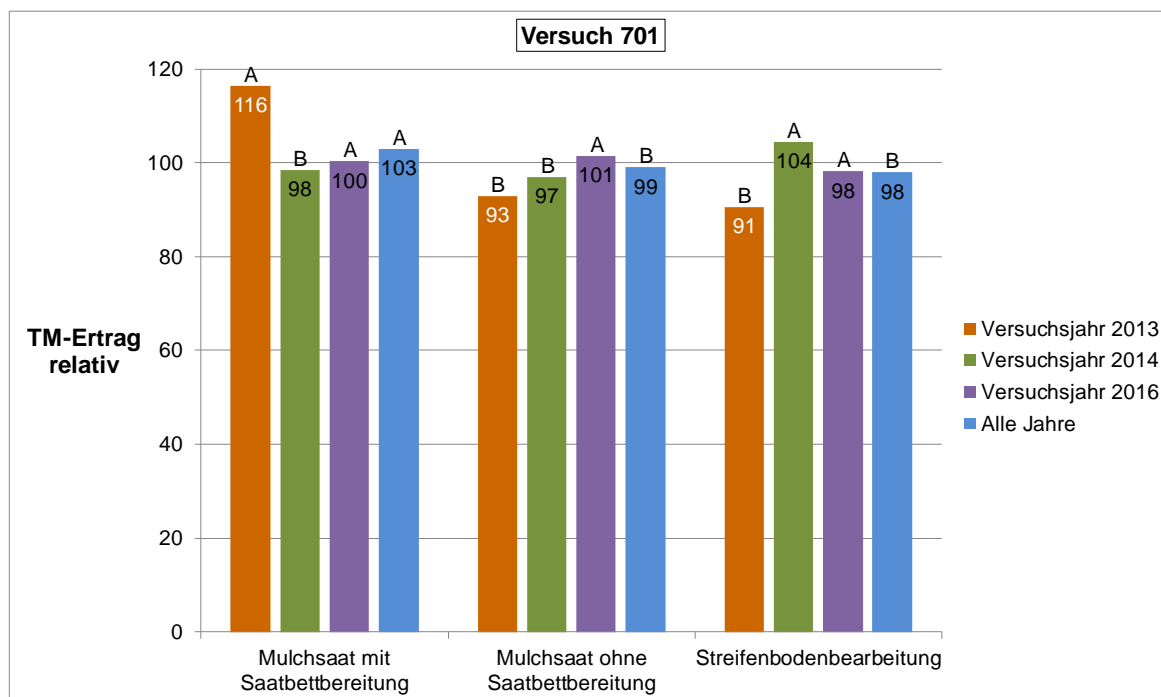


Abb. 29: Relative Trockenmasseerträge der unterschiedlichen Bestellverfahren

Ein signifikanter relativer Ertragsunterschied ist über alle drei wertbaren Versuchsjahre hinweg nur zwischen den unterschiedlichen Stufen des Faktors 1 „Bestellsysteme“ (Faktor 1) aufgetreten. Jedoch sind diese Unterschiede sehr gering und werden vom Jahr 2013 verursacht. Beispielsweise kam es beim Relativertrag 2016 zu einem maximalen Unterschied von 3 Prozentpunkten. Nur in den ersten beiden Versuchsjahren waren die Unterschiede etwas größer, so dass ein signifikanter Unterschied vorliegt. Festzustellen bleibt, dass keines der angewandten Verfahren in den 3 Jahren, im Hinblick auf den Trockenmasseertrag, größere Nachteile mit sich bringt. Während im Jahr 2013, das durch eine extrem nasse und kühle Frühjahrswitterung und durch eine verspätete Aussaat gekennzeichnet war (niedriger durchschnittlicher Silomaisertrag 90 dt TM/ha), die Mulchsaat mit Saatbettbereitung den übrigen beiden Varianten überlegen war, verzeichnete im Jahr 2014 die Saat nach Streifenbodenbearbeitung signifikant höhere Erträge (Durchschnittsertrag 188 dt TM/ha). Im Jahr 2016 konnte kein signifikanter Unterschied beim Faktor Bodenbearbeitung festgestellt werden.

Demgegenüber unterschieden sich die Varianten der Güllesysteme (Faktor 2) in den Versuchsjahren nur geringfügig auf nicht signifikanten Niveaus. In der Gesamtauswertung erzielen alle drei Stufen einen Relativertrag von 100% (Abbildung 30).

