

Dr. Markus Mokry

N-Effizienz flüssiger Gärreste im Systemvergleich

Klima- und Wasserschutz fordern zunehmend einen verantwortungsvolleren Umgang mit den Produktionsmitteln 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 aktuellen Düngeverordnung (DüV) geforderten P-Salden von derzeit 20 kg P_2O_5 je ha im 6-jährigen Flächenmittel von vielen Betrieben mit einem hohen Anteil an Wirtschaftsdüngern – insbesondere flüssige aus tierischer Produktion oder Biogasanlagen – häufig nicht einzuhalten sind.

Zielsetzung

Sogenannte Strip-Till-Verfahren werden seit geraumer Zeit nicht nur aus Gründen des Bodenschutzes, sondern zunehmend auch zur Verbesserung der Nährstoffeffizienz in der landwirtschaftlichen Praxis eingesetzt. Die Landtechnik hat zeitnah auf diese Situation und die unterschiedlichen Anforderungen der landwirtschaftlichen Praxis reagiert und bietet zwischenzeitlich eine Vielzahl unterschiedlicher Geräte hierfür an. Neben einer reduzierten bodenschonenden Bearbeitung bspw. zur Aussaat von Mais werden zunehmend kombinierte Bearbeitungs- und Düngungsverfahren – insbesondere zum Einsatz der besonders verlustgefährdeten Wirtschaftsdünger Gülle und flüssige Gärreste aus der Biogasanlage – nachgefragt.

Motiviert durch das sog. „CULTAN“-Verfahren nach Sommer („CULTAN“ steht für die Abkürzung des englischen Begriffs „Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition“ und kann als geregelte, möglichst lang andauernde Ernährung der Pflanzen mit Ammoniumstickstoff (NH_4^+) übersetzt werden) wird am LTZ Augustenberg ein sog. Unterflur-Depotverfahren (= UF-Depot) zu Mais geprüft. Hierbei werden flüssige Wirtschaftsdünger, aber auch mineralische Feststoffdünger in jeder 2. Mais-Zwischenreihe in einem Düngerbund in ca. 20 cm Tiefe nach der Saat abgelegt (siehe Abb. 1).

Um die Bodenbelastung zu verringern und den Zeitkorridor für die Düngerausbringung zu Mais zu vergrößern, wird im Falle der Wirtschaftsdün-

Strip-Till-Verfahren werde nicht nur aus Gründen des Bodenschutzes, sondern zunehmend auch zur Verbesserung der Nährstoffeffizienz eingesetzt.

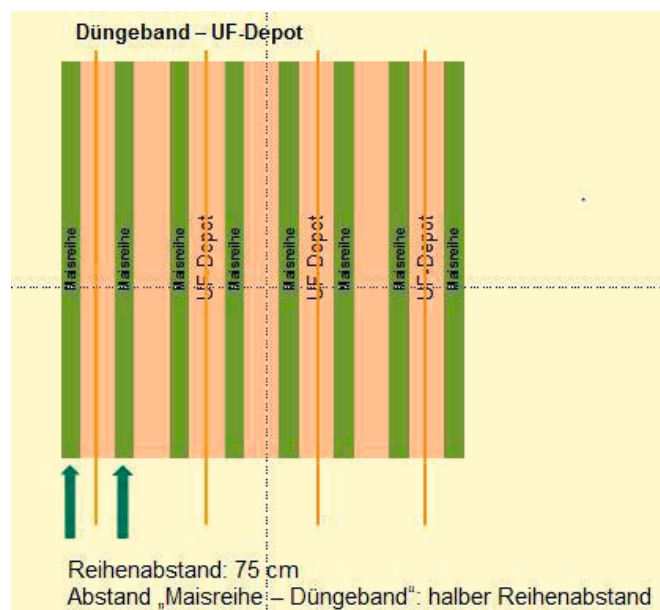


Abbildung 1
Bild links zeigt ein Beispiel UF-Depot mit fl. WD (WIECH, 2012) und Bild rechts die Übersicht von UF-Depots bei Mais (LTZ).

