

Unterflur-Depotdüngung mit flüssigen Gärresten zu Mais

Erfahrungen aus Baden-Württemberg

Dr. Markus Mokry, LTZ Augustenberg

Einleitung und Zielsetzung

Klima- und Wasserschutz fordern zunehmend einen verantwortungsvolleren Umgang mit den Nährstoffen Stickstoff und Phosphor in der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. Zahlreiche Untersuchungen und Statistiken zeigen jedoch, dass sowohl die Effizienz der N-Düngung zu gering ist – derzeit im Bundesdurchschnitt aller verwendeten N-Dünger bei unter 50 % -, als auch die nach der aktuell verbindlichen Düngeverordnung (DüV) geforderten P-Salden von 10 kg P_2O_5 /ha im 6 jährigen Flächenmittel von vielen Betrieben insbesondere mit einem hohen Anteil an Wirtschaftsdüngern häufig nicht einzuhalten sind.

Daher werden zunehmend sog. Strip-Till-Verfahren auch zur Verbesserung der Nährstoffeffizienz in der landwirtschaftlichen Praxis eingesetzt. Die Landtechnik hat hierauf und auf die unterschiedlichen Anforderungen der Landwirtschaft reagiert und bietet nahezu für jede Situation die entsprechende Technik an.

Ausbringtechnik

In Anlehnung an das sog. „CULTAN“-Verfahren nach Prof. SOMMER („CULTAN“ steht für die Abkürzung des englischen Begriffs „ **C**ontrolled **U**ptake **L**ong **T**erm **A**mmonium **N**utrition „ und kann als geregelte, möglichst lang andauernde Ernährung der Pflanzen mit Ammonium- (NH_4^+) -Stickstoff übersetzt werden) wird am LTZ Augustenberg seit mehreren Jahren ein sog. Unterflur-Depotverfahren (= UF-Depot) zu Mais geprüft. Hierbei werden die Nährstoffdepots in 15 bis 20 cm Bodentiefe in jeder 2. Mais-Zwischenreihe angelegt. Hierzu kann auf dem Markt vorhandene Technik eingesetzt werden (Abbildung 1 und Foto 1), solange die Grundvoraussetzungen einer möglichst genauen Tiefenablage mit vollständigem Verschluss der Depots erfüllt und entsprechende Reihenabstände eingehalten werden. Dies ist insbesondere bei nachfolgender Saat wichtig, um hierbei die Depots nicht zu zerstören. Ebenso verbietet sich eine flächige Bodenbearbeitung nach Anlage der Düngerdepots. Aus technischen Gründen wird derzeit die Düngung vor der Saat durchgeführt, jedoch ist es auch möglich – bei Vorhandensein entsprechender Steuerungstechnik und abgestimmter Arbeitsbreiten für Düngung und Saat – nach der Aussaat von Mais die Nährstoffdepots anzulegen. Hierdurch wird der Zeitkorridor

für eine bodenschonende Düngerausbringung weiter und kann von Mitte April bis Mitte Mai erfolgen, d.h. immer dann, wenn die Böden tragfähig sind und genügend Zeit für eine sorgfältige und fachgerechte Düngung zur Verfügung steht.

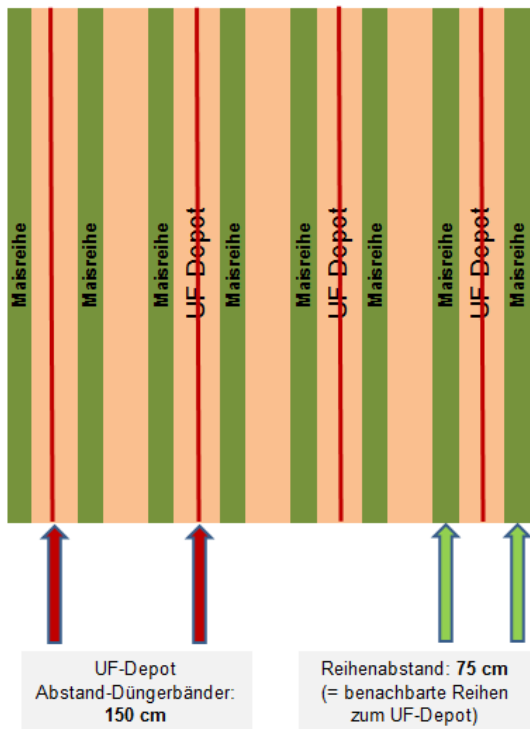


Abbildung 1 Schema „Anlage Nährstoffdepots“



Foto 1 UF-Depot m. fl. Wirtschaftsdünger im Versuch (Wiech, 2012)