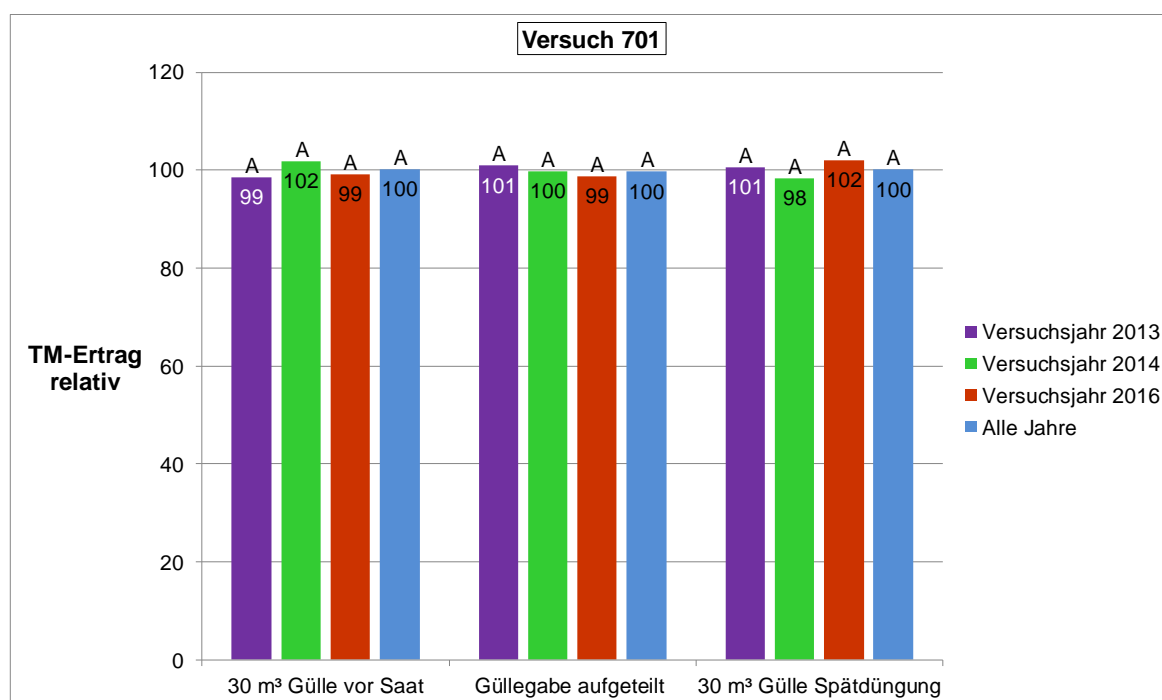


Abb. 30: Relative Trockenmasseerträge der unterschiedlichen Güllesysteme

Auch bei der Technik zur Güllespätdüngung (Faktor 3) treten in allen Versuchsjahren nur geringfügige relative Unterschiede auf. Während der im Jahr 2013 für die tiefe Güllespätdüngung gewählte Ein-Scheiben Schlitzinjektor der kanadischen Firma Bourgault gravierende Funktionsprobleme hatte (nicht abzustellender Schräglauf mit erhöhten Pflanzenverlusten), arbeitete der für diese Variante ab 2014 verwendete Doppelscheiben Injektor VREDO ZB3 in allen Jahren problemlos und kam auch mit den großen Mengen an Zwischenfruchtresten zwischen den Maisreihen zurecht. 2016 erfolgte die Güllespätdüngung witterungsbedingt zu einem sehr späten Zeitpunkt. Dadurch kam es

aufgrund des hohen Maisbestands (ca. 120 cm) und des starken Seitenhangs bei allen drei Geräten zu einem erhöhten Anteil an beschädigten Pflanzen (Abbildung 31).