Vorteile einer Ammoniumernährung
Energiegewinn ...im Zuge der Assimilation keine Reduktion nötig
Selbststeuerung der N-Aufnahme ...keine Gefahr eines sog. Luxuskonsums
wurzeldominante Ernährung ...bessere Wurzelbildung, Standfestigkeit ...bessere Nutzung des Wasservorrates (?)
pH-Absenkung im Bereich der Rhizosphäre ...verbesserte Phosphat- und Spurennährstoffverfügbarkeit

Abbildung 2
Ernährungsphysiologische
Vorzüge einer
Ammoniumernährung.

ger ein von der Saat getrenntes Verfahren favorisiert. In Folge dessen kann die Applikation dieser Dünger zu Mais von Mitte April bis Mitte Mai erfolgen, d.h. immer dann, wenn die Böden tragfähig sind und genügend Zeit für eine sorgfältige Düngung zur Verfügung steht. Bei Injektionsverfahren mit einer Ablagetiefe von mind. 10 cm wird unterstellt, dass die Ausbringungsverluste in Form von Ammoniak gegenüber einer breitflächigen Verteilung deutlich reduziert werden. Dieses „Mehr“ an löslichem Stickstoff muss dann jedoch bei der Düngplanung berücksichtigt werden, da für eine nachhaltige Düngbedarfsermittlung das Ertragsniveau eines Standortes realistisch anzusetzen ist.

Einschränkend ist festzustellen, dass das beschriebene Verfahren unter Beachtung vorherrschender Standortbedingungen wie Steinanteil, Tiefe des durchwurzelbaren Bodenraumes und Beschaffenheit der Bodenoberfläche – insbesondere Hangneigung – im Hinblick auf die Einsatzmöglichkeiten Grenzen hat. Ebenso ist eine chemische Ammoniumstabilisierung zu fordern, um die Ammoniumphase im Depot zu verlängern und so potentielle Nitratverluste zu vermeiden und die ernährungsphysiologischen Vorteile einer betonten Ammoniumernährung zu nutzen (Abb. 2). Da

Tabelle 1
Kenndaten der
Versuchsstandorte (Beispiel:
Versuchsjahr 2012)

Versuchsstandort		Hohenlohe	Kraichgau	Oberrhein	Ostalb
Bodenart		tL	uL	tL	uL
Grundbodenbearbeitung		pfluglos	pfluglos	pfluglos	pfluglos
pH		6,5	6,6	7,0	5,8
Humus	% TM	3,6	2,4	2,7	2,9
P ₂ O ₅	mg/100g	27	16	2,7	11
K ₂ O	mg/100g	36	20	32	30
Mg	mg/100g	28	10	15	10

jedoch die Palette an emissionsmindernden Ausbringetechniken für die unterschiedlichsten Standortbedingungen immer größer wird und diese Geräte zunehmend nachgefragt werden, ist mittelfristig eine deutliche Verbesserung der Nährstoffausnutzung und folglich eine Reduktion der N-Verluste – insbesondere bei flüssigen Wirtschaftsdüngern – zu erwarten.

Kenndaten und Durchführung der Versuche

Um möglichst nahe an der landwirtschaftlichen Praxis zu sein, wurden die Versuche auf landwirtschaftlichen Betrieben mit großen Viehbeständen bzw. leistungsfähigen Biogasanlagen (z.B. auf Basis nachwachsender Rohstoffe – NaWaRo-Anlagen) bei regional typischer Flächenausstattung in den jeweils kritischen Anbauregionen durchgeführt. Als wichtigste Auswahlkriterien für die Versuchsflächen dienten ein hoher Maisanteil in der Fruchtfolge und eine langjährige organische Düngung mit entsprechend guter Nährstoffversorgung (Tab. 1). Das für die Ermittlung eines realistischen N- und P-Düngebedarfs unterstellte Ertragsniveau orientierte sich am langjährigen Ertragsmittel des jeweiligen Standorts. Die in den Versuchen eingesetzten flüssigen Gärreste wurden vor der jeweiligen Ausbringung untersucht, um den je nach Versuchsfrage berechneten N- und P-Bedarf mengenmäßig möglichst exakt mit den flüssigen Wirtschaftsdüngern ausbringen zu können.

In Tabelle 2 sind hierzu die Kenndaten aus einem umfassenden Monitoring des LTZ Augustenberg einem Jahreswert (2015) gegenübergestellt. Hieraus wird ersichtlich, wie unterschiedlich die Werte – insbesondere für Gesamt- und löslichen N – sein können. Daher ist zu fordern, regelmäßig die eigenen Wirtschaftsdünger untersuchen zu lassen, um diese wertvollen, aber auch umweltgefährdenden Dünger nachhaltiger einsetzen zu können.