Im Versuchsbetrieb – evtl. auch eine Option für die landwirtschaftliche Praxis, um Bodenverdichtungen zu verringern, – wird das Injektionsgerät (Arbeitsbreite 5,60 m) im Parallelverfahren von einem Güllewagen aus mittels Schlauch exakt mit den jeweiligen Mengen an Wirtschaftsdünger versorgt (Fotos 2 und 3). Die Verteilung des

Düngers auf die einzelnen Grubberschare erfolgt über einen zusätzlichen, manuell schaltbaren Verteilerkopf auf dem Grubber, so dass jedes Schar separat auf- oder weggeschaltet werden kann, um die jeweils notwendigen Reihenabstände bei der Anlage der Düngerbänder zu berücksichtigen.



Foto 2 Grubber mit aufgesatteltem Verteilerkopf zur Anlage der Nährstoffdepots



Foto 3 Einspeisung der flüssigen Wirtschaftsdünger über einen Güllewagen

Da bei Injektionsverfahren – wie in Foto 1 dargestellt - mit einer Ablagetiefe von mind. 10 cm unterstellt wird, dass die Aufbringungsverluste in Form von Ammoniak gegenüber einer breitflächigen Verteilung deutlich reduziert werden, muss dieser „eingesparte“ lösliche Stickstoff bei der nach Düngeverordnung (DüV) geforderten N-Düngebedarfsermittlung entsprechend berücksichtigt werden.

Einschränkend ist festzustellen, dass das beschriebene Verfahren unter Beachtung vorherrschender Standortbedingungen wie Steinanteil, Tiefe des durchwurzelbaren Bodenraumes und Beschaffenheit der Bodenoberfläche - insbesondere Hangneigung – noch Grenzen beim Einsatz hat. Ebenso muss eine chemische Ammonium-Stabilisierung erfolgen, um die ernährungsphysiologisch vorteilhafte Ammoniumphase im Depot zu verlängern und um Nitrat- und Lachgasverluste zu verringern. Da in Folge der gesetzlichen Rahmenbedingungen die Nachfrage nach emissionsmindernder Applikationstechnik weiter zunehmen wird, ist mittelfristig eine deutliche Verbesserung der N-Ausnutzung insbesondere beim Anbau von Silo- bzw. Energiemais zu erwarten.

Kenndaten und Durchführung der Versuche

Zur Überprüfung der N- und P-Effizienz im „UF-Depot“ mit flüssigen Gärresten wurden von 2010 bis 2017 an wechselnden Standorten mit tiefgründigen Lößböden, tiefgründigen tonigen Lehmen und tonigen, oft flachgründigen Böden Feldversuche durchgeführt.

Um möglichst nahe an der Praxis zu sein, wurden die Versuche auf Ackerflächen landwirtschaftlicher Betriebe mit hohem Aufkommen an Wirtschaftsdünger angelegt. Voraussetzung für die Versuchsflächen war, dass sie langjährig organisch gedüngt waren und dementsprechend eine gute Nährstoffversorgung aufwiesen. Der für die Ermittlung eines realistischen N- und P-Düngebedarfs eingesetzte Ertrag orientierte sich am langjährigen Ertragsmittel des jeweiligen Standorts bzw. Betriebes.

In Tabelle 1 sind die Varianten des Versuches zur „Ermittlung der N-Effizienz flüssiger Gärreste im Systemvergleich“ beschrieben. Neben den üblichen Kontrollvarianten „ohne N-Düngung“ und „ausschließliche mineralische N-Düngung“ mit einem handelsüblichen stabilisierten Harnstoff-Dünger wurde die breitflächige Ausbringung der flüssigen Gärreste („GR fl.“) mit sofortiger Einarbeitung vor der Saat mit dem „UF-Depot“ verglichen.