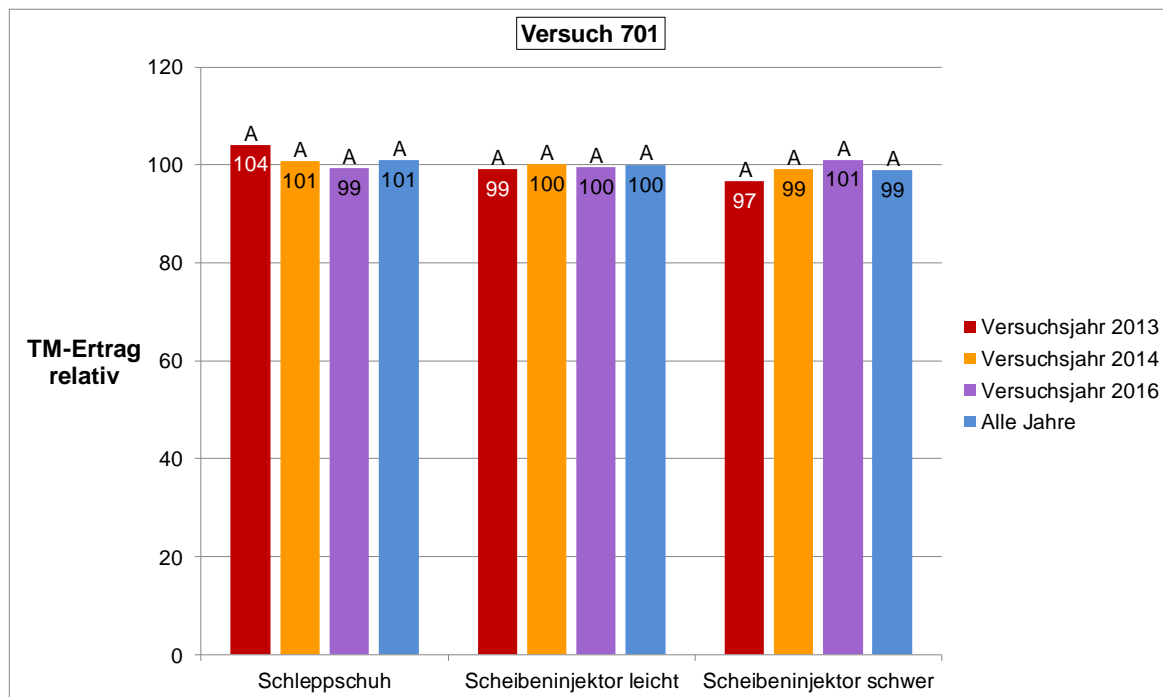


Abb. 31: Vergleich Technik Güllespändüngung Einzeljahre und gesamt

Die abschließende Abbildung 32 gibt einen Überblick über die mittleren absoluten Erträge aller 21 Versuchsvarianten über die drei verrechneten Versuchsjahre.