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

Tabelle 2
Kenndaten flüssiger Gärreste
(Datenbasis: LTZ)

Variante	Düngung	Termin	N-Düngung (kg/ha)	
			Silomais ³⁾	Körnermais ⁴⁾
1	ohne N			
2	Ha stabil	vSE	149	158
3	GR fl. breit mit NiHe ¹⁾	vSE	143	158
4	GR fl. UF-Depot mit NiHe ²⁾	nS	141	154

1) 60% anrechenbarer N 2) 70% anrechenbarer N
3) Mittel von 10 Versuchen 4) Mittel von 5 Versuchen

Tabelle 3
Versuchsplan – N-Wirkung
flüssiger Gärreste im
Systemvergleich

In Tabelle 3 sind die Varianten des Versuches zur Untersuchung der N-Effizienz beschrieben. Neben den üblichen Kontrollen „ohne N-Düngung“ und „mineralische N-Düngung“ mit einem handelsüblichen stabilisierten Harnstoff-Dünger (Ha stabil) wurde die breitflächige Ausbringung der flüssigen Gärreste („GR fl.“) mit zeitnaher Einarbeitung vor der Saat mit der Variante „UnterflurDepot (= UF-Depot) nach der Saat (nS)“ verglichen.

Um im Falle des UF-Depots der unterstellten N-Verlustminderung Rechnung zu tragen, wurde die Ausbringmenge an flüssigen Gärresten auf Basis 70 % Anrechnung des Gesamt-N ermittelt. Folglich wurden zwar dieselben Mengen an löslichem Ammonium-N, jedoch 10 % weniger Gesamt-N ausgebracht.

Um die besonders bei Mais bekannte hohe N-Mineralisationsleistung im System besser beschreiben und beurteilen zu können, erfolgte die Berechnung der N-Effizienz folgendermaßen:

Hierzu wird die ermittelte N-Abfuhr der Kontrolle „ohne N“ um den bei der Düngebedarfsermittlung bereits berücksichtigten N-Nachlieferungswert (z.B. 70 kg N/ha während der Vegetationszeit) korrigiert. Somit kann die effektive Leistung der N-Düngung besser bewertet werden. Wird die Kontrolle nicht entsprechend korrigiert, wird die Leistung der N-Düngung unterbewertet. Wird kein Kontrollwert berücksichtigt, wird die N-Leistung der Düngungsmaßnahme deutlich überbewertet (= N-Saldo). Da die Ausbringmenge [m³/ha] der in den Versuchen eingesetzten organisch-mineralischen Dünger auf Basis des anrechenbaren N-Anteils (= Ammonium-N!) erfolgte, steht der hiermit ausgebrachte organisch gebundene Stickstoff zum größten Teil dem Humusaufbau zur Verfügung, so dass mit keiner Verringerung der Bodenfruchtbarkeit zu rechnen ist, solange ausreichend organische Substanz zugeführt wird. Vielmehr kann auf diese Weise neben der N-Leistung der organischen Dünger besonders das Ausbringsystem hinsichtlich Verringerung von N-Verlusten bewertet werden.

Die berechnete N-Abfuhr muss um die N-Nachlieferung während der Vegetationszeit korrigiert werden.

$$\text{N-Effizienz (effektiv)} = \frac{[\text{N-Abfuhr (gedüngte Variante)} - \text{N-Abfuhr (korr.Kontrolle)}] * 100}{(\text{N-Düngung})}$$

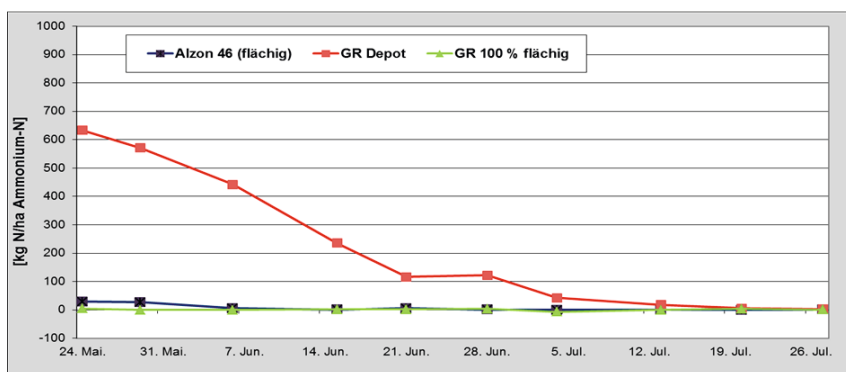


Abbildung 3 Ammonium-N-Angebot/Boden im Systemvergleich (korrigiert um die Kontrollwerte „ohne N“)