Tabelle 1 Versuchsplan – N-Effizienz

Variante	Düngung	Termin	N-Düngung ³⁾	
			[kg Ammonium-N/ha]	[kg Gesamt-N/ha]
1	ohne N			
2	Ha stabil	vSE	154	154
3	GR fl. breit mit NiHe ¹⁾	vSE	149	248
4	GR fl. UF-Depot mit NiHe ²⁾	nS	149	213

¹⁾ 60 % anrechenbarer N ²⁾ 70 % anrechenbarer N ³⁾ Mittel von 12 Versuchen

Um im Falle des „UF-Depots“ der Verminderung von Ammoniakverlusten bei der Aufbringung Rechnung zu tragen, wurde die Ausbringmenge der flüssigen Gärreste auf Basis 70 % Anrechnung des Gesamt-N (= Mindestwirksamkeit) ermittelt. Folglich wurden hierbei zwar dieselben Mengen an löslichem, pflanzenverfügbarem Ammonium-N, jedoch mind. 10 % weniger Gesamt-N ausgebracht.

Tabelle 2 zeigt den Versuchsplan zur Frage der „Ermittlung der P-Wirkung flüssiger Gärreste im Systemvergleich“. Auch in diesen Versuchen wurde das lösliche N-Angebot im „UF-Depot“ mit 70 % vom Gesamt-N bewertet. Dies hatte zur Folge, dass im Mittel auch 10 kg/ha weniger Phosphat im Vergleich zur breitflächigen Düngung ausgebracht wurde. Die Versuchsfrage war daher, ob das systembedingt verringerte P-Angebot im „UF-Depot“ insbesondere während der kritischen Jugendentwicklung von Mais noch ausreichend ist oder ob eine zusätzliche mineralische P-Unterfußdüngung zur Saat Vorteile bringen würde.

Tabelle 2 Versuchsplan – P-Wirkung

Variante	Düngung	Termin	P-Düngung ³⁾
			[kg/ha]
1	ohne N - ohne P-UFD	vSE	60
2	ohne N - mit P-UFD	vSE + zur Saat	90
3	Ha stabil - ohne P-UFD	vSE	60
4	Ha stabil - mit P-UFD	vSE + zur Saat	90
5	GR fl. breit - ohne P-UFD ¹⁾	vSE	80
6	GR fl. breit - mit P-UFD	vSE + zur Saat	110
7	GR fl. UF-Depot - ohne P-UFD ²⁾	nS	65
8	GR fl. UF-Depot - mit P-UFD	nS + zur Saat	95

¹⁾ 60 % anrechenbarer N ²⁾ 70 % anrechenbarer N ³⁾ Mittel von 3 Versuchen

Die in den Versuchen eingesetzten flüssigen Gärreste wurden vor der jeweiligen Ausbringung untersucht, um den jeweils berechneten N- und P-Düngebedarf mengenmäßig möglichst exakt mit den Wirtschaftsdüngern ausbringen zu können.

In Tabelle 3 sind hierzu die Kenndaten aus einem umfassenden Monitoring des LTZ Augustenberg einem Jahreswert (2015) gegenübergestellt. Es bestätigt sich, dass

die Nährstoffgehalte, aber auch pH-Werte fl. Gärreste sehr unterschiedlich sein können. Daher ist nach guter fachlicher Praxis eine regelmäßige Untersuchung der eigenen Wirtschaftsdünger – insbesondere von Gärresten – zu fordern, um diese wertvollen, aber auch Umwelt-gefährdenden Dünger gezielt und nachhaltig einsetzen zu können.

Tabelle 3 Kenndaten flüssiger Gärreste (Datenbasis: LTZ)

Parameter	Dimension	Gärrest _{flüssig}	
		Monitoring LTZ	Kenndaten 2015
pH		7,9	8,2
Trockensubstanz	[% FM]	6,8	6,1
Humus-C	[kg/m³ bzw. t FM]	6	9
Gesamt-N		5,1	7,5
NH ₄ -N		3,2	4,9
P ₂ O ₅		1,6	1,8
K ₂ O		5,7	7,3
MgO		0,6	0,6
S		0,4	0,4

Ermittlung der N-Effizienz flüssiger Gärreste im Systemvergleich

Untersuchungen zur Stabilität der N-Depots

Im Rahmen der Feldversuche (s. Tabelle 1) wurden mehrjährig Messreihen über die gesamte Vegetationsperiode zur Frage der Stabilität des Ammonium-N in den „UF-Depots“ durchgeführt. Es bestätigte sich, dass über einen Zeitraum von 6 bis 8 Wochen nach Anlage der N-Depots das Angebot an Ammonium-N überwog. Somit können die von Prof. SOMMER beschriebenen ernährungsphysiologischen Vorteile einer betonten Ammoniumernährung in der Jugendphase von Mais bestätigt werden.