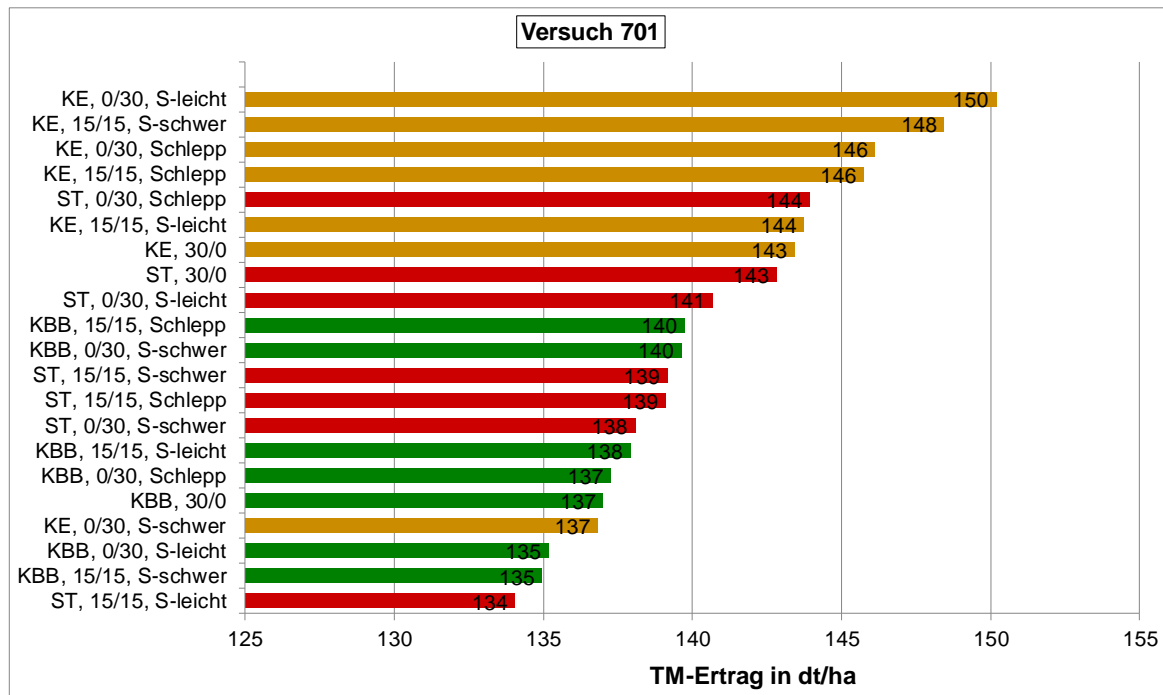


Abb. 32: Mittlere Erträge der 21 unterschiedlichen Versuchsglieder über 3 Jahre

Die Abbildung zeigt einen geringen, nicht signifikant absicherbaren absoluten Ertragsvorteil von 3 Varianten der Mulchsaat mit Saatbettbereitung, vornehmlich verursacht von den Ergebnissen des Jahre 2013. Danach folgen auf nahezu gleichen Niveau Varianten mit Streifenbodenbearbeitung und weitere Varianten mit Mulchsaat mit Saatbettbereitung. Zwischen der Variante mit dem niedrigsten durchschnittlichen absoluten Trockenmasseertrag (134 dt TM/ha) und der mit dem höchsten (150 dt TM/ha) liegt eine Ertragsdifferenz von 16 dt TM/ha respektive 11%.

Die Analyse der Ergebnisse der Energieerträge, die für alle Varianten und Jahre vorgenommen wurde, zeigte nur minimale Abweichungen von den Trockenmasseerträgen, sodass auf eine separate Darstellung dieser Ergebnisse verzichtet wurde.

5 Fazit

Die Auswertung der Ergebnisse der durchgeführten Versuchsserie zeigt, dass die ganzflächige Saatbettbereitung bei der Mulchsaat mit Saatbettbereitung, unter den Bedingungen des Versuches und des Versuchsstandortes, im Mittel höhere Trockenmasseerträge zur Folge hatte als die übrigen beiden Verfahren Mulchsaat ohne Saatbettbereitung und Streifenbodenbearbeitung. Die Gründe liegen in der schnelleren Bodenerwärmung und dem geringeren Konkurrenzdruck durch Unkraut, die besonders im Jahr 2013 zum Tragen kamen. Allerdings ist diese Variante den anderen Versuchsgliedern hinsichtlich des Erosionsschutzes unterlegen. In allen Jahren war der Bodenbedeckungsgrad in den unbearbeiteten Parzellen am höchsten, gefolgt von den Varianten mit Streifenbodenbearbeitung. Daher sollte auf erosionsgefährdeten Flächen auf eine minimale Bodenbearbeitung (Streifenbodenbearbeitung oder Mulchsaat ohne zusätzliche Saatbettbereitung) zurückgegriffen werden, da zudem auf den meisten Standorten keine Ertragseinbußen, oder Ertragseinbußen nur auf sehr geringem Niveau, zu erwarten sind. Diese Verfahren sind zwischenzeitlich ausgereift und haben sich langjährig (auch in anderen Versuchen) bewährt.

Wie die Auswertung der Versuchsserie auch sehr anschaulich zeigt, war der Zeitpunkt beziehungsweise die Aufteilung der Güllegaben, unter den Bedingungen des Versuches und des Versuchsstandortes, nicht entscheidend für die Höhe des Ertrags. Es kann aber angenommen werden, dass, bei einem höheren N-Düngungsniveau, eine Aufteilung der Gabe flüssiger Wirtschaftsdünger (50 % vor der Saat und 50 % bei einer Wuchshöhe von 60 cm) die Gefahr einer Nitratverlagerung durch zu hohe Güllegaben im Frühjahr vermindert. Außerdem kann eine späte Gülleausbringung Arbeitsspitzen im Frühjahr entzerren und Lagerkapazitäten frei machen.

Auch der Einsatz unterschiedlicher Geräte zur Güllespät Düngung führte zu keinen großen Ertragsunterschieden. Die Versuche haben allerdings gezeigt, dass es bis zu einer Höhe von 60 cm mit herkömmlicher Technik möglich ist, eine Spät Düngung im Maisbestand durchzuführen. Die Ablagetiefe der Gülle ist dabei abhängig von den Bodenbedingungen. Der leichte Scheibeninjektor konnte die Gülle nicht tiefer im Boden ablegen als der Schleppschuhverteiler. Da zur Spät Düngung die Reihen bereits geschlossen waren, konnten in allen Versuchsjahren, trotz teilweise sehr hoher Temperaturen, keine starken Geruchsemissionen festgestellt werden. Die vermutlich geringen Ammoniakemissionen wurden durch die gleichmäßigen Versuchsergebnisse bestätigt. Ferner zeigte sich, dass sich die Schäden an den Maispflanzen durch eine Spät Düngung in Grenzen halten. Aus pflanzenbaulichen Aspekten kann eine Güllespät Düngung auch dann sinnvoll sein, wenn

es im Frühjahr noch zu nass ist und durch hohe Radlasten Schäden bei der Gülleausbringung in den Fahrspuren befürchtet werden müssen. Dies wird durch die Beobachtung bestätigt, dass der Mais in fast allen Jahren in den mit dem Güllefass befahrenen Reihen 1 und 4 etwas niedriger war.