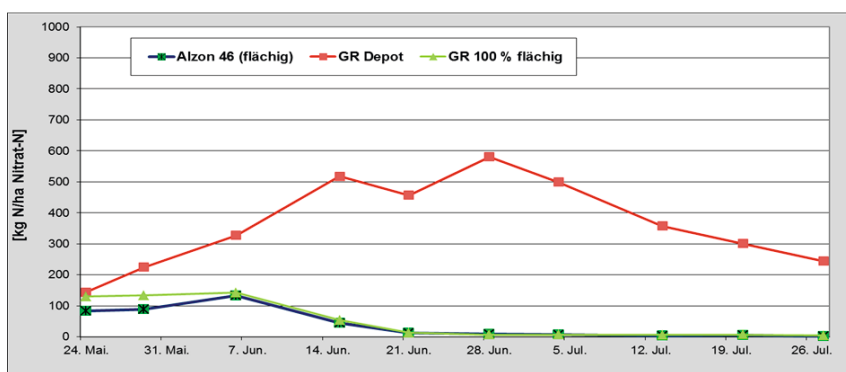


Abbildung 4 Nitrat-N-Angebot/Boden im Systemvergleich (korrigiert um die Kontrollwerte „ohne N“)

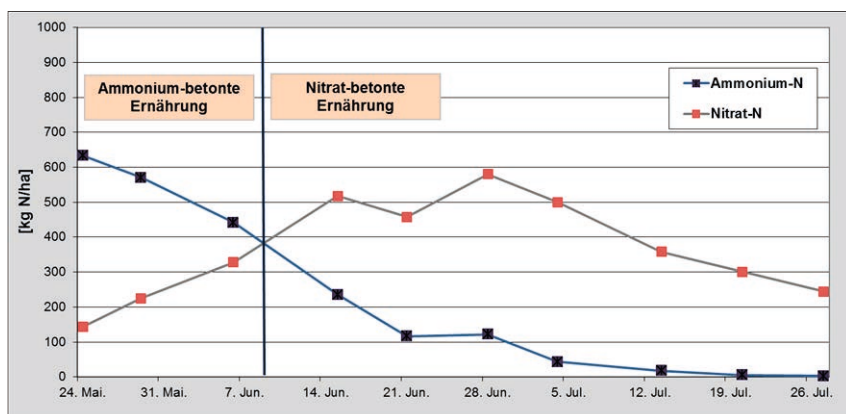


Abbildung 5 Ammonium- und Nitrat-N-Angebot/Boden - GR-Depot (korrigiert um die Kontrollwerte „ohne N“)

Untersuchungen zur Stabilität der N-Depots

Um ein Düngungssystem wie das UF-Depotverfahren mit flüssigen Wirtschaftsdüngern der Landwirtschaft als Alternative zu gängigen Verfahren näher bringen zu können, müssen dessen Vor- und Nachteile dargestellt werden. Hierzu zählen besonders eine signifikante Reduktion von Ammoniakverlusten bei der Ausbringung sowie

der Nachweis einer möglichst lang andauernden Ammoniumphase einerseits im Sinne der Pflanzenernährung und andererseits zur Minimierung einer Nitratverlagerung bis hin zur Nitratauswaschung während der frühen Vegetationszeit, aber auch das Risiko erhöhter Rest-N-Werte nach der Ernte im Falle einer zu hoch kalkulierten Düngergabe. Daher wurde die Stabilität der Ammonium-N-Depots durch umfangreiche und aufwändige Untersuchungen geprüft. Da der Flächenanteil einer UF-Depotdüngung nur etwa 20 % im Vergleich zu einer breitflächigen Düngergabe beträgt, sind in den Abbildungen die absoluten Nährstoffmengen in den UF-Depots um den Faktor 5 korrigiert dargestellt. Dies verdeutlicht den gewünschten Konzentrationseffekt der Nährstoffe, der im besten Falle möglichst lange Bestand haben sollte. Im Rahmen einer mehrjährigen Versuchsreihe wurde daher die Stabilität der Ammonium-N-Depots im Vergleich zu einer breitflächigen Düngung mit mineralischem N sowie flüssigen Gärresten geprüft (Abb. 3 bis 5).