Ertrag und Qualität von Silomais

Für alle Ertrags- und Qualitätsergebnisse gilt, dass diese nur in Einzelfällen statistisch abzusichern waren. Da in der Tendenz die Variante „GR-Depot“ jedoch in den mehrjährigen Exaktversuchen einen Ertragsvorteil von etwa 5 % gegenüber den breitflächig gedüngten Varianten aufweist (Abbildung 2), kann das Verfahren der Praxis uneingeschränkt empfohlen werden.

Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass eine Anwendung derartiger Injektionsverfahren – eine ertrags- und standorttypische Düngebedarfsermittlung vorausgesetzt – die N-(P-)Überschüsse eines Betriebes zusätzlich belasten kann.

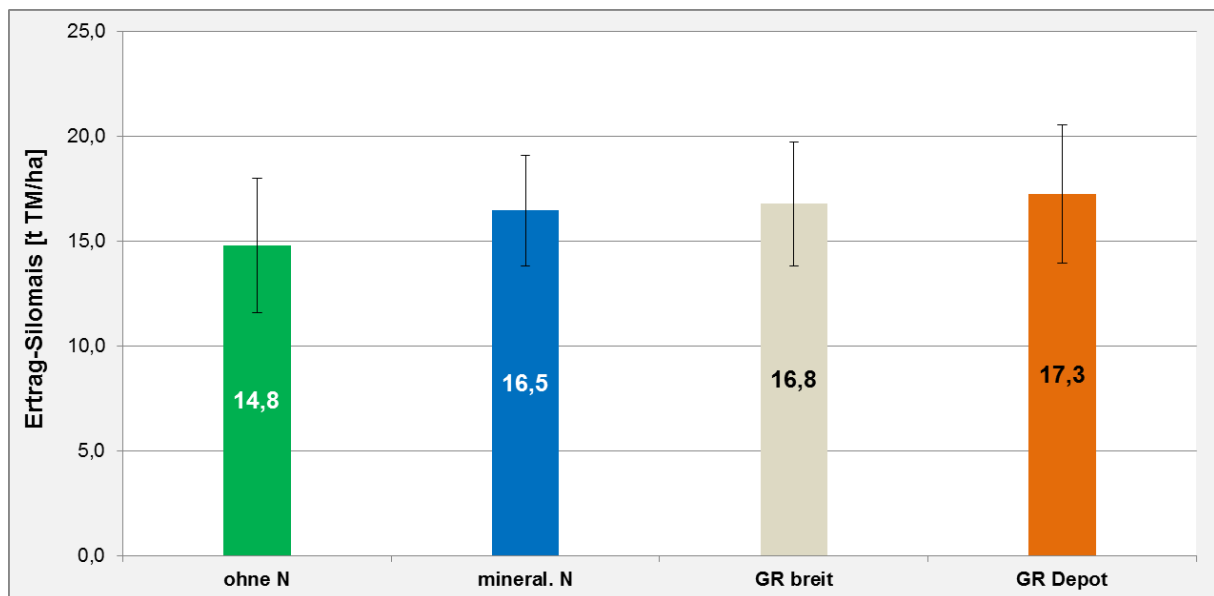


Abbildung 2 Ertrag [t TM/ha] von Silomais (Mittel aus 12 Versuchen)

Kenngrößen des N-Haushalts

Zur Beurteilung von Düngesystemen dienen Kenngrößen wie N-Abfuhr über die Ernte, N-Saldo aus Düngung und Abfuhr, Rest-N nach der Ernte und die N-Effizienz. Während beispielsweise mit dem N-Saldo die Ausnutzung des gedüngten Stickstoffs ohne Berücksichtigung der N-Nachlieferung aus dem Boden beschrieben wird, liefert die N-Effizienz eine Information über mögliche N-Verluste und die am Standort vorherrschende Stickstoffdynamik (Tabelle 4).