Die Ergebnisse der vorgestellten Untersuchungen in den Jahren 2014 und 2015 bildeten die technische Grundlage und haben maßgeblich zur Ausgestaltung des im Jahr 2015 angelaufenen Forschungsvorhabens „Optimierung der Gülleausbringung unter Berücksichtigung der Novellierung der Düngeverordnung und der NEC-Richtlinie“ A/15/23 geführt. Sowohl das Versuchsgüllefass als auch der Großteil der geprüften Verteiler werden in dem neuen Projekt eingesetzt.

6 Eigene Veröffentlichungen und Vorträge

6.1 Veröffentlichungen

DEMMELE, M., BRANDHUBER, R. (2014): Moderner Ackerbau im Einklang mit Umwelt-, Boden- und Erosionsschutz. Tagungsband der LfL-Jahrestagung: „Ackerbau - mit hohen Erträgen erfolgreich wirtschaften“ am 30.10.2014 in Schweinfurt. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, 2014, S. 9 - 23 (LfL-Schriftenreihe 6/2014)

DEMMELE, M., BRANDHUBER, R., KIRCHMEIER, H. (2014): Konservierende Bodenbearbeitung - technische Lösungen. Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Bd. 26, Technik in der Pflanzenproduktion, S. 12 - 15

DEMMELE, M., KIRCHMEIER, H. (2014): Technik für erosionsmindernde Bestellverfahren. Tagungsband zur landtechnischen Jahrestagung „Neue Techniken im Ackerbau“ am 26.11.2014 in Deggendorf. Hrsg.: Dr. G. Wendl, S. 37 - 50 (LfL-Schriftenreihe 7/2014)

DEMMELE, M., KIRCHMEIER, H., BRANDHUBER, R. (2014): Konservierende Bodenbearbeitung - technische Lösungen. Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Bd. 26, Hrsg.: Pekrun, C.; Wachendorf, M.; Francke-Weltmann, L.; Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, S. 12 - 15

DEMMELE, M., KIRCHMEIER, H., BRANDHUBER, R. (2014): Neue Strategien mit Strip Tillage in Reihenkulturen. Der Pflanzenarzt, 8, Fachzeitschrift für Pflanzenschutz, Vorratsschutz und Pflanzenernährung, Hrsg.: Österreichischer Agrarverlag, S. 24 - 27

DEMMELE, M., KIRCHMEIER, H., BRANDHUBER, R. (2014): Streifenbodenbearbeitung - Strip Tillage - eine neue Möglichkeit erosionsmindernder Bestellung von Reihenkulturen. Integrierter Pflanzenbau, 2014, Versuchsergebnisse und Beratungshinweise, Hrsg.: AELF Augsburg, S. 260 - 262

DEMMELE, M., KIRCHMEIER, H. (2015): Durch richtige Bestellverfahren - Erosion vermeiden. Ackerbauprofi, Jänner 2015, S. 35 - 41

DEMMELE, M., KIRCHMEIER, H., BRANDHUBER, R. (2016): Nur Streifen beackern - Strip-Till konservierende Bestellverfahren für Mais und Rüben gewinnen an Bedeutung. dlz - Agrarmagazin, H. 6, S. 68 - 70