Die Ergebnisse am Beispiel des Versuchsjahres 2013 belegen sehr deutlich, dass im UF-Depot über einen Zeitraum von 4 bis 6 Wochen nach der Düngungsmaßnahme das Ammonium-N-Angebot ausreichend stabil und hoch war, um die mehrfach beschriebenen Vorteile einer betonten Ammoniumernährung zu erreichen sowie das Risiko größerer N-Verluste in Form von Nitrat zu minimieren. Das Ammonium-N-Angebot der übrigen Versuchsglieder bewegte sich je nach Termin in einem für Ackerböden typischen Bereich von etwa 10 kg/ha. Betrachtet man dagegen das Angebot an Nitrat-N im selben Zeitraum, so wird ersichtlich, dass aus dem Ammoniumvorrat des UF-Depots kontinuierlich Nitrat-N bei zunehmend intensiver ablaufender Nitrifikation freigesetzt wird und nun in der Folgezeit eine Mischernährung mit Betonung von Nitrat-N stattfindet. Besonders erwähnenswert ist, dass bis zum Ende des Beobachtungszeitraums (ca. 2,5 Monate nach N-Applikation!) noch ausreichend große N-Mengen im UF-Depot für das abschließende Wachstum zur Verfügung standen.

Ertrag und Qualität von Silo- und Körnermais

In der Tendenz wies die Variante „UF-Depot“ einen statistisch nicht absicherbaren Ertragsvorteil von etwa 5 % auf (Tab. 4 und 5; Abb. 6 und 7). Vielmehr ist festzustellen, dass mit dem System „UF-Depot“ keine Ertragsdepressionen zu erwarten sind. Die Versuche bestätigen, dass Mais „oh-

Versuchsglieder	N-Düngung	Ertrag	Relativertrag	Rohprotein	Rohproteinertrag
	kg/ha	t TM/ha	% zu V.Mittel	% TM	kg/ha
ohne N	0	15,0	92	6,8	1016
mineralisch N	149	16,4	101	7,8	1278
GR fl. breitflächig	143	16,6	102	7,5	1242
GR fl. UF-Depot	141	17,0	105	7,5	1283
Versuchsmittel		16,2			

Tabelle 4: Ertrag und Qualität von Silomais (Mittel aus 10 Versuchen)

Versuchsglieder	N-Düngung	Ertrag	Relativertrag	Rohprotein	Rohproteinertrag
	kg/ha	t TM/ha	% zu V.Mittel	% TM	kg/ha
ohne N	0	10,1	90	7,8	788
mineralisch N	158	11,7	104	9,2	1078
GR fl. breitflächig	158	12,0	106	8,6	1036
GR fl. UF-Depot	154	11,3	100	9,1	1022
Versuchsmittel		11,3			

Tabelle 5: Ertrag und Qualität von Körnermais (Mittel aus 5 Versuchen)

ne N-Düngung“ durchaus 80 bis 90 % des jeweils mittleren Ertrages auf Grund der großen Mineralisationsleistung während der Hauptwachstumsphase erzielen kann. Folglich ist der positive Ertragseffekt einer N-Düngung meist gering. Die Düngungsmaßnahme dient vornehmlich der Ertrags- und (besonders) der Qualitätssicherung sowie dem Erhalt der Bodenfruchtbarkeit.

Die Gehalte und ertragsbezogenen Erträge an Rohprotein je Flächeneinheit waren demzufolge mit einer N-Düngung gesichert höher. Auch in diesem Zusammenhang ist das Ergebnis der Variante „UF-Depot“ bei Silomais etwas besser einzuordnen als das einer breitflächigen Ausbringung flüssiger Gärreste.