Tabelle 4 Kenngrößen – N-Dynamik (Mittel aus 12 Versuchen)

Versuchsglieder	N-Düngung [kg/ha]		N-Abfuhr [kg/ha]	N-Saldo [kg/ha]	N-Effizienz (netto)	
	Gesamt-N	anr. N			[% Ges. N]	[% NH ₄ -N]
ohne N	0	0	150	-150		
mineralisch N	154	154	197	-43	102	102
GR fl. breitflächig (60 %)	248	149	191	-42	58	97
GR fl. UF-Depot (70 %)	213	149	204	-55	74	106

Betrachtet man die N-Effizienz des mit den Gärresten zugeführten Gesamt-N, so ist diese im Mittel von 12 Versuchen um etwa 15 % bei der Variante „UF-Depot“ höher als bei breitflächiger Applikation der Gärreste. Da im „UF-Depot“ etwa 10 % weniger Gesamt-N je ha gedüngt wurden, kann die rechnerisch höhere N-Ausnutzung von 5 % der Verringerung von Ammoniakverlusten im Zuge der Düngungsmaßnahme zugeordnet werden. Es sei besonders darauf hingewiesen, dass bei einer standort-typischen N-Düngebedarfsermittlung – wie in den vorliegenden Versuchen geschehen – der nach DüV tolerierte N-Überschuss problemlos eingehalten werden kann. Vielmehr waren die N-Salden in den Versuchen negativ, so dass im 3-jährigen Mittel

ein ausreichender Puffer vorhanden gewesen wäre, um auch die Folgekulturen ausreichend mit Stickstoff düngen zu können.

Weiterhin ist festzuhalten, dass die in den Versuchen mit breitflächiger Aufbringung ermittelten N-Effizienzwerte in der Praxis meist nicht erzielt werden, sondern deutlich niedriger sind. Daher ist davon auszugehen, dass mit dem Düngungssystem „UF-Depot“ im praktischen Einsatz die Steigerung von Ertrag und N-Effizienz noch deutlicher ausfallen dürfte.

Ermittlung der P-Wirkung flüssiger Gärreste im Systemvergleich

Da in Regionen mit kühler Frühjahrswitterung selbst auf mit Phosphor hoch versorgten Ackerflächen regelmäßig zur Absicherung des Maisertrages zusätzlich Phosphor in Form einer mineralischen (N-)P-Unterfußdüngung ausgebracht wird, gleichzeitig jedoch die aktuelle DüV im Mittel von 6 Jahren nur noch 10 kg P₂O₅/ha und Jahr toleriert, war es naheliegend, auch hierzu das System „UF-Depot“ in den entsprechenden Regionen Baden-Württembergs zu prüfen (s. Tabelle 2).