6.2 Vorträge

Demmel, M., Kirchmeier, H., Brandhuber, R.	Streifenbodenbearbeitung – Strip Tillage – Stand der Technik und eigene Ergebnisse	AELF, Landwirte Berater	Schweinfurt, 28.01.2014
Demmel, M., Kirchmeier, H., Brandhuber, R.	Streifenbodenbearbeitung – Strip Tillage –Stand der Technik und eigene Ergebnisse	TUM, Studenten	Freising, 01.07.2014
Demmel, M., Brandhuber, R.	Moderner Ackerbau im Einklang mit Umwelt-, Boden- und Erosionsschutz	LfL, Landwirte, Berater, Politik	Schweinfurt, 30.10.2014
Demmel, M., Kirchmeier, H., Brandhuber, R.	Streifenbodenbearbeitung - Strip Tillage und Zwischenfruchtanbau - eine Alternative für die erosionsmindernde Bestellung von Reihenkulturen ?!	Erzeugerring Markt Schwabern, Landwirte	Anzing, 04.03.2015
Demmel, M., Kirchmeier, H., Kupke, S., Lutz, S., Brandhuber, R., Blumental, B., Kistler, M.	Streifenbodenbearbeitung - Strip Tillage bei Zuckerrüben und Mais in Bayern	LfL, Wissenschaftler, Berater, Landwirte	Freising, 10.03.2015
Demmel, M., Lutz, S., Kirchmeier, H.	Auswahl, Evaluierung und Optimierung von Verfahren zur Applikation von Flüssigmist bzw. flüssigen Gärresten in Mais	LfL, Wissenschaftler	Freising, 12.03.2015
Demmel, M., Kirchmeier, H., Brandhuber, R.	Streifenlockerungstechnik - Strip Tillage	LKP, Landwirte, Berater	Markt Hengers- berg, 08.06.2015
Demmel, M., Brandhuber, R., Kirchmeier, H., Lutz, S.	Streifenbodenbearbeitung zu Mais in Bayern	LWK NRW, Berater, Lohnunternehmer, Landwirte	Saerbeck, 19.01.2016
Demmel, M., Kirchmeier, H., Lutz, S., Lichti, F., Neser, S., Brandhuber, R., Wendland, M., Hammerl, G., Scheidler, M.	Optimierung und Bewertung von Verfahren und Technik zur Applikation von flüssigen organischen Düngern in Mais bei erosionsmindernden Bestellverfahren 2013 - 2016	LfL, Forscher, Berater	Freising, 15.03.2016
Demmel, M., Kirchmeier, H., Lutz, S., Lichti, F., Neser, S., Wendland, M., Hammerl, G.,	Streifenbodenbearbeitung mit Gülleapplikation zu Mais 2008 - 2015	MR/KBM, Landwirte	Schwifting, 07.04.2016

Scheidler, M.			
Demmel, M., Kirchmeier, H., Lutz, S., Brandhuber, R., Kistler, M.	Technik für Streifenbodenbearbeitung mit Gülleinjektion	Hochschule Osnabrück, Forscher, Berater, Lohnunternehmer und Landwirte	Osnabrück, 20.05.2016
Demmel, M., Kirchmeier, H., Lutz, S., Brandhuber, R., Kistler, M.	Streifenbodenbearbeitung - abgeschlossene und aktuelle Untersuchungen	KTBL, Referenten und Berater Landtechnik	Mühdorf am Inn, 08.06.2016

7 Literaturverzeichnis

1. GUTSER, R.: Mineralische und organische Düngung von Mais anlässlich der landwirtschaftlichen Unternehmerseminare auf Gut Schlüterhof. Freising : Lehrstuhl für Pflanzenernährung der Technischen Universität München, 1987.
2. LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN, FACHBEREICH ENERGIE, BAUEN, TECHNIK: Maschinenvorführung, Organische Düngung - Ausbringung von Gülle und Festmist. Oldenburg: s.n., 2012.
3. ZUNHAMMER GMBH: Van-Control 2.0 Präzise Düngen durch direkte Nährstoffanalyse. Traunreut : s.n., 2015.
4. STROTMANN, J., MESSNER, K.: Agrarheute. [Online] 25. Februar 2016. [Zitat vom: 4. August 2017.] <https://www.agrarheute.com/dlz/news/ran-wurzel>.
5. GRONAUER, A., AMON, TH., BOXBERGER, J.: Umweltgerechte Verfahrenstechnik der Flüssigmistausbringung. Freising : Landtechnik Weihenstephan, 1992.
6. PAHLKE, S., AUERNHAMMER, H.: Absätziges überbetriebliche Gülleausbringung. Landtechnik. 1995, 2.
7. HONOLD, C.-U.: Untersuchungen zur Applikationsqualität von computergestützten Flüssigmistausbringsystemen . Dissertation. Freising : Institut für Landtechnik Weihenstephan, 2002.
8. AUERNHAMMER, H., DEMMEL, M.: Forschungsverbund Agrarökosysteme München Jahresbericht 1996. Neuherberg : GSF - Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, GmbH, 1997.