Betrachtet man die Ertragsleistungen der Varianten (Abb. 8) anhand sog. Mineräldünger-Äquivalente (= Mehr- oder Mindererträge der organisch gedüngten Versuchsglieder in % der mineralischen N-Düngung - MDÄ), so wird noch deutlicher, dass beide Verfahren zwar sehr eng beieinander liegen, jedoch das System „UF-Depot“ langjährig geringfügig besser abschneidet als die Variante „breitflächige Ausbringung“ sowohl mit mineralischer wie organischer N-Düngung. Der ökonomische wie ökologische Unterschied zur breitflächigen Applikation der flüssigen Gärreste ist insbesondere vor dem Hintergrund einer um 10 % reduzierten N-Düngung zu sehen!

Auf Grund der großen Mineralisationsleistung ist bei Mais der positive Ertragseffekt einer N-Düngung meist gering. Die Düngung dient vornehmlich der Qualitätssicherung sowie dem Erhalt der Bodenfruchtbarkeit.

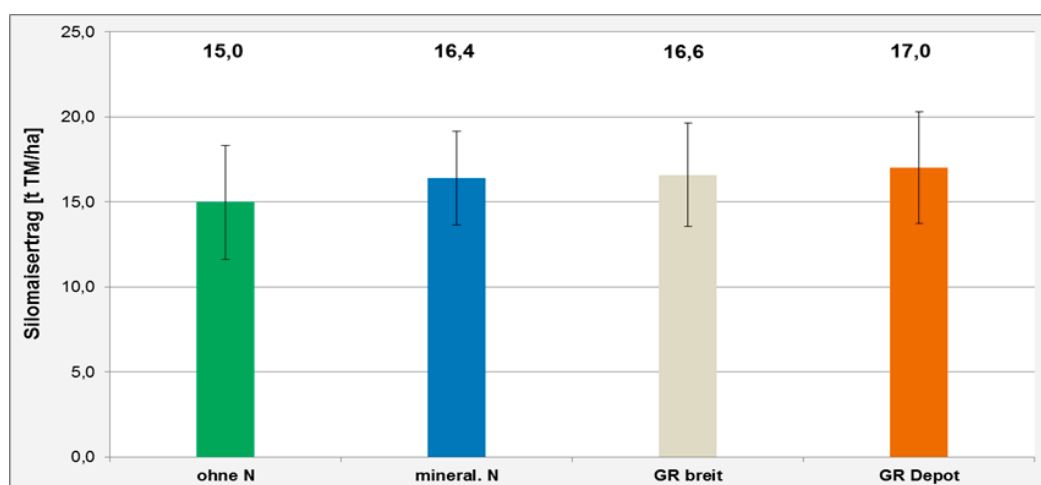
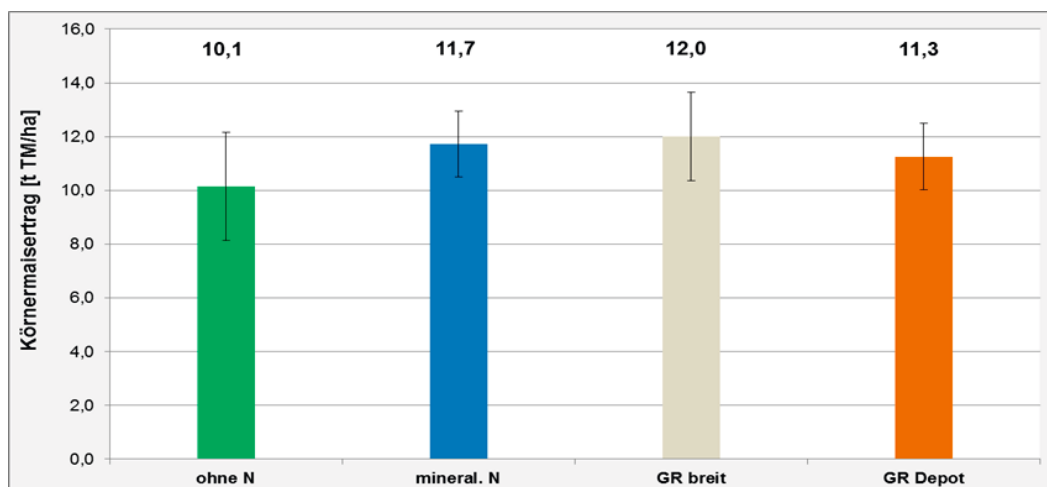


Abbildung 6 Ertrag und Standardabweichungen von Silomais (Mittel aus 10 Versuchen).

Abbildung 7
Ertrag und Standard-
abweichungen von
Körnermais (Mittel aus 5
Versuchen).