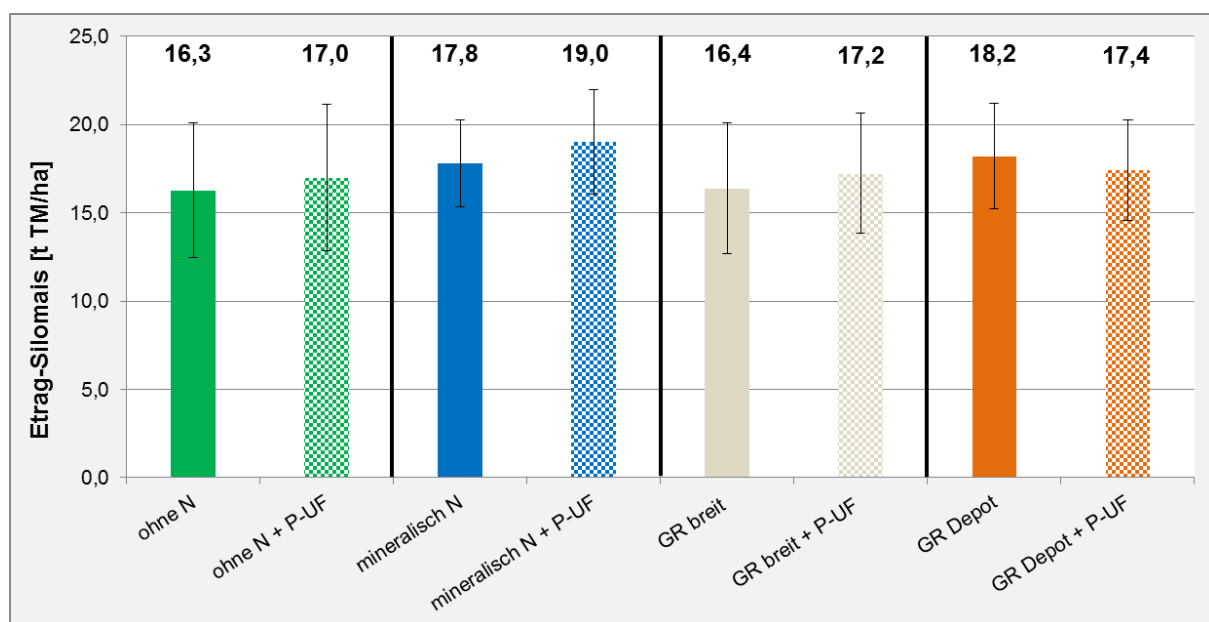


Abbildung 3 Ertrag [t TM/ha] von Silomais (Mittel aus 3 Versuchen)

In allen Versuchsjahren konnte ein Mehrertrag der Varianten „ohne N-Düngung“, mit „mineralischer N-Düngung“, aber auch im Falle einer „breitflächigen Düngung mit fl. Gärresten“ - trotz breitflächiger P-Zufuhr – in Folge der zusätzlichen P-Unterfußdüngung erzielt werden (Abbildung 3).

Im System „UF-Depot“ hatte dagegen die P-Unterfußgabe keine Ertragszuwächse zur Folge, vielmehr war in Einzeljahren sogar eine Ertragsminderung zu verzeichnen. Somit bestätigte sich, dass der Maisbestand aus dem „UF-Depot“ bedarfsgerecht von

der Jugendentwicklung bis zur Erntereife auch ausreichend lösliches Phosphat aufnehmen konnte. Dies hatte eine bessere P-Ausnutzung zur Folge und könnte für Betriebe mit einem hohen P-Aufkommen aus Wirtschaftsdünger zu einer allmählichen Entspannung der P-Salden führen (Tabelle 5).

Tabelle 5 Kenngrößen der P-Dynamik (Mittel aus 3 Versuchen)

Versuchsglieder	P-Düngung	P-Abfuhr	P-Saldo	P-Effizienz
	[kg P ₂ O ₅ /ha]			[%]
ohne N ohne P-UFD	60	77	-17	
ohne N mit P-UFD	90	82	8	18
mineralisch N ohne P-UFD	60	77	-17	
mineralisch N mit P-UFD	90	85	5	26
GR fl. breit ohne P-UFD	80	78	2	
GR fl. breit mit P-UFD	110	83	27	17
GR fl. UF-Depot ohne P-UFD	65	85	-20	
GR fl. UF-Depot mit P-UFD	95	80	15	-16

Aus Sicht einer ausgewogenen N- und P-Ernährung von Mais kann daher die Anlage eines „UF-Depots“ - selbst unter Berücksichtigung der physiologisch bedingten P-Aneignungsschwäche von Mais im frühen Jugendstadium - durchaus bis 10 Tage nach der Aussaat erfolgen.

Fazit:

Eine platzierte Düngung mit flüssigen Wirtschaftsdüngern in Form eines sog. Unterflur-Depots (UF-Depot) ist als erfolgversprechendes Düngungssystem insbesondere zu Reihenkulturen wie Mais einzustufen. Zahlreiche Versuche und Untersuchungen hierzu belegen, dass Ertrag und Produktqualität mit den etablierten Düngeverfahren konkurrenzfähig sind, die N-, aber auch P-Effizienz systembedingt jedoch deutlich höher sind. Somit ließen sich wachsende ökologische Anforderungen an die Pflanzenproduktion im Teilbereich „N-Düngung“ variabel und effizient erfüllen. Entscheidend für die Akzeptanz in der Praxis wird aber auch die Kostensituation für die eigene bzw. überbetrieblich vorhandene Ausbringtechnik sowie die erforderlichen Steuerungssysteme sein.