8 Anhang

Herstellerrfirmen Gülletechnik							
Firma	Produktbereich	Straße	Ort	Ansprechpartner	Tel. - Nr.	Fax - Nr.	E-mail
Annaburger Nutzfahrzeug GmbH	Fässer	Torgauer Str. 59	06925 Annaburg		035385 / 7090		
Börger GmbH	Pumpen	Benningsweg 24	46325 Borken-Weseke		02862 / 9103-30		info@boerger.de
BRIRI GmbH	Fässer und Verteiltechnik	Mäske 4	49844 Bawinkel	Herr Urban	08703 / 2294		info@briri.de
Bruns Landmaschinen GmbH	Fässer	Fehnstraße 1	49699 Lindern	Herr Bohmann	05957 / 9678-18	05957 / 9678-40	info@bruns-maschinenfabrik.de
BSA GmbH	Fässer und Verteiltechnik	Bernecker Str. 5	95509 Marktschorgast	Frau Craemer	09227 / 938-208	09227 / 938-200	info@bsa-de.com
Eckart Maschinenbau GmbH	Fässer und Verteiltechnik	Urlading 25	94571 Schaufling	Herr Schneider	0173 / 3795703	09904 / 81104-55	j.schneider@eckart-maschinenbau.de
Fliegl Agrartechnik GmbH	Fässer und Verteiltechnik	Söderbergstr. 5	84513 Töging am Inn	Herr Bauer	08631 / 307-194	08631 / 307-555	toeqing@fliegl.com
FR Handels GmbH Fuchs	Fässer	Bachwiesenweg 22	83052 Bruckmühl	Herr Rotter	08062 / 8618	08062 / 4426	mail@frotter.de
Franz Eisele u. Söhne GmbH u. Co. KG	Fässer und Verteiltechnik	Hauptstr. 2-4	72488 Sigmaringen	Herr Wunder	07571 / 109-10	07571 / 109-88	oleg.wunder@eisele.de
Kotte Landtechnik GmbH & Co. KG	Fässer und Verteiltechnik	Malgartener Str. 36	49597 Rieste	Herr Reinke	05464 / 9611-15	05464 / 5735	reinke@kotte-landtechnik.de
Kumm Technik GmbH	Selbstfahreraufbauten	Mehrbachstr. 5	57635 Hasselbach		02687 / 9283940		info@kumm-technik.de
Landmaschinen Wienhoff GmbH	Fässer und Verteiltechnik	Im Sande 50	49844 Bawinkel		05963 / 1491	05963 / 1502	info@wienhoff.de
Marchner Maschinenbau GmbH	Fässer und Verteiltechnik	Unterfeldstr. 30	84543 Winhöring	Herr Hauenstein	08671 / 9572-62	08671 / 9572-63	marchner-maschinenbau@t-online.de
Maschinenfabrik Meyer-Lohne GmbH	Fässer und Verteiltechnik	Am Hövel 1	49393 Lohne	Herr Lohmann	04442 / 941-12	04442 / 941-22	lohmann@meyer-lohne.de
Meels GmbH & Co Streu-Mix	Fässer	Hahnentanzweg 12	87748 Fellheim		08335 / 98705-0	08335 / 98705-99	vertrieb@meels.de
Meprozet, Volker Landgraf GmbH	Fässer und Verteiltechnik	Auf der Bündt 11	97645 Ostheim		09777 / 2368	09777 / 1713	v.landgraf@t-online.de
Möscha GbR	Verteiltechnik	Schalkshofen 3	89294 Oberroth	Herr Mößmer	08333 / 526	08333 / 935844	info@moescha.de
Oehler Maschinenbau GmbH	Fässer	Windschläger Str.105	77652 Offenburg		0781 / 91390	0781 / 913930	info@oehlermaschinen.de
Pumpenfabrik Wangen GmbH	Pumpen	Simoniusstr. 17	88239 Wangen		07522 / 997-997		
Stapel GmbH	Fässer und Verteiltechnik	Buschkamp 5	48324 Albersloh		02535 / 95010	02535 / 95012	stapel.gmbh@t-online.de
Vogelsang Maschinenbau GmbH	Verteiltechnik	Holthöge 10-14	49632 Essen/Oldb.	Herr Ahlers	05434 / 83-157	05434 / 83-5157	ahlers@vogelsang-gmbh.com
Zunhammer GmbH	Fässer und Verteiltechnik	Biebing 19	83301 Traunreut	Zentrale	08669 / 8788-0	08669 / 8788-33	info@zunhammer.de
Kirchner & Söhne GmbH	Fässer und Verteiltechnik	Anzenhof 22	A - 3125 Statzendorf	Frau Stern	(+43) 2786 / 2311-11	(+43) 2786 / 2311-12	office@kirchner-soehne.com
Vakutec Gülletechnik GmbH	Fässer und Verteiltechnik	Pernsteinerstr. 14	A - 4542 Nußbach	Herr Achleitner	(+43) 7587 / 77 70 - 0	(+43) 7587 / 7502-27	verkauf3@vakutec.at
Joskin	Fässer und Verteiltechnik	Rue de Wergifosse 39	B - 4630 Soumagne		(+32) 4 377 35 45	(+32) 4 377 10 15	info@joskin.com
Agrometer	Gülleverschlachung	Faelledvej 10	DK - 7200 Grindsted		(+45) 76 72 13 00	(+45) 76 72 13 98	
Samson Agro GmbH	Fässer und Verteiltechnik	Vestermarksvej 25	DK - 8800 Viborg	Herr Friederichs	0171 / 8606159		vf@samson-agro.com
Pel -Tuote Oy	Verteiltechnik	Seppälänsalmentie 181	FI - 58900 Rantasalmi	Herr Köllner	035840 / 5688115		
Pichon Gülletechnik	Fässer und Verteiltechnik	Bd Andre Malraux	FR - 29400 Landivisiau		(+33) 256 452 100	(+33) 256 452 120	info@pichonindustries.com
Vendrame	Fässer und Verteiltechnik	Via Nerbon 4	IT - 31057 Silea		(+39) 422 360518	(+39) 422 360516	info@vendrame.it
Bomech B. V.	Verteiltechnik	Zandhuisweg 36	NL - 7665 SH Albergen	Herr Schurink	(+31) 653 298 687	(+31) 546 442 115	info@bomech.nl
Duport B. V.	Verteiltechnik	Archimeedestraat 9	NL - 7701 Dedemsvaart		(+31) 523 / 613493	(+31) 523 / 616465	info@duport.nl
Kamps De Wild B. V.	Fässer und Verteiltechnik	Edisonstraat 10	NL - 6902 Zevenaar		(+31) 316 36 91 11	(+31) 316 52 63 54	info@kampsdewild.nl
Schouten	Fässer und Verteiltechnik	Uddelerveen 65	NL - 3888 Uddel		(+31) 577 40 80 80		info@schouten.de
Schuitemaker Machines B.V.	Fässer und Verteiltechnik	Morsweg 18	NL - 7461 Rijssen		(+31) 548 / 514125	(+31) 548 / 516840	
Slootsmid B. V.	Fässer und Verteiltechnik	Zutphenseweg 31	NL - 7245 NR Laren	Herr Eggink	(+31) 6 51 99 17 75		info@slootsmid.com
Veenhuis Machines B. V.	Fässer und Verteiltechnik	Almelosestr. 54	NL - 8102 HE Raalte		(+31) 572 35 21 45	(+31) 572 35 83 84	info@veenhuis.com
Vredo Dodewaard B. V.	Verteiltechnik und Selbstfahrer	Welysestraat 25 a	NL - 6669 Dodewaard		(+31) 488 411 254	(+31)488 412 471	info@vredo.nl