Kenngroßen des N-Haushalts

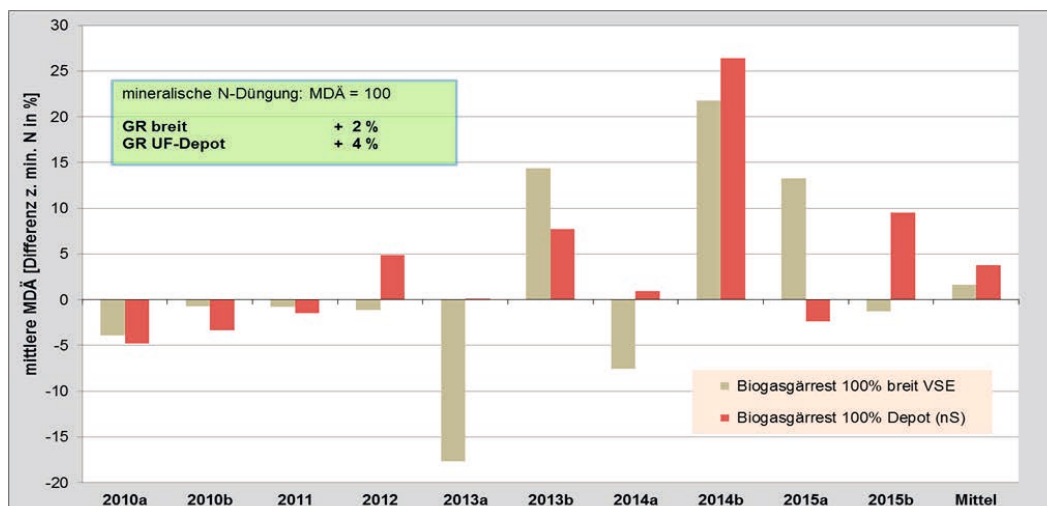
Zur Beurteilung von Düngesystemen dienen Kenngrößen wie N-Abfuhr über die Ernte, N-Saldo aus Düngung und Abfuhr, Rest-N nach der Ernte und die N-Effizienz. Während beispielsweise mit dem N-Saldo die Ausnutzung des gedüngten Stickstoffs ohne Berücksichtigung der N-Nachlieferung aus dem Boden beschrieben wird, liefert die N-Effizienz eine Information über mögliche N-Verluste und die am Standort vorherrschende Stickstoffdynamik (Tab. 6 und 7). Betrachtet man die Differenzen über die Jahre zur mineralischen N-Düngung (100 % gesetzt), so ist im Vergleich zur breitflächigen Ausbringung der flüssigen Gärreste die N-Effizienz bei der UF-Depotdüngung im Mittel der 10 Feldversuche mit Silomais um ca. 8 % höher. Dies korrespondiert durchaus mit der verringerten Gesamt-N-Fracht (-10 %) bei der Variante im UF-Depot. Somit wird

die Annahme einer nahezu verlustfreien Düngungsmaßnahme im Ergebnis bestätigt. Weniger deutlich ist eine Verbesserung bei Körnermais zu erkennen.

Betrachtet man die Effizienz der ökologisch und rechtlich bedeutenderen Gesamt-N-Gabe im Block mit „UF-Depot“, so zeigt sich eine noch deutlichere Verbesserung gegenüber breitflächiger Ausbringung. Bei Silomais sind durchaus 70 %, bei Körnermais noch akzeptable 54 % Ausnutzung des Gesamt-N erreichbar (ausschließliche N-Abfuhr über das Korn). Besonders interessant ist dieses Ergebnis für Silomais, da Körnermais in den meisten Fällen keine oder deutlich weniger organische Dünger erhält.

Um die Versuchsergebnisse für einen praktischen Einsatz beurteilen zu können, ist zu berücksichtigen, dass die in den Versuchen mit breitflächiger Ausbringung der flüssigen Wirtschaftsdünger er-

Abbildung 8
Mittlere Mineräldünger-
Äquivalente (MDÄ) bei
Silomais im Systemvergleich
(Buchstaben a und b
bedeuten, dass mehrere
Versuche in einem Jahr
stattfanden.).