Betriebe mit Güllespädüngung im Mais

Betrieb	Name	Vorname		PLZ	Ort	Tel.	Technik
Landwirt/Lohnunternehmen	Brenner GbR	Wolfgang	Windachstraße 7 a	D-86923	Entraching	08806/95212	Schleppschlauch
Landwirt	Ettmeyer	Walter	Bergstraße 11	D-91608	Geslau		Schleppschuh
Transporte GmbH	Hacke		Bahnhofstraße 13	D-29367	Steinhorst	05148/912690	Bomech Multi
Rohstoffgemeinschaft Stockerau	Harmer	Leonhard		A-2000	Stockerau	0043 699 133 55 888	Schleppschlauch
Lohnunternehmen AGRAR KG	Heiss	Gerhard		A-3100	St. Pölten	0043 664 221 62 30	Schleppschlauch
Landwirt	Horsch	Marco	Sitzenhof 1	D-92421	Schwandorf	09431/9980431	Schleppschlauch
Landwirt / Lohnunternehmen	Kistler	Anton	Riedstraße 12	D-86453	Laimering	08205/6725	Schleppschlauch 9 m
Landwirt	Lindermayer	Alfred	Schloßstraße 1	D-93333	Neustadt/Donau	09445/629	Farmland Fix 21 m
Schweinemast OEG	Reitbauer			A-3363	Allhartsberg	0043 664 78 74 656	Schleppschlauch
Biogas	Rück	Werner	Gerbersdorf 12	D-91732	Merkendorf	0171/8950565	Schleppschlauch
Lohnunternehmen	Thomsen	H.	Dorfstraße 84-86	D-25923	Uphusum	04663/188900	Bomech Multi
Lohnunternehmen	Wagner	Martin jun.	Raiffeisenstr. 3	D-86759	Wechingen	09085/505	Schleppschlauch