Versuchsglieder	N-Düngung	N-Abfuhr	N-Saldo	N-Effizienz	N-Effizienz	N _{min} (n. Ernte)
	kg/ha	kg/ha		% NH ₄ -N	% ges. N	kg/ha
ohne N	0	162	-162			13
mineralisch N	149	206	-57		98	45
GR fl. breitflächig	143	198	-55	94	56	30
GR fl. UF-Depot	141	205	-64	102	71	58

Tabelle 6
Kenngrößen der N-Dynamik bei Silomais (Mittel aus 10 Versuchen)

Versuchsglieder	N-Düngung	N-Abfuhr	N-Saldo	N-Effizienz	N-Effizienz	N _{min} (n. Ernte)
	kg/ha	kg/ha		% NH ₄ -N	% ges. N	kg/ha
ohne N	0	120	-120			31
mineralisch N	158	162	-4		81	57
GR fl. breitflächig	158	157	-1	78	47	64
GR fl. UF-Depot	154	158	-4	80	54	73

Tabelle 7
Kenngrößen der N-Dynamik bei Körnermais (Mittel aus 5 Versuchen)

mittelten N-Effizienzwerte in der Praxis meist nicht erzielt werden, sondern deutlich niedriger liegen. Folglich ist davon auszugehen, dass mit dem Düngungssystem „UF-Depot“ im praktischen Einsatz die Ertrags- und Effizienzsteigerung noch deutlicher ausfallen dürften als in den Exaktversuchen. In diesem Zusammenhang sei jedoch auch darauf hingewiesen, dass die Nitratgehalte nach der Ernte in der Variante mit UF-Depot-Düngung leicht erhöht waren. Dies deutet darauf hin, dass die zur Ermittlung der Ausbringungsmenge veranschlagte N-Mindest-Anrechenbarkeit von 70 % vom Gesamt-N in den Versuchen durchaus noch höher hätte sein können.

Fazit

Eine platzierte Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger in Form des beschriebenen und langjährig geprüften Unterflur-Depots (UF-Depot) ist als erfolgversprechendes Düngungssystem insbesondere zu Reihenkulturen wie Mais einzustufen. Die aufgeführten Versuche und Untersuchungen hierzu belegen, dass Ertragsleistung und Produktqualität im Falle der UF-Depots mit den in der landwirtschaftlichen Praxis etablierten breitflächigen Düngeverfahren konkurrenzfähig sind, die N-, aber auch P-Effizienz systembedingt jedoch bei der Anlage eines UF-Depots deutlich höher zu bewerten sind.

Für die organische, aber auch mineralische N-Düngung im UF-Depot konnte eine deutliche Verlängerung der pflanzenphysiologisch und ökologisch geforderten Ammoniumphase in Verbin-

dung mit einem Ammoniumstabilisator nachgewiesen werden. Daher ist das beschriebene (Unterflur-) Injektionsverfahren - ob mit einem Düngebandabstand von 75 cm oder 150 cm - in Kombination mit einem Ammoniumstabilisator in den entsprechenden Anbauregionen Baden-Württembergs als zukunftsweisende Maßnahme zu sehen. Hiermit stünde der landwirtschaftlichen Praxis ein wirksames Instrument zur Verfügung, das Düngungsniveau auf ein ökonomisch notwendiges und ökologisch verträgliches Niveau abzusenken, um auf die zunehmend strengeren Anforderungen der Gesetzgebung angemessen reagieren zu können.

Unabhängig davon werden intensive Veredelungs- und Biogasbetriebe von Fall zu Fall jedoch größere Nährstoffmengen in Form ihrer Wirtschaftsdünger bei entsprechender Wertstellung durch die aufnehmenden Betriebe/Regionen abgeben müssen. Entscheidend für den Einsatz des beschriebenen, aber auch vergleichbarer Injektionsverfahren werden neben der Eignung des Produktionsstandortes die eigene bzw. überbetrieblich vorhandene Ausbringtechnik einschl. exakter Steuerungssysteme und die Produktionsausrichtung sein.

Mit einer fachgerechten, überbetrieblichen Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger beispielsweise im beschriebenen „UF-Depot“ ließen sich wachsende ökologische Anforderungen an die moderne und konkurrenzfähige Pflanzenproduktion im Teilbereich „Düngung“ variabel und effizient erfüllen. ■



Dr. Markus Mokry
LTZ Augustenberg
Tel. 0721/ 9468-184
markus.mokry@ltz.bwl.